



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
INSTRUCTIVO PARA VALIDACIÓN DE DATOS GENERADOS POR ESTACIONES
AUTOMÁTICAS DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE CALIDAD DEL AIRE A NIVEL
NACIONAL

Línea de investigación:

Sistemas de Información y Optimización

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de
Ingeniero Ambiental

Autor:

Aliaga Martínez, Rulman Raphael

Asesora:

Rivera Murillo, Jhoana Juliana

ORCID: 0009-0007-7185-6534

Jurado:

Gómez Escriba, Benigno Paulo

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Guillén León, Rogelia

Lima - Perú

2024



13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

INSTRUCTIVO PARA VALIDACIÓN DE DATOS GENERADOS POR ESTACIONES
AUTOMÁTICAS DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE CALIDAD DEL AIRE A NIVEL
NACIONAL

Línea de Investigación:

Sistemas de Información y Optimización

Informe de suficiencia profesional para optar el título profesional de ingeniero ambiental

Autor

Aliaga Martínez, Rulman Raphael

ORCID 0009-0001-4119-3940

Asesor

Rivera Murillo, Jhoana Juliana

ORCID 0009-0007-7185-6534

Jurado

Gómez Escriba, Benigno Paulo

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Guillén León, Rogelia

Lima - Perú

2024

Dedicatoria

A mi amado hijo Roger que es mi mayor fuente de inspiración y superación constante como padre y profesional.

A mi amada Sofia por su apoyo absoluto en mi desarrollo personal y profesional.

A mi querida madre Marina por su sacrificio incondicional en mi educación desde los cimientos.

Agradecimientos

Mi pleno agradecimiento a mis padres Marina y Roberto, que pese a las adversidades económicas desde la época universitaria pudieron sustentar con mucho esfuerzo mi educación profesional, especialmente a mi madre Marina por su fortaleza mental y apoyo emocional que, pese a los problemas familiares, me sirvió de guía en no claudicar a mi formación y carrera profesional.

A mi considerada alma mater por formar una etapa muy importante de mi vida con los recuerdos y experiencias vividas, así mismo de encaminar mi formación profesional.

A mi segunda alma mater el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú por la formación en la especialización del tema al cual obtengo el título profesional. Por último, pero no menos importante, a mi compañera Sofia, por complementar mi vida con su cariño, amor y la nueva familia que formamos con nuestro amado hijo Roger, que es la base de toda superación personal y profesional.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Trayectoria del autor.....	3
1.2. Descripción de la institución donde labora.....	4
1.2.1. <i>Visión y Misión de la institución</i>	5
1.3. Organigrama de la institución.....	5
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	7
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.....	8
2.1. Generalidades.....	8
2.2. Objetivos.....	9
2.2.1. <i>Objetivo General</i>	9
2.3. Antecedentes.....	9
2.4. Metodología.....	9
2.4.1. <i>Marco Legal</i>	10
2.4.2. <i>Ámbito de aplicación</i>	10
2.4.3. <i>Equipos de monitoreo</i>	13
2.4.4. <i>Softwares informáticos</i>	13
2.4.5. <i>Criterios de validación</i>	14
2.4.5.1. Criterios críticos.....	14
2.4.5.2. Criterios operativos.....	14
2.4.5.3. Criterios sistemáticos.....	16
A. Niveles de validación de datos.....	17
A.1. Validación de nivel cero.....	17
A.2. Validación de nivel uno.....	20
A.2.1. Captura de datos.....	20
A.2.2. Límites históricos.....	21
A.2.3. Límites operativos.....	23
A.2.4. Automatización y asignación de banderas.....	26
A.3. Validación de nivel dos.....	31
A.3.1. Suficiencia de datos.....	31
A.3.2. Automatización de banderas.....	32

A.4. Validación de nivel tres.....	32
A.4.1. Evaluación de banderas de control.....	32
A.4.2. Coherencia temporal.	32
A.4.3. Coherencia interna.	32
A.4.4. Análisis de especialista.	33
2.5. Resultados	33
2.6. Discusión de Resultados	34
III. APORTES MAS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN	36
IV. CONCLUSIONES	37
V. RECOMENDACIONES.....	38
VI. REFERENCIAS.....	39
VII. ANEXOS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Estructura orgánica del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental</i> ..6
Figura 2	<i>Ubicación de estaciones automáticas VIGAMB del OEFA</i> 11
Figura 3	<i>Detalles de estaciones automáticas VIGAMB del OEFA</i> 12
Figura 4	<i>Equipos automáticos de monitoreo de calidad del aire</i> 13
Figura 5	<i>Softwares empleados en la validación de datos</i> 13
Figura 6	<i>Criterios críticos de validación de datos</i> 14
Figura 7	<i>Criterios operativos de validación de datos</i> 15
Figura 8	<i>Criterios operativos para la verificación intermedia de equipos en campo</i> 15
Figura 9	<i>Criterios sistemáticos de validación de datos</i> 16
Figura 10	<i>Parámetros de equipo monitor continuo de PM₁₀ modelo EDM 180</i> 17
Figura 11	<i>Parámetros de equipo monitor continuo de PM_{2.5} modelo EDM 180</i> 18
Figura 12	<i>Parámetros de equipo analizador automático de gas SO₂ modelo 43i, 43iQ</i> 18
Figura 13	<i>Parámetros de equipo analizador automático de gas H₂S modelo 450i, 450iQ</i> . 19
Figura 14	<i>Parámetros de equipo analizador automático de gas NO₂ modelo 42iQ</i> 19
Figura 15	<i>Parámetros de equipo analizador automático de gas CO modelo 48iQ</i> 20
Figura 16	<i>Captura de datos por periodo de medición objetivo</i> 21
Figura 17	<i>Asignación de límites a parámetros ambientales</i> 22
Figura 18	<i>Asignación de límites a parámetros ambientales</i> 22
Figura 19	<i>Asignación de límites a parámetros operativos</i> 23
Figura 20	<i>Asignación de límites operativos de equipo PM₁₀ modelo EDM 180</i> 23
Figura 21	<i>Asignación de límites operativos de equipo PM_{2.5} modelo EDM 180</i> 24
Figura 22	<i>Asignación de límites operativos de equipos SO₂, modelos 43i, 43iQ</i> 24
Figura 23	<i>Asignación de límites operativos de equipo H₂S, modelos 450i, 450iQ</i> 25
Figura 24	<i>Asignación de límites operativos de equipo NO₂, modelo 42iQ</i> 25
Figura 25	<i>Asignación de límites operativos de equipo CO, modelo 48iQ</i> 26
Figura 26	<i>Asignación de colores en banderas de control</i> 26
Figura 27	<i>Mínima suficiencia de datos para calcular promedios horarios</i> 32

GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

EAS	Evaluación Ambiental de Seguimiento
PM ₁₀	Material particulado con diámetro aerodinámico menor a 10 micras
PM _{2.5}	Material particulado con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras
SO ₂	Dióxido de azufre
H ₂ S	Sulfuro de hidrogeno
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
CO	Monóxido de carbono
US EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
MCERT'S	Certificación para el monitoreo del Reino Unido
TUV	Certificación para el monitoreo de Alemania
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
VIGAMB	Vigilancia Ambiental de calidad del aire
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
STEC	Subdirección Técnica científica
DEAM	Dirección de Evaluación Ambiental
CAD	Ciudadanos al Día (ONG)
PIFA	Portal Interactivo de Fiscalización Ambiental
MINAM	Ministerio del Ambiente
SINEFA	Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental
BD1_N0_5M	Base de datos 1 de nivel cero de 5 minutos
BD2_N1_5M	Base de datos 2 de nivel uno de 5 minutos
BD3_N1_5M	Base de datos 3 de nivel uno de 5 minutos
BD4_N2_1H	Base de datos 4 de nivel dos horarios
BD5_N3_1H	Base de datos 5 de nivel tres horarios
BD6_N3_24H	Base de datos 6 de nivel tres diarios

RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo elaborar el instructivo de validación de datos crudos procedentes de estaciones automáticas de vigilancia ambiental de calidad del aire en el marco de las Evaluaciones Ambientales de Seguimiento (EAS) del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) a nivel nacional. La metodología que se propone es en base a la revisión de protocolos, manuales, normas técnicas peruanas e internacionales que permiten definir, estandarizar procesos y criterios de una actividad técnica operativa y sistemática rutinaria, aplicado a los resultados de las concentraciones de contaminantes de aire criterio de gases y partículas en 34 estaciones de Vigilancia Ambiental de Calidad del Aire (VIGAMB). Se tuvo como resultado procedimientos y criterios de validación de datos estandarizados, agrupados en criterios críticos, operativos y sistemáticos que permiten recopilar, procesar, verificar, analizar, evaluar y validar los contaminantes del aire criterio, mediante la implementación de plantillas de validación y algoritmos específicos para cada una de las 34 estaciones de vigilancia ambiental, con la finalidad de promover el entendimiento común a todos los evaluadores, analista de datos y operadores encargados de una estación VIGAMB del OEFA.

Palabras clave: evaluaciones ambientales de seguimiento, vigilancia ambiental de calidad del aire, contaminantes del aire, validación de datos

ABSTRACT

The objective of this report is to prepare the instructions for validating raw data from automatic air quality environmental monitoring stations within the framework of the Environmental Monitoring Assessments (EAS) of the Environmental Assessment and Supervision Agency (OEFA) at the national level. The proposed methodology is based on the review of protocols, manuals, Peruvian and international technical standards that allow defining, standardizing processes and criteria of a routine operational and systematic technical activity, applied to the results of the criteria air pollutant concentrations. of gases and particles in 34 air quality environmental monitoring stations. The result was standardized data validation procedures and criteria, grouped into critical, operational and systematic criteria that allow collecting, processing, verifying, analyzing, evaluating and validating criteria air pollutants, through the implementation of validation templates and specific algorithms. for each of the 34 environmental monitoring stations, with the purpose of promoting common understanding among all evaluators, data analysts and operators in charge of an air quality environmental monitoring station (VIGAMB) of the OEFA.

Keywords: follow-up environmental assessments, environmental monitoring of air quality, air pollutants, data validation

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria del autor

Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), desde el año 2010, con más de diez años de experiencia laboral en la especialidad de monitoreo, vigilancia y evaluación ambiental de la calidad del aire.

La especialidad del autor se formó y se consolidó cuando laboró en el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) de junio 2011 a diciembre 2017, en la Subgerencia de Evaluación Ambiental, donde desempeñe las labores de operación de equipos de monitoreo de tipo automáticos, manuales y pasivos de contaminantes del aire, así mismo en la validación de datos y elaboración de boletines sobre la vigilancia de la calidad del aire en el área metropolitana de Lima, con resultados de la red de monitoreo automático del aire a cargo del SENAMHI, que reportaba resultados a tiempo real de 6 contaminantes del aire.

Desde enero de 2018 hasta la actualidad (junio 2024), laboro en el Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental (OEFA), en la Subdirección Técnica Científica (STEC), de la Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM), desempeñando el puesto de tercero evaluador en monitoreo y vigilancia ambiental de la calidad del aire a nivel nacional, cumpliendo las labores de instalación, operación, mantenimiento de equipos de monitoreo automático y manual, elaboración de reportes de evaluación ambiental de seguimiento (EAS) y responsable revisor de las bases de datos validados que se generan a tiempo real de los contaminantes criterios del aire: PM₁₀, PM_{2.5}, (partículas), SO₂, H₂S, NO₂ y CO (gases) en 34 estaciones automáticas de VIGAMB en los departamentos de Lima (5), Ica (3), Cusco (4), Apurímac (3), La Libertad (2), Piura (3), Junín (1), Pasco (3), Ancash (4), Arequipa (2) y Moquegua (4).

En la edición bicentennial del Premio a las Buenas Prácticas en la Gestión Pública 2021, otorgado por la organización sin fines de lucro Ciudadanos al Día (CAD), contó con una iniciativa denominada "Aire limpio con monitoreo ambiental automatizado, remoto y en tiempo real", el autor formo parte del equipo de la STEC que ganó el único Premio Especial de Datos Abiertos en la Gestión Pública en representación del OEFA.

El trabajo ganador consistió en organizar los datos facilitados por las estaciones de VIGAMB y mostrarlos en tiempo real en el Portal Interactivo de Vigilancia Ambiental (PIFA) del OEFA. Esto permitió al público acceder a los datos de forma gratuita y sencilla, sirviendo como una herramienta útil para llevar a cabo evaluaciones de seguimiento, supervisión ambiental y determinar la calidad del aire en diversas partes de la nación

1.2. Descripción de la institución donde labora

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), es el órgano técnico gubernamental especializado, dependiente del Ministerio del Ambiente (MINAM), que se encarga de la evaluación, supervisión, fiscalización ambiental de los agentes económicos y de velar por que exista un equilibrio suficiente entre la protección del medio ambiente y la inversión privada en la actividad económica, así también de regir El Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA).

El OEFA se creó en 2008 mediante el Decreto Legislativo N° 1013, que aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente. El organismo comenzó a realizar sus funciones directas en 2010. Con el fin de mantener el equilibrio entre las inversiones en actividades económicas y la protección del medio ambiente y, en consecuencia, apoyar el desarrollo sostenible de la nación, el OEFA incentiva y promueve que los agentes económicos cumplan con sus obligaciones ambientales y mejoren el Sistema Nacional de Gestión Ambiental de manera clara, eficiente y transparente.

1.2.1. Visión y Misión de la institución

La visión del OEFA es que el país sea una nación moderna que utilice sus recursos naturales de forma sostenible y equilibre el crecimiento económico con la preservación del medio ambiente y la sostenibilidad por el bien de su población.

