



INFORME DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO INICIAL SOBRE
LA OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE
CALIDAD DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE LA
CALIDAD DEL AIRE EN CIUDAD JUÁREZ

INTRODUCCIÓN

El presente reporte tiene como objetivo presentar un diagnóstico técnico inicial de la situación operativa del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez. Se enfoca en la operación de las estaciones de monitoreo, en el desempeño de los analizadores, el estado actual de los sistemas de calibración, así como en la gestión de la documentación y los registros operativos que se generan en la red.

El diagnóstico se realizó a partir de actividades en sitio, revisión de equipos, verificación operativa y análisis de la documentación disponible.

Este diagnóstico se desarrolló como una evaluación preliminar, orientada a identificar las condiciones reales de operación, las desviaciones técnicas, las áreas de oportunidad y los riesgos potenciales que pueden comprometer la confiabilidad, trazabilidad y continuidad de los datos generados por la red. El análisis no sustituye auditorías formales ni evaluaciones normativas completas, sino que constituye una línea base técnica para la toma de decisiones informadas.

El enfoque principal del diagnóstico se centra en:

- La **operación de los analizadores de contaminantes**, evaluando su estabilidad, respuesta, parámetros internos y comportamiento durante actividades de verificación y calibración.
- El **estado operativo de los sistemas de calibración**, incluyendo calibradores dinámicos, líneas neumáticas y elementos asociados, con especial atención a su impacto en la validez de las pruebas de control de calidad.
- La **revisión de la infraestructura interna de las estaciones**, considerando aspectos como neumática, cableado, condiciones ambientales internas y organización de los equipos.
- El **análisis de la gestión documental**, evaluando los procedimientos operativos, formatos, bitácoras y registros disponibles, así como su alineación con buenas prácticas de aseguramiento y control de calidad.

Adicionalmente, el diagnóstico permite priorizar acciones técnicas, identificar necesidades inmediatas de intervención y establecer las bases para el fortalecimiento del sistema documental, con el objetivo de mejorar la trazabilidad de las actividades, la reproducibilidad de los procesos y la evidencia técnica que respalda la operación del sistema.

Los hallazgos y recomendaciones presentados en este documento deben entenderse como un insumo técnico para la mejora continua del Sistema de Monitoreo, orientado a elevar la confiabilidad de los datos, reducir riesgos operativos y facilitar el cumplimiento de criterios técnicos y normativos aplicables a redes automáticas de monitoreo de la calidad del aire.

ALCANCE

El presente diagnóstico se define como una evaluación técnica preliminar de carácter presencial y documental. Su alcance abarca la revisión del estado físico y operativo de los analizadores de contaminantes criterio, los sistemas de calibración y la infraestructura interna de las estaciones Clínica de Salud, Canales Lira, PTAR y Advance.

Este análisis se centra en identificar las condiciones reales de operación, las desviaciones técnicas y los riesgos potenciales que comprometen la confiabilidad y trazabilidad de los datos. Si bien constituye una línea base para la toma de decisiones informadas, no sustituye a las auditorías formales, sino que establece las prioridades de intervención para asegurar la continuidad operativa del sistema.

MARCO NORMATIVO

La operación, mantenimiento y gestión del Sistema de Monitoreo en Ciudad Juárez debe alinearse estrictamente con la legislación mexicana vigente para garantizar que la información generada sea jurídicamente válida y técnicamente sustentable.

NOM-156-SEMARNAT-2012

Esta norma es el pilar jurídico del sistema, ya que establece la obligatoriedad de instalar y operar sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

- **Operación Continua:** La norma exige que los responsables aseguren el funcionamiento ininterrumpido y el mantenimiento preventivo/correctivo de los equipos, lo cual justifica la atención inmediata a las fallas detectadas en la estación Clínica de Salud.
- **Sistema de Gestión de Calidad:** Obliga a contar con procedimientos documentados y bitácoras que aseguren la trazabilidad de los datos, sustentando la necesidad de implementar los nuevos formatos de calibración y verificación propuestos en este informe.

