

Apéndice G del Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad

Iniciativa de Monitoreo Móvil Estatal de California (SMMI)
Plan de garantía de calidad y gestión de datos del laboratorio móvil asociado



16 de mayo de 2025



La Iniciativa de Monitoreo Móvil Estatal es parte de Inversiones Climáticas de California, una iniciativa estatal que utiliza miles de millones de dólares de Tope y Comercio para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, fortalecer la economía y mejorar la salud pública y el medio ambiente, particularmente en comunidades desfavorecidas.

Contenido

(G.1) Plan de garantía de calidad y gestión de la calidad de los datos de Aerodyne Research.....	4
(G.2) Plan de garantía de calidad y gestión de la calidad de los datos de UC Berkeley.....	55
(G.3) Plan de Garantía de Calidad y Gestión de la Calidad de los Datos del Equipo UC Riverside.....	79

Apéndice G.1 del Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad

Iniciativa de Monitoreo Móvil Estatal de California (SMMI)
Investigación de Aerodyne Plan de garantía de calidad y gestión de datos



Preparado por Aerodyne Research

En colaboración con Aclima

16 de mayo de 2025

Contenido

1. Conceptos clave	6
Lista de acrónimos	9
1.1 Roles y responsabilidades	10
1.2 Niveles de datos PML	11
1.3 Canalización de gestión de datos	13
2. Ingesta de datos	14
3. Transformación de datos	14
3.1 Flujos de trabajo de transformación de datos	14
3.1.1 Flujo de trabajo de procesamiento GC-EI-ToF	15
3.1.2 Flujo de trabajo de procesamiento PTR-ToF de Vocus	16
3.1.3 Flujo de trabajo de procesamiento de SP-AMS y CPC	17
3.1.3.1 SP-AMS	17
3.1.3.2 CPC	20
3.1.4 Flujo de trabajo de procesamiento de Cooper Xact	20
3.1.5 Calibración de la relación de mezcla de gases traza (TILDAS, CAPS y otros sensores)	21
3.1.5.1 Procedimientos de calibración de gases traza	21
3.1.6 PM2.5 y otras cargas	24
3.1.7 Flujo de trabajo de procesamiento de parámetros meteorológicos y GPS	24
3.1.7.1 GPS	24
3.1.7.2 Viento	24
4. Modelado de datos	24
4.1 Flujos de trabajo de modelado de datos	24
5. Almacenamiento de datos	25
6. Revisión de datos y garantía de calidad	25
6.1 GC-EI-ToF	27
6.1.1 GC-EI-ToF en campo	27
6.1.2 Análisis posterior de los datos GC-EI-TOF	28
6.2 Vocus PTR-ToF	28
6.2.1 Verificaciones PTR-ToF en campo	28
6.2.2 Datos PTR-ToF posteriores al análisis	29
6.2.2.1 Especies calibradas directamente	29
6.2.2.2 Concentraciones de especies mediante constantes de velocidad	29
6.3 SP-AMS y CPC	29
6.3.1 Dimensionamiento de material particulado mediante SP-AMS	29
6.4 Cooper Xact	30
6.5 Proporciones de mezcla de gases traza	30

6.5.1 TILDAS: Verificaciones rutinarias de instrumentos en campo.	30
6.5.2 Garantía de calidad posterior a la adquisición de TILDAS	32
6.5.3 Otras especies de gases traza: comprobaciones de instrumentos en campo	32
6.5.4 Otras especies de gases traza: Garantía de calidad posterior al análisis	33
6.6 PM2.5 y otras cargas	33
6.7 GPS y parámetros meteorológicos	34
6.8 Notas del operador y otros metadatos	35
6.9 Revisiones de datos	35
7. Transferencia de datos	37
7.1 Esquema de datos	37
7.1.1 Formato de archivos de datos	38
7.1.2 Cadencia de entrega y tamaño estimado de archivo	39
7.1.3 Obligación de alimentos	39
8. Referencias	39
Apéndice A. Tabla de contaminantes medidos por el Laboratorio Móvil Aerodyne	40
1. Conceptos clave	54
1.1 Personal clave	55
1.2 Descripción de la plataforma	55
1.3. Niveles de datos PML	56
1.3. Canal de gestión de datos	56
2. Métodos y equipos	57
2.1 Instrumentación	57
2.2 Descripciones de las entradas de muestreo	59
2.2.1 Entrada de partículas	59
2.2.2 Entradas de gas	60
3. Ingesta de datos	60
4. Transformación de datos	62
4.1. Flujos de trabajo de transformación de datos	62
4.1.1. Procesamiento de datos Vocus PTR-TOF-MS	62
5. Modelado de datos	64
5.1. Flujos de trabajo de modelado de datos	64
6. Almacenamiento de datos	65
7. Revisión de datos y garantía de calidad	66
7.1 Métricas de calidad de datos y criterios de aceptación	67
7.1.1 Recuperación de datos	67
7.1.2 Precisión	67
7.1.3 Precisión	67
7.2 Alarmas de datos e impacto en los datos	68
7.3. Revisiones de datos	68
8. Transferencia de datos	68

8.1. Esquema de datos	68
8.1.1. Formato de archivos de datos	70
8.1.2 Códigos de calificación	70
8.2 Informes	71
8.2.1. Frecuencia de entrega y tamaño estimado de archivo	71
8.2.2. Obligación de alimentos	71
Apéndice A. Tabla de contaminantes medidos por el Laboratorio Móvil de Berkeley	71
1. DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	76
1.1. PROCESO Y/O SISTEMA AMBIENTAL A EVALUAR	77
2. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES	78
2.1. PERSONAL CLAVE	78
2.2. CRONOGRAMA DEL PROYECTO	78
3. ENFOQUE CIENTÍFICO	79
3.1. DISEÑO DE MUESTREO	79
3.2. ENFOQUE GENERAL Y PROCESOS DE MEDICIÓN	80
4. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO	81
4.1. FACTORES ESPECÍFICOS DEL SITIO	81
4.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	81
5. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN	82
6. MÉTRICAS DE CALIDAD (CONTROLES DE CALIDAD/QC)	88
6.1. INFORMACIÓN GENERAL	88
6.1.1. Límite de detección	92
6.1.2. Espacios en blanco / ceros	92
6.2. OBJETIVOS DE GARANTÍA DE CALIDAD	92
6.2.1. Precisión	92
6.2.2. Precisión	92
6.2.3. Integridad	93
6.3. AUDITORÍA DE DATOS	93
6.4. ESPECIFICACIONES DEL INSTRUMENTO	93
7. PLAN DE GESTIÓN DE DATOS	95
7.1. CONCEPTOS CLAVE	95
7.1.1 Niveles de datos	95
7.1.2 Canalización de gestión de datos	95
7.2. INGESTIÓN DE DATOS	96
7.2.1 Publicar	96
7.2.2 Ingest	97
7.3 TRANSFORMACIÓN DE DATOS	97
7.3.1 Procesamiento – Mediciones en línea	97
7.3.2 Procesamiento de datos espectrales de masas	98
7.4 MODELADO DE DATOS	98

7.5 ALMACENAMIENTO DE DATOS	98
7.6 REVISIÓN DE DATOS Y GARANTÍA DE CALIDAD	99
7.6.1 Revisiones de datos	99
7.7 TRANSFERENCIA DE DATOS	99
8. INFORMES	100
8.1. ENTREGABLES	100
8.2. PRODUCTO FINAL	100
9. REFERENCIAS	102

1. Conceptos clave

Los datos se recopilarán a bordo del Laboratorio Móvil Aerodyne¹⁻³(LMA, Figura 1).



Figura 1: El Laboratorio Móvil Aerodyne

Tabla 1: Ejemplo de manifiesto del instrumento para mediciones móviles del Laboratorio Móvil Aerodyne. Las precisiones se indican en niveles de 1 sigma, entre paréntesis. Los límites de detalle (LD) suelen ser tres veces superiores a la precisión.

Instrumento	Respuesta temporal	Especies medidas	Especies RFI	Referencia
Espectrómetros de absorción directa infrarroja sintonizables Aerodyne (TILDAS) TILDAS-CS-C ₂ H ₆	1 segundo	CH ₄ (10 ppb), C ₂ H ₆ (200 páginas)	CH ₄ (10 ppb)	
TILDAS-CS N ₂ O/CO/H ₂ EL	1 segundo	CO (0,1 ppb), N ₂ O (0,2 ppb), H ₂ O (10 ppm)	CO(0,1 ppb),	
TILDAS-CS-HCHO	1 segundo	Formaldehído (100 ppt)		
TILDAS-FD-EtO	1 segundo	Óxido de etileno (75 ppt)		
MAYÚSCULAS-NO ₂ y CAPS-NO _x Espectrómetros de desplazamiento de fase atenuados por cavidad	1 segundo	NO ₂ (120 ppt), NO _x (300 ppt)	NO ₂ (120 páginas), NO _x (300 páginas)	
LI-COR 6262CO ₂ Analizador de dióxido de carbono por infrarrojos no dispersivo	1 segundo	CO ₂ (0,5 ppm)	CO ₂ (0,5 ppm)	
Monitor de ozono 2BTech	2 segundos	EL ₃ (2 ppb)	EL ₃ (2 ppb)	

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Instrumento	Respuesta temporal	Especies medidas	Especies RFI	Referencia
Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo de reacción de transferencia de protones Vocus (Vocus PTR-ToF)	1 segundo	COV y HAP, incluidos los aromáticos (precisión típica de 10 a 100 ppt)	Benceno, tolueno, suma de etilbenceno y xilenos, acroleína, compuestos que contienen azufre, Seleccione HAP, Carbonilos no especiados,	
Cromatógrafo de gases Aerodyne, espectrómetro de masas de impacto electrónico de tiempo de vuelo (GC-El-ToF)	30 minutos	Aromáticos especiados por isómeros, alcanos C3-C12, hidrocarburos, compuestos halogenados, 1,3-butadieno y numerosos HAP y VCP adicionales, ~35 compuestos (precisiones típicas de 1 a 10 s ppt)	Benceno, tolueno, etilbenceno, o-xileno, suma de m- y p-xilenos, bromuro de metilo, 1,3-butadieno	