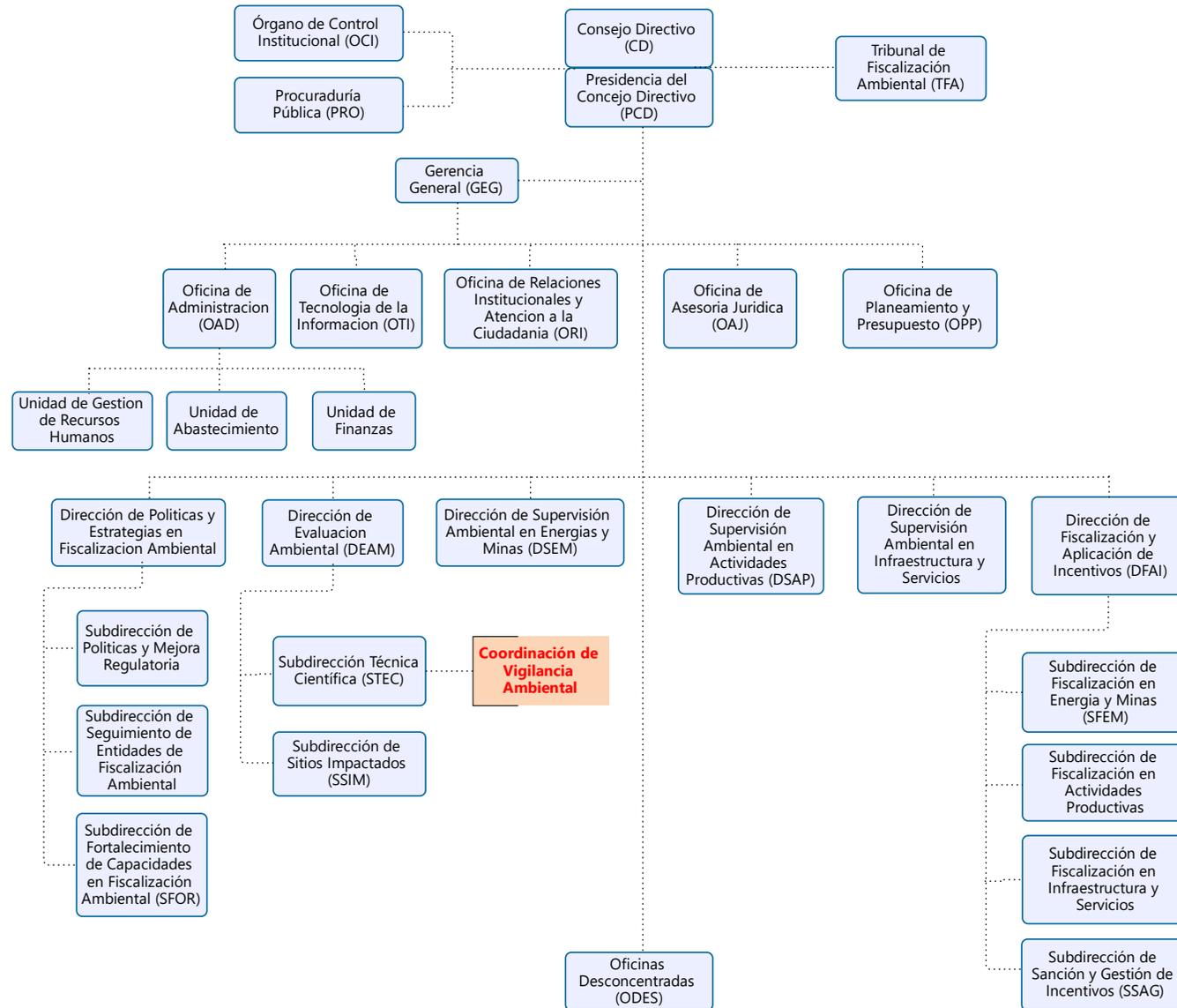
La misión del OEFA es apoyar a la creación de un medio ambiente seguro y equilibrado que conduzca al desarrollo sostenible. Para ello, el OEFA hace hincapié en la participación ciudadana y emplea estrategias eficaces para garantizar que los agentes económicos cumplan sus obligaciones medioambientales desde un enfoque preventivo territorial y basado en el riesgo.

1.3. Organigrama de la institución

En la Figura 1 se muestra el organigrama del OEFA, donde se aprecia que la institución está conformada principalmente por seis direcciones de línea y el autor actualmente labora en la coordinación de Vigilancia Ambiental.

Figura 1

Estructura orgánica del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental



Nota: Decreto Supremo N° 013 - 2017 – MINAM

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

El autor ejerce el puesto de Tercero Evaluador de Nivel IV en la Coordinación de Vigilancia Ambiental, desempeñando las siguientes actividades técnicas que se detalla a continuación:

- Ejecutar las acciones de monitoreo y evaluación ambiental en ámbitos en los que influye la actividad económica fiscalizable que es competencia del OEFA.
- Efectuar el mantenimiento preventivo (verificaciones intermedias, control operativo de los analizadores, monitores ambientales, estaciones meteorológicas; y de sus calibraciones) de las estaciones VIGAMB del OEFA.
- Elaborar documentos técnicos (informes, reportes, entre otros) en el marco de las evaluaciones ambientales a cargo de la STEC.
- Realizar las validaciones y controles de calidad de los datos ambientales y meteorológicos de las estaciones VIGAMB a cargo del OEFA.
- Elaborar requerimientos logísticos (planes de trabajo), presentaciones, validaciones, sistematización, revisión de documentos técnicos, entre otros.
- Trabajar junto con el responsable de logística para coordinar los requerimientos necesarios para generar las evaluaciones ambientales.
- Participar en reuniones de coordinación con los equipos técnicos de la STEC y actores estratégicos para determinar los alcances y aspectos técnicos para tener en cuenta en las evaluaciones ambientales priorizadas.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1. Generalidades

Desde las últimas décadas el estado peruano a través de instituciones con funciones de monitoreo y vigilancia ambiental de calidad del aire, vienen implementando la instalación y operación de estaciones automáticas a nivel local, regional y nacional, principalmente con equipos de medición y adquisición de datos a tiempo real, siguiendo los lineamientos y criterios técnicos establecidos en el Protocolo nacional de monitoreo de calidad ambiental de aire (en adelante protocolo) aprobado con Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM, así mismo siguiendo las acciones de operación, mantenimiento, verificaciones y calibraciones de los equipos de monitoreo.

Por otro lado, el protocolo también detalla las especificaciones tecnológicas necesarias para un tratamiento y reporte adecuado de los datos producidos por las iniciativas nacionales de control de la calidad del aire, sin embargo, el OEFA desde los inicios de las primeras estaciones de vigilancia ambiental instaladas desde el 2012 ha presentado dificultades respecto al procesamiento y validación de datos que reportaban cada uno de los equipos de monitoreo automático, pudiendo afectar la confiabilidad de los resultados reportados.

En la actualidad el OEFA tiene instalado 34 estaciones de vigilancia a tiempo real con proyección a instalar 66 estaciones en el país, por lo que es una necesidad fundamental implementar un instructivo para validación de datos reportados por estaciones automáticas VIGAMB aplicable a nivel nacional, que permitirá estandarizar las acciones de recopilación, procesamiento, verificación, análisis, evaluación y validación de datos, estableciendo criterios técnicos específicos con el fin de promover el entendimiento común a los evaluadores u operadores encargados de las estaciones de vigilancia ambiental, así mismo se pueda generar la trazabilidad de los datos, desde la operación, mantenimiento, verificación técnica de equipos

y los cálculos de resultados comparativos a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) de aire a nivel nacional.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

Elaborar el instructivo de validación de datos crudos procedentes de estaciones automáticas de vigilancia ambiental de calidad del aire en el marco de las Evaluaciones Ambientales de Seguimiento del OEFA a nivel nacional.

2.3. Antecedentes

En el año 2019, mediante la aprobación del protocolo, se proporcionó una visión de las especificaciones técnicas requeridas para el procesamiento y reporte de los datos producidos por las estaciones de monitoreo, y que intenta estandarizar criterios técnicos para el diseño, operación y mantenimiento de redes o estaciones de monitoreo del aire ambiental, sin embargo se hace indispensable la elaboración de procedimientos técnicos específicos para el procesamiento, verificación y validación de datos del monitoreo ambiental del aire que no se especifica en el protocolo vigente.

2.4. Metodología

Para la elaboración del presente instructivo se partió desde el problema que siempre persistía desde el 2012 en las evaluaciones ambientales de calidad del aire a cargo del OEFA, de cómo realizar el procesamiento, sistematización, verificación y validación de las innumerables y extensas bases de datos que se generaban durante los monitoreos o vigilancias de la calidad de aire en periodos de meses y años.

La validación de datos inicia desde la operación de una estación de VIGAMB con equipos automáticos, que reportan datos crudos a tiempo real y que son almacenados de manera local en un dispositivo gestor de datos (datalogger¹ o pc industrial), que cumpla la función de

¹ Ver Anexo C

almacenamiento y transmisión de los datos obtenidos vía internet al servidor central del OEFA, que serán asegurados en una base de datos estructurada por la coordinación de vigilancia ambiental del OEFA, para los procesos de verificación, procesamiento, análisis, validación y publicación de los datos de calidad del aire en el PIFA.

La base de datos de calidad del aire y meteorología deben tener una estructura definida y ordenada (tabla maestra), donde la fecha y la hora determinan el orden y la suficiencia de los datos óptimos para realizar los cálculos de promedios, horarios, de 3 horas, de 8 horas, de 24 horas, mensuales y anuales. Así mismo, deben estar especificados los campos que definen cada parámetro a medir con sus respectivos atributos característicos, pudiendo ser números enteros, decimales o alfanuméricos.

En este sentido, los criterios técnicos detallados y aplicados a las evaluaciones ambientales de seguimiento de calidad del aire a cargo del OEFA, se desarrolló considerando los apartados que se detallan a continuación:

2.4.1. Marco Legal

Los criterios técnicos se elaboraron en base a la siguiente norma peruana:

- D.S. 010-2019-MINAM “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire”, Es una herramienta que permite normalizar los requisitos técnicos para el monitoreo del aire en todo el país y producir datos precisos, confiables, comparables y representativos.

2.4.2. Ámbito de aplicación

Se tomó de referencia 34 estaciones automáticas de tipo² móvil, portátil y fijo, en toda la VIGAMB que reportan resultados de contaminantes del aire criterio a tiempo real, en los ámbitos de influencia de las unidades fiscalizables del sector minera, industria, pesca, energía

² Ver Anexo B

y agricultura, sujetos a la fiscalización ambiental del OEFA a nivel nacional, como se detalla en la Figura 2 y 3.

Figura 2

Ubicación de estaciones automáticas VIGAMB del OEFA



Nota: Mapa de ubicación de las Evaluaciones Ambientales de Seguimiento (EAS) del sector minería, energía, agricultura, pesca e industria, sujetos a la fiscalización ambiental a cargo del OEFA a nivel nacional.

Figura 3

Detalles de estaciones automáticas VIGAMB del OEFA

N°	Nombre de estación	Tipo	Código de estación	Coordenadas UTM WGS-84		Zona	Altitud (m.s.n.m.)	Departamento	Parámetros monitoreados	Unidad Fiscalizable
				Este (m)	Norte (m)					
1	Talara	Móvil	CA-TA-01	469239	9494220		2		SO ₂ y meteorología	Refinería de Talara
2	La Huaca	Portátil	CA-HUA-01	504395	9456762	17M	32	Piura	PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	Empresa Agroaurora S.A.C.
3	Macacara	Portátil	CA-MAC-01	515715	9456510		38			
4	Roma	Portátil	CA-ROM-01	703789	9141429		177			
5	Casa Grande	Portátil	CA-CG-03	700363	9144024	17M	173	La Libertad	PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	Empresa agroindustrial Casa Grande S.A.A.
6	Miguel Grau	Portátil	CA-CH-04	769938	8991054		8			
7	Garcilaso de la Vega	Portátil	CA-CH-05	767626	8992871	17L	5	Ancash	H ₂ S, SO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	20 empresas pesqueras en la zona industrial Gran Trapecio
8	Juprog	Portátil	CA-JUPR-01	271214	8942357		4138			
9	Ayash	Portátil	CA-AYAS-01	278211	8946586	18L	3728	Ancash	PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	Unidad minera Antamina
10	Colquijirca	Portátil	CA-COLQ-01	361831	8811287		4285			
11	Huaraucaca	Portátil	CA-HUAR-01	358735	8806535	18L	4166	Pasco	PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	Unidad minera Colquijirca de Sociedad Minera El Brocal
12	Simón Bolívar	Móvil	CA-SB-01	361188	8819605		4258			Unidad minera Cerro de Pasco
13	La Oroya	Fijo	CA-CC-01	401757	8726374	18L	3728	Junín	SO ₂ y meteorología	Complejo Metalúrgico La Oroya
14	Nieveria	Portátil	CA-HU-01	290348	8674301		389			
15	El Paraíso	Portátil	CA-HU-04	290677	8673143		360	Lima	PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	27 empresas Ladrilleras aledañas al centro poblado menor Santa María de Huachipa, El Paraíso y Nieveria
16	SM de Huachipa	Portátil	CA-HU-09	289094	8671337	18L	285			
17	Los Andes	Portátil	CA-RZC-01	294343	8675073		428			
18	ROJ	Portátil	CA-RZC-02	295758	8677964		504	Lima	SO ₂ y meteorología	Refinería de zinc Cajamarquilla, distrito Lurigancho-Chosica
19	Paracas	Fijo	CA-PISCO-01	376609	8470 246		108			
20	Tupac Amaru	Fijo	CA-PISCO-02	375849	8483 677	18L	120	Ica	PM _{2.5} , PM ₁₀ , H ₂ S, SO ₂ , NO ₂ , CO y meteorología	Actividades mineras e industriales en los distritos de Pisco, Tupac Amaru Inca, San Clemente, San Andres y Paracas
21	Pisco	Fijo	CA-PISCO-03	370932	8484 279		24			
22	Challhuahuacho	Portátil	CA-CHA-01	812486	8440725		3805			
23	Mara	Portátil	CA-MAR-01	797713	8438314	18L	3711	Apurímac	PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	Unidad minera Las Bambas, por el corredor vial Apurímac – Cusco, ámbito provincia Cotabambas
24	Pitic	Portátil	CA-PIT-01	815921	8444623		3487			
25	Ccapacmarca	Portátil	CA-CP-01	823956	8449261		3600			
26	Espinar	Portátil	CA-ESP-01	240086	8361727	19L	3926	Cusco	PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	Unidad minera Las Bambas, por el corredor vial Apurímac – Cusco
27	Socabaya	Portátil	CA-SOC-01	231062	8175452		3728			
28	Uchumayo	Portátil	CA-UCH-01	216594	8170587	19K	2482	Arequipa	PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	Unidad de producción Cerro Verde de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.
29	Tala	Portátil	CA-TAL-01	321044	8108673	18L	3286	Moquegua	PM _{2.5} , PM ₁₀ y meteorología	Unidad minera Quellaveco
30	Bolognesi	Fijo	CA-ILO-01	252226	8048774		40			
31	Pacocho	Fijo	CA-ILO-02	251618	8051342	19K	30	Moquegua	PM _{2.5} , PM ₁₀ , H ₂ S, SO ₂ , NO ₂ , CO y meteorología	Fundición y refinería de cobre SOUTHERN PERU COPPER sucursal Perú, Central Termoeléctrica ENGIE Energía Perú
32	CEBA	Fijo	CA-ILO-03	253350	8047344		174			
33	Uchucarco	Fijo	CA-UCHU-01	195031	8403696		3941			
34	Chilloroya	Fijo	CA-CHIL-01	200674	8395541	19L	4046	Cusco	PM _{2.5} , PM ₁₀ , NO ₂ y meteorología	Unidad minera Constancia

Nota: estaciones VIGAMB del OEFA, detallando los contaminantes de aire criterio, variables meteorológicas monitoreadas y las unidades fiscalizables

2.4.3. Equipos de monitoreo

Para la elaboración del presente instructivo se operaron equipos de monitoreo automático de partículas y gases como se detalla en la Figura 4 y Anexo A.

