	A cargo de:	Fecha
ELABORACIÓN INICIAL	Ing. Qco. Christian González	01/09/2015
MODIFICACIÓN ACTUAL	MSc. Pablo Fernández Arq. Noelia Gasperi	11/08/2025
REVISIÓN ACTUAL	Ing. Qca. Magdalena Hill	12/08/2025
APROBACIÓN ACTUAL	Ing. Eugenio Lorenzo	19/09/2025

1. Objetivo

Definir una guía para realizar el tratamiento estadístico descriptivo de los datos registrados en el monitoreo continuo y discreto de calidad de aire.

2. Alcance

Actividades públicas o privadas que, a consideración de Dinacea, necesiten realizar monitoreos de calidad de aire y de parámetros meteorológicos.

También podrá ser aplicable a aquellos monitoreos realizados por instituciones que, aunque no tengan la obligación de reportar a Dinacea, entiendan oportuna su aplicación.

3. Responsabilidades

Las responsabilidades específicas principales referentes al tratamiento estadístico de datos, sin perjuicio de otras que puedan surgir, se detallan a continuación:

Titular de la instalación:

- Mantener los sistemas de medición en condiciones óptimas de modo de garantizar la fiabilidad de los datos y de obtener la mayor cantidad de datos válidos.
- Mantener disponible en la base de datos de Dinacea los datos con identificador de status del dato para el caso de los monitoreos continuos.
- Realizar el tratamiento estadístico de datos y reportar a Dinacea los informes correspondientes al registro de datos.
- Proporcionar la información solicitada por el Ministerio de Ambiente.

Además, tanto el titular de la instalación como Dinacea serán responsables de alertar ante la falta de datos o de su eventual cambio de *status*, a través de la aplicación de Incidencias gestionada por la División Información Ambiental.

4. Descripción

4.1. Generalidades

4.1.1. Datos continuos

Una vez cumplidos los procedimientos de adquisición y transmisión de datos indicados por la División Información Ambiental, se procede a la adjudicación de *status de validación* de datos según las siguientes definiciones:

Datos crudos: Datos que han sido registrados por los sensores y que no han sufrido ningún tipo de modificación o revisión.

Datos pre-validados: Datos crudos que han sufrido una revisión primaria, ejecutada manualmente o mediante software, la cual puede derivar en la modificación de dichos datos.

Datos no representativos: Datos correctamente medidos pero afectados de manera tal por un evento fortuito local, que pueden ser descartados para efectos de la estadística, atendidos los antecedentes que le dieron lugar. Para realizar este descarte de datos, se debe justificar la metodología empleada.

Datos validados: Datos crudos o pre-validados que han sufrido algún tipo de post procesamiento. Este post procesamiento debe estar adecuadamente documentado y hace referencia a revisiones, descarte de datos no representativos, calibraciones y a procedimientos de mantenimiento. Esta validación es efectuada y respaldada por la empresa u organismo responsable del monitoreo, siguiendo el proceso de aseguramiento de la calidad establecido.

4.1.2. Datos discretos

Una vez cumplidos los procedimientos de adquisición, trabajo en laboratorio y procesamiento de los datos obtenidos, se procede a la adjudicación de *status de validación* de datos según las siguientes definiciones:

Datos no representativos: Datos que fueron afectados por un evento fortuito, por el cual no fue posible obtener resultados válidos debido a, por ejemplo, fallas en el funcionamiento del equipo que derivaron en tomas de muestras incompletas o bien en los que la concentración resultante estuvo por debajo del límite de cuantificación del equipo. Para realizar este descarte de datos, se deben justificar los motivos.

Datos validados: Resultados de los muestreos obtenidos a partir de la aplicación del procedimiento analítico para muestras ambientales 1073UY “Determinación de material particulado en aire por filtración forzada en equipos ubicados en el punto de muestreo de interés”. Esta validación es efectuada y respaldada por le laboratorio u organismo responsable del monitoreo, siguiendo el proceso de aseguramiento de la calidad establecido.

4.2. Tratamiento de datos

Los datos deben seguir una manipulación en su tratamiento estadístico básico y descriptivo. Se establecen los lineamientos para realizar los cálculos, definidos dichos lineamientos, estos posibilitan la trazabilidad de los resultados.

Para el caso de los monitoreos continuos, siempre que sea posible los datos utilizados para la realización de los cálculos deberán ser aquellos que cuenten con *status de validación* de dato validado. Dichos datos deberán ser enviados a Dinacea con el *status de validación* de dato correspondiente. En Dinacea se almacenará tanto la copia original del dato (dato crudo), como todas las actualizaciones que se envíen. Los datos negativos que se encuentren en el rango entre cero y el opuesto al Límite de Detección del sensor (-LD<dato<0) no se removerán de las series, considerándose válidos y validándose como tales, mientras que los menores al opuesto del LD (dato<-LD) se invalidarán. Esto genera que puedan encontrarse valores negativos válidos en la serie validada. La serie de datos así consolidada, será utilizada para la realización de los distintos promedios. Para la generación de gráficos a partir de series de datos validadas, se recomienda que los valores que se encuentren entre el LD y su opuesto (-LD<dato<LD) se muestren con el valor del LD.