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Instrumento	Respuesta temporal	Especies medidas	Especies RFI	Referencia
Espectrómetro de masas de partículas de hollín en aerosol Aerodyne (SP-AMS)	1-20 segundos	Masa de materia particulada especiada, tamaños < 2,5 micrones: Orgánicos (0,3 µg/m ³), sulfato (0,04 µg/m ³), Nitrato (0,02 µg/m ³), amoniaco (0,02 µg/m ³), cloruro (0,02 µg/m ³), carbono negro (0,3 µg/m ³), selección de metales (atómicos/elementales) incluidos plomo, cromo, arsénico, cadmio, aluminio. Dimensionamiento de partículas por especie en modo de muestra de 20 segundos.	Carbono negro (0,3 µg/m ³) P.M_{2.5} Rieles Arsénico (elemental) PM diésel, PAH selectos	
Contador de partículas de condensación (CPC)	1 segundo	Recuento de partículas en suspensión, tamaños < 2,5 micrones (30 cm ⁻³)		
Cooper Xact	5 minutos	Metales elementales, tamaños < 10 micras: 45 elementos en total incluidos: Cromo (0,002 µg/m ³) Arsénico (0,001 µg/m ³) Selenio (0,001 µg/m ³) Bromo (0,002 µg/m ³) Cadmio (0,04 µg/m ³) Antimonio (0,009 µg/m ³) Mercurio (0,002 µg/m ³) Plomo (0,002 µg/m ³)	Metales (0,001 – 0,04 µg/m ³ precisiones típicas) Arsénico (elemental) (.001 µg/m ³)	
Unidad de sensor pequeño ARISense con contador óptico de partículas Alphasense	10 segundos	P.M ₁ , Primer Ministro _{2.5} (10 µg/m ³), Primer Ministro ₁₀ (20 µg/m ³)	P.M_{2.5} (10 µg/m ³), Primer Ministro₁₀ (20 µg/m ³)	

Instrumento	Respuesta temporal	Especies medidas	Especies RFI	Referencia
Anemómetros RMYoung o Airmar, brújula GPS	1 segundo	Velocidad y dirección del viento, posición GPS, HR y temperatura		

En un apéndice de este documento se incluye una lista completa de los parámetros informados.

Lista de acrónimos

AML – Laboratorio Móvil Aerodyne

AQS – Sistema de Calidad del Aire: formato de la EPA para datos de calidad del aire

CAPS – Espectrómetro de desplazamiento de fase atenuado por cavidad

GC-EI-ToF: el sistema de cromatografía de gases de desorción térmica en línea (TD-GC) combinado con un espectrómetro de masas de tiempo de vuelo con ionización electrónica

GPS – Sistema de Posicionamiento Global

IP – Investigador principal

ppb – partes por mil millones

ppb – partes por billón

PTR-MS – Espectrometría de masas por reacción de transferencia de protones

PTR-ToF-MS – Espectrometría de masas de tiempo de reacción de transferencia de protones de vuelo (se utiliza indistintamente con PTR-MS)

QA – Garantía de calidad

RAM (Memoria de acceso aleatorio) caracteriza un tipo de unidad de datos que se utiliza para la transferencia de datos en vivo.

RFI – Solicitud de información (se refiere al documento de CARB)

HR – Humedad relativa

SP-AMS – espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín

TILDAS – Espectrómetro de absorción directa por láser infrarrojo sintonizable

Vocus – Marca Aerodyne del instrumento PTR-MS

XRF – Fluorescencia de rayos X

1.1 Roles y responsabilidades

A continuación se describen los roles y responsabilidades de cada participante de este proyecto:

Tara Yacovitch, investigadora principal de Aerodyne

- Dirección general del subcontrato de Aerodyne
- Planificación y logística de la medición de campo, incluido el período de la campaña, los objetivos de la medición y algo de logística.
- Gestión de proyectos y elaboración de informes a Aclima

- Administrador de datos, que organiza otros investigadores principales de datos y garantiza la integridad del conjunto de datos, su formato y su carga.
- Control de calidad de datos de resultados seleccionados de Aerodyne, con especial atención al GPS, el viento y determinados gases traza

Conner Daube, director del laboratorio móvil

- Ayudar con la logística de medición de campo, incluida la ubicación, la energía y el personal.
- Preparación del vehículo de laboratorio móvil Aerodyne
- Programar y ayudar con la integración de instrumentos en el laboratorio móvil de Aerodyne
- Integración del instrumento de gases traza TILDAS de plomo en el laboratorio móvil

Se definen los siguientes cables de instrumentos.

Megan Claflin, directora de GC(Instrumento GC-EI-ToF-MS)

Ed Fortner, Primer Ministro Líder(Instrumentos Cooper XRF y AMS)

Anita Avery, líder de PTR(Instrumento Vocus PTR-ToF-MS)

Tara Yacovitch, líder de TILDAS

Zach Payne, líder de CAPS

Cada cable de instrumento:

- Determinar las especies medidas y la estrategia de calibración
- Integración del instrumento principal en el laboratorio móvil
- Ayudar con la logística para contratar a un científico que opere el instrumento durante la campaña de campo.
- Realizar análisis de datos y control de calidad, entregando los datos controlados por control de calidad al administrador de datos.
- Actuar como investigador principal de datos para el conjunto de datos del instrumento
- Contribuir a los informes según sea necesario

Funciones durante las mediciones de campo activo

Además de los roles de proyecto mencionados, durante una campaña de medición de campo, definimos los roles que se indican a continuación. Cada rol debe estar cubierto. Solo hay de 4 a 5 puestos en el laboratorio móvil; por lo tanto, algunas personas desempeñan múltiples roles durante la campaña de campo.

Conductor AML

- Tiene licencia de conducir comercial
- Garantiza una conducción segura y el cumplimiento de todas las normas del DOT.

Líder de campo

- Científico líder en el campo en un momento dado.
- Responsable de los objetivos de medición diarios y su alineación con los objetivos generales del proyecto.
- Comunicación con el IP del proyecto y Aclima sobre el progreso o cualquier problema

- Decide cuándo cada sitio o área de medición determinada ha sido suficientemente caracterizado.

Pasajero

- Navega para el conductor de AML seleccionando rutas apropiadas para camiones que cumplan con los objetivos de medición
- Verifica que todos los instrumentos y sistemas estén registrando y funcionando
- Toma notas sobre sitios y observaciones visibles a través de la ventana.

Experto en el tema: Cada uno de los siguientes tipos de instrumentos/sistemas tendrá un operador experimentado.

- Sistemas de laboratorio móviles (bombas, sistemas informáticos, GPS en vivo y mapeo)
- GC-EI-ToF
- Vocus PTR-ToF
- TILD
- CAPS-NOx

1.2 Niveles de datos PML

Los niveles de datos de Aerodyne se basan en los niveles de datos definidos por Aclima. La siguiente tabla enumera estos niveles, extrayendo ejemplos del conjunto de datos de Aerodyne.

El nivel de datos 0a (L0a) se añade para describir la señal integrada sin calibrar de un sensor y distinguirla de los datos L0 sin procesar guardados. Por ejemplo, un espectrómetro de masas genera archivos espectrales de masas que consisten en una matriz de intensidad de iones por canal de alta resolución (L0). Durante el monitoreo móvil, este instrumento también genera series temporales de resolución unitaria de masa (UMR) sin calibrar para intervalos seleccionados del espectro de masas (L0a), que se muestran y registran en una computadora central en el laboratorio móvil. Los datos L0a no están calibrados y pueden estar sujetos a interferencias. Sin embargo, son una herramienta útil para guiar el muestreo, identificar puntos críticos en tiempo real y proporcionar resultados cualitativos con entrega rápida.

Tabla 2 Niveles de procesamiento de datos PML. Aerodyne añade el nivel 0a.

Nivel de datos	Nombre	Definición	Ejemplo en el conjunto de datos de Aerodyne
0	Señal sin procesar	Señal original producida por el sensor.	datos espectrales de masas sin procesar, espectros de archivo de instrumentos láser, cadenas "NMEA" registradas de unidades GPS.
0a	Señal integrada sin procesar	Señal integrada no calibrada producida por un sensor.	Señal de iones total en una relación masa-carga dada, con

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

			o sin sensibilidad de marcador de posición aplicada. Concentración de metano no calibrado de un analizador láser en ppb.
1	Magnitudes geofísicas intermedias	Derivado de datos de nivel 0 utilizando principios físicos básicos o ecuaciones de calibración.	Concentración de metano en ppb. Concentración de tolueno calibrada en ppb. Concentración de una especie que no está en un tanque de calibración, derivada de un enfoque de constante de velocidad.
2a	Magnitudes geofísicas estándar	Estimación utilizando el sensor más las mediciones físicas a bordo asociadas. Incluye pasos de procesamiento de datos más avanzados.	Cantidades armonizadas mediante la comparación de los resultados de dos instrumentos que informan la misma especie (por ejemplo, ciertas especies aromáticas en Vocus y GC).
2b	Magnitudes geofísicas estándar, ampliadas	Similar al nivel 2a pero utilizando fuentes de datos externas para la corrección de artefactos No se prevé su uso para SMMI.	n / A
3	Cantidades geospaciales agregadas	Productos de datos geospaciales derivados típicamente de L1, Datos L2a o L2b de mediciones de contaminantes individuales o una combinación de múltiples contaminantes y utilizando enfoques estándar de agregación estadística de mediciones (es decir, media, mediana, máximo, etc.)	n/a – liderado por Aclima
4	Cantidades geospaciales agregadas combinadas con fenomenología espacio-temporal modelada	Productos de datos geospaciales agregados derivados típicamente de datos L1, L2a o L2b utilizando métodos avanzados de modelado estadístico en el espacio y el tiempo. Fuentes de datos externas o información contextual como pueden incorporarse	n/a – liderado por Aclima

		mediciones meteorológicas, datos topográficos, tipo de carretera, etc.	
--	--	--	--

1.3 Canalización de gestión de datos

Los pasos clave en la gestión de datos del PML se resumen en la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3: Una descripción general de los principales componentes del sistema de gestión de datos de Aerodyne.