Figura 4

Equipos automáticos de monitoreo de calidad del aire

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo
Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM _{2.5})	Monitor continuo de partículas PM _{2.5}	GRIMM	EDM 180
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	Monitor continuo de partículas PM ₁₀	GRIMM	EDM 180
Dióxido de azufre (SO ₂)	Analizador automático de gas SO ₂	Thermo Scientific	43i, 43iQ
Sulfuro de hidrogeno (H ₂ S)	Analizador automático de gas H ₂ S	Thermo Scientific	450i, 450iQ
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Analizador automático de gas NO ₂	Thermo Scientific	42iQ
Monóxido de carbono (CO)	Analizador automático de gas CO	Thermo Scientific	48iQ

Nota: Lista de equipos de monitoreo adaptado de los manuales técnicos de equipos

2.4.4. Softwares informáticos

Los softwares que se utilizó para la implementación del presente instructivo y la ejecución de procesos automatizados específicos se detallan en la Figura 5.

Figura 5

Softwares empleados en la validación de datos

Software	Descripción
LoggerNet	Software de pago que permite programar, almacenar y transmitir datos vía internet de un dispositivo registrador de datos (datalogger) a un servidor web.
Excel 365	Hoja de cálculo de pago para realizar procesamiento, análisis y gestionar datos.
R	Lenguaje de programación sin costo, empleado para el análisis estadístico y procesamiento avanzado de datos.
RStudio Desktop	Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) sin costo, para el lenguaje de programación R, dedicado a la computación estadística y gráficos especializados.
OpenAir	Herramienta de R sin costo, especializado para procesar y analizar datos de calidad del aire y variables meteorológicas.

Nota: Listado de softwares aplicados en la recopilación, procesamiento, verificación, análisis y validación de datos contaminantes del aire criterio y meteorología.

2.4.5. Criterios de validación

Para la validación de datos crudos reportados de una estación automática de monitoreo ambiental del aire se consideraron los siguientes criterios de validación:

2.4.5.1. Criterios críticos. Son esenciales para preservar la precisión de una medición (o la concentración de la muestra) o un conjunto de mediciones. Si una concentración no cumple todos los requisitos críticos, debe ser invalidada a menos que existan argumentos sólidos en contra, a continuación, se detallan los criterios críticos en la Figura 6.

Figura 6

Criterios críticos de validación de datos

Requerimiento	Frecuencia de evaluación	Criterio de validación	Referencia
Equipo automático	Antes del inicio del monitoreo	Verificar que los equipos cuenten con acreditación US EPA, MCERT'S o TUV.	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM
Calibración de equipo automático	Cada 365 días	Verificar la vigencia de calibración del equipo de monitoreo según proveedor de servicios	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM

Nota: Elaboración propia adaptado del protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire

2.4.5.2. Criterios operativos. Se consideran operativos porque garantizan que todo el sistema de medición y recopilación de datos funcionen correctamente. La invalidación de los datos puede ocurrir si no se cumplen una o más condiciones. A continuación, se detallan los criterios operativos en la Figura 7 y 8.

Figura 7*Crterios operativos de validación de datos*

Requerimiento	Frecuencia de evaluación	Criterio de validación	Referencia
Temperatura de caseta	Diario	20 °C – 30 °C	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM
Verificación intermedia de equipos automáticos	Mensual o semanal	Tabla 16 de protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire (Figura 8 del presente instructivo)	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM
Comunicación automática de datos a servidor central	Diario	Test de transmisión de datos de la estación a servidor central del OEFA	Correos automáticos al equipo técnico a cargo de la validación de datos con test de transmisión de datos al servidor central del OEFA

Nota: Elaboración propia adaptado del protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire

Figura 8*Crterios operativos para la verificación intermedia de equipos en campo*

Variable	Frecuencia	Error máximo permitido	Método de verificación
Estado de limpieza	Mensual		Visual
Prueba de Fugas	Mensual		Manual del fabricante
Flujo	Mensual	± 4,1% (error relativo)	Manual del fabricante
Aire cero (solo analizadores de gases)	Mensual	± 3% (error relativo) del rango	Manual del fabricante
Concentración conocida/span (solo para analizadores de gases)	Mensual	± 2,1% (error relativo) para un solo punto span correspondiente al 60% del rango	Manual del fabricante
Verificación másica (dispersión de la luz)	Mensual	± 5,1% (error relativo)	Manual del fabricante
Verificación másica (atenuación de rayos beta)	Mensual	± 5,1% (error relativo)	Manual del fabricante

Nota: Elaboración propia adaptado del protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire

2.4.5.3. Criterios sistemáticos. Criterios que son complementarios para el correcto procesamiento, verificación, análisis y explicación de los datos, por lo general, estos tienen poco efecto sobre la validez de una medición, pero, no aplicar estos criterios puede servir como justificación para invalidar todos los datos relacionados. A continuación, se detallan los criterios sistemáticos en la Figura 9.

Figura 9

Criterios sistemáticos de validación de datos

Requerimiento	Frecuencia de evaluación	Criterio de validación	Referencia
Estructura e integridad de base de datos crudos	Semanal	Definir e identificar las variables: tiempo, meteorología, calidad del aire y operativos de funcionamiento por equipo de monitoreo	Manual técnico de equipos de monitoreo y tabla maestra de base de datos
Mínima suficiencia de datos validos requeridos para los promedios comparativos al ECA	Semanal	Recopilación del 75% de datos: 1 hora (45 minutos) 8 horas (6 horas) 24 horas (18 horas) Mensual (23 días) Anual (9 meses)	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM
Límites históricos y rangos operativos del equipo de monitoreo	Semanal	Test de límites históricos y rango operativos de equipo de monitoreo automático	Datos validos históricos por estación y manual técnico del equipo de monitoreo
Banderas de control	Semanal	Descripción de los datos durante el proceso de validación	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM
Coherencia temporal	Semanal	Verificar que no deba existir valores constantes de concentraciones horarias por más de tres horas consecutivas.	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM
Coherencia interna	Semanal	Relaciones entre contaminantes que se debe cumplir: $\frac{PM_{2,5}}{PM_{10}} \leq 1$ $\frac{NO + NO_2}{NO_x} = [0,9 - 1,1]$	Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM

Nota: Elaboración propia adaptado del protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire y manuales técnicos de los equipos de monitoreo

A. Niveles de validación de datos. Estos niveles son aplicados durante los criterios sistemáticos y pretende que cada dato lleve asociada una etiqueta que indique características cualitativas, así como las manipulaciones a las que ha sido sometido. Se definen cuatro niveles de validación. Las distintas pruebas o test deben aplicarse secuencialmente, siguiendo el orden en que se plasman en el presente instructivo.

A.1. Validación de nivel cero. Son datos crudos con frecuencia de medición de 5 minutos de parámetros ambientales (concentraciones) y operativos (equipos), tomados directamente del dispositivo gestor de datos (datalogger) en la estación; que serán transmitidos a la unidad informática central del OEFA. En este nivel se generará la primera base de datos de nivel cero de 5 minutos (BD1_N0_5M). Esta no debe ser editada ni alterada de ninguna manera porque servirá de trazabilidad ante posibles errores de procesamiento de datos y será anexado a todo reporte o informe de monitoreo ambiental de aire del OEFA.

En la validación de nivel cero se debe cotejar que la base de datos (trama de datos), que se almacena en el datalogger de la estación, deben ser idénticos a lo que se transmite a la unidad informática central del OEFA, para los parámetros de PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, H₂S, NO₂ y CO en base a lo detallado en las Figuras 10, 11, 12, 13, 14 y 15 respectivamente.

Figura 10

Parámetros de equipo monitor continuo de PM₁₀ modelo EDM 180

Variable	Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos
Ambiental	Material particulado con diámetro aerodinámico menor a 10 micras (PM ₁₀)	PM10_UGM3	µg/m ³	5 minutos
Operativo	Flujo PM ₁₀	PM10_FLOW	lt/min	5 minutos
Operativo	Presión atmosférica	PM10_PRESION	HPa	5 minutos
Operativo	Temperatura ambiental	PM10_TEMP	°C	5 minutos
Operativo	Humedad relativa	PM10_HR	%	5 minutos
Operativo	Estado PM ₁₀	PM10_ESTADO	-	5 minutos

Nota: Elaboración propia adaptado de manual técnico del equipo de monitoreo

Figura 11*Parámetros de equipo monitor continuo de PM_{2.5} modelo EDM 180*

Variable	Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos
Ambiental	Material particulado con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras (PM _{2.5})	PM25_UGM3	µg/m ³	5 minutos
Operativo	Flujo de equipo PM _{2.5}	PM25_FLOW	lt/min	5 minutos
Operativo	Presión atmosférica ambiental	PM25_PRESION	HPa	5 minutos
Operativo	Temperatura ambiental	PM25_TEMP	°C	5 minutos
Operativo	Humedad relativa ambiental	PM25_HR	%	5 minutos
Operativo	Estado de equipo PM _{2.5}	PM25_ESTADO	-	5 minutos

Nota: Elaboración propia adaptado del manual técnico del equipo de monitoreo

Figura 12*Parámetros de equipo analizador automático de gas SO₂ modelo 43i, 43iQ*

Variable	Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos
Ambiental	Dióxido de azufre SO ₂	SO2_PPB	ppb	5 minutos
Operativo	Flujo de equipo SO ₂	SO2_FLOW	L/min	5 minutos
Operativo	Lampara interna de equipo	SO2_LAMP_INT	-	5 minutos
Operativo	Temperatura interna de equipo	SO2_INTERNAL_TEMP	°C	5 minutos
Operativo	PMT voltaje de equipo	SO2_PMT_VOLTAGE	V	5 minutos
Operativo	Lampara de voltaje de equipo	SO2_LAMP_VOLTAGE	V	5 minutos
Operativo	Temperatura de cámara de equipo	SO2_BENCH_TEMP	°C	5 minutos
Operativo	Presión de cámara de equipo	SO2_BENCH_PRESS	mmHg	5 minutos
Operativo	Estado de equipo SO ₂	SO2_ESTADO	-	5 minutos

Nota: Elaboración propia adaptado del manual técnico del equipo de monitoreo

Figura 13*Parámetros de equipo analizador automático de gas H₂S modelo 450i, 450iQ*

Variable	Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos
Ambiental	Sulfuro de hidrogeno H ₂ S	H2S_PPB	ppb	5 minutos
Operativo	Flujo de equipo H ₂ S	H2S_FLOW	L/min	5 minutos
Operativo	Lampara interna de equipo	H2S_LAMP_INT	-	5 minutos
Operativo	Temperatura interna de equipo	H2S_INTERNAL_TEMP	°C	5 minutos
Operativo	PMT voltaje de equipo	H2S_PMT_VOLTAGE	V	5 minutos
Operativo	Lampara de voltaje de equipo	H2S_LAMP_VOLTAGE	V	5 minutos
Operativo	Temperatura de cámara de equipo	H2S_BENCH_TEMP	°C	5 minutos
Operativo	Presión de cámara de equipo	H2S_BENCH_PRESS	mmHg	5 minutos
Operativo	Estado de equipo	H2S_ESTADO	-	5 minutos

Nota: Elaboración propia adaptado del manual técnico del equipo de monitoreo

Figura 14*Parámetros de equipo analizador automático de gas NO₂ modelo 42iQ*

Variable	Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos
Ambiental	Dióxido de nitrógeno NO ₂	NO2_PPB	ppb	5 minutos
Ambiental	Monóxido de nitrógeno NO	NO_PPB	ppb	5 minutos
Ambiental	Óxidos de nitrógeno NO _x	NOX_PPB	ppb	5 minutos
Operativo	Flujo de equipo NO	NO_FLOW	L/min	5 minutos
Operativo	Temperatura interna de equipo	NO_INTERNAL_TEMP	°C	5 minutos
Operativo	PMT voltaje de equipo	NO_PMT_VOLTAGE	V	5 minutos
Operativo	Presión de cámara de equipo	NO_CHAMBER_PRESS	mmHg	5 minutos
Operativo	Estado de equipo	NO_ESTADO	-	5 minutos

Nota: Elaboración propia adaptado del manual técnico del equipo de monitoreo

Figura 15

Parámetros de equipo analizador automático de gas CO modelo 48iQ

Variable	Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos
Ambiental	Monóxido de carbono CO	CO_PPB	ppb	5 minutos
Operativo	Flujo de equipo CO	CO_FLOW	L/min	5 minutos
Operativo	Temperatura interna de equipo	CO_INTERNAL_TEMP	°C	5 minutos
Operativo	Voltaje de equipo	CO_BIAS_VOLTAGE	V	5 minutos
Operativo	Temperatura de cámara de equipo	CO_BENCH_TEMP	°C	5 minutos
Operativo	Presión de cámara de equipo	CO_BENCH_PRESS	mmHg	5 minutos
Operativo	Estado de equipo	CO_ESTADO	-	5 minutos

Nota: Elaboración propia adaptado del manual técnico del equipo de monitoreo

A.2. Validación de nivel uno. Este nivel de validación se aplica a datos de 5 minutos y se genera 2 tramas de datos de nivel uno: segunda trama de nivel uno de 5 minutos (BD2_N1_5M) que no debe ser editado porque servirá de trazabilidad ante posibles errores, además será automatizado por un algoritmo de procesamiento de datos; también se generará la tercera trama de nivel uno, de 5 minutos (BD3_N1_5M), que podrá ser analizada, evaluada, editada y validada por el analista de datos en base a las siguientes pruebas de verificaciones:

A.2.1. Captura de datos. Es la cantidad de data que se prevé recopilar durante el transcurso del período de medición objetivo, como se detalla en la Figura 16.