MANUALES DE MONITOREO ATMOSFÉRICO EN MÉXICO DEL SINAICA

El Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) establece manuales de buenas prácticas en monitoreo de la calidad del aire.

- **Homologación de Datos:** El SINAICA requiere que la información sea transmitida de forma automática y estandarizada. El uso de sistemas de adquisición de datos distintos en la red dificulta esta integración.
- **Validación Técnica:** Los criterios de aceptación para pruebas de Zero y Span descritos en los nuevos formatos propuestos siguen las directrices técnicas del SINAICA para asegurar que solo los datos que pasen los controles de calidad.
- **Trazabilidad y Calibración:** El SINAICA establece que no basta con que un equipo "funcione"; debe demostrarse su exactitud mediante calibraciones multipunto

periódicas. El uso de formatos de verificación y calibración garantiza que la red cumpla con este requisito de evidencia auditable.

- **Bitácoras Técnicas:** El manual 4 Operación, Mantenimiento y Calibración, exige que las bitácoras no sean solo registros de asistencia, sino diarios técnicos que incluyan: condiciones ambientales de la caseta, números de serie de patrones utilizados y valores de diagnóstico (flujos, presiones, voltajes).

HALLAZGOS POR ESTACIÓN

Estación: Clínica de Nutrición

Es la estación que presentó las mayores desviaciones técnicas detectadas hasta el momento:

- **Analizador de Ozono (O3):** Se identificó que no funciona correctamente. Los parámetros internos de operación (flujo, presión, o voltaje de lámpara) se encuentran **fuera de los rangos especificados por el fabricante**. Este tipo de desviaciones comprometen la confiabilidad de los datos generados.
 - Se realiza mantenimiento preventivo profundo al analizador y se reinician parámetros de operación.
 - Posteriormente se llevó a cabo la calibración multipunto, e identificaron inconsistencias en la generación de concentraciones atribuibles al calibrador dinámico y a la línea neumática entre el calibrador y el analizador, lo que afecta la estabilidad y trazabilidad de las pruebas de verificación.
 - Se mantiene en observación el analizador.
- **Neumática:** Se observa problemas en la línea neumática entre calibrador y analizador. La tubería de teflón presenta fallas físicas (posibles fugas o contaminación).
- **Calibrador Dinámico:** Presenta un **comportamiento inestable**, lo que impide realizar ajustes de cero y span confiables.
 - **Posibles fallas (aún sin corroborar):** Controladores de flujo masico, fotómetro, temperatura de la lámpara o Scrubbers.
- **Monitor T640:** Debido a las altas concentraciones de material particulado en el sitio, es necesario realizar limpieza recurrente de la cámara óptica. Esta condición incrementa la frecuencia de reemplazo del filtro DFU y requiere seguimiento continuo de su desempeño operativo.

Estación: Canales Lira

Presenta un comportamiento homogéneo y funcional:

- **Analizador de O3:** Se comporta estable en su operación y respuesta, cumplen con los parámetros operativos.

- **Verificaciones Zero/Span:** Se han realizado verificaciones de zero y span de forma presencial para observar y determinar, tiempos, respuesta y comportamientos del analizador de ozono.
- **Calibrador Dinámico:** Se detectaron fallas menores. Aunque el equipo muestra inestabilidad en la pantalla, los hallazgos indican que **no interfieren directamente** en la generación de concentraciones de gas para las pruebas de verificación, permitiendo que la operación continúe.
- **Parámetros meteorológicos:** No se generan datos debido a que no se encuentra con módulo de comunicación.