Canalización de gestión de datos		
1	Publicar	[Cómo llegan los datos brutos desde el instrumento hasta el punto de ingestión] Los datos sin procesar del instrumento se guardan en la computadora del instrumento o en la computadora de registro de datos en el Laboratorio Móvil Aerodyne.
2	Ingerir	[Ingesta de datos en el almacenamiento provisional] Diariamente, las computadoras de registro de datos e instrumentos se sincronizan con una unidad con acceso a la red ubicada en el laboratorio móvil. Periódicamente, cuando hay cambios de personal (1-2 semanas durante la campaña), los datos sin procesar se transportan en una unidad externa a los servidores de Aerodyne.
3	Transformar	[transformar datos en diversas formas y formatos para su uso] El análisis de datos lo realiza un equipo de científicos en sus ordenadores individuales. Se generan los datos finales de concentración con marca de tiempo y de indicadores AQS para cada instrumento. Posteriormente, un gestor de datos reformateará los datos a formato largo (marca de tiempo, marca GPS y múltiples columnas de datos y columnas de indicadores). El gestor de datos ejecutará el código Aclima para traducir los datos a formato corto y subirlos al contenedor de datos PML.
4	Modelo	Aclima gestiona la mayor parte del modelado. Aerodyne realizará la revisión científica de los productos de modelado de datos de Aclima y generará datos más avanzados específicos de cada instrumento para la elaboración de informes, según lo solicite Aclima (por ejemplo, la especiación por tamaño de una columna de material particulado de alta prioridad; el espectro de masas de COV para una columna de olor desconocido).
5	Almacenar	[Cómo se almacenan los datos en todas las etapas del pipeline]

		Los datos sin procesar (L0 y L1) se almacenan en una carpeta de campaña organizada en el servidor de datos de AML; luego, en Aerodyne; y finalmente, se transmiten a CARB mediante medios físicos. Los productos de datos analizados (L1 y L2) se enviarán a un contenedor de datos de Aerodyne en los servicios de Google Cloud y se respaldarán en los servidores de Aerodyne.
--	--	--

2. Ingesta de datos

Ingestión de datos Describe el proceso mediante el cual los datos inalterados de nivel más bajo de los instrumentos se entregan al almacenamiento de datos PML. El procesamiento de datos es manual y se describe en la sección «Transformación de datos».

Los datos de todos los instrumentos se adquieren y almacenan/registrar en la computadora del instrumento (para espectrómetros de masas e instrumentos TILDAS) o en una computadora de registro dedicada (para instrumentos meteorológicos y otros).¹⁹ Estos datos L0 constituyen la fuente de datos de archivo que se utilizará para el análisis. Consulte la sección "Almacenamiento de datos" para obtener más detalles sobre el flujo de datos de estos datos de archivo. Consulte la sección "Transformación de datos" para obtener más detalles sobre el proceso mediante el cual los datos adquiridos se transforman en datos calibrados.

Durante la adquisición en vivo, un *aduplicado* Una copia de los datos de series seleccionadas se guarda como un archivo transitorio en una o más unidades RAM compartidas. Estos archivos transitorios son procesados por la computadora principal de visualización y mapeo de datos en el laboratorio móvil. Este proceso se denomina "intercambio de datos por transferencia de archivos" y se abrevia como "DEFT". Estos datos transitorios son de nivel L0a o L1, no se archivan y se utilizan principalmente para visualización en vivo.

3. Transformación de datos

Transformación de datos describe cómo los datos de los instrumentos, ahora ingeridos y almacenados, se transforman aún más.

3.1 Flujos de trabajo de transformación de datos

Un analista cargará los datos de cada instrumento y realizará el control de calidad (véase la Sección 6). Se requieren diferentes niveles de transformación de datos, que se describen a continuación para cada instrumento. Un analista de datos designado supervisará la producción de proporciones de mezcla calibradas para cada especie en la Tabla 1. También será responsable de la producción de los datos de las banderas del SCA.

Se aplicará una corrección de retardo de entrada a cada instrumento por separado para corregir el retardo del gas de muestra que llega al detector a través de las distintas entradas del AML. Este retardo se determina mediante una combinación de sobresoplados cronometrados de aire cero en la línea de entrada de gas traza y datos medidos de picos de tráfico. Las columnas de corta duración son más precisas que los retardos de entrada calculados, y las columnas de tráfico contienen, convenientemente, mejoras importantes de casi todos nuestros instrumentos.

La posición GPS con garantía de calidad se asociará con las ondas de tiempo producidas por cada instrumento.

Finalmente, los datos y las banderas AQS se formatearán en un formato "largo", donde una sola onda temporal se asocia con múltiples columnas de pares de datos/banderas AQS. Se ejecutará el software Aclima para convertir el formato "largo" al formato "corto".

3.1.1 Flujo de trabajo de procesamiento GC-EI-ToF

Los datos brutos generados por el sistema de cromatografía de gases de desorción térmica en línea (TD-GC) combinado con la detección por espectrometría de masas de tiempo de vuelo con ionización electrónica (EI-TOF-MS), en adelante GC-EI-TOF, serán procesados y su calidad será garantizada por un analista. Los procedimientos específicos de transformación de datos para el GC-EI-TOF se detallan aquí, mientras que los protocolos de control de calidad (incluidos los procedimientos de calibración) se describen en la sección 6.1.

Para transformar los datos de datos brutos a datos de concentración, el analista completará los siguientes seis pasos.

1. Ajuste de picos espectrales de masas de alta resolución. El primer paso del análisis de datos para el GC-EI-TOF consiste en realizar el ajuste de picos de alta resolución mediante software de análisis espectral de masas (Tofware, Aerodyne Research). Este proceso incluye la definición de la forma y el ancho de los picos espectrales de masas, la calibración de masas para la precisión de la asignación de picos y el ajuste de los datos para la asignación de picos de alta resolución. El resultado de este paso transformará los datos de resolución unitaria de masa (UMR) a fórmulas moleculares de alta resolución (HR).
2. Integración de picos cromatográficos. Tras el ajuste de HR, los datos procesados se importarán al software de análisis cromatográfico (TERN, Aerodyne Research) para la integración de picos. El resultado de este paso serán los datos especiados de COV para los compuestos especificados, que se reportarán en recuentos (cts).
3. Normalización del volumen de muestra. Los metadatos del GC (datos de mantenimiento continuo de todos los componentes del GC, incluyendo controladores de flujo, válvulas, calentadores, etc.) se utilizarán para definir los tiempos exactos de inicio y fin de la muestra del GC para cada ciclo. Estos tiempos de inicio y fin, junto con el flujo de muestra del GC, se

utilizarán para calcular el volumen de muestra preciso (cm³).³⁾ recopilados por el sistema de preconcentración del GC para cada muestra. Los datos GC-EI-TOF se normalizarán para el volumen de muestra recolectado, dividiendo la señal del GC (cts) por el volumen de muestra recolectado y multiplicándolo por el volumen de muestra objetivo. El resultado de este paso serán los datos especiados de COV en recuentos normalizados (ncts).

$$Señal\ GC_{ncts,sv} = (Señal\ GC_{cts}) \frac{Volumen\ de\ muestra_{Objetivo}}{Volumen\ de\ muestra_{Coleccionado}}$$

- Corrección de la deriva del instrumento. Los datos se someterán a un segundo paso de normalización, que utiliza la detección de halocarbonos de larga duración en la atmósfera. Estas especies, que se espera que no tengan fuentes locales, se utilizan para corregir los cambios en la señal del analito debido a la deriva del instrumento (p. ej., desgaste del detector o cambios ambientales). Para este paso, se utiliza un factor de normalización de halocarbonos (NF)_{halocarbon} se calculará dividiendo el área del pico de GC del halocarbono de elección (por ejemplo, CCl₄) por el área promedio del pico de halocarbono para toda la intensidad de medición. Los datos GC-EI-TOF se corrigen luego dividiendo los datos por el NF_{halocarbon}. El resultado de este paso serán los datos especiados de VOC en recuentos normalizados (ncts), habiéndose corregido tanto el volumen de la muestra como la deriva del instrumento.

$$NF_{halocarbon} = \frac{halocarbon_{ellos\ mismos}}{halocarbon_{promedio}}$$

$$Señal\ GC_{ncts} = \frac{Señal\ GC_{ncts,sv}}{NF_{halocarbon}}$$

- Enmascaramiento de los periodos de cero y calibración. Durante la campaña, el GC-EI-TOF se desconectará periódicamente del muestreo ambiental para realizar los ceros y calibraciones de los instrumentos. Se prevé que estos periodos de desconexión se realicen diariamente. Los datos se enmascararán para incluir únicamente los datos ambientales. Se proporcionarán indicadores para marcar estos periodos como dedicados a los ceros y calibraciones de los instrumentos.
- Aplicar las sensibilidades de los analitos. Finalmente, las sensibilidades medidas en las calibraciones previas y posteriores a la campaña (véase la sección 6.1) se aplicarán a los datos ambientales para transformar los datos de recuentos normalizados (NCT) en datos de concentración (partes por billón, ppb).

3.1.2 Flujo de trabajo de procesamiento PTR-ToF de Vocus

El espectrómetro de masas de tiempo de vuelo del reactor de transferencia de protones Vocus (Vocus PTR-TOF, «Vocus») registra los espectros de masas de COV a granel en tiempo real. Un analista procesará los datos para obtener asignaciones de picos de alta resolución, aplicar factores de calibración para la cuantificación y garantizar la calidad.

Para transformar los datos de datos brutos a datos de concentración, el analista completará los siguientes pasos.