Figura 16*Captura de datos por periodo de medición objetivo*

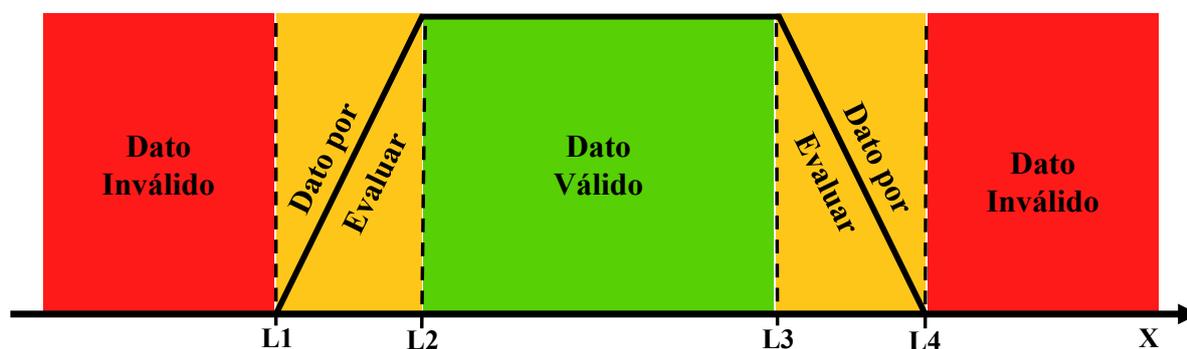
Periodo de medición	Captura de datos esperado
1 hora	$\frac{60 \text{ min.}}{5 \text{ min.}} = 12 \text{ datos de 5 minutos}$
24 horas	$12 \frac{\text{datos}}{\text{hora}} \times 24 \text{ horas} = 288 \text{ datos de 5 minutos}$
	$1 \text{ dia} \times \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ dato}}{\text{hora}} = 24 \text{ datos horarios}$
Mes	$12 \frac{\text{datos}}{\text{hora}} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \times 30 \text{ dias} = 8640 \text{ datos de 5 minutos}$
	$12 \frac{\text{datos}}{\text{hora}} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \times 31 \text{ dias} = 8928 \text{ datos de 5 minutos}$
	$\frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ dato}}{\text{hora}} \times 30 \text{ dias} = 720 \text{ datos horarios}$
	$\frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ dato}}{\text{hora}} \times 31 \text{ dias} = 744 \text{ datos horarios}$

Nota: Elaboración propia adaptado del protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire

A.2.2. Límites históricos. La data se valida mediante una prueba que determina si los datos estuvieron dentro o fuera de los límites de detección del equipo de acuerdo con el manual técnico, así como límites históricos que se establecen con base en el rango estadístico (mínima y máxima) de los datos históricos validados para cada estación, como se detalla en la Figura 17 y 18.

Figura 17

Asignación de límites a parámetros ambientales



Donde:

X : Parámetro ambiental (concentración)

L2 y L3 : Límites históricos válidos

L1 y L4 : Límite de detección de equipo

Si $L2 \leq X \leq L3 \rightarrow X = \text{Dato válido}$

Si $L1 \leq X < L2 \rightarrow X = \text{Dato por evaluar}$

Si $L3 < X \leq L4 \rightarrow X = \text{Dato por evaluar}$

Si $X < L1$ o $X > L4 \rightarrow X = \text{Dato inválido}$

Nota: Grafico trapezoidal que permite clasificar los datos en base a límites históricos válidos y límites de detección de un equipo de monitoreo; donde se observa que los datos que estén entre los límites L2 y L3 se consideraran válidos, entre los límites L1 a L2 y L3 a L4, se consideran datos por evaluar y los datos menores al límite L1 o mayores a L4 se consideraran datos inválidos por encontrarse fuera del límite de detección del equipo de monitoreo.

Figura 18

Asignación de límites a parámetros ambientales

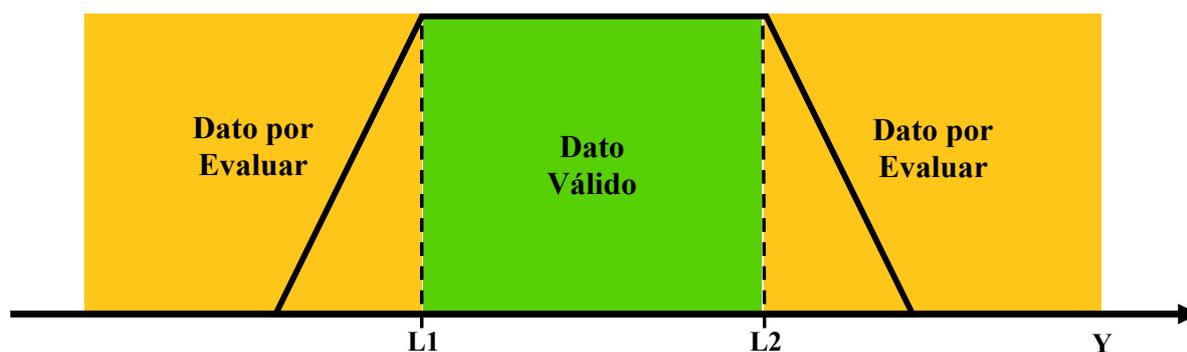
Parámetro Ambiental	Equipo	Unidad	Frecuencia de datos	Límite 1 (L1)	Límite 2 (L2)	Límite 3 (L3)	Límite 4 (L4)
PM _{2.5}	EDM 180	µg/m ³	5 minutos y horarios	L1_µg/m ³	L2_µg/m ³	L3_µg/m ³	L4_µg/m ³
PM ₁₀	EDM 180	µg/m ³	5 minutos y horarios	L1_µg/m ³	L2_µg/m ³	L3_µg/m ³	L4_µg/m ³
SO ₂	43i, 43iQ	ppb	5 minutos y horarios	L1_ppb	L2_ppb	L3_ppb	L4_ppb
H ₂ S	450i, 450iQ	ppb	5 minutos y horarios	L1_ppb	L2_ppb	L3_ppb	L4_ppb
NO ₂	42iQ	ppb	5 minutos y horarios	L1_ppb	L2_ppb	L3_ppb	L4_ppb
CO	48iQ	ppb	5 minutos y horarios	L1_ppm	L2_ppm	L3_ppm	L4_ppm

Nota: Listado de parámetros ambientales y asignación de límites de concentraciones: microgramo por metro cubico (µg/m³), partes por billón (ppb) y partes por millón (ppm)

A.2.3. Límites operativos. La tecnología del equipo de monitoreo y su manual de operación definirán la variación óptima de operación entre el límite mínimo (L2) y máximo (L3) de los parámetros de operación, como se detalla en la Figura 19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25.

Figura 19

Asignación de límites a parámetros operativos



Donde:

Y : Parámetro operativo

L1 y L2 : Límites operativos

Si $L1 \leq Y \leq L2 \rightarrow Y = \text{Dato válido}$

Si $Y < L1$ o $Y > L2 \rightarrow Y = \text{Equipo por evaluar}$

Nota: Grafico trapezoidal que permite clasificar los datos operativos en base a límites de funcionamiento óptimos de un equipo de monitoreo; se observa que los datos que estén entre los límites L1 y L2 se considerara que el equipo está operando correctamente y los datos menores al límite L1 o mayores a L2 se considerara la evaluación del equipo ante una posible falla técnica para su mantenimiento correctivo.

Figura 20

Asignación de límites operativos de equipo PM₁₀ modelo EDM 180

Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos	Límite 1 (L1)	Límite 2 (L2)
Flujo PM ₁₀	PM10_FLOW	L/min	5 minutos y horarios	1.14	1.26

Nota: Elaboración propia de estructura de base de datos VIGAMB de equipo EDM180 en servidor central del OEFA

Figura 21*Asignación de límites operativos de equipo PM_{2.5} modelo EDM 180*

Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos	Límite 1 (L1)	Límite 2 (L2)
Flujo PM _{2.5}	PM25_FLOW	L/min	5 minutos y horarios	1.14	1.26

Nota: Elaboración propia de estructura de base de datos VIGAMB de equipo EDM180 en servidor central del OEFA

Figura 22*Asignación de límites operativos de equipos SO₂, modelos 43i, 43iQ*

Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos	Límite 1 (L1)	Límite 2 (L2)
Flujo de equipo SO ₂	SO2_FLOW	L/min	5 minutos y horarios	0.3	1.0
Lampara interna de equipo	SO2_LAMP_INT	-	5 minutos y horarios	20	102
Temperatura interna de equipo	SO2_INTERNAL_TEMP	°C	5 minutos y horarios	8	47
PMT voltaje de equipo	SO2_PMT_VOLTAGE	V	5 minutos y horarios	-900	-400
Lampara de voltaje de equipo	SO2_LAMP_VOLTAGE	V	5 minutos y horarios	600	1200
Temperatura de cámara de equipo	SO2_BENCH_TEMP	°C	5 minutos y horarios	44	51
Presión de cámara de equipo	SO2_BENCH_PRESS	mmHg	5 minutos y horarios	300	800

Nota: Elaboración propia adaptado del manual técnico del equipo marca Thermo Scientific, modelos 43i, 43iQ y tabla maestra de estructura de base de datos VIGAMB en servidor central del OEFA

Figura 23*Asignación de límites operativos de equipo H₂S, modelos 450i, 450iQ*

Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos	Límite 1 (L1)	Límite 2 (L2)
Flujo de equipo H ₂ S	H2S_FLOW	L/min	5 minutos y horarios	0.7	1.4
Lámpara interna de equipo	H2S_LAMP_INT	-	5 minutos y horarios	20	104
Temperatura interna de equipo	H2S_INTERNAL_TEMP	°C	5 minutos y horarios	8	47
PMT voltaje de equipo	H2S_PMT_VOLTAGE	V	5 minutos y horarios	-900	-400
Lámpara de voltaje de equipo	H2S_LAMP_VOLTAGE	V	5 minutos y horarios	600	1200
Temperatura de cámara de equipo	H2S_BENCH_TEMP	°C	5 minutos y horarios	44	51
Presión de cámara de equipo	H2S_BENCH_PRESS	mmHg	5 minutos y horarios	300	800

Nota: Elaboración propia adaptado del manual técnico del equipo marca Thermo Scientific, modelos 450i, 450iQ y tabla maestra de estructura de base de datos VIGAMB del servidor central del OEFA

Figura 24*Asignación de límites operativos de equipo NO₂, modelo 42iQ*

Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos	Límite 1 (L1)	Límite 2 (L2)
Flujo de equipo NO	NO_FLOW	L/min	5 minutos y horarios	0.35	0.9
Temperatura interna de equipo	NO_INTERNAL_TEMP	°C	5 minutos y horarios	15	45
PMT voltaje de equipo	NO_PMT_VOLTAGE	V	5 minutos y horarios	-900	-400
Presión de cámara de equipo	NO_CHAMBER_PRESS	mmHg	5 minutos y horarios	150	400

Nota: Elaboración propia adaptado del manual técnico del equipo marca Thermo Scientific, modelos 42iQ y tabla maestra de estructura de base de datos VIGAMB del servidor central del OEFA

Figura 25*Asignación de límites operativos de equipo CO, modelo 48iQ*

Parámetro	Nombre de Trama	Unidad	Frecuencia de datos	Límite 1 (L1)	Límite 2 (L2)
Flujo de equipo CO	CO_FLOW	L/min	5 minutos y horarios	0.4	1.5
Temperatura interna de equipo	CO_INTERNAL_TEMP	°C	5 minutos y horarios	8	47
Voltaje de equipo	CO_BIAS_VOLTAGE	V	5 minutos y horarios	-130	-100
Temperatura de cámara de equipo	CO_BENCH_TEMP	°C	5 minutos y horarios	40	59
Presión de cámara de equipo	CO_BENCH_PRESS	mmHg	5 minutos y horarios	250	1000

Nota: Elaboración propia adaptado del manual técnico del equipo marca Thermo Scientific, modelos 48iQ y tabla maestra de estructura de base de datos VIGAMB del servidor central del OEFA

A.2.4. Automatización y asignación de banderas. Cada dato de 5 minutos debe estar acompañado por una bandera de control con el fin de proporcionar detalles sobre la calidad de la data a validar, así mismo de un color característico como se detalla en la Figura 26.

Figura 26*Asignación de colores en banderas de control*

Color	Descripción
RGB 211,240,224	Dato prevalido
RGB 87,208,6	Dato valido
RGB 255,192,0	Dato por evaluar
RGB 0,176,240	Dato recopilado manualmente
RGB 255,0,0	Dato invalido
RGB 255,255,255	Dato no registrado

Nota: Elaboración propia de la asignación de colores a las banderas de control y celdas de los datos de los contaminantes del aire criterio

Las banderas de control son códigos que proporcionan detalles sobre la calidad de los datos en cada etapa del proceso de validación. Las características de las banderas de control utilizados en los niveles de validación uno, dos y tres se describen a continuación:

- PV (Dato prevalido). Dato automatizado por algoritmo, que se considera pre correcto o verdadero sin evaluación de especialista. Aplicado a la segunda trama de nivel uno de 5 minutos (BD2_N1_5M).
- VA (Dato valido). Dato considerado preciso u objetivo que satisface los criterios críticos, operativos y sistemáticos de validación de datos de acuerdo con el protocolo y evaluación de especialista. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), a la quinta trama de nivel 3, horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de datos de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- RM (Recopilado manualmente). Asignado a los datos que han sido recopilado manualmente del datalogger o de la memoria interna del equipo que complementan a la base de datos de nivel cero. Aplicados a la segunda trama de nivel uno, de 5 minutos (BD2_N1_5M) y la cuarta trama de nivel dos horarios (BD4_N2_1H).
- LH (limite histórico valido). Dato que debe analizarse y evaluarse para su validación o invalidación porque exceden los parámetros de la serie de datos históricos validos de cada estación. Aplicado a la segunda trama de nivel uno de 5 minutos (BD2_N1_5M), base de datos 4 de nivel 2, horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD4_N2_1H).
- EV (dato por evaluar). Asignado a los datos operativos susceptibles de evaluación en los niveles de validación cero, uno y dos porque superan los parámetros operativos óptimos del equipo de medición. Aplicado a la segunda trama de nivel uno, de 5 minutos (BD2_N1_5M), la cuarta trama de nivel dos, horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD4_N2_1H).

- ID (Insuficiencia de datos). Asignado a los datos no calculados debido a que no se alcanzó el umbral de suficiencia de datos, como se indica en la Tabla 15. Aplicado a quinta trama de nivel tres, horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- LD (Límite de detección de equipo). Dato que no alcanzan el límite de detección o resolución del equipo. Aplicado a la segunda trama de nivel uno de 5 minutos (BD2_N1_5M) y la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M).
- FT (Funcionamiento técnico de equipo). Dato que se considera inválido debido a la presencia de alarmas en el equipo y parámetros operativos esenciales que se desvían de las configuraciones operativas estándar, comprometiendo así la validez de los datos. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres, horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- CT (Coherencia temporal). Dato no válido que refieren valores que permanecen constantes durante más de 3 horas consecutivas en las concentraciones. Aplicado a la quinta trama de nivel tres, horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H).
- CI (Coherencia interna). Dato no valido porque no se ajustan a las relaciones químicas entre los contaminantes, principalmente de partículas (PM₁₀ y PM_{2,5}) y óxidos de nitrógeno (NO_x, NO y NO₂). Aplicado a la quinta trama de nivel tres, horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H).
- EE (Evaluación de especialista). Dato no valido por no cumplir los criterios del analista o especialista en validación, quien evalúa técnica, visual y estadísticamente los parámetros ambientales y operativos del equipo. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), a la quinta trama de nivel tres, horarios, móvil de 3

horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).