4.3. Límites de concentraciones de contaminantes

Los valores de referencia establecidos en el Decreto 135/021 se basan en criterios de prevención, a fin de conservar la calidad de aire y evitar su deterioro.

En base a estos valores se deben calcular los promedios correspondientes, según el contaminante bajo estudio. Estos promedios serán comparados con los valores objetivo establecidos para evaluar la calidad del aire que es registrada por la estación de monitoreo.

4.4. Porcentaje de datos aceptable para realizar cálculos.

Para la realización de los cálculos y la posterior aceptación de los resultados es necesario contar con un mínimo porcentaje de datos válidos (75%) con respecto a los datos totales que se esperaba que el analizador hubiera obtenido en el período considerado. En la Tabla 1 se encuentran los porcentajes de datos mínimos válidos que se deben obtener para realizar los cálculos.

Para el caso de los datos discretos existe un criterio adicional de suficiencia que está relacionado con la cantidad de muestras y su distribución a lo largo del año considerado. Dicho criterio se apoya en la normativa mexicana[1]. Tal normativa considera satisfactoria la representatividad en un año cuando los muestreos se realizan con una frecuencia de seis días, se cumple con la realización de un mínimo de 75 % de las muestras previstas dentro de cada trimestre del año (enero-febrero-marzo; abril-mayo-junio; julio-agosto-septiembre y octubre-noviembre-diciembre) y a su vez se cuenta con al menos tres de esos trimestres válidos según el criterio mencionado. De no cumplirse con estas premisas, no se podrá considerar representativo un promedio anual.

Como ejemplo, si el analizador efectúa registros por minuto, el promedio horario se calculará en caso de presentar al menos el 75 % de las mediciones en esa hora (45 registros válidos). En el caso del promedio de las 8hs móviles o el promedio diario, se promediarán los datos horarios válidos (promedios horarios) si los mismos superan o son iguales al 75 % de los datos horarios totales para ese período. Se aplicará el mismo criterio para el promedio anual, tomando para el cálculo los promedios diarios.

[1] https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0

Tabla 1. Porcentaje de datos aceptables para realizar cálculos en mediciones continuas.

Contaminante	**15 minutos**	**30 minutos**	**1 hora**	**8 horas** (partiendo de los promedios horarios)	**24 horas** (partiendo de los promedios horarios)	**Anual** (partiendo de los promedios diarios)
Monóxido de Carbono (CO)	---	---	75 %	75%	---	---
Dióxido de Azufre (SO_2)	---	---	75 %	---	75 %	---
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	---	---	75 %	---	---	75 %
Ozono (O_3)	---	---	---	75%	---	---
PM_{10} y $PM_{2.5}$	---	---	---	---	75 %	75 %
Compuestos de Azufre Reducido Total (TRS) (expresado en H_2S)	75 %	75 %	---	---	75 %	---

4.5. Datos utilizados para realizar cálculos

Para realizar los cálculos estadísticos debe verificarse la disponibilidad de datos del parámetro (definida en la sección 4.4) y la calidad de los datos. Los *status* definen la calidad del dato para que este sea utilizado posteriormente como información válida. Los únicos datos que son válidos para realizar cálculos estadísticos son los correspondientes a los *status* de valores numérico "1 (OK)"

Tabla 2. Status de la tabla SQL de datos

Calidad del dato	**Valor numérico**
OK	1
Calibración cero	33
Calibración *span*	34
Calibración multipunto	35
Inválido	-999
Sin dato	0
Mantenimiento	50
Calidad observada	3

4.6. Cálculo de valores promedio, máximos y mínimos para intervalos de registros horarios, diarios y anuales

4.6.1. Cálculo de valores promedio 15 y 30 minutos

Para el caso de los promedios en 15 minutos, para conocer la concentración que ocurrió a las 00:00 debe calcularse el promedio con los datos que fueron registrados entre las 00:00 y las 00:14, el correspondiente a la 00:15 debe calcularse como el promedio con los datos que fueron registrados entre las 00:15 y las 00:29. Así de igual manera para los subsiguientes 15 minutos del día.