1. Ajuste de picos espectrales de masas de alta resolución. El primer paso del análisis de datos para Vocus consiste en realizar el ajuste de picos de alta resolución mediante software de análisis espectral de masas (Tofware, Aerodyne Research). Este procesamiento incluye la definición de la forma y la anchura de los picos espectrales de masas, la calibración de masas para la precisión de la asignación de picos y el ajuste de los datos para la asignación de picos de alta resolución. El resultado de este paso transformará los datos de resolución unitaria de masa (UMR) a fórmulas moleculares de alta resolución (HR). Este paso es el mismo para GC-El-TOF y Vocus, ya que se utilizan el mismo formato espectral y software de procesamiento (Tofware).
2. Enmascaramiento de los periodos de cero y calibración. Durante la campaña, el Vocus se desconectará del muestreo ambiental para realizar ceros del instrumento (aproximadamente cada hora) y calibraciones (aproximadamente de 6 a 8 veces al día). Estos ceros y calibraciones se marcarán para el marcado de datos y se utilizarán en pasos posteriores para la cuantificación. Las calibraciones se realizarán con una bombona de gas de calibración diluida con aire cero. La bombona de gas de calibración contendrá aproximadamente 15 compuestos para proporcionar una sensibilidad para cada compuesto individual.
3. Corrección de la transmisión. El Vocus utiliza un filtro para impedir que los iones de baja m/z lleguen al detector y así evitar su sobrecarga con iones reactivos. Los compuestos en el tanque de calibración tendrán un rango de m/z suficiente, generalmente acetónitrilo (m/z 42) a siloxano D5 (m/z 371), y una sensibilidad suficiente para que se pueda crear una curva de transmisión y utilizarla para corregir la sensibilidad de los iones pequeños que no se encuentran en el tanque.
4. Corrección de la deriva del instrumento. Los cambios en el rendimiento del instrumento se contabilizarán mediante cambios en la sensibilidad a los compuestos en el tanque de calibración. Dado que tanto los cambios en la sensibilidad absoluta (p. ej., la deriva del detector) como la relativa se deben a cambios en la fragmentación (p. ej., las condiciones del reactor), se utilizará un promedio de los cambios de sensibilidad del xileno y el α -pineno para aplicarlo a otros compuestos.
5. Aplicar las sensibilidades de los analitos. Las sensibilidades de cada analito se aplicarán mediante los métodos descritos en la sección 6.1, de modo que los datos finales se reporten en datos de concentración (partes por billón, ppb).

3.1.3 Flujo de trabajo de procesamiento de SP-AMS y CPC

3.1.3.1 SP-AMS

El flujo de trabajo, desde los datos brutos hasta la cuantificación de alta resolución de múltiples especies químicas de material particulado, es largo. En primer lugar, debe garantizarse una calibración precisa de la relación masa-carga (m/z) verificando la posición de H_2EN_2 y iones W en

m/z 18, 28 y 184, respectivamente. Este parámetro se puede configurar para verificación automática tras completar cada punto de datos (ejecución). Una vez configurado el rango completo de m/z, ciertos valores de m/z se asignan a familias químicas específicas mediante una tabla de fragmentación. La Figura 2 muestra algunas especies clave con las atribuciones comunes de fragmentos de masa.

Group	Molecule/Species		Ion Fragments	Mass Fragments
Water	H ₂ O	$\xrightarrow{e^-}$	H ₂ O ⁺ , HO ⁺ , O ⁺	18, 17, 16
Ammonium	NH ₃	$\xrightarrow{e^-}$	NH ₃ ⁺ , NH ₂ ⁺ , NH ⁺	17, 16, 15
Nitrate	NO ₃	$\xrightarrow{e^-}$	HNO ₃ ⁺ , NO ₂ ⁺ , NO ⁺	63, 46, 30
Sulfate	H ₂ SO ₄	$\xrightarrow{e^-}$	H ₂ SO ₄ ⁺ , HSO ₃ ⁺ , SO ₃ ⁺ SO ₂ ⁺ , SO ⁺	98, 81, 80 64, 48
Organic (Oxygenated)	C _n H _m O _y	$\xrightarrow{e^-}$	H ₂ O ⁺ , CO ⁺ , CO ₂ ⁺ H ₃ C ₂ O ⁺ , HCO ₂ ⁺ , C _n H _m ⁺	18, 28, 44 43, 45, ...
Organic (hydrocarbon)	C _n H _m	$\xrightarrow{e^-}$	C _n H _m ⁺	27, 29, 41, 43, 55, 57, 69, 71...

Figura 2: Se muestran los grupos de especies de aerosoles clave junto con sus fragmentos más frecuentes por fórmula química iónica y m/z.

Esta designación inicial de masas en grupos de aerosoles se realiza automáticamente en tiempo real durante la recopilación de datos. Tras la adquisición, los datos son procesados por una persona con experiencia en el ajuste de picos individuales en el espectro de masas. Aquí es donde el ajuste de picos de alta resolución conduce a la suma final de todos los picos de alta resolución para una especie específica (SO₄, NO₃, etc.). Un ejemplo de ajuste de picos de alta resolución se muestra en la Figura 3. Los picos de los iones C₂H₃O⁺ y C₃H₃⁺ se ajustan claramente, y este es un ejemplo de una técnica utilizada en cada m/z muestreado. Este ajuste de picos mejora la cuantificación de las especies, así como la capacidad de diferenciar entre compuestos orgánicos primarios y orgánicos oxidados, y su prevalencia general relativa.

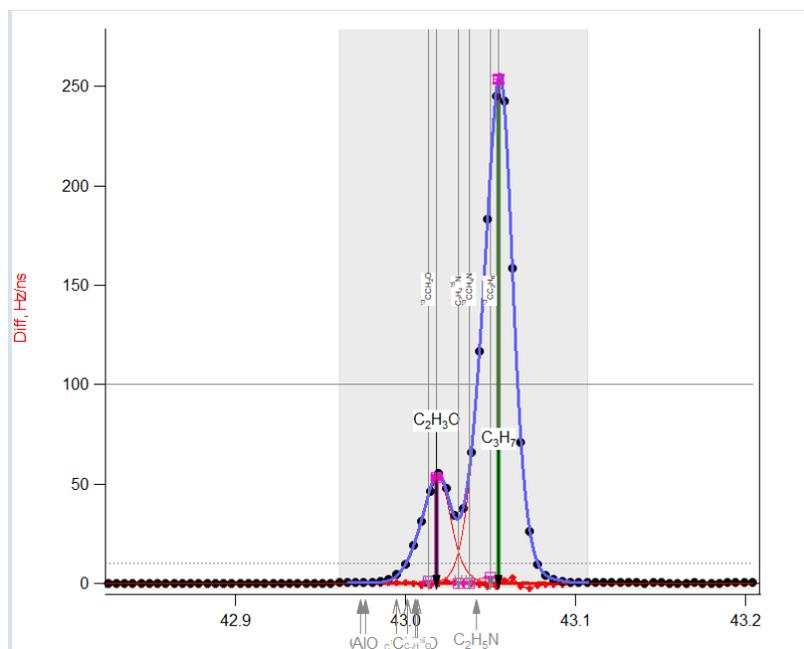


Figura 3: El ajuste de alta resolución de los iones $C_2H_3EL^+$ y $C_3H_7^+$ en m/z 43 se representa

Otra consideración del flujo de trabajo para el SP-AMS son las calibraciones. Para minimizar las incertidumbres en las concentraciones de masa reportadas, es conveniente monitorear de cerca las fluctuaciones en la eficiencia de detección del AMS y corregirlas adecuadamente durante toda la campaña. Los parámetros que capturan la eficiencia de detección del AMS son $IE_{NO_3^-}$, que es la eficiencia de ionización (IE) de un compuesto de referencia: NO_3^- , y la señal del haz de aire (AB), que es la tasa de iones (Hz) detectada para una señal de aire principal, p. ej. N_2^+ en este estudio.^{4,5} Si bien AB se puede monitorear continuamente durante el funcionamiento del instrumento, la determinación de $IE_{NO_3^-}$ requiere la interrupción del muestreo para realizar un experimento de calibración (normalmente de 1 a 2 horas). Dada esta restricción y la expectativa (basada en la experiencia previa) de que la IE no sea muy variable, se recomienda realizar una IE periódica.^{NO3-} Se realizarán calibraciones durante este estudio. Debido a que las proporciones de $IE_{NO_3^-}$ como AB permanece notablemente constante (r.s.d. < 1%), la señal AB continua se puede utilizar para corregir las variaciones en las eficiencias de detección de AMS con una muy buena aproximación.

Otros dos parámetros del AMS influyen significativamente en los valores absolutos de sus mediciones de PM: la eficiencia de recolección (EC) y la eficiencia de ionización relativa (EIR). La EC se introduce para corregir la detección incompleta de partículas no refractarias (NR-PM) por parte del AMS, por ejemplo, debido a partículas de forma irregular que no llegan completamente al vaporizador.^{6,7} Aunque, en sentido estricto, la EC debería ser una función del tamaño y la forma de las partículas, actualmente se define como el factor de corrección para las concentraciones de masa volumétrica, es decir, la fracción de la masa de la partícula medida por el AMS. Se asigna un valor de EC de 0,5 al sulfato, basándose en observaciones exhaustivas de varios ensayos de

laboratorio y de campo con aerosoles de sulfato. El mismo valor de CE (es decir, 0,5) se aplica a las partículas que contienen nitrato y amonio, ya que parecen estar mezcladas internamente con partículas de sulfato la mayor parte del tiempo.

El valor CE para NR-PM total₁La materia orgánica se estima en función de sus distribuciones de tamaño, que a menudo muestran dos modos: un modo de acumulación más grande de partículas de fondo ambiental que parecen estar mezcladas internamente con SO_4^{2-} , NO_3^- y NH_4^+ y un modo ultrafino más pequeño que parece provenir principalmente de fuentes relacionadas con la combustión. Por lo tanto, se aplica un valor de CE de 0,5 a los orgánicos del modo de acumulación (debido a la mezcla interna con SO_4^{2-}) y se asume que la CE para el modo más pequeño es 1.0 porque los estudios de laboratorio han demostrado una transmisión de AMS cercana al 100 % para partículas de combustión de hollín. Al estudiar las distribuciones de tamaño de los orgánicos totales, así como los fragmentos de masa de orgánicos individuales promediados durante todo el período de muestreo, hemos encontrado que estos dos modos pueden separarse mejor en $D_{va} = 160$ nm y que la relación de masa del modo más pequeño ($D_{va} < 160$ nm) al más grande ($D_{va} > 160$ nm) es aproximadamente 2/3. Por lo tanto, el valor de CE de los orgánicos a granel se establece en 0.7.