- CA (Calibración de equipo). Asignado a los datos reportados durante el servicio externo de calibración insitu de un equipo de medición. Aplicado a tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- MA (Mantenimiento de equipo). Asignado a los datos reportados cuando se realizan actividades de mantenimiento preventivo o correctivo en los equipos de medición. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- VF (Verificación de equipo). Se asigna esta bandera a los datos cuando se realizan actividades de verificación técnica al equipo de medición. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- IE (Interrupción eléctrica). Aplica esta bandera a datos que no fueron recolectados debido a la ausencia de corriente eléctrica en el equipo de medición o estación. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- AF (Actualización de firmware). Asignado a los datos cuando el equipo de medición no registro datos debido al reajuste de su firmware. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3

horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).

- AA (Actualización de algoritmo). Se asigna a los datos cuando el equipo de medición no reporto datos debido a un reajuste del algoritmo del datalogger. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- EA (Equipo apagado). Se asigna cuando los datos no fueron capturados debido a que el equipo se encuentra inactivo o apagado debido a una contingencia técnica, a pesar de que la estación cuente con corriente eléctrica. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta base de datos de nivel tres, de 24 horas (BD6_N3_24H).
- SE (Sin equipo). Se asigna cuando los datos no fueron capturados debido a la retirada del equipo de medición. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- IM (Insuficiencia de memoria). Se asigna cuando no se recopila datos porque la memoria interna del equipo o el datalogger de la estación están saturados. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H).
- ST (Sin transmisión). Dato no transmitido al servidor central, pero pendiente de evaluar si almaceno en el registrador de datos o equipo para su recopilación manual y posterior validación. Aplicado a la tercera trama de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la

quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta base de datos de nivel tres, de 24 horas (BD6_N3_24H).

- ED (Equipo desconfigurado). Dato no registrado cuando el equipo por un detalle técnico se desconfiguro y no midió pese a estar encendido. Aplicado a la tercera trama 3 de nivel uno de 5 minutos (BD3_N1_5M), la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y la sexta trama de nivel tres, de 24 horas (BD6_N3_24H).
- ND (No disponible). Aplica a todo dato no registrado en caso de un escenario no cubierto por este conjunto de banderas descritas en los puntos anteriores; la inclusión de banderas adicionales se evaluará según sea necesario. No debe ser aplicado a datos ausentes por varios minutos u horas que afecte el promedio horario o diario. Aplicado a la segunda trama de nivel uno de 5 minutos (BD2_N1_5M) y la cuarta trama de nivel dos, horarios (BD4_N2_1H).

A.3. Validación de nivel dos. Este nivel de validación se aplica a los datos horarios y se generará una cuarta trama de nivel 2 horario (BD4_N2_1H) que no debe ser editado porque servirá de trazabilidad ante posibles errores, además será automatizado por un algoritmo de procesamiento de datos en base a las siguientes acciones:

A.3.1. Suficiencia de datos. Es el mínimo indispensable de datos validos necesarios para calcular los promedios de una hora, promedios móviles de tres y ocho horas con el fin de alcanzar el requisito <75% de datos requeridos, como se detalla en la Figura 27

Figura 27*Mínima suficiencia de datos para calcular promedios horarios*

Periodo de medición	Mínima suficiencia de datos valida requerida
1 hora	$0,75 \times 12 \cong 9$ datos de 5 minutos
Móvil de 3 horas	$0,75 \times 3 \cong 2$ datos horarios
Móvil de 8 horas	$0,75 \times 8 \cong 6$ datos horarios

Nota: Elaboración propia adaptado del protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental de aire

A.3.2. Automatización de banderas. Reasignación de banderas por algoritmo de procesamiento de datos.

A.4. Validación de nivel tres. Se aplica a los datos horarios, diarios y se generaran dos bases de datos de nivel tres: la quinta trama de nivel tres horarios, móvil de 3 horas y móvil de 8 horas (BD5_N3_1H) y sexta trama de nivel tres de 24 horas (BD6_N3_24H) y se debe considerar las siguientes acciones:

A.4.1. Evaluación de banderas de control. Evaluar la actualización de banderas en los casos donde los datos fueron invalidados o alterados por actividades operativas o fallas técnicas en los equipos de monitoreo.

A.4.2. Coherencia temporal. Criterio que considera que no se observen datos continuos de concentración horaria durante más de tres horas, ya que esto invalidaría el cuarto dato horario, este criterio solo es aplicado a los datos horarios.

A.4.3. Coherencia interna. Se debe verificar que las concentraciones horarias deben mantener las siguientes relaciones químicas entre contaminantes como:

$$\frac{PM_{2.5}}{PM_{10}} \leq 1$$

$$\frac{NO + NO_2}{NO_x} = [0,9 - 1,1]$$

A.4.4. Análisis de especialista. Evaluación realizada por un analista de datos en contaminantes de aire, a base de la experiencia en la inspección visual de gráficos estadísticos de series temporales e identificación de anomalías de los parámetros ambientales a analizar.

2.5. Resultados

- Con las diversas actividades técnicas operativas y sistemáticas que implica la VIGAMB, desde la instalación, operación, mantenimiento, reporte de resultados de una estación de monitoreo automático y sumado a la gran cantidad de datos que se genera y se reporta a tiempo real en las 34 estaciones de VIGAMB a cargo del OEFA, el presente instructivo técnico permite identificar, definir y estandarizar los diversos procedimientos de validación de datos de contaminantes criterio del aire como PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, H₂S, NO₂ y CO; que es el resultado de las experiencias del autor al haber trabajado con grupos de profesionales multidisciplinarios de ingenieros ambientales, meteorólogos, electrónicos y técnicos en tecnologías ambientales, así mismo el haber operado y ser líder de diversas estaciones de monitoreo y VIGAMB a cargo del OEFA.
- La validación de datos contaminantes criterio del aire a cargo del OEFA al ser un proceso rutinario diseñado para garantizar que los resultados obtenidos e informados a tiempo real en el PIFA del OEFA, cumplan con los objetivos de calidad de las operaciones de los equipos de monitoreo automático y resultados de estos, se generan 6 bases de datos³ durante los niveles de validación cero, uno, dos, tres que permiten la trazabilidad de resultados, así mismo la elaboración de plantillas⁴ de validación y algoritmos⁵ específicos para cada una de las 34 estaciones de VIGAMB a cargo del OEFA, que permiten recopilar, procesar, verificar, analizar, evaluar y validar los contaminantes criterios del aire como PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, H₂S, NO₂ y CO, así mismo de

^{3,5,6} Ver anexo C

los parámetros operativos de los equipos de monitoreo automático, empleados durante la EAS en el ámbito de influencia de los administrados del sector minería, industria y energía, supervisados y fiscalizables a cargo del OEFA a nivel nacional.

2.6. Discusión de Resultados

Desde la década del 2000 hasta la actualidad, el gobierno peruano en el sector ambiente tiene el compromiso de ser un país moderno que aproveche sus recursos naturales de manera sostenible, sin comprometer las necesidades y el desarrollo de las generaciones futuras, por ello, a través de instituciones públicas especializadas con funciones de evaluación, supervisión y fiscalización ambiental, viene implementando redes de monitoreo y vigilancia ambiental a nivel nacional con el propósito de hacer seguimiento continuo a los principales agentes económicos del sector minería, energía, agricultura, pesca e industria.

El OEFA, organismo dependiente del Ministerio del Ambiente, incentiva a los actores económicos a cumplir con sus deberes ambientales de manera eficiente y abierta, tiene instalado 34 estaciones de VIGAMB que reportan resultados a tiempo real, que sirve como herramienta fiscalizable a los principales agentes económicos que pudieran afectar al medio ambiente aire.

A inicios del desarrollo de resultados de las primeras estaciones de vigilancia ambiental instaladas desde el 2012 a cargo del OEFA, se presentaron dificultades respecto a la sistematización, análisis, evaluación y validación de datos de contaminantes criterios del aire, es así como los reportes de resultados medidos en décadas pasadas pudieron ser afectados en la confiabilidad de las mediciones al no contar con procedimientos técnicos estandarizados.

Es así como, mediante la implementación del presente instructivo para validación de datos generados por estaciones automáticas VIGAMB aplicados a nivel nacional, permite estandarizar todo el proceso de validación de datos de contaminantes criterios del aire, agrupándolos en 3 criterios principales:

Los criterios críticos son los que permiten mantener la integridad de una medición o grupo de mediciones al requerir que los equipos de monitoreo cuenten con certificación o acreditación US EPA, MCERT'S o TUV, así mismo, que cuenten con calibraciones vigentes anuales.

Los criterios operativos son los que permiten mantener la operatividad de los equipos de monitoreo al especificar que los mismos deban funcionar a un rango de temperatura entre 20 °C a 30 °C, caso contrario se invalidarían los resultados obtenidos; también están incluidos las verificaciones intermedias operativas de los equipos de monitoreo automático de partículas y gases, para validar la linealidad posterior a la calibración y garantizar que las respuestas del equipo estén dentro del rango de calibración, así mismo evitar el desajuste o deriva de los resultados, debiendo hacerse estas verificaciones de manera semanal o mensual dependiendo del equipo, caso contrario se estaría incumpliendo lo que exige el protocolo nacional.

Los criterios sistemáticos, son los que permiten el correcto procesamiento, verificación, análisis, evaluación y validación final de los datos que a menudo no afectan la validez de las mediciones, sin embargo, la no aplicación de estos criterios podría servir como base sólida para la invalidación de todos los datos relacionada con la medición. Para poder hacer un uso óptimo de los datos procedentes de las estaciones automáticas de monitoreo y VIGAMB es imprescindible conocer el grado de calidad de los mismos, por ello se establecen criterios que permitan no solo saber el grado de validez de los datos, sino también las manipulaciones a las que han sido sometidos, por tanto, los criterios sistemáticos se clasificaron por niveles de validación que van del nivel cero, uno, dos y tres.

III. APORTES MAS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN

Como integrante del equipo de la coordinación de vigilancia ambiental de la STEC de la DEAM del OEFA, el autor ha obtenido destacables aportes institucionales, los cuales se describen a continuación:

- En el 2021, el autor formo parte del equipo de la coordinación de vigilancia ambiental de la STEC del OEFA que obtuvo el único Premio, en la edición bicentenario del Premio a las Buenas Prácticas en la Gestión Pública 2021, otorgado por la organización sin fines de lucro Ciudadanos al Día (CAD), con la iniciativa denominada "Aire limpio con monitoreo ambiental automatizado, remoto y en tiempo real".
- Estandarización de los diversos criterios técnicos para validación de datos generados por 34 estaciones automáticas de VIGAMB a nivel nacional a cargo del OEFA.
- Estandarización de estructura de la base de datos históricos de 5 minutos, horarios y diarios en el servidor central del OEFA, de contaminantes del aire criterios como PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, H₂S, NO₂ y CO, así mismo de variables meteorológicas.
- Capacitaciones y revisiones permanentes sobre la validación de datos de contaminantes del aire criterios a nuevos integrantes evaluadores y analista de datos del OEFA a cargo de las redes de estaciones automáticas de VIGAMB a nivel nacional.

IV. CONCLUSIONES

- Mediante la revisión de protocolos, manuales, normas técnicas peruanas e internacionales se ha podido identificar, definir y estandarizar las acciones de recopilación, procesamiento, verificación, análisis, evaluación y validación de datos de los contaminantes del aire criterio como PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, H₂S, NO₂, estableciendo y agrupando criterios técnicos específicos con el fin de promover el entendimiento común, a los evaluadores, analistas de datos y operadores encargados de las estaciones de VIGAMB a tiempo real del OEFA.
- Para la validación de datos de contaminantes del aire procedentes de estaciones automáticas, se clasificaron en 3 grupos, siendo los criterios críticos los relacionados a las certificaciones o acreditaciones que deben tener los equipos de monitoreo automático a usar y la vigencia de las calibraciones anuales de los mismos; los criterios operativos son los que permiten mantener el buen funcionamiento de los equipos en campo, como las condiciones de temperatura dentro de la caseta de monitoreo, las verificaciones intermedias de cero, span y multipunto, así mismo los mantenimientos preventivos o correctivos anuales programados; y los criterios sistemáticos que permiten el correcto procesamiento, verificación, análisis y validación final de los datos, así también la trazabilidad de las manipulaciones a las que han sido sometidos, por ello, los criterios sistemáticos se clasificaron por niveles de validación sistemática que van del nivel 0, 1, 2 y 3.
- Producto de la estandarización de los procedimientos de validación de datos de contaminantes del aire criterio, se elaboró plantillas de validación, algoritmos de procesamiento y automatización de datos, específicos por estación, que permiten generar base de datos con trazabilidad e identificar posibles manipulaciones o errores durante el proceso de revisión de los criterios críticos, operativos y sistemáticos.

V. RECOMENDACIONES

- Con los procedimientos y criterios específicos técnicos descritos en el presente instructivo es recomendable implementar un sistema intranet distribuidos en módulos⁶ 1, 2 y 3 que permita gestionar y automatizar parte de los criterios sistemáticos de validación, para un manejo ordenado de las 6 bases de datos que se generan durante todo el proceso de validación.
- Con la implementación y ejecución del presente instructivo sobre los resultados de la VIGAMB del OEFA, es recomendable complementar en el PIFA, un repositorio de datos crudos y validados con sus respectivas asignaciones de banderas de trazabilidad, que permitirá acceder a consulta o información pública con transparencia los resultados de las estaciones de monitoreo ambiental del aire a cargo del OEFA.
- Con la proyección a instalar de 34 a 66 estaciones de VIGAMB a cargo del OEFA, se recomienda la actualización del presente instructivo ante la adquisición de equipos de monitoreo con nuevas tecnologías o mejoras operativas no descritas en el presente instructivo.

⁶ Ver anexo C

VI. REFERENCIAS

Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM. Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire (2 de diciembre de 2019).

<https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad#:~:text=El%20%E2%80%9CProtocolo%20Nacional%20de%20Monitoreo,%2C%20compatible%2C%20confiable%20y%20representativa>

Hidalgo, N. (2011). Metodología para la validación de datos de calidad del aire generados por una red de monitoreo automático. [Tesis posgrado]. Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4443/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Ecología de México (s.f.). Manual 5: Protocolo de manejo de datos de la calidad del aire.

<https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/guias/5%20-%20Protocolo%20de%20Manejo%20de%20Datos%20de%20la%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

Norma española UNE 500540. Redes de estaciones meteorológicas automáticas: Directrices para la validación de registros meteorológicos procedentes de redes de estaciones automáticas (3 de setiembre de 2004)

U.S. Environmental Protection Agency (2017). Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Volume II Ambient Air Quality Monitoring Program.

https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/final_handbook_document_1_17.pdf

U.S. Environmental Protection Agency (2008). Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems, Volume IV: Meteorological Measurements v2.0.

https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/volume_iv_meteorological_measurements.pdf

U.S. Environmental Protection Agency (2006). Data Quality Assessment: A Reviewer's Guide.