Estación: PTAR

Presenta un comportamiento homogéneo y funcional:

- **Analizador de O3:** Se comporta estable en su operación y respuesta, cumplen con los parámetros operativos.
- **Verificaciones Zero/Span:** Se han realizado verificaciones de zero y span de forma presencial para observar y determinar, tiempos, respuesta y comportamientos del analizador de ozono.
- **Gas de calibración:** Se ha realizado verificación de línea base y cambio de filtro de 47mm al equipo de H2S, pero se requiere gas patrón para su verificación.
 - Se requiere acondicionar un sitio en el exterior de la caseta para la instalación y manipulación del gas H2S.

Estación: Advance

- **Analizador de O3:** Se comporta **estables en su operación y respuesta**, cumplen con los parámetros operativos.
- **Verificaciones Zero/Span:** Se han realizado verificaciones de zero y span de forma presencial para observar y determinar, tiempos, respuesta y comportamientos del analizador de ozono.
- **Infraestructura interna:** Se requiere organizar todo el cableado y eliminar todo aquello que no tenga una función de la mesa de trabajo.
- **Temperatura interna:** Termómetros internos presentan lecturas erróneas.

HALLAZGOS PRELIMINARES Y PRIORIDADES

1. **Prioridad de Intervención:** Tubería neumática y el calibrador dinámico en estación Clínica.
2. **Reconfiguración de cableado:** Para la estación Advance, es de importancia organizar todo el cableado y eliminar lo que no tenga una función.
3. **Cambio de filtros DFU:** Se requiere el cambio de los filtros DFU de las bombas de succión de los octopus (Advance, Canales Lira y PTAR).
4. **Temperaturas internas:** Se requiere verificar la temperatura interna de cada sitio con un equipo patrón, para evitar problemas de control de temperatura (como lo ocurrido en Advance).
5. **Meteorología Canales Lira:** Se requiere realizar la adquisición de un nuevo sistema para la generación de datos.
6. **Gas de H2S:** Se requiere adquirir un gas patrón para su verificación y acondicionar un sitio en el exterior de la caseta para la instalación y manipulación del gas.

La presencia de Sulfuro de Hidrógeno en la estación PTAR representa el riesgo más significativo para la integridad del personal y las instalaciones.

Debido a la alta toxicidad del gas, incluso en bajas concentraciones, se deben considerar y establecer medidas preventivas como:

- Hojas de Datos de Seguridad (MSDS/HDS).
 - Señalética de Seguridad.
 - Conducción Segura
-
- **Mezcla de sulfuro de hidrógeno y nitrógeno**
 - Protocolo NIST-Traceable EPA:
 - Sulfuro de hidrógeno, 50 ppm +/- cinco (5) por ciento en volumen
 - Nitrógeno, seco de pureza ultra alta, resto
 - Tipo de cilindro: Aluminio
 - Válvula: Conexión CGA-330
 - Todas las válvulas de cilindro deben sellarse (envolverse).
 - Se garantizará que la concentración de sulfuro de hidrógeno de cada cilindro no cambie en más de dos (2) por ciento en un (1) año.
 - Cada botella deberá tener un análisis certificado con una tolerancia analítica de +/- 1 %.
 - Se facilitará, previa solicitud, un certificado de análisis que indique la trazabilidad NIST.
 - Período mínimo de certificación de doce (12) meses.

7. **Sistema de adquisición de datos:** Un óptimo funcionamiento del procesamiento de datos requiere poder trabajar con un sistema especializado en calidad del aire, una de las 4 estaciones opera con un sistema adquirente de datos distinto.
 - Se considera óptimo homologar la estación (Clínica de Salud).
 - Adquirir un sistema de procesamiento de datos especializado.

8. **Refacciones:** La operación continua e ininterrumpida del Sistema de Monitoreo depende en gran medida de contar con los insumos y refacciones necesarios.
 - Se debe generar un stock de insumos y refacciones suficientes.
 - Consumibles: Filtros de partículas (DFU y 47mm), sellos (O-rings), etc.
 - Refacciones de alta rotación: Bombas de succión, lámparas UV y kits de mantenimiento preventivo anual.