La eficiencia de ionización relativa (RIE) es la relación entre la eficiencia de ionización por impacto de electrones de una especie dada y la $\text{IE}_{\text{NO}_3^-}$ por unidad de masa. Tenga en cuenta que $\text{IE}_{\text{NO}_3^-}$ es el IE de NO_3^- . Se midió con base en dos iones principales, con valores de m/z de 30 y 46, en lugar de todos los fragmentos de masa. Se determinaron valores RIE representativos de cada especie mediante diversas mediciones de laboratorio y se tabularon.⁸

El Espectrómetro de Masas de Aerosol de Partículas de Hollín (SP-AMS) tiene la capacidad adicional de medir carbono negro refractario. Esta medición se calibra mediante el muestreo de partículas de carbono negro (BC) atomizadas, secas y de tamaño seleccionado con un analizador de movilidad diferencial (DMA) (TSI Modelo 3081) en el SP-AMS y un CPC. Los iones por picograma de carbono negro detectados se comparan con los iones por picograma de nitrato de amonio, y el RIE del BC se determina mediante esta comparación.⁹

Finalmente, otros dos parámetros clave del AMS requieren calibración: el caudal de muestreo volumétrico del AMS y la velocidad de las partículas. El caudal de muestreo se determinará mediante un Gilibrator (medidor de flujo de burbuja). El tamaño aerodinámico de las partículas, informado por el AMS, se basa en las velocidades medidas de las partículas. La calibración del tamaño y la velocidad se realiza mediante un atomizador con nitrato de amonio ($\text{NH}_4)_4\text{NO}_3$) solución seguida de selección del tamaño de DMA en el rango de 60 a 700 nm.

3.1.3.2 CPC

El contador de partículas de condensación (CPC) comercial de Thermo-Systems Incorporated (TSI) viene calibrado de fábrica y se devuelve periódicamente para su reacondicionamiento y recalibración.

3.1.4 Flujo de trabajo de procesamiento de Cooper Xact

El sistema Cooper Xact 625 utiliza un sistema de medición basado en filtros. El instrumento viene calibrado de fábrica y no se realizan ajustes adicionales a los datos. Se toman datos en blanco de forma rutinaria aplicando un filtro a la entrada de partículas, y estos filtros se eliminan de los datos.

3.1.5 Calibración de la relación de mezcla de gases traza (TILDAS, CAPS y otros sensores)

Un analista y un departamento de control de calidad volverán a cargar las proporciones de gases traza sin procesar producidas por los sensores de gases traza (consulte la Sección 6).

Se aplicarán a los datos los factores de calibración determinados antes o después de la campaña o en campo. Generalmente, se aplicará un único factor de calibración promediado, a menos que se haya producido un cambio significativo en la respuesta del instrumento u otro problema. Las calibraciones solo se aplican si el factor de calibración supera la incertidumbre del tanque.

Se generarán los datos de concentración calibrados resultantes.

3.1.5.1 Procedimientos de calibración de gases traza

Esta sección describe un método general para realizar una calibración por dilución. En este procedimiento, se mezcla con precisión un gas de calibración de alta concentración con aire limpio y se suministra a la entrada.

Equipo necesario:

1. **Cilindro de calibración que contiene una o más especies de interés.** Están disponibles comercialmente y presentan incertidumbres típicas de <1 %. Se pueden utilizar fuentes de gas de calibración alternativas, incluidos generadores de ozono.
2. **Aire limpio para utilizar como diluyente.** Para la mayoría de los instrumentos de fase gaseosa y de partículas, se utiliza aire ultra cero (UZA) (grado con menos de 0,5 ppm de carbono). Para ciertos instrumentos (p. ej., el detector de ionización de llama CAI), se prefiere un diluyente con la humedad adecuada. En este caso, se utiliza un generador de aire cero (ZAG). El aire cero se genera haciendo pasar aire ambiente a través de un sistema catalizador Aadco ZA30 para la destrucción de hidrocarburos orgánicos volátiles. Si se realizan calibraciones de aire húmedo en instrumentación de NO_x, el aire cero también se pasará a través de un medio químico absorbente Purafill, un depurador a base de permanganato de potasio para la eliminación de óxidos de nitrógeno (NO_x).

3. **Dispositivo de medición de caudal para el gas de calibración.** Se utilizará un controlador de flujo másico Alicat capaz de suministrar hasta 100 o 500 centímetros cúbicos estándar por minuto (sccm) para controlar y medir el suministro de gas de calibración.
4. **Dispositivo de medición de caudal para el diluyente.** Se utilizará un controlador de caudal másico Alicat con capacidad para suministrar hasta 20 litros estándar por minuto (SLPM) para controlar el suministro de UZA. Si se utiliza un ZAG, el caudal debe medirse manualmente con un medidor de caudal (p. ej., de la marca DryCal) antes de la calibración.

Suministro y configuración de gas:

El gas de calibración se mezcla con precisión con el aire diluyente antes de su suministro a la entrada. Las cantidades conocidas de gas de calibración y aire diluyente se combinan en una conexión en forma de T, un "soporte de calibración", ubicado dentro del vehículo de investigación. Las válvulas accionadas electrónicamente facilitan el inicio y la parada del flujo de calibración o de aire limpio. Los controladores de flujo másico Alicat, si se utilizan, se encuentran en el soporte de calibración. Una tubería de 1,8 m o más de diámetro exterior de 1,27 cm (6 pies) lleva la mezcla de calibración a la parte delantera del vehículo de investigación, a través de un puerto, hasta el punto de suministro, ubicado a 30 cm (1 pie) de la punta de entrada. El uso de una tubería de gran calibre garantiza una mezcla completa.

La mezcla de calibración debe sobrepasar completamente la punta de entrada. Esto significa que el flujo total de la mezcla de calibración debe superar el flujo de entrada. Para asegurar un sobrepasado adecuado, comience a suministrar una pequeña cantidad de aire diluyente (sin gas de calibración todavía) a la entrada. Observe los datos en tiempo real de un gas traza que no se espera que esté presente en el gas diluyente (por ejemplo, dióxido de carbono para UZA) a medida que aumenta gradualmente el flujo. El gas traza medido disminuirá y luego se estabilizará a medida que se establece el sobrepasado. Mida el flujo final de gas diluyente, ya sea utilizando el controlador de flujo Alicat (si está presente) o midiendo con un medidor de flujo tanto el sobrepasado en la punta de entrada como el flujo de entrada durante el muestreo normal. El flujo de diluyente superará el flujo de entrada conocido.

Realizar y elaborar la calibración:

Para comenzar una calibración, asegúrese de que los datos se estén registrando y mostrando. Anote la hora, la identidad del cilindro de calibración que se va a utilizar y el flujo total de diluyente medido. Espere hasta que se hayan completado los fondos automatizados del instrumento. Comience el suministro de gas diluyente. Espere hasta que la concentración medida por el instrumento se haya estabilizado y luego recopile un minuto aproximadamente de datos estables. A continuación, comience el suministro del gas de calibración configurando el controlador de flujo másico de calibración Alicat al caudal deseado. Anote este caudal en el libro de laboratorio. Normalmente, es mejor comenzar con caudales de gas de calibración más altos para ayudar a purgar la línea de gas de calibración. Este primer punto de calibración puede tardar más de lo habitual en estabilizarse. Continúe con la calibración, cambiando el flujo del gas de calibración mientras mantiene constante el gas diluyente. Asegúrese de detener la calibración a tiempo para

cualquier fondo automatizado. A continuación se muestra un ejemplo de traza de tiempo de calibración para etano.

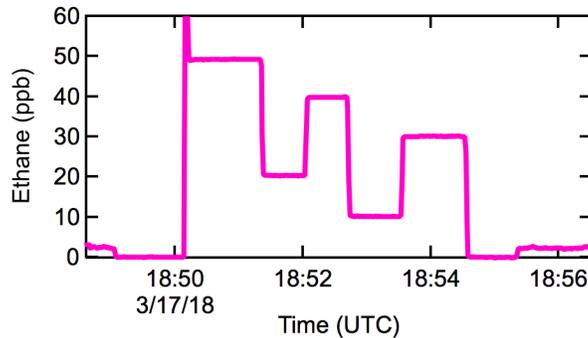


Figura 4: Traza del tiempo de calibración del etano

Para realizar la calibración, determine la concentración de cada paso de calibración estable promediando los períodos estables. Calcule la concentración estándar utilizando los caudales y la concentración del tanque conocidos. Por ejemplo, la calibración de etano anterior utilizó un tanque de calibración de 1 ppm (1000 ppb), los caudales de calibración indicados en la tabla a continuación (en sccm) y un caudal de diluyente de 8 SLPM (8000 sccm).

$$\text{etano_estándar} = 1000 * \text{flujo_cal} / (\text{flujo_cal} + 8000)$$

Tabla 4: Datos de calibración para el ejemplo de calibración de etano.

flujo calórico (sccm)	etano estándar (ppb)	etano medido (ppb)
0	0.000	-0.019
500	58.824	49.275
200	24.390	20.305
400	47.619	39.788
100	12.346	10.137
300	36.145	30.099
0	0.000	-0.051
Flujo de diluyente	8.00 SLPM	

Finalmente, determine un factor de calibración ajustando una gráfica de las concentraciones medidas frente a las estándar. En este caso, el factor de calibración es 0,838, lo que significa que la concentración medida debe dividirse entre 0,838 para obtener la concentración real. La desviación determinada durante estas calibraciones no se utiliza, ya que, en la mayoría de los instrumentos, la desviación del cero supera con creces el rango y se gestiona por separado mediante la puesta a cero regular del instrumento.

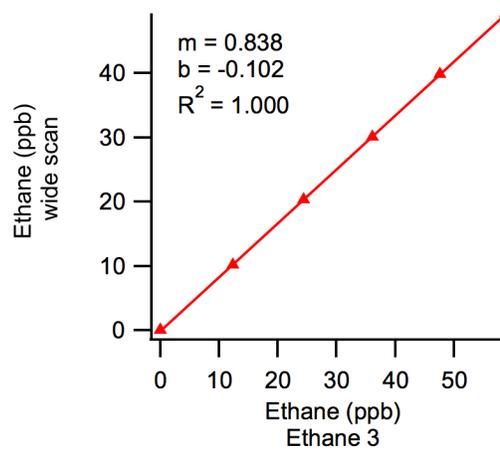


Figura 5: Resultados de la calibración del etano

Como paso final, guarde una copia de los resultados de la calibración (p. ej., el gráfico anterior) en el servidor de datos del proyecto, en la carpeta "calibraciones". Si el instrumento cuenta con un registro de factores de calibración, añada también los datos a este registro.