<https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/g9r-final.pdf>

U.S. Environmental Protection Agency (2006). Data Quality Assessment: Statistical Methods

for Practitioners. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/g9s-final.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo A

Equipos automáticos de monitoreo ambiental de calidad del aire operados en el OEFA

Equipo monitor continuo de PM₁₀ y PM_{2.5}, marca GRIMM, modelo EDM 180



Equipo analizador de gas SO₂ marca Thermo Scientific, modelo 43 iQ



Equipo analizador de gas SO₂ marca Thermo Scientific, modelo 43i



Equipo analizador de gas H₂S marca Thermo Scientific, modelo 450 iQ



21/06/2024 10:15

Equipo analizador de gas NO₂ marca Thermo Scientific, modelo 42 iQ



Equipo analizador de gas CO marca Thermo Scientific, modelo 48 iQ



Anexo B

Tipos de estaciones automáticas de vigilancia ambiental de calidad del aire del OEFA

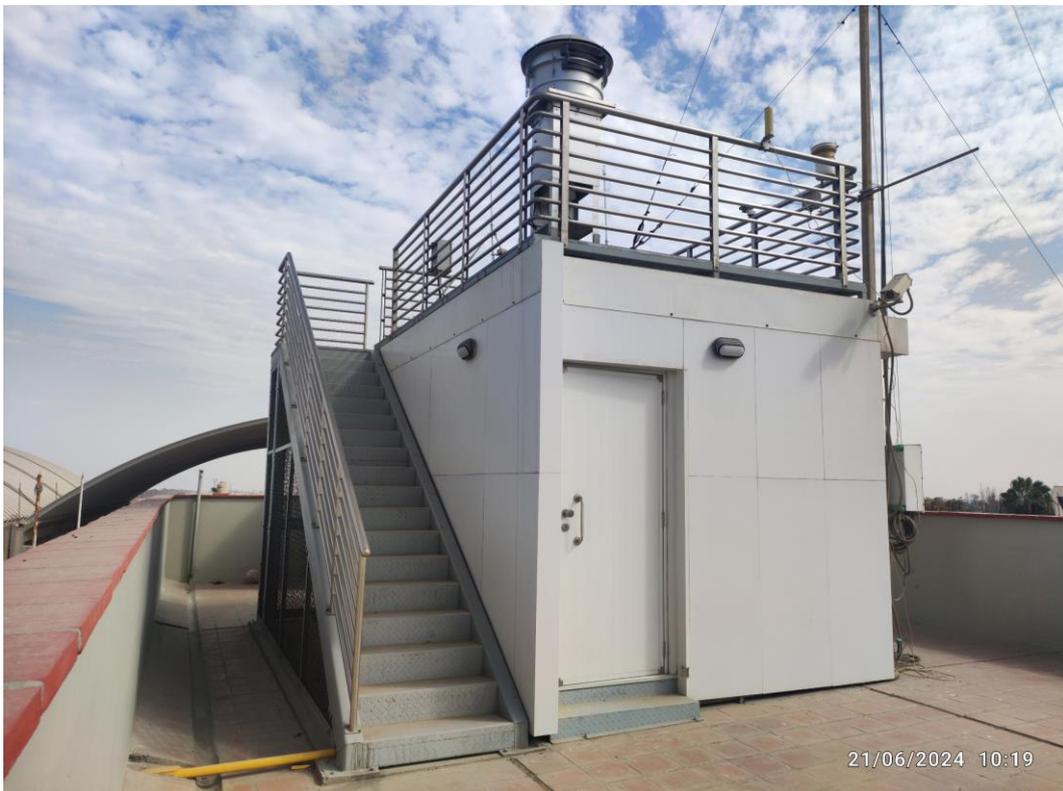
Estación móvil de vigilancia ambiental de calidad del aire - OEFA



Estación portátil de vigilancia ambiental de calidad del aire - OEFA



Estación fija de vigilancia ambiental de calidad del aire - OEFA



Anexo C

**Sistema transmisión de datos, base de datos generados, plantillas
y algoritmos de validación de datos aplicados en la Vigilancia
ambiental de calidad del aire del OEFA**

Sistema de almacenamiento y transmisión de datos local al servidor central - OEFA

Envidas Ultimate Viewer

File Dynamic Operational Traces Tools Options Views Help

Cascade Tile Horizontally Vertically Close All Windows

Dynamic Tabular

Site	Date Time	Channel	Units	Raw Val.	Instant.	Status	1 Min.	Status	5 Min.	Status	60 Min.	Status
E-1	21:13:02	PM10_Conc	ug/m3	---	---	RS232	---	NoData	12.7	<Samp	18.14	<Samp
E-1	21:13:02	PM10_Temp	Deg C	---	43348.5	InVld	43348.5	InVld	14.3	<Samp	14.6	<Samp
E-1	21:13:02	PM10_RH	%	---	43388.3	InVld	43388.3	InVld	83.8	<Samp	83.6	<Samp
E-1	21:13:02	PM10_Flow	L/min	---	1548.06	InVld	1548.06	InVld	1.24	<Samp	1.24	<Samp
E-1	21:13:02	PM10_Press	mBar	---	382575.2	InVld	382575.2	InVld	999.3	<Samp	999.3	<Samp
E-1	21:13:02	PM10_UeL		---	---	RS232	---	NoData	118	<Samp	119	<Samp
E-1	21:13:02	PM10_Error		---	---	RS232	---	NoData	0	<Samp	0	<Samp
E-1	21:13:02	PM25_Conc	ug/m3	---	---	RS232	---	NoData	9.2	<Samp	13.13	<Samp
E-1	21:13:02	PM25_Temp	Deg C	---	43348.5	InVld	43348.5	InVld	14.3	<Samp	14.6	<Samp
E-1	21:13:02	PM25_RH	%	---	43388.3	InVld	43388.3	InVld	83.8	<Samp	83.6	<Samp
E-1	21:13:02	PM25_Flow	L/min	---	1548.1	InVld	1548.1	InVld	1.2	<Samp	1.2	<Samp
E-1	21:13:02	PM25_Press	mBar	---	385973.5	InVld	385973.5	InVld	1002.9	<Samp	1002.9	<Samp
E-1	21:13:02	PM25_UeL		---	---	RS232	---	NoData	118	<Samp	119	<Samp
E-1	21:13:02	PM25_Error		---	---	RS232	---	NoData	0	<Samp	0	<Samp
E-1	21:13:06	SO2_Conc	PPB	2.8501	2.85	Ok	2.722	Ok	2.946	Ok	3.098	Ok
E-1	21:13:06	SO2_Int_Temp	Deg C	31.2035	31.204	Ok	31.19	Ok	31.067	Ok	30.89	Ok
E-1	21:13:06	SO2_Bench_Temp	Deg C	45.066	45.066	Ok	45	Ok	45.015	Ok	45.001	Ok
E-1	21:13:06	SO2_Bench_Press	mmHg	727.9506	727.951	Ok	728.001	Ok	727.935	Ok	727.853	Ok
E-1	21:13:06	SO2_Smp_Flow	L/min	0.4355	0.436	Ok	0.436	Ok	0.435	Ok	0.435	Ok
E-1	21:13:06	SO2_PMT	V	-629.7607	-629.761	Ok	-630.014	Ok	-630.027	Ok	-630.049	Ok
E-1	21:13:06	SO2_Lamp_Volt	V	824.6321	824.632	Ok	824.31	Ok	824.237	Ok	824.245	Ok
E-1	21:13:06	SO2_Lamp_Int	%	101.4694	101.469	Ok	101.609	Ok	101.623	Ok	101.608	Ok
E-1	21:13:06	SO2_Background		10.7647	10.765	Ok	10.765	Ok	10.765	Ok	10.766	Ok
E-1	21:13:06	H2S_Conc	PPB	5.6162	5.616	Ok	5.77	Ok	5.067	Ok	3.558	Ok
E-1	21:13:06	H2S_Int_Temp	Deg C	33.5526	33.553	Ok	33.585	Ok	33.457	Ok	33.201	Ok
E-1	21:13:06	H2S_Bench_Temp	Deg C	44.9978	44.998	Ok	45.005	Ok	45.012	Ok	45.002	Ok
E-1	21:13:06	H2S_Bench_Press	mmHg	605.6724	605.672	Ok	605.666	Ok	605.637	Ok	605.53	Ok
E-1	21:13:06	H2S_Smp_Flow	L/min	1.2192	1.219	Ok	1.219	Ok	1.219	Ok	1.219	Ok
E-1	21:13:06	H2S_PMT	V	-614.2202	-614.22	Ok	-614.22	Ok	-614.218	Ok	-614.202	Ok
E-1	21:13:06	H2S_Lamp_Volt	V	857.3964	857.396	Ok	859.206	Ok	858.823	Ok	858.654	Ok
E-1	21:13:06	H2S_Lamp_Int	%	102.1184	102.118	Ok	101.454	Ok	101.582	Ok	101.555	Ok
E-1	21:13:06	CO_Conc	ppb	366.424	366.424	Ok	366.968	Ok	322.718	Ok	430.223	Ok
E-1	21:13:06	CO Int Temp	Deq C	37.2413	37.241	Ok	37.211	Ok	37.147	Ok	36.906	Ok

Digital IO

Digital Input

E-1

- Input1(L)

Digital Output

E-1

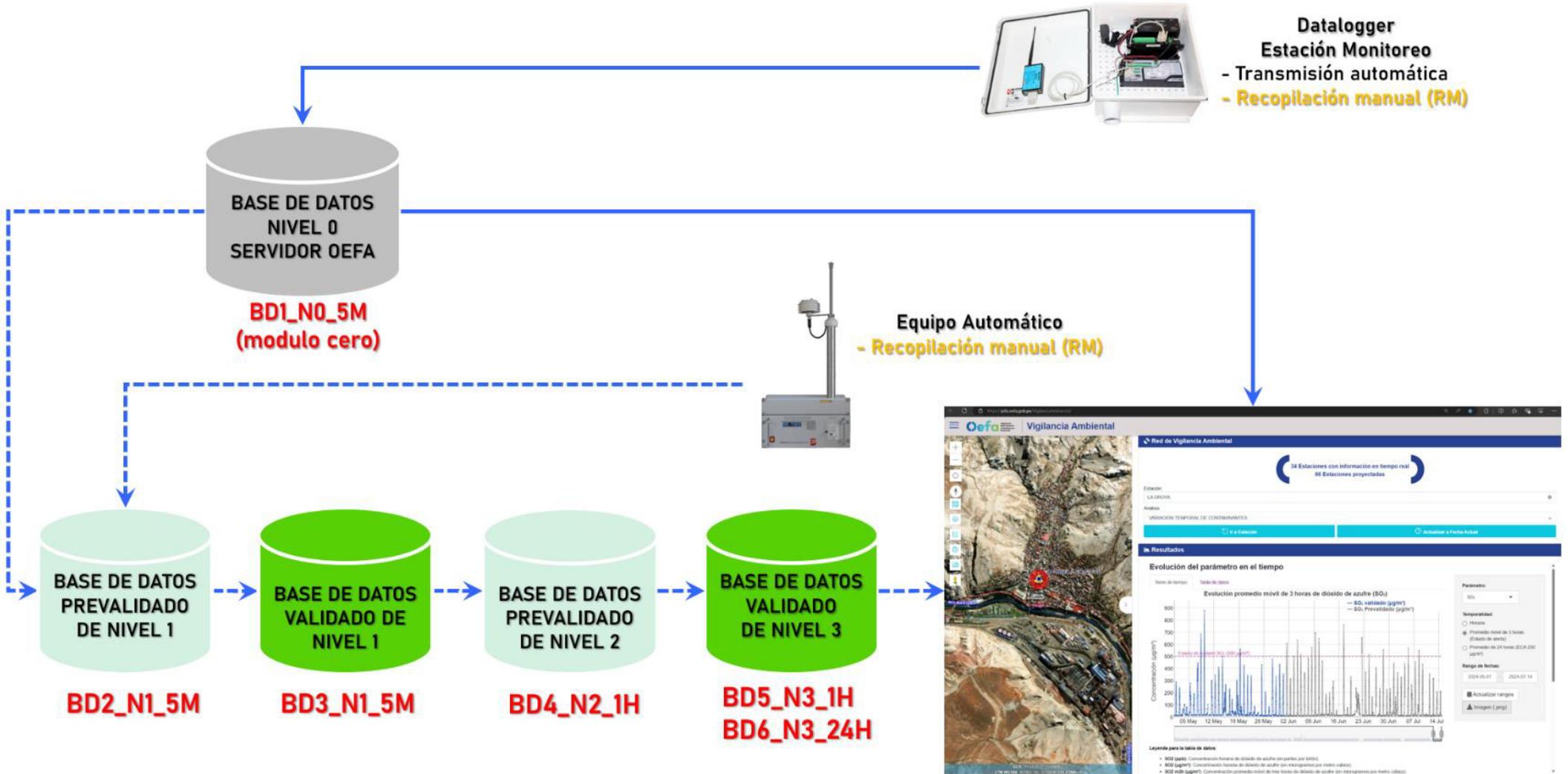
- Relay_SO2(L)
- Relay_H2S(L)
- Relay_CO(L)
- Relay_NOX(L)
- Relay_ZeroAir(L)
- Seq01start(L)
- Seq01stop(L)
- Seq02start(L)
- Seq02stop(L)
- Seq03start(L)
- Seq03stop(L)
- Seq04start(L)
- Seq04stop(L)
- Seq05start(L)
- Seq05stop(L)
- Seq06start(L)
- Seq06stop(L)
- Seq07start(L)
- Seq07stop(L)
- Seq08start(L)
- Seq08stop(L)
- Seq09start(L)
- Seq09stop(L)
- Seq10start(L)
- Seq10stop(L)
- Seq11start(L)
- Seq11stop(L)
- Seq12start(L)
- Seq12stop(L)
- Seq13start(L)
- Seq13stop(L)
- Seq14start(L)
- Seq14stop(L)
- Seq15start(L)
- Seq15stop(L)
- Seq16start(L)
- Seq16stop(L)
- Seq17start(L)
- Seq17stop(L)
- Increase(L)
- Decrease(L)
- ResetCount(L)
- Bit1(L)
- Bit2(L)
- Bit3(L)
- Bit4(L)
- Bit5(L)
- Bit6(L)
- Bit7(L)
- Bit8(L)
- AlarmSO2zero(L)
- AlarmSO2span(L)
- AlarmH2Szero(L)
- AlarmH2Sspan(L)
- AlarmCOzero(L)
- AlarmCOspan(L)
- AlarmNOzero(L)
- AlarmNOspan(L)

Show Date Time & Status Tool Tips

Shut Down OFF SCAN FORCE STATUS On NO CONNECTION

Connected User Administrator Ver: 1.2.27 10/07/2024 21:13:06

Base de datos generados durante el proceso de validación de datos contaminantes del aire en las 34 estaciones de monitoreo de aire del OEFA