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)

Aunque ya mencionas formatos nuevos, la normativa internacional y el SINAICA enfatizan la **Cadena de Trazabilidad:**

- **Trazabilidad Metrológica:** Asegurar que todos los gases patrón y los equipos de transferencia (calibradores) tengan certificados vigentes con trazabilidad a patrones primarios (NIST o similares).
- **Patrones Primarios:** Es imperativo que todos los gases de calibración, cuenten con certificados vigentes que demuestren trazabilidad bajo el protocolo NIST-trazables.
- **Equipos de Transferencia:** Los calibradores dinámicos y equipos de transferencia de flujo deben ser verificados periódicamente contra patrones de referencia certificados.
- **Certificación y Vigencia:** Se debe asegurar que la concentración de los cilindros de gas no presente derivaciones mayores al 2% anual y que cuenten con un periodo mínimo de certificación de 12 meses.

CONTROL DE CALIDAD SISTEMÁTICO (QC)

El control de calidad consiste en las actividades operativas diarias para mantener la integridad de los datos:

- **Verificaciones Zero/Span:** Se implementan para evaluar la estabilidad y repetibilidad del analizador ante concentraciones conocidas de manera recurrente.
- **Calibraciones Multipunto:** Permiten evaluar la linealidad y exactitud del equipo en todo su rango de medición, detectando desviaciones que requieren ajustes técnicos inmediatos.
- **Hojas de Control:** El uso de criterios de aceptación para las pruebas de cero y span permite una detección temprana de fallas y un seguimiento histórico del desempeño de cada sensor.

DIAGNÓSTICO DE GESTIÓN DOCUMENTAL Y NORMATIVA

Tras la revisión de la documentación actual, se identifica la necesidad de Formatos a Implementar a mejorar incrementar y fortalecer el soporte documental, con el fin de cumplir y alcanzar estándares de calidad superiores, lo que generará un cumplimiento a la normativa vigente en el tema.

El enfoque propuesto se alinea con los criterios técnicos de aseguramiento y control de calidad aplicables a sistemas de monitoreo atmosférico automáticos, priorizando la trazabilidad, la reproducibilidad de las actividades y la evidencia documental de las condiciones operativas.

ESTADO DE LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS ESTÁNDAR (SOP)

Los SOP (Standard Operating Procedures) actuales presentan las siguientes áreas de oportunidad:

- **Fortalecimiento:** Los procedimientos existentes deben reflejar las condiciones de operación del Sistema de Monitoreo, así como incluir sus particularidades.
- **Detalle Técnico:** Los manuales de usuario deben de robustecerse para convertirse en guías de operación.

FORMATOS Y BITÁCORAS DE CAMPO

Se identificó la necesidad de reestructurar los formatos existentes y generar nuevos registros que permitan documentar adecuadamente la operación del sistema:

FORMATOS A MEJORAR:

- **Bitácora de Estación:** Debe evolucionar de un registro de visitas a un documento técnico que concentre actividades realizadas, condiciones relevantes de los equipos, incidencias, eventos no programados y observaciones relevantes.
- **Formato de Check List:** Debe depurarse para incluir únicamente información selecta y cubrir la totalidad de los equipos instalados. Se propone su transformación a un formato de inspección visual estandarizada.
- **Test Analizadores:** Debe incorporar el registro de parámetros antes y después de las actividades, así como la respuesta de los analizadores a verificaciones y calibraciones. Actualmente su uso es limitado a ciertos equipos. Este formato actualmente solo se llena para equipos T400 y T640.
- **Eventos Extraordinarios:** La operación de un Sistema de Monitoreo se compone de realizar actividades programadas y atención a eventos no agendados y dichos eventos se pueden considerar “Eventos Extraordinarios”, los cuales se deben atender y registrar, pero ello no significa que deban

quedar registrados de forma independiente. Este tipo de eventos debe ser registrado en la Bitácora de la Estación explicando las actividades.