Consideraciones especiales:

Para calibrar óxido de nitrógeno (NO), el regulador del cilindro de calibración y la tubería conectada deben purgarse con gas de calibración seco antes de comenzar la calibración. Esto evita la conversión de NO a NO₂ en presencia de vapor de agua.

Al medir caudales con diferentes instrumentos, asegúrese de que las condiciones estándar sean consistentes. Por ejemplo, la temperatura estándar de Alicat suele estar configurada a 25 °C, mientras que los caudalímetros DryCal suelen estar configurados para una temperatura estándar de 0 °C. Algunos caudalímetros no tienen sensores de temperatura y solo indican "litros por minuto" a la temperatura ambiente actual. La temperatura ambiente exterior se mide y registra como parte de los instrumentos meteorológicos. También se registra la temperatura interior del vehículo.

3.1.6 PM2.5 y otras cargas

No se requiere ninguna transformación de los valores PM1, PM2.5 y PM10 tomados directamente de un Alphasense OPC-N3 montado en el techo del AML.

3.1.7 Flujo de trabajo de procesamiento de parámetros meteorológicos y GPS

3.1.7.1 GPS

No se requiere ninguna transformación de los datos GPS más allá de cargarlos y reformatearlos en los formatos largo y corto deseados.

3.1.7.2 Viento

Los datos brutos de viento, GPS y rumbo se cargan en el software Igor Pro, donde se utiliza el software "windMath" de Aerodyne para realizar los cálculos vectoriales necesarios para convertir el viento aparente en viento real. Se utilizan de 2 a 3 anemómetros (véase la Sección 6) junto con una brújula GPS específica. Para cada anemómetro, el viento aparente bruto se combina con la velocidad y el rumbo de alta calidad de la brújula GPS para obtener un viento real corregido según la velocidad y el rumbo del vehículo.

4. Modelado de datos

Aclima se encargará de la mayor parte del modelado de datos de este proyecto.

Aerodyne colaborará con Aclima en la visualización de datos relacionados con los estudios de caso específicos identificados durante la campaña. Aerodyne también proporcionará la revisión científica solicitada para cualquier producto de modelado de datos producido por Aclima.

4.1 Flujos de trabajo de modelado de datos

N / A

5. Almacenamiento de datos

Aerodyne cuenta con un servidor de datos privado ubicado en nuestra sede en Massachusetts, con copias de seguridad externas. Aerodyne se compromete a mantener este archivo de datos durante un mínimo de 5 años tras la finalización del proyecto. En la práctica, este archivo se mantiene indefinidamente.

El Laboratorio Móvil de Aerodyne cuenta con una unidad central de almacenamiento conectado a red (NAS) Synology de gran volumen, accesible para todos los instrumentos a bordo, que sirve como punto central para realizar copias de seguridad de los datos de los instrumentos. Se realizan copias de seguridad diarias de los datos de los instrumentos en el NAS. Al final de cada trabajo de campo intensivo, la carpeta del proyecto en el NAS se copia al servidor "silo" de Aerodyne. Las subcarpetas individuales de los instrumentos también se duplican en unidades externas para su uso durante el análisis/transformación de datos y el control de calidad.

Los datos de nivel 0 que se almacenarán incluyen archivos espectrales de masas sin procesar de Vocus-PTR-ToF, GC-EI-ToF y SP-AMS (por ejemplo, archivos de formato .h5) y datos espectrales sin procesar de los instrumentos TILDAS (archivos .SPE y .SPB).

6. Revisión de datos y garantía de calidad

El control de calidad de los datos se realizará instrumento por instrumento por un investigador principal designado. Cada investigador principal será responsable de completar una sección del documento de control de calidad que acompañará al conjunto de datos entregado a Aclima.

La sección de control de calidad y aseguramiento de la calidad de la plantilla para cada instrumento es la siguiente:

- Nombre del instrumento
- Nombre y correo electrónico de contacto del PI de datos
- Otros nombres de científicos contribuyentes a efectos de autoría/reconocimiento en publicaciones
- Descripción del método, incluido el modelo del instrumento
- [Tabla]: Parámetro, nombre completo, descripción, unidades, LOD en la escala de tiempo especificada
- [Figura]: Series temporales para 1 o más parámetros que cubren toda la campaña
- Descripción del análisis de datos y control de calidad: Incluye resultados de calibración, identificación de problemas en los datos y advertencias para los usuarios. Otras cifras según sea necesario.
- Línea de datos de muestra (formato corto) que incluye encabezado

Cada investigador principal también será responsable de crear el código indicador de estado que acompaña a cada conjunto de datos y el código calificador asociado. A continuación se incluyen descripciones de estos parámetros y códigos calificadores.

indicador de estado	ENTERO	Un valor entero que representa un booleano (0 → falso o 1 → verdadero). Un valor de 1 indica que esta medición ha sido marcada, lo que significa que hay una anotación relevante (en el código de cualificación) que contextualiza la calidad o las condiciones de los datos.
código calificador	CADENA	Este campo es un conjunto de códigos de calificación separados por comas que documenta el motivo de la exclusión de los datos o marca cualquier condición notable anotada mediante dichos códigos. Los datos de comprobación rutinaria del instrumento, como calibraciones y puestas a cero, se marcarán y estarán en blanco. Se reportarán otros datos ambientales no válidos, como el automuestreo de los gases de escape del laboratorio móvil.

A continuación se enumeran ejemplos de códigos calificadores que pueden ser relevantes para los conjuntos de datos de Aerodyne.

Hay calificadores adicionales disponibles en los sitios de la

EPA <https://www.epa.gov/aqs/lista-de-códigos-aqs> y

<https://aqs.epa.gov/aqsweb/documents/codetables/qualifiers.html>.

Tabla 5: Seleccione códigos calificadores que puedan ser relevantes para los datos de Aerodyne

Código de calificación	Descripción del calificador	Tipo de calificador	Código de tipo calificador
1	Desviación de un requisito de CFR/criterios críticos.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
2	Desviación operacional.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
3	Problema de campo.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
4	Problema de laboratorio.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
5	Parte aislada.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
6	Problema de QAPP.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
7	Por debajo del nivel de calibración más bajo.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
8	Control de calidad/aseguramiento de la calidad desconocido.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad

9	Valor negativo detectado: cero informado.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
MEGABYTE	Método Blanco (Analítico).	Calificador de datos nulos	NULO
Maryland	Valor menor que MDL.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
EM	El valor reportado es 1/2 MDL sustituido.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
SS	Valor sustituido del monitor secundario.	Calificador de garantía de calidad	Control de calidad
EN	Calibración.	Calificador de datos nulos	NULO
COMO	Resultados de garantía de calidad deficientes.	Calificador de datos nulos	NULO
Alabama	Anulado por el operador.	Calificador de datos nulos	NULO
NO	Mantenimiento/Reparaciones de rutina.	Calificador de datos nulos	NULO
ANTES DE CRISTO	Calibración multipunto.	Calificador de datos nulos	NULO
BD	Calibración automática.	Calificador de datos nulos	NULO
BJ	Error del operador.	Calificador de datos nulos	NULO
BK	La computadora del sitio/registrador de datos no funciona.	Calificador de datos nulos	NULO
ES	Puntos de control de calidad (cero/span).	Calificador de datos nulos	NULO

6.1 GC-EI-ToF

6.1.1 GC-EI-ToF en campo

Durante la campaña, un científico supervisará rutinariamente los componentes del GC-EI-TOF para evaluar el estado y el funcionamiento del instrumento. En el caso del EI-TOF-MS, estas comprobaciones rutinarias incluirán la monitorización de la presión, la temperatura y la corriente de emisión de la fuente de iones, así como la realización de comprobaciones rutinarias de la intensidad del detector mediante la medición de la intensidad de un solo ion (SIS) y la posterior modificación del voltaje del detector (placa multicanal) para mantener estable este valor de SIS. Se supervisará la estabilidad del flujo del TD-GC de los gases portador, cero y de calibración utilizados. Esto incluirá comprobaciones diarias del flujo de calibración. También se supervisará el funcionamiento y el control de todos los calentadores del TD-GC, incluyendo los utilizados en las columnas, las trampas de desorción térmica y las áreas de transferencia calefactadas. Se supervisará el volumen de

muestra recolectado en el TD-GC para que cualquier cambio debido a restricciones en la trayectoria del flujo o caídas de presión de entrada pueda abordarse con prontitud.

Durante la campaña de campo, el GC-EI-TOF se someterá a mantenimiento regular por parte de un científico cada aproximadamente 250 ciclos de GC. Con un programa de muestreo típico (ciclo de GC de 30 min, en funcionamiento continuo), esto equivale a un mantenimiento cada aproximadamente 5 días. Este mantenimiento regular incluirá la instalación de nuevos tubos de muestra adsorbentes en la primera etapa del sistema de TD y la adición de una nueva alícuota de Na_2SO_4 acondicionado a la trampa de oxidantes, que se utiliza para evitar artefactos de muestreo (de contaminantes ambientales como el O_3) antes de las etapas de preconcentración.

Durante la campaña, el GC-EI-TOF se desconectará periódicamente del muestreo ambiental para realizar las calibraciones y puestas a cero del instrumento. Estas calibraciones y puestas a cero se realizarán diariamente durante la actividad no móvil. Las comprobaciones diarias de calibración se realizarán por duplicado, con ceros iniciales y finales para comprobar los residuos del instrumento.

Antes y después de la campaña, se adquirirán curvas de calibración de 5 puntos, con triplicados por paso de concentración, para confirmar la sensibilidad y la linealidad del sistema. Estas curvas de calibración tendrán ceros iniciales y finales del instrumento para cuantificar los residuos del instrumento. Según el cronograma de la campaña de medición, también se podrán realizar calibraciones multipunto a mitad de la campaña durante la actividad sin movilidad.