Para el cálculo de los promedios en 30 minutos tomamos como ejemplo el caso de los Azufres Reducidos Totales (TRS). Según el Decreto 135/021, que presenta las concentraciones objetivo, se tiene que, para este contaminante y frecuencia de promedio, el máximo establecido es de 10 µg/m^3. Para calcular la concentración que ocurrió a las 00:00 debe calcularse el promedio con los datos que fueron registrados entre las 00:00 y las 00:29, el correspondiente a las 00:30 debe calcularse como el promedio con los datos que fueron registrados entre las 00:30 y las 00:59. Así de igual manera para los subsiguientes 30 minutos del día.

4.6.2. Cálculo de valores promedio horarios

Por ejemplo, en el caso del Monóxido de Carbono (CO), según el Decreto 135/021, se encuentran las concentraciones máximas permitidas, teniéndose que para este contaminante el máximo establecido es de 30000 µg/m^3 promediado en 1 hora. Para calcular la concentración que ocurrió a las 00:00 debe calcularse el promedio con los datos que fueron registrados entre las 00:00 y las 00:59, el correspondiente a la 01:00 debe calcularse como el promedio con los datos que fueron registrados entre la 01:00 y la 01:59, el de las 02:00 debe calcularse el promedio con los datos registrados entre las 02:00 y las 02:59. Así de igual manera para las siguientes horas del día.

4.6.3. Calculo de valores promedios de 8 horas móviles

Continuando con el ejemplo del Monóxido de Carbono (CO), según el Decreto 135/021, se tiene que para este contaminante el máximo establecido es de 10000 µg/m^3 promediado en 8 horas móviles. Para calcular la concentración correspondiente a las 08:00 debe calcularse el promedio con los datos horarios que fueron obtenidos a partir de los registros entre las 01:00 y las 08:00. En el caso de la concentración correspondiente a las 09:00, debe calcularse el promedio con los datos horarios obtenidos a partir de los registros entre las 02:00 y las 09:00. Así de igual manera para las siguientes horas del día de forma de generar 24 datos.

4.6.4. Cálculo de valores promedio diarios

Por ejemplo, en el caso de Dióxido de Azufre (SO_2), los estándares se establecen para promedios diarios de la concentración de este contaminante. La concentración de un día en particular se calculará como la concentración promedio de los valores horarios calculados a partir de los registros entre la hora 00:00 y 23:00.

4.6.5. Calculo de valores promedio anuales

Análogamente al caso anterior, el valor de concentración promedio anual de SO_2 se debe calcular como el promedio de los datos diarios obtenidos a partir de los registros desde el 01/01/yyyy [2] a las 00:00 hasta el 31/12/yyyy a las 23:59.

[2] “yyyy” hace referencia a cualquier año en particular

Tabla 3. Rango temporal para el cálculo de los valores medios 15 minutos, 30 minutos, horarios, diarios y anuales de cada contaminante.

	15 minutos	**30 minutos**	**Hora**	**8 horas móviles** (partiendo de los promedios horarios)	**24 horas** (partiendo de los promedios horarios)	**Anual** (partiendo de los promedios diarios)
Contaminante x	00:15 - 00:29	00:30 - 00:59	00:00 - 00:59	01:00 - 08:59	00:00 - 23:59	01/01/yyyy 00:00 - 31/12/yyyy 23:59
Asignación de nombre al promedio	Hora 00:15	Hora 00:30	Hora 00:00	Hora 01:00	Día x	Año yyyy

4.6.6. Cálculo de valores máximo y mínimo diarios y anuales

Los valores máximos y mínimos diarios se obtendrán de seleccionar el valor máximo y mínimo dentro de los períodos más cortos definido según el parámetro registrados durante el día evaluado.

4.7. Calibración, chequeo de cero y span y corrección de datos

A continuación, se presentarán las siguientes definiciones para equipos de monitoreo continuo[3]:

Calibración: Operación que establece la relación entre la lectura de un instrumento de medición o sensor y el valor obtenido por un patrón.

Chequeo de rango (*Span*): Punto de calibración para analizadores de gases, en el cual se observa la respuesta del analizador a una concentración entre el 80% y 90% de su rango de medición.

Cero: Punto de calibración para analizadores de gases, en el cual se observa la respuesta del analizador a una muestra de aire puro, libre de contaminantes gaseosos. A esta muestra de aire limpio o puro se le llama Aire Zero o Gas Zero.

Los procedimientos de calibración, chequeo de cero y *span* se ajustarán al equipo de medición, indicaciones del fabricante y al comportamiento del contaminante en cuestión. La empresa responsable del emprendimiento, deberá documentar tales procedimientos con el fin de conocer el proceso de corrección de datos.