- **Bitácora de mantenimiento preventivo y/o correctivo:** Se considera que esta información puede ser registrada en la **Bitácora de Estación** y que se genere un **Formato Nuevo (Mantenimiento preventivo y/o correctivo)** para que ahí se describa el mantenimiento y sucesos importantes de este.
- **Registro de calibración, cambio de ubicación, modificaciones u otros:** El formato es ambiguo, las actividades que solicita registrar deben quedar plasmadas en la **Bitácora de Estación**.

FORMATOS A IMPLEMENTAR (NUEVOS):

- **Verificación Zero/Span Teledyne:** Este formato tiene como objetivo documentar de manera sistemática las actividades de verificación de zero y span realizadas a los analizadores Teledyne instalados en la red. Permite registrar las condiciones iniciales del analizador, los parámetros operativos relevantes, los valores de referencia aplicados y la respuesta del equipo durante la prueba. Asimismo, incluye el registro de criterios de aceptación, desviaciones detectadas y acciones correctivas, asegurando la trazabilidad de las verificaciones y la evaluación continua del desempeño del analizador.
- **Verificación Zero/Span Thermo:** Este formato está diseñado para documentar las verificaciones de cero y span en analizadores Thermo Scientific. Su finalidad es evidenciar la estabilidad, repetibilidad y respuesta del analizador ante concentraciones conocidas, registrando parámetros operativos antes, durante y después de la verificación. El formato permite identificar desviaciones respecto a los criterios establecidos y documentar observaciones técnicas que respalden la validez de los datos generados por el equipo.
- **Calibración Multipunto Teledyne:** El formato de calibración multipunto Teledyne permite documentar el proceso completo de calibración a diferentes niveles de concentración, con el fin de evaluar la linealidad y exactitud del analizador. Incluye el registro de concentraciones generadas, lecturas del equipo, ajustes realizados y resultados obtenidos. Este documento proporciona evidencia técnica de que el analizador opera dentro de rangos aceptables y que las calibraciones se realizan bajo condiciones controladas y reproducibles.
- **Calibración Multipunto Thermo:** Este formato tiene como propósito documentar la calibración multipunto de analizadores Thermo Scientific, registrando la generación de concentraciones, la respuesta del analizador y los ajustes efectuados. Permite evaluar el comportamiento del equipo en todo su rango de medición, así como verificar la consistencia y confiabilidad

de las lecturas. El formato respalda la trazabilidad metrológica y el control de calidad de las mediciones.

- **Hoja de Control criterios de aceptación Zero:** La hoja de control de criterios de aceptación para cero se utiliza para evaluar y documentar si la respuesta del analizador cumple con los límites establecidos durante las pruebas de cero. Permite registrar resultados, compararlos con los criterios definidos y determinar la aceptación o rechazo de la prueba. Este formato facilita el seguimiento histórico del desempeño del analizador y la detección temprana de desviaciones.
- **Hoja de Control criterios de aceptación Span:** Este formato tiene como finalidad documentar la evaluación de la respuesta del analizador durante las pruebas de span, comparando los valores obtenidos contra los criterios de aceptación establecidos. Permite identificar tendencias, desviaciones y posibles necesidades de ajuste, contribuyendo al control sistemático de la calidad de las mediciones y a la confiabilidad de los datos generados por la red.
- **Zero Test Teledyne T640:** El formato Zero Test para el analizador Teledyne T640 está orientado a documentar específicamente las pruebas de cero realizadas a este equipo de medición de material particulado. Permite registrar las condiciones operativas del sistema, el comportamiento del instrumento durante la prueba y los resultados obtenidos. Este registro es fundamental para evaluar la estabilidad del cero, identificar posibles interferencias o contaminación interna y respaldar la validez de las mediciones de partículas.
- **Mantenimiento preventivo y/o correctivo:** Específicamente para documentar las piezas reemplazadas y el tiempo de inactividad de la estación.
- **Verificación de la Estación:** Inspección Visual del interior y exterior de las estaciones de monitoreo, sirve para identificar interferencias, fallas y condiciones anómalas que puedan interferir en la operación.