Plantilla ejemplo de validación de datos contaminantes del aire en la EAS Pisco

	A	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
	date	PM10_UGM3	B_PM10_UGM3	PM10_FLOW	D_PM10_FLOW	PM10_PRESION	B_PM10_PRESION	PM10_TEMP	B_PM10_TEMP	PM10_HR	D_PM10_HR	PM25_UGM3	B_PM25_UGM3	PM25_FLOW	D_PM25_FLOW	PM25_PRESION	B_PM25_PRESION	PM25_TEMP	B_PM25_TEMP	PM25_HR	D_PM25_HR	SO2_PPB	B_SO2_PPB	SO2_UGM3	B_SO2_UGM3
1	01/05/2024 00:00	23,94	VA	1,19	VA	1001,1	VA	19,7	VA	82,3	VA	16,20	VA	1,19	VA	1001,1	VA	19,7	VA	82,3	VA	3,06	VA	8,02	VA
2	01/05/2024 01:00	33,13	VA	1,19	VA	1000,3	VA	19,3	VA	85,0	VA	23,16	VA	1,19	VA	1000,3	VA	19,3	VA	85,0	VA	3,31	VA	8,67	VA
3	01/05/2024 02:00	49,44	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,8	VA	84,4	VA	34,34	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,8	VA	84,4	VA	7,22	VA	18,33	VA
4	01/05/2024 03:00	35,24	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,9	VA	82,8	VA	24,44	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,9	VA	82,8	VA	4,61	VA	12,08	VA
5	01/05/2024 04:00	29,29	VA	1,19	VA	999,3	VA	19,7	VA	82,5	VA	20,09	VA	1,19	VA	999,3	VA	19,7	VA	82,5	VA	4,20	VA	11,00	VA
6	01/05/2024 05:00	19,73	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,4	VA	83,5	VA	13,30	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,4	VA	83,5	VA	3,19	VA	8,36	VA
7	01/05/2024 06:00	17,01	VA	1,19	VA	999,6	VA	19,3	VA	84,0	VA	11,90	VA	1,19	VA	999,6	VA	19,3	VA	84,0	VA	3,06	VA	8,02	VA
8	01/05/2024 07:00	32,85	VA	1,19	VA	1001,0	VA	20,4	VA	81,4	VA	23,32	VA	1,19	VA	1001,0	VA	20,4	VA	81,4	VA	13,45	VA	35,24	VA
9	01/05/2024 08:00	31,11	VA	1,19	VA	1001,1	VA	22,4	VA	75,4	VA	20,48	VA	1,19	VA	1001,1	VA	22,4	VA	75,4	VA	5,11	VA	13,39	VA
10	01/05/2024 09:00	27,97	VA	1,19	VA	1001,1	VA	23,8	VA	76,2	VA	18,14	VA	1,19	VA	1001,1	VA	23,8	VA	76,2	VA	4,12	VA	10,79	VA
11	01/05/2024 10:00	23,59	VA	1,19	VA	1001,1	VA	25,9	VA	62,0	VA	14,81	VA	1,19	VA	1001,1	VA	25,9	VA	62,0	VA	6,25	VA	16,38	VA
12	01/05/2024 11:00		MA		MA		MA		MA		MA		MA		MA		MA		MA		MA	5,03	VA	13,18	VA
13	01/05/2024 12:00	18,89	VA	1,19	VA	999,6	VA	27,3	VA	55,8	VA	9,61	VA	1,19	VA	999,6	VA	27,3	VA	55,8	VA	3,76	VA	9,85	VA
14	01/05/2024 13:00	13,61	VA	1,19	VA	999,4	VA	28,9	VA	50,5	VA	8,81	VA	1,19	VA	999,4	VA	28,9	VA	50,5	VA	3,39	VA	8,88	VA
15	01/05/2024 14:00	13,28	VA	1,19	VA	997,8	VA	29,0	VA	50,3	VA	7,42	VA	1,19	VA	997,8	VA	29,0	VA	50,3	VA	3,10	VA	8,12	VA
16	01/05/2024 15:00	11,88	VA	1,19	VA	997,7	VA	28,4	VA	51,4	VA	6,62	VA	1,19	VA	997,7	VA	28,4	VA	51,4	VA	2,93	VA	7,68	VA
17	01/05/2024 16:00	11,54	VA	1,19	VA	997,7	VA	27,2	VA	55,1	VA	6,70	VA	1,19	VA	997,7	VA	27,2	VA	55,1	VA	2,92	VA	7,65	VA
18	01/05/2024 17:00	22,67	VA	1,19	VA	997,7	VA	25,0	VA	58,6	VA	17,64	VA	1,19	VA	997,7	VA	25,0	VA	58,6	VA	2,94	VA	7,70	VA
19	01/05/2024 18:00	16,47	VA	1,19	VA	997,7	VA	23,9	VA	66,8	VA	9,20	VA	1,19	VA	997,7	VA	23,9	VA	66,8	VA	2,93	VA	7,68	VA
20	01/05/2024 19:00	15,43	VA	1,19	VA	998,4	VA	22,3	VA	73,8	VA	9,89	VA	1,19	VA	998,4	VA	22,3	VA	73,8	VA	3,05	VA	7,99	VA
21	01/05/2024 20:00	18,32	VA	1,19	VA	999,4	VA	21,7	VA	78,5	VA	12,63	VA	1,19	VA	999,4	VA	21,7	VA	78,5	VA	3,10	VA	8,12	VA
22	01/05/2024 21:00	23,29	VA	1,19	VA	999,4	VA	21,3	VA	78,7	VA	15,93	VA	1,19	VA	999,4	VA	21,3	VA	78,7	VA	2,96	VA	7,76	VA
23	01/05/2024 22:00	17,07	VA	1,19	VA	999,4	VA	20,9	VA	78,6	VA	11,68	VA	1,19	VA	999,4	VA	20,9	VA	78,6	VA	3,02	VA	7,91	VA
24	01/05/2024 23:00	21,42	VA	1,19	VA	999,4	VA	20,4	VA	83,7	VA	15,03	VA	1,19	VA	999,4	VA	20,4	VA	83,7	VA	2,93	VA	7,68	VA
25	02/05/2024 00:00	21,36	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,8	VA	86,8	VA	15,98	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,8	VA	86,8	VA	2,93	VA	7,68	VA
26	02/05/2024 01:00	16,16	VA	1,19	VA	999,1	VA	19,3	VA	91,1	VA	14,20	VA	1,19	VA	999,1	VA	19,3	VA	91,1	VA	2,84	VA	7,44	VA
27	02/05/2024 02:00	15,36	VA	1,19	VA	997,8	VA	19,0	VA	93,9	VA	14,06	VA	1,19	VA	997,8	VA	19,0	VA	93,9	VA	2,85	VA	7,47	VA
28	02/05/2024 03:00	15,47	VA	1,19	VA	997,7	VA	19,0	VA	93,7	VA	13,43	VA	1,19	VA	997,7	VA	19,0	VA	93,7	VA	2,80	VA	7,34	VA
29	02/05/2024 04:00	19,53	VA	1,19	VA	997,7	VA	19,0	VA	92,8	VA	15,21	VA	1,19	VA	997,7	VA	19,0	VA	92,8	VA	2,86	VA	7,49	VA
30	02/05/2024 05:00	19,58	VA	1,19	VA	997,7	VA	18,8	VA	91,9	VA	14,99	VA	1,19	VA	997,7	VA	18,8	VA	91,9	VA	2,83	VA	7,41	VA
31	02/05/2024 06:00	18,99	VA	1,19	VA	999,0	VA	18,8	VA	91,6	VA	15,29	VA	1,19	VA	999,0	VA	18,8	VA	91,6	VA	2,78	VA	7,28	VA
32	02/05/2024 07:00	25,58	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,5	VA	88,8	VA	19,26	VA	1,19	VA	999,4	VA	19,5	VA	88,8	VA	2,87	VA	7,52	VA
33	02/05/2024 08:00	26,23	VA	1,19	VA	999,4	VA	21,5	VA	79,2	VA	17,32	VA	1,19	VA	999,4	VA	21,5	VA	79,2	VA	2,88	VA	7,55	VA
34	02/05/2024 09:00	24,73	VA	1,19	VA	999,4	VA	24,1	VA	66,9	VA	15,68	VA	1,19	VA	999,4	VA	24,1	VA	66,9	VA	3,46	VA	9,07	VA
35	02/05/2024 10:00	31,72	VA	1,19	VA	999,4	VA	24,2	VA	67,5	VA	19,59	VA	1,19	VA	999,4	VA	24,2	VA	67,5	VA		VF		VF
36	02/05/2024 11:00	26,35	VA	1,19	VA	999,1	VA	24,5	VA	65,4	VA	15,29	VA	1,19	VA	999,1	VA	24,5	VA	65,4	VA		VF		VF
37	02/05/2024 12:00	17,56	VA	1,19	VA	997,8	VA	24,9	VA	64,3	VA	12,21	VA	1,19	VA	997,8	VA	24,9	VA	64,3	VA		VF		VF
38	02/05/2024 13:00	17,37	VA	1,19	VA	997,7	VA	24,8	VA	64,5	VA	10,15	VA	1,19	VA	997,7	VA	24,8	VA	64,5	VA	3,24	VA	8,49	VA
39	02/05/2024 14:00	20,58	VA	1,19	VA	996,5	VA	25,3	VA	63,2	VA	8,05	VA	1,19	VA	996,5	VA	25,3	VA	63,2	VA	4,45	VA	11,66	VA
40	02/05/2024 15:00	22,29	VA	1,19	VA	995,9	VA	27,2	VA	56,6	VA	6,38	VA	1,19	VA	995,9	VA	27,2	VA	56,6	VA	4,43	VA	11,61	VA
41	02/05/2024 16:00	17,67	VA	1,19	VA	996,7	VA	26,8	VA	57,5	VA	5,35	VA	1,19	VA	996,7	VA	26,8	VA	57,5	VA	2,91	VA	7,62	VA
42	02/05/2024 17:00	15,49	VA	1,19	VA	997,5	VA	25,0	VA	62,8	VA	5,38	VA	1,19	VA	997,5	VA	25,0	VA	62,8	VA	2,84	VA	7,44	VA
43	02/05/2024 18:00	11,39	VA	1,19	VA	997,7	VA	22,3	VA	72,3	VA	6,48	VA	1,19	VA	997,7	VA	22,3	VA	72,3	VA	3,19	VA	8,36	VA
44	02/05/2024 19:00	16,98	VA	1,19	VA	999,4	VA	20,6	VA	81,3	VA	12,94	VA	1,19	VA	999,4	VA	20,6	VA	81,3	VA	3,03	VA	7,94	VA
45	02/05/2024 20:00	12,38	VA	1,19	VA	999,7	VA	20,0	VA	85,0	VA	9,18	VA	1,19	VA	999,7	VA	20,0	VA	85,0	VA	2,77	VA	7,25	VA
46	02/05/2024 21:00	12,52	VA	1,19	VA	1000,9	VA	19,5	VA	88,0	VA	9,75	VA	1,19	VA	1000,9	VA	19,5	VA	88,0	VA	2,81	VA	7,36	VA
47	02/05/2024 22:00	17,56	VA	1,19	VA	1001,1	VA	19,2	VA	89,4	VA	13,64	VA	1,19	VA	1001,1	VA	19,2	VA	89,4	VA	2,81	VA	7,36	VA
48	02/05/2024 23:00	17,03	VA	1,19	VA	1001,1	VA	18,9	VA	91,0	VA	14,08	VA	1,19	VA	1001,1	VA	18,9	VA	91,0	VA	2,72	VA	7,13	VA
49	03/05/2024 00:00	21,56	VA	1,19	VA	1000,9	VA	18,6	VA	93,0	VA	17,95	VA	1,19	VA	1000,9	VA	18,6	VA	93,0	VA	2,72	VA	7,13	VA
50	03/05/2024 01:00	30,08	VA	1,19	VA	1000,9	VA	18,6	VA	93,4	VA	23,10	VA	1,19	VA	1000,9	VA	18,6	VA	93,4	VA	2,76	VA	7,23	VA
51	03/05/2024 02:00	36,65	VA	1,19	VA	999,6	VA	18,7	VA	92,8	VA	29,58	VA	1,19	VA	999,6	VA	18,7	VA	92,8	VA	6,42	VA	16,82	VA
52	03/05/2024 03:00	30,98	VA	1,19	VA	1000,4	VA	18,9	VA	91,7	VA	25,77	VA	1,19	VA	1000,4	VA	18,9	VA	91,7	VA	4,74	VA	12,42	VA
53	03/05/2024 04:00	21,88	VA	1,19	VA	1001,0	VA	19,1	VA	90,8	VA	17,58	VA	1,19	VA	1001,0	VA	19,1	VA	90,8	VA	3,16	VA	8,28	VA
54	03/05/2024 05:00	22,46	VA	1,19	VA	1001,1	VA	19,2	VA	90,6	VA	17,62	VA	1,19	VA	1001,1	VA	19,2	VA	90,6	VA	2,82	VA	7,39	VA
55	03/05/2024 06:00	25,89	VA	1,19	VA	1001,1	VA	18,9	VA	91,7	VA	18,58	VA	1,19	VA	1001,1	VA	18,9	VA	91,7	VA	2,70	VA	7,07	VA
56	03/05/2024 07:00																								