6.1.2 Análisis posterior de los datos GC-EI-TOF

Los detalles del proceso de análisis/transformación de datos GC-EI-TOF se describen en la sección 3.1.1. Además de estos procedimientos y los pasos de control de calidad que los acompañan, se aplicarán las siguientes métricas de calidad de datos para definir los datos que se excluirán de los datos finales reportados.

1. Como se describe en la sección 3.1.1, los datos adquiridos durante las comprobaciones diarias de puesta a cero y calibración del instrumento se ocultarán de los datos ambientales reportados. Este período de datos se marcará adecuadamente como si el instrumento estuviera desconectado de las mediciones ambientales para los protocolos de control de calidad (puesta a cero y calibración).
2. Durante las integraciones cromatográficas, si no se integró ningún pico en el software de análisis (TERN, Aerodyne Research) debido a una señal baja o nula por encima de la línea base, no se reportarán datos (NaN). Estos datos se marcarán como no reportados debido a la falta de ajuste.
3. Finalmente, los datos GC-EI-TOF que tienen suficiente señal para ser integrados pero están por debajo de un límite de detección (LOD) predefinido para ese analito se marcarán como por debajo del LOD y se eliminarán de los datos ambientales finales/informados.

Cabe destacar que, si bien los datos de GC-EI-TOF se basarán en su propio tiempo, las horas de inicio y fin de la muestra de GC se proporcionarán junto con los datos finales para mayor claridad. Si se solicita, los datos de GC-EI-TOF también pueden reportarse por tiempo de campaña (por ejemplo, 1 minuto) para facilitar la comparación con las demás mediciones reportadas.

6.2 Vocus PTR-ToF

6.2.1 Verificaciones PTR-ToF en campo

Durante la recopilación de datos de campo, se realizan las siguientes comprobaciones aproximadamente una vez a la semana, o incluso a diario según sea necesario. Tenga en cuenta que la nueva calibración de punto único, descrita en la sección 3, se realiza inmediatamente después de cualquier cambio.

1. Comprobación del flujo de entrada. La entrada puede obstruirse por aerosoles atmosféricos que bloquean el capilar. Si el flujo está obstruido en más del 20 %, se reemplaza el capilar.
2. Respuesta del detector. Se mide la señal de ion único (SIS) y presenta una diferencia superior al 10 %. Se incrementará la placa multicanal (MCP) para mantener la consistencia de la SIS.
3. Flujo de gas cero y de calibración. Los MFC de gas cero y de calibración se calibran con un método independiente, como un agitador, para permitir una correcta cuantificación de la concentración de gas de calibración suministrada durante la calibración.
4. Comprobaciones básicas del funcionamiento del instrumento. Durante la calibración, se verifica la sensibilidad y la fragmentación de los datos brutos.

6.2.2 Datos PTR-ToF posteriores al análisis

El Vocus permite la detección rápida de diversos COV con ionización por transferencia de protones (+H+). Sin embargo, solo proporciona la fórmula molecular sin información estructural ni de isómeros, y muchos compuestos (M) se detectan como fragmentos en lugar de, o además de, M+H+. A continuación, se presentan técnicas para convertir la señal descrita en la sección 3 en recuentos a ppb.

6.2.2.1 Especies calibradas directamente

Se realizan calibraciones periódicas utilizando un tanque de compuestos conocidos a concentraciones precisas y conocidas. El tanque contiene aproximadamente 15 compuestos, con diversos pesos moleculares y clases de compuestos. Al suministrar este gas al Vocus a una concentración conocida, se puede obtener la respuesta del instrumento a dicho compuesto. Estos datos se utilizan para la calibración de transmisión y sensibilidad, como se describe en la sección 3. Para estos compuestos, la concentración de ese ion (p. ej., $C_3H_3O_4$) se informa utilizando la

sensibilidad al isómero calibrado, como la acetona, y se analiza la posible contribución de otros isómeros, como el propanal.

Se pueden realizar otras calibraciones directas de compuestos individuales que no se encuentran en el tanque de campo antes y después de las mediciones. La sensibilidad relativa durante las mediciones de campo se puede explicar mediante el cambio en el tanque de campo.

6.2.2.2 Concentraciones de especies mediante constantes de velocidad

Muchas especies se detectan sin tener un calibrador directo disponible. Para estos compuestos, se utiliza la relación lineal entre la sensibilidad y el coeficiente de velocidad de transferencia de protones (TPT) para estimar la sensibilidad. Se utilizan bibliotecas de coeficientes de reacción PTR.¹⁰ Junto con la suposición de un solo compuesto o una combinación de isómeros para determinar el coeficiente de velocidad del ion detectado. Se informan las incertidumbres adicionales asociadas a estas suposiciones.

6.3 SP-AMS y CPC

El control de calidad de SP-AMS consistirá en examinar los datos que ya han pasado por el proceso de transformación descrito en la Sección 3.1.3 y realizar comprobaciones adicionales para garantizar la significatividad de los datos reportados. Los flujos de datos se editarán para excluir los periodos de calibración, así como los periodos de filtrado (verificaciones de cero). Los filtros se realizarán diariamente con un filtro de partículas en la entrada para comprobar la ausencia de fugas en la línea. El CPC que mide en esta línea reducirá los conteos a cero con el filtro en la entrada, siempre que no haya fugas en la línea. También se eliminarán de los datos los periodos con flujo reducido debido a una obstrucción en la entrada.

6.3.1 Dimensionamiento de material particulado mediante SP-AMS

El dimensionamiento de partículas se realizará de forma intermitente con el SP-AMS. En estado móvil, se realizará como máximo cada cinco minutos y, en estado estacionario, cada minuto. El dimensionamiento de partículas tarda unos 20 segundos en completarse correctamente. En estado estacionario, no es necesario ejecutar el modo de espectrometría de masas rápida, lo que permite disponer de más tiempo para muestrear el dimensionamiento de partículas. El dimensionamiento de partículas se realizará utilizando los parámetros determinados durante la calibración de velocidad-tamaño, descrita en la sección 3.1.3. Los datos de dimensionamiento de partículas no se informan mediante los parámetros estándar, sino que se generarán cifras que muestran la distribución del tamaño de una columna de interés medida (por ejemplo, el escape de un taller de soldadura) y se proporcionarán a Aclima para el registro de datos.

6.4 Cooper Xact

El monitor XACT 625 de Cooper Environmental Services (CES) se utiliza para medir metales en partículas. Se trata de un método de fluorescencia de rayos X basado en filtros.

Este instrumento informa varios parámetros adicionales más allá de los metales y sus incertidumbres, incluido el estado de la alarma, el estado de la cinta del filtro, el voltaje del filamento, el tipo de muestra, el flujo medido a temperatura ambiente y estándar, la temperatura del gabinete y otras temperaturas, etc. Estos parámetros se utilizarán para controlar la calidad de los datos informados y marcar o excluir puntos de datos relevantes.

Como se describió anteriormente para los instrumentos AMS y CPC, se toman blancos manuales de forma rutinaria durante la campaña para garantizar que no haya fugas en la línea de muestreo. El blanco se obtiene colocando un filtro en la entrada del instrumento. Los blancos se eliminarán de los datos reportados y se indicarán mediante un código de calificación apropiado.

La transmisión de partículas grandes a través de una línea de muestreo implica necesariamente pérdidas de línea. Se espera que estas pérdidas sean mínimas cuando la línea de muestreo tenga un límite de corte de 2,5 μm , pero pueden ser significativas al muestrear partículas de hasta 10 μm . Las pérdidas de línea se caracterizarán y los datos impactados se indicarán mediante un código de calificación y se reportarán en el documento de control de calidad que acompaña a los datos. Se prevé que este instrumento pueda reportar datos con un límite de corte de 10 μm o 2,5 μm , pero no ambos. Los datos de 10 μm son más relevantes para la medición de metales en partículas suspendidas en polvo, mientras que los de 2,5 μm son más relevantes para la medición de fuentes vehiculares u otras fuentes de partículas pequeñas.

6.5 Proporciones de mezcla de gases traza

6.5.1 TILDAS: Verificaciones rutinarias de instrumentos en campo.

Un científico revisará el TILDAS diariamente durante su trabajo de campo. Estas comprobaciones consistirán en una revisión rutinaria del instrumento (conocida como "Verificación de Estado"). Encontrará una descripción más detallada de los procedimientos de verificación de estado en el Manual de Hardware de TILDAS.

Tabla 6: Pasos de verificación de estado, criterios de aceptación y acciones correctivas para el monitor HCN min-TILDAS

Tabla 6: Pasos de verificación de estado, criterios de aceptación y acciones correctivas para el monitor HCN min-TILDAS		
Confirmar que el modo de transmisión está activo	Modo de transmisión activo	Activar el modo Stream y el bloqueo de frecuencia.

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Compruebe la temperatura y la corriente del láser.	Dentro del 5% del valor esperado que se muestra en el archivo notes.txt	Cargue el archivo .con antiguo o ajuste manualmente la configuración del láser
Compruebe el nivel de luz	Dentro del 20 % del valor del primer día de campaña de campo	Evalúe el rendimiento acústico. Si es necesario, realice la alineación láser.
Cargue e inspeccione sus datos	Los datos están completos. Las proporciones de mezcla no son negativas ni físicamente elevadas. Las proporciones de mezcla no están correlacionadas con las condiciones del sistema. El ruido cumple con las especificaciones	Las proporciones de mezcla negativas pueden indicar que el tanque de UZA es insuficiente o está vacío: cambie el tanque. Evaluar el nivel de luz y la alineación de los instrumentos. Inspeccionar y ajustar el ajuste espectral.
Verifique la presión del gas en la celda de muestra	Dentro de 0,1 Torr del punto de ajuste	Compruebe el controlador de presión. Revise la entrada/filtro para detectar obstrucciones. Compruebe la limpieza del filtro. Cambie el filtro y limpie la entrada si es necesario, siguiendo los procedimientos manuales.
Compruebe el caudal de la muestra	Dentro de 0,1 SLPM del punto de ajuste	Verifique la presión de la muestra. Revise la entrada/filtro para detectar obstrucciones. Restablezca el caudal con el medidor de flujo y asegúrese de que el sobresoplado sea completo durante los autofondos UZA.
Verifique la temperatura de la celda de muestra	Similar a la temperatura ambiente	Verifique el control climático del laboratorio móvil.
Compruebe la calidad del ajuste espectral	La línea de ajuste azul coincide con los datos medidos en verde. Los problemas de alta tasa de ajuste pueden cambiar el factor de calibración efectivo.	Cargar archivo con antiguo. Compruebe que el bloqueo de frecuencia esté activo. Ajuste la tasa de sintonización siguiendo los procedimientos manuales. Ajustar los parámetros de ajuste.