DOCUMENTOS A GENERAR

- **Objetivos del Monitoreo de la Calidad del Aire Red Automática:** El presente documento tiene como finalidad establecer de manera clara los objetivos técnicos y operativos de la Red Automática de Monitoreo de la Calidad del Aire, definiendo el propósito del seguimiento continuo de los contaminantes atmosféricos y su contribución a la evaluación de las condiciones ambientales en la zona de estudio. La Red Automática tiene como objetivo principal generar información confiable, continua y representativa sobre las concentraciones de contaminantes criterio, permitiendo evaluar el estado de la calidad del aire, identificar tendencias temporales y espaciales, y detectar episodios de contaminación. Asimismo, busca

proporcionar una base técnica sólida para el análisis ambiental, la toma de decisiones y el diseño de estrategias de prevención y control.

Adicionalmente, este documento establece el marco de referencia para la operación de las estaciones, la selección de los parámetros a medir y la aplicación de actividades de mantenimiento y control de calidad, asegurando que la información generada sea consistente, trazable y técnicamente sustentable. La definición de estos objetivos permite alinear la operación diaria de la red con los fines para los cuales fue implementada, fortaleciendo la confiabilidad y utilidad de los datos obtenidos.

- **Objetivos del Monitoreo de la Calidad del Aire Red Meteorológica:** El presente documento tiene como objetivo definir el alcance y propósito de la Red Meteorológica asociada al sistema de monitoreo de la calidad del aire, estableciendo su función como soporte técnico para la correcta interpretación de los datos de contaminantes atmosféricos.

La Red Meteorológica tiene como finalidad generar información continua y representativa de las variables meteorológicas que influyen en el transporte, dispersión, acumulación y transformación de los contaminantes en la atmósfera. La medición de parámetros como velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y radiación solar permite comprender las condiciones ambientales que determinan el comportamiento de la calidad del aire.

Asimismo, este documento orienta la operación, mantenimiento y control de calidad de los equipos meteorológicos, garantizando la consistencia y confiabilidad de la información generada. La definición clara de los objetivos de la red meteorológica fortalece la integración de los datos ambientales, mejora el análisis técnico de los episodios de contaminación y contribuye a una evaluación más completa de las condiciones atmosféricas en la zona de estudio.

PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN DOCUMENTAL

Con el fin de fortalecer la operación y el control de calidad de la red, se propone:

- Migrar progresivamente a formatos digitales que sustituyan los formatos en papel. Garantizar la trazabilidad de las actividades de operación, mantenimiento y control de calidad.
- Facilitar el análisis de tendencias, la identificación de fallas recurrentes y la toma de decisiones técnicas.

Este esquema permitirá consolidar un sistema documental coherente, consistente y alineado con los principios de aseguramiento de calidad aplicables a redes de monitoreo de la calidad del aire.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE APEGO NORMATIVO

El diagnóstico técnico, así como la propuesta de fortalecimiento documental y de formatos operativos, se fundamentan en principios ampliamente aceptados para la operación de redes automáticas de monitoreo atmosférico, tales como la trazabilidad de las mediciones, el control de calidad sistemático, la documentación verificable de las actividades y la gestión adecuada de desviaciones operativas.

La generación y actualización de bitácoras, formatos y procedimientos permite demostrar que las estaciones operan bajo condiciones controladas, que las actividades de mantenimiento y verificación se realizan de manera programada y documentada, y que los datos generados cuentan con respaldo técnico suficiente para su validación, análisis y uso en la toma de decisiones.

Este enfoque fortalece la confiabilidad del sistema de monitoreo, facilita la identificación de fallas recurrentes y contribuye a la mejora continua de la red, manteniendo un apego técnico consistente con los criterios aplicables a sistemas de monitoreo de la calidad del aire.