Algoritmo ejemplo de procesamiento y verificación de datos contaminantes del aire en los niveles de validación 1, 2 y 3

```

1 - ##### VALIDACION DE DATOS DE CALIDAD DEL AIRE - ESTACION PARACAS (CA-PISCO-01) #####
2
3 - ##### LIBRERIAS A EJECUTAR #####
4
5 library(openair) # herramienta especializada para datos de contaminantes de aire y meteorologia
6 library(readxl) # para importar archivos excel
7 library(writexl) # para exportar archivos excel
8 library(tidyrr) # completacion de serie de tiempo
9 library(lubridate) # completacion de serie de tiempo
10 library(dplyr) # completacion de serie de tiempo
11
12 - ##### IMPORTAR DATOS #####
13
14 CA_PISCO_01_5m <- read_excel("BD3_N1_5M.xlsx")
15 CA_PISCO_01_5m$date <- as.POSIXct(strptime(CA_PISCO_01_5m$date, format = "%Y-%m-%d %H:%M", "UTC"))
16 CA_PISCO_01_5m_v1 <- CA_PISCO_01_5m
17
18 CA_PISCO_01_1h <- read_excel("BD5_N3_1H.xlsx")
19 CA_PISCO_01_1h$date <- as.POSIXct(strptime(CA_PISCO_01_1h$date, format = "%Y-%m-%d %H:%M", "UTC"))
20
21 - ##### NIVEL DE VALIDACION 1: VERIFICAR CAPTURA DE DATOS #####
22
23 CA_PISCO_01_5m_v1 <-
24   complete(CA_PISCO_01_5m,
25     date = seq(ymd_hm(paste(min(date, na.rm = T)), hour(min(date, na.rm = T)), ":00")),
26     ymd_hm(paste(max(date, na.rm = T)), hour(max(date, na.rm = T)), ":59")),
27     by = "5 min") # ACTUALIZAR SI SON DATOS 1 MINUTO O 5 MINUTOS
28
29 CA_PISCO_01_5m_v1$PBAR_HPa <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$PBAR_HPa, digits = 1)
30 CA_PISCO_01_5m_v1$PP_mm <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$PP_mm, digits = 1)
31 CA_PISCO_01_5m_v1$TEMP_C <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$TEMP_C, digits = 1)
32 CA_PISCO_01_5m_v1$HR_P <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$HR_P, digits = 1)
33 CA_PISCO_01_5m_v1$ws_ms <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$ws_ms, digits = 1)
34 CA_PISCO_01_5m_v1$wd_g <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$wd_g, digits = 1)
35 CA_PISCO_01_5m_v1$RS_WM2 <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$RS_WM2, digits = 1)
36 CA_PISCO_01_5m_v1$PM10_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$PM10_UGM3, digits = 2)
37 CA_PISCO_01_5m_v1$PM25_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$PM25_UGM3, digits = 2)
38 CA_PISCO_01_5m_v1$SO2_PPBB <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$SO2_PPBB, digits = 2)
39 CA_PISCO_01_5m_v1$H2S_PPBB <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$H2S_PPBB, digits = 2)
40 CA_PISCO_01_5m_v1$CO_PPBB <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$CO_PPBB, digits = 2)
41 CA_PISCO_01_5m_v1$NO2_PPBB <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$NO2_PPBB, digits = 2)
42 CA_PISCO_01_5m_v1$NO_CONC <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$NO_CONC, digits = 2)
43 CA_PISCO_01_5m_v1$NOX_CONC <- round(CA_PISCO_01_5m_v1$NOX_CONC, digits = 2)
44
45 write_xlsx(CA_PISCO_01_5m_v1, "BD3_N1_5M.xlsx")
46
47 - ##### NIVEL DE VALIDACION 2: VERIFICAR MINIMA SUFICIENCIA DE DATOS HORARIOS #####
48
49 CA_PISCO_01_5m_PP <- subset(CA_PISCO_01_5m_v1, select = c(date, PP_mm))
50 CA_PISCO_01_5m_sinPP <- subset(CA_PISCO_01_5m_v1,
51   select = c(date, PBAR_HPa, TEMP_C, HR_P, ws_ms, wd_g, RS_WM2,
52     PM10_UGM3, PM10_FLOW, PM10_PRESSION, PM10_TEMP, PM10_HR,
53     PM25_UGM3, PM25_FLOW, PM25_PRESSION, PM25_TEMP, PM25_HR,
54     SO2_PPBB, SO2_FLOW, SO2_LAMP_INT, SO2_INTERNAL_TEMP, SO2_PMT_VOLTAGE,
55     SO2_LAMP_VOLTAGE, SO2_BENCH_TEMP, SO2_BENCH_PRESS,
56     H2S_PPBB, H2S_FLOW, H2S_LAMP_INT, H2S_INTERNAL_TEMP, H2S_PMT_VOLTAGE,
57     H2S_LAMP_VOLTAGE, H2S_BENCH_TEMP, H2S_BENCH_PRESS,
58     CO_PPBB, CO_FLOW, CO_INTERNAL_TEMP, CO_BIAS_VOLTAGE,
59     CO_BENCH_TEMP, CO_BENCH_PRESS,
60     NO2_PPBB, NO_CONC, NOX_CONC, NOX_FLOW, NO_INT_TEMP,
61     NOX_CHAMBER_PRESS, NOX_CONV_TEMP, NOX_COOLER_TEMP,
62     CABINET_INT_TEMP))
63
64 CA_PISCO_01_1h_PP <- timeAverage(CA_PISCO_01_5m_PP, avg.time = "hour",
65   data.thresh = 75, statistic = "sum")
66
67 CA_PISCO_01_1h_sinPP <- timeAverage(CA_PISCO_01_5m_sinPP, avg.time = "hour",
68   data.thresh = 75, statistic = "mean")
69
70 CA_PISCO_01_1h <- merge(CA_PISCO_01_1h_PP, CA_PISCO_01_1h_sinPP, by = "date")
71 CA_PISCO_01_1h$PBAR_HPa <- round(CA_PISCO_01_1h$PBAR_HPa, digits = 1)
72 CA_PISCO_01_1h$PP_mm <- round(CA_PISCO_01_1h$PP_mm, digits = 1)
73 CA_PISCO_01_1h$TEMP_C <- round(CA_PISCO_01_1h$TEMP_C, digits = 1)
74 CA_PISCO_01_1h$HR_P <- round(CA_PISCO_01_1h$HR_P, digits = 1)
75 CA_PISCO_01_1h$ws_ms <- round(CA_PISCO_01_1h$ws_ms, digits = 1)
76 CA_PISCO_01_1h$wd_g <- round(CA_PISCO_01_1h$wd_g, digits = 1)
77 CA_PISCO_01_1h$RS_WM2 <- round(CA_PISCO_01_1h$RS_WM2, digits = 1)
78 CA_PISCO_01_1h$PM10_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_1h$PM10_UGM3, digits = 2)
79 CA_PISCO_01_1h$PM10_FLOW <- round(CA_PISCO_01_1h$PM10_FLOW, digits = 3)
80 CA_PISCO_01_1h$PM10_PRESSION <- round(CA_PISCO_01_1h$PM10_PRESSION, digits = 1)
81 CA_PISCO_01_1h$PM10_TEMP <- round(CA_PISCO_01_1h$PM10_TEMP, digits = 1)
82 CA_PISCO_01_1h$PM10_HR <- round(CA_PISCO_01_1h$PM10_HR, digits = 1)
83 CA_PISCO_01_1h$PM25_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_1h$PM25_UGM3, digits = 2)
84 CA_PISCO_01_1h$PM25_FLOW <- round(CA_PISCO_01_1h$PM25_FLOW, digits = 3)
85 CA_PISCO_01_1h$PM25_PRESSION <- round(CA_PISCO_01_1h$PM25_PRESSION, digits = 1)
86 CA_PISCO_01_1h$PM25_TEMP <- round(CA_PISCO_01_1h$PM25_TEMP, digits = 1)
87 CA_PISCO_01_1h$PM25_HR <- round(CA_PISCO_01_1h$PM25_HR, digits = 1)
88 CA_PISCO_01_1h$SO2_PPBB <- round(CA_PISCO_01_1h$SO2_PPBB, digits = 2)
89 CA_PISCO_01_1h$SO2_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_1h$SO2_PPBB*2.62, digits = 2)
90 CA_PISCO_01_1h$H2S_PPBB <- round(CA_PISCO_01_1h$H2S_PPBB, digits = 2)
91 CA_PISCO_01_1h$H2S_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_1h$H2S_PPBB*1.39, digits = 2)
92 CA_PISCO_01_1h$CO_PPBB <- round(CA_PISCO_01_1h$CO_PPBB, digits = 2)
93 CA_PISCO_01_1h$CO_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_1h$CO_PPBB*1.15, digits = 2)
94 CA_PISCO_01_1h$NO2_PPBB <- round(CA_PISCO_01_1h$NO2_PPBB, digits = 2)
95 CA_PISCO_01_1h$NO2_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_1h$NO2_PPBB*1.88, digits = 2)
96 CA_PISCO_01_1h$NO_CONC <- round(CA_PISCO_01_1h$NO_CONC, digits = 2)
97 CA_PISCO_01_1h$NOX_CONC <- round(CA_PISCO_01_1h$NOX_CONC, digits = 2)
98 CA_PISCO_01_1h$CABINET_INT_TEMP <- round(CA_PISCO_01_1h$CABINET_INT_TEMP, digits = 1)
99
100 - ##### NIVEL DE VALIDACION 2: VERIFICAR MINIMA SUFICIENCIA DE DATOS DE 3 HORAS #####
101
102 CA_PISCO_01_M3H <- rollingMean(CA_PISCO_01_1h, pollutant = "SO2_UGM3", new.name = "SO2_M3H_UGM3",
103   width=3, data.thresh = 75, align = "right")
104 CA_PISCO_01_M3H$SO2_M3H_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_M3H$SO2_M3H_UGM3, digits = 2)
105
106 - ##### NIVEL DE VALIDACION 2: VERIFICAR MINIMA SUFICIENCIA DE DATOS DE 8 HORAS #####
107
108 CA_PISCO_01_M8H <- rollingMean(CA_PISCO_01_M3H, pollutant = "CO_UGM3", new.name = "CO_M8H_UGM3",
109   width=8, data.thresh = 75, align = "right")
110 CA_PISCO_01_M8H$CO_M8H_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_M8H$CO_M8H_UGM3, digits = 2)
111
112 write_xlsx(CA_PISCO_01_M8H, "BD4_N2_1H.xlsx")
113
114 - ##### NIVEL DE VALIDACION 3: VERIFICAR MINIMA SUFICIENCIA DE DATOS DE 24 HORAS #####
115
116 CA_PISCO_01_1h <- complete(CA_PISCO_01_1h, date = seq(ymd_hm(paste(min(as.Date(date), na.rm = T), "00:00")),
117   ymd_hm(paste(max(as.Date(date), na.rm = T), "23:00")),
118   by = "1 hour"))
119 CA_PISCO_01_1h_CONTAMINANTES <- subset(CA_PISCO_01_1h,
120   select = c(date, PM10_UGM3, PM25_UGM3, SO2_PPBB, SO2_UGM3,
121     H2S_PPBB, H2S_UGM3))
122
123 CA_PISCO_01_24h <- timeAverage(CA_PISCO_01_1h_CONTAMINANTES, avg.time = "day", data.thresh = 75,
124   statistic = "mean", vector.ws = F)
125 CA_PISCO_01_24h$PM10_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_24h$PM10_UGM3, digits = 1)
126 CA_PISCO_01_24h$PM25_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_24h$PM25_UGM3, digits = 1)
127 CA_PISCO_01_24h$SO2_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_24h$SO2_UGM3, digits = 1)
128 CA_PISCO_01_24h$SO2_PPBB <- round(CA_PISCO_01_24h$SO2_PPBB, digits = 1)
129 CA_PISCO_01_24h$H2S_PPBB <- round(CA_PISCO_01_24h$H2S_PPBB, digits = 1)
130 CA_PISCO_01_24h$H2S_UGM3 <- round(CA_PISCO_01_24h$H2S_UGM3, digits = 1)
131 CA_PISCO_01_24h$date <- as.Date(x = CA_PISCO_01_24h$date, format = "%d-%m-%Y", tz = "UTC")
132
133 write_xlsx(CA_PISCO_01_24h, "BD6_N3_24H.xlsx")

```

Intranet modulo 0 del OEFA que registra a tiempo real los datos crudos de las 34 estaciones de monitoreo ambiental de aire

← ↻ 🔒 <https://desarrollo.oefa.gob.pe/deam/stec/vigilancia/MODULO0/> 🔍 🌟 ⚙️ 📄 🏠 🔄 ⋮ 🌐

Módulo 0: Datos crudos ☰

Estación:
La Oroya CA-CC-01 ▾

Fecha de inicio:
2024-07-04
00 00

Fecha de fin:
2024-07-14
23 55

Ejecutar:
Tabla

Descargar:
.xlsx

Tabla de datos crudos (Oracle)

Mostrar 100 registros

date	ID_ESTACION	FECHA_DATA	HORA_DATA	PBAR	PP	TEMP	HR	ws	wd	SO2_PPB	SO2_FLOW	SO2_INTERNAL_TEMP	SO2_LAMP_INT	SO2_ESTADO
13/7/2024, 11:40:00	2	07/13/2024	11:40:00	488.2	0	13.3	25	1.5	111	179.2	0.394	33.6	90	4C000000
13/7/2024, 11:45:00	2	07/13/2024	11:45:00	488.1	0	13.4	24.8	0.6	132	238.9	0.394	33.7	90	4C000000
13/7/2024, 11:50:00	2	07/13/2024	11:50:00	488.1	0	14.2	23.5	0.6	78	204.3	0.394	33.5	90	4C000000
13/7/2024, 11:55:00	2	07/13/2024	11:55:00	488	0	14.4	22.8	0.7	83	150.2	0.394	33.6	89	4C000000
13/7/2024, 12:00:00	2	07/13/2024	12:00:00	488	0	14.8	22.5	0.8	78	111.1	0.394	33.5	89	4C000000
13/7/2024, 12:05:00	2	07/13/2024	12:05:00	487.9	0	15.8	21.9	0.3	10	223.7	0.394	33.5	89	4C000000
13/7/2024, 12:10:00	2	07/13/2024	12:10:00	487.8	0	15.7	21.5	1.4	63	191.6	0.394	33.4	89	4C000000
13/7/2024, 12:15:00	2	07/13/2024	12:15:00	487.8	0	15.6	22	0.5	20	145.7	0.394	33.4	89	4C000000
13/7/2024, 12:20:00	2	07/13/2024	12:20:00	487.6	0	16.4	21.3	1.3	267	160.7	0.394	33.3	90	4C000000
13/7/2024, 12:25:00	2	07/13/2024	12:25:00	487.6	0	16.3	21.5	0.8	269	137.5	0.394	33.3	90	4C000000
13/7/2024, 12:30:00	2	07/13/2024	12:30:00	487.5	0	16.9	21.1	0.6	295	110	0.394	33.3	90	4C000000
13/7/2024, 12:35:00	2	07/13/2024	12:35:00	487.4	0	17.3	20.6	1	245	117.6	0.394	33.3	90	4C000000
13/7/2024, 12:40:00	2	07/13/2024	12:40:00	487.3	0	17.4	20.8	0.8	234	90.8	0.394	33.3	89	4C000000
13/7/2024, 12:45:00	2	07/13/2024	12:45:00	487.4	0	17.4	20.9	0.8	165	91.5	0.394	33.3	89	4C000000
13/7/2024, 12:50:00	2	07/13/2024	12:50:00	487.3	0	16.8	22.2	1.4	119	119.5	0.394	33.3	89	4C000000
13/7/2024, 12:55:00	2	07/13/2024	12:55:00	487.3	0	16.3	23.2	1.4	173	17	0.393	33.3	89	4C000000
13/7/2024, 13:00:00	2	07/13/2024	13:00:00	487.1	0	16.4	23.1	2	147	20.7	0.393	33.2	90	4C000000
13/7/2024, 13:05:00	2	07/13/2024	13:05:00	487	0	17.2	22.4	0.7	336	12.6	0.394	33.1	89	4C000000

Mostrando registros del 2,701 al 2,800 de un total de 3,152 registros

Anterior 1 ... 27 28 29 ... 32 Siguiente