[3] Definiciones establecidas en el REGLAMENTO DE ESTACIONES DE MEDICIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS. Versión 2009 CHILE

Se deberá tener presente que los chequeos de cero y *span* se deben organizar de forma que los valores horarios puedan ser calculados a pesar de los chequeos según lo establecido en la sección 4.4. La ejecución de estos chequeos, por lo general toma 30 minutos. Teniendo en cuenta que para obtener el promedio horario se requiere al menos 45 lecturas de minuto (75% del tiempo), se recomienda configurar el sistema para que el chequeo se realice durante los últimos 15 minutos de una hora y los primeros 15 minutos de la hora siguiente. Para las programaciones de los chequeos de analizadores cuyos promedios de períodos cortos corresponda a períodos de 30 minutos, se recomienda que los chequeos se realicen durante los primeros o los últimos 30 minutos de una hora.

4.8. Variables meteorológicas

Las variables meteorológicas son observaciones que se realizan junto a los contaminantes bajo evaluación. También las variables meteorológicas están asociadas a un valor de calidad de dato (*status*). Para la realización de cálculos de las variables meteorológicas debe preverse que las mismas tengan *status* "1" y que en cada caso se posea el 75 % de los registros disponibles.

Es de particular tratamiento el caso de la dirección del viento en el cálculo de los promedios. Generalmente, los anemómetros con los que se miden la dirección e intensidad del viento, muestran la salida de la dirección en un rango que va desde 0º a 359º, donde el 0º es la dirección NORTE de donde viene el viento. El promedio debe calcularse realizando una suma vectorial siguiendo los siguientes pasos:

Siendo φ la dirección del viento que se obtiene de la salida del anemómetro, φ varía entre 0º y 359º. Se debe descomponer esta dirección en 2 componentes.

$$u = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{i=N} \sin(\varphi)$$

$$v = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{i=N} \cos(\varphi)$$

Donde φ debe estar en radianes y *N* es la cantidad de valores observados en el período de muestra que se está realizando el promedio.

Obtenidos *u* y *v* se procede a reconstruir la dirección media a través del siguiente cálculo:

$$\bar{\varphi} = \begin{cases} \arctan\left(\frac{u}{v}\right), & si\ u\ y\ v > 0 \\ \arctan\left(\frac{u}{v}\right) + 180^0, & si\ v < 0 \\ \arctan\left(\frac{u}{v}\right) + 360^0, & si\ u < 0\ y\ v > 0 \end{cases}$$

4.9. Reportes de datos

El reporte de datos permite evaluar y monitorear el estado de la calidad del aire y de los datos registrados por las empresas en cada lugar de medición. La frecuencia de los reportes quedará en coordinación de Dinacea y las responsables del monitoreo. Se deberán entregar estos informes en formato magnético.

Con el fin de comparar los resultados de concentraciones de contaminantes con el Decreto 135/021, estos se representarán con las unidades y las cifras decimales dictaminadas por dicho documento.

4.10. Contenido de los reportes de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas

- Gráfico con la evolución de la serie temporal de todas las variables registradas en el instrumental para el periodo que se informa con los procesamientos correspondientes con cada estándar. Además, en caso de contar con registros anteriores, se deberá incluir una gráfica con la evolución histórica de cada variable.

- Estadísticos para cada variable (promedio y máximo registrado detallando la fecha de tal registro), reporte de incidencias que pudieran haber afectado a los equipos de monitoreo, procedimiento realizado durante la calibración de los equipos, detalle de los límites de detección da cada equipo y procedimiento realizado para la validación de los datos.

- Histograma de cada variable

- Rosa de contaminantes

- Rosa de vientos

Para la realización de la rosa de contaminantes y de vientos puede ser de utilidad el software de libre distribución *WRPLOT view* que se encuentra disponible en la web *www.weblakes.com*.

Los resultados presentados en el informe, deben estar acompañados de comentarios y conclusiones.

La frecuencia para la presentación de informes se determinará en cada caso entre Dinacea y las interesadas.

5. Referencias

Protocolo de Transmisión de datos - Versión C. Porrini

Condiciones para la transferencia de datos al Ministerio de Ambiente – DIA – Versión 2019

Decreto 135/021 Aprobación del reglamento de calidad del aire

6. Modificaciones

Se modificó el formato de la versión 1 del presente documento.

Versión	Fecha	Modificaciones
1	01/09/2015	• Documento original
2	06/03/2018	• Redefiniciones a nivel general en el tratamiento estadístico • Incorporación del chequeo de cero /*span* y la corrección de datos • Edición
3	29/06/2020	• Especificaciones para el cálculo de valores diarios y anuales • Edición
4	27/05/2022	• Cambio de logo institucional • Especificaciones para los cálculos de promedios y su nomenclatura • Ajustes en relación a los requerimientos para la presentación y envíos de datos
5	12/03/2024	• Edición
6	14/08/2025	• Edición • Especificaciones para el tratamiento de los valores inferiores al Límite de Detección de los analizadores • Inclusión de aspectos referentes a los monitoreos discretos