Compruebe el filtro de partículas	No obstruido.	Cambie el filtro siguiendo los procedimientos de apagado para purgar la celda de forma segura. Los cambios de filtro suelen realizarse semanalmente.
Verifique el nivel de líquido del enfriador Oasis	El nivel del líquido es visible. Oasis no indica "nivel de tanque bajo".	Revise si hay fugas de refrigerante. Añada líquido enfriador Koolance hasta la línea de llenado.
Confirme que los controles de alternancia adecuados estén activos	WD, ASS, FLK4, PL, ABG están activos (morado). RSpuedeEstar activo.	Haga clic en el botón para alternar.
Confirme que todos los programas y scripts necesarios estén activados	Horarios poco probables, pero posibles. Se determinará durante la instalación del instrumento.	Habilitar casillas de verificación.

El ruido del instrumento se evalúa mediante un gráfico de varianza de Allan-Werle.¹¹ Esto se puede generar en la computadora del instrumento. Los datos transmitidos a la computadora principal de visualización de datos también se pueden utilizar para verificar el rendimiento del ruido del instrumento.

6.5.2 Garantía de calidad posterior a la adquisición de TILDAS

Después de la adquisición, un analista de datos vuelve a cargar en Wavemetrics Igor Pro los archivos TILDAS L1 guardados que contienen relaciones de mezcla (archivos .STR) y condiciones del instrumento (archivos .STC).

Los datos sin procesar recopilados mediante los protocolos descritos anteriormente se procesarán para eliminar y marcar (mediante un código de calificación) cualquier cero activado manualmente y comprobaciones de calibración. Se corregirá el tiempo de los datos para eliminar el retardo de entrada (el tiempo que tarda el aire ambiente en la punta de entrada en llegar al monitor), que suele ser inferior a 3 segundos. Se utilizarán las condiciones guardadas del instrumento (archivos .STC) para filtrar aún más los datos no válidos. Los parámetros que se suelen utilizar para el control de calidad incluyen la posición del pico, la calidad del ajuste espectral y la presión de la muestra.

La inspección anterior revelará si se justifica un análisis posterior de los datos espectrales de archivo (datos L0, pares de archivos .SPE y .SPB). Los datos espectrales de archivo se analizan con

el mismo software que utilizan los instrumentos, TDLWintel (consulte el Manual del Software TDLWintel, disponible en support.aerodyne.com). Este caso de análisis es improbable. Algunos ejemplos de uso de datos de archivo incluyen:

- El tanque UZA se agotó y los datos fueron adquiridos con un fondo de aire ambiente.
Solución: vuelva a ajustar los archivos sin fondo para recuperar los datos ambientales medidos
- Una columna de alta concentración de COV provoca una interferencia inesperada en el espectro.
Solución: reajustar los archivos espectrales recopilados, modificando el ajuste para excluir la región espectral que interfiere o ajustar líneas de absorción adicionales.

Los factores de calibración para las especies TILDAS se calcularán a partir de las calibraciones multipunto descritas en la Sección 3. Se aplicarán factores si la corrección excede la incertidumbre establecida del tanque de calibración.

6.5.3 Otras especies de gases traza: comprobaciones de instrumentos en campo

Un Licor-6262 CO₂Monitor y un monitor de ozono 2BTech 502 informan CO₂y ozono, respectivamente. Un instrumento CAPS-NO_x de Aerodyne informa el NO_x total. El funcionamiento de estos sensores de gases traza se verifica periódicamente mediante comprobaciones de cero y de rango de calibración en campo.

El Aerodyne CAPS NO_x-NO₂El monitor utilizó la técnica de espectroscopia de desplazamiento de fase atenuada por cavidad (CAPS) para medir la pérdida óptica en una cavidad para determinar las relaciones de mezcla absolutas de NO₂. Línea base (NO₂La pérdida óptica (libre) se mide con frecuencia (5-15 minutos) como indicador de la longitud de trayectoria de la cavidad y la reflectividad del espejo. Valores altos de pérdida de referencia indican contaminación del espejo. Los espejos pueden contaminarse debido al ataque de gases ácidos, la humedad relativa alta o la deposición de partículas. Si los valores de pérdida de referencia superan los 800 Mm⁻¹Los espejos deben retirarse y limpiarse con toallitas para lentes y metanol de grado HPLC.

El lapso de las mayúsculas NO_x-NO₂El monitor está vinculado a la sección transversal de absorción de NO₂y efectos menores del instrumento. Por ello, el monitor requiere calibraciones poco frecuentes, ya que el valor de rango se mantiene típicamente dentro del 5 % de su ajuste original (dentro de la precisión del instrumento). El monitor se calibra antes y después de la campaña utilizando NO certificado por la EPA.₂en el aire y validado contra la titulación de ozono y verificado por un fotómetro de ozono certificado por la EPA.

El Aerodyne CAPS-NO_x-NO₂El instrumento se basa en la conversión cuantitativa de NO en NO₂y posterior detección de NO total.₂Mediante el Desplazamiento de Fase Atenuado por Cavidad (CAPS). El funcionamiento del generador de ozono debe verificarse periódicamente. Esto se realiza

mediante calibración con óxido nítrico o mediciones con un monitor de ozono (p. ej., el modelo 707 de 2Btech).

El monitor de ozono presenta una interferencia conocida con COV de alta concentración. Esta interferencia se mitiga mediante un depurador interno.

6.5.4 Otras especies de gases traza: Garantía de calidad posterior al análisis

Un analista vuelve a cargar los datos y los inspecciona para detectar fallos u otros puntos de datos falsos.

Los ceros rutinarios de los instrumentos se restan del conjunto de datos. Se aplican factores de calibración. Las concentraciones de ozono y NO_x se grafican conjuntamente para verificar que exista la anticorrelación esperada, por la cual las columnas de NO_x eliminarán el ozono ambiental.

Las mediciones de referencia de CAPS se ven afectadas por los cambios de temperatura y presión. Por lo tanto, pueden ocurrir cambios en la línea base real durante la administración de NO_x-NO₂ Mediciones que no se corrigen hasta la siguiente línea base. Para tener esto en cuenta, se realiza una interpolación lineal de la línea base sobre el conjunto completo de datos y los valores corregidos NO₂, NO_x, y NO se proporcionan junto con los datos sin procesar.

6.6 PM2.5 y otras cargas

El Alphasense OPC-N3, además de informar valores integrados para PM1, PM2.5 y PM10 en µg/m³ También informa el conteo de partículas por tamaño de bin. Estas matrices de tamaño se reintegrarán, procesarán y compararán con la salida de la unidad.

6.7 GPS y parámetros meteorológicos

La convención para el viento es trazar la dirección incidente, en grados en el sentido de las agujas del reloj desde el norte verdadero. Se pueden incluir componentes del viento en las direcciones este y norte para mayor comodidad. Esta convención significa que una dirección del viento de 45 grados indica viento del NE (yendo el SO).

Se recopilarán al menos dos réplicas de mediciones de viento en el laboratorio móvil (en la Figura 6 se muestran tres dispositivos de viento). El anemómetro ultrasónico 2D RMYoung (modelo 85004) es el principal dato de viento reportado. Los límites legales para la altura del AML impiden elevar aún más este anemómetro, por lo que...**Los datos del viento en movimiento se ven afectados por la carrocería del camión y, a menudo, están sesgados.** Se utiliza una brújula GPS dedicada (con dos sensores GPS internos) para obtener datos GPS precisos y, aún más importante, el rumbo del camión. Este rumbo se utiliza para transformar los datos de viento aparente en viento real, corregidos según la velocidad y el rumbo del vehículo. Un Airmar 200WX proporciona datos GPS y de viento redundantes.

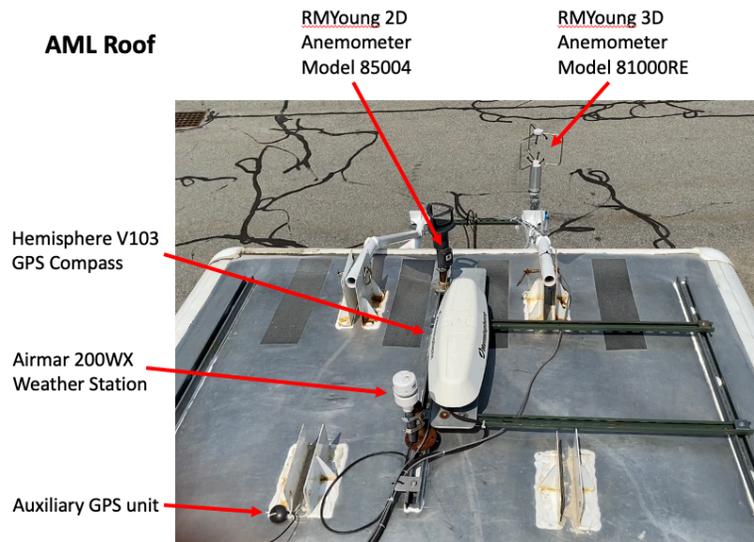


Figura 6: AML Roofline circe 2021

El control de calidad se realiza comparando los sensores de viento entre sí. El Airmar también proporciona la velocidad real del viento mediante su propio GPS interno, aunque el rumbo de esta unidad puede ser irregular. El viento real calculado por el Airmar y la brújula GPS puede compararse con la velocidad y dirección del viento real, calculadas e informadas por el propio dispositivo. El software windMath de Aerodyne incluye opciones para calibrar los sensores y corregir la desviación de la dirección si el anemómetro se desvía ligeramente del eje.

Tabla 7: Salidas y descripciones de parámetros meteorológicos

Nombre	Descripción
metros_de_e_viento_por_segundo	Componente de viento incidente del este en metros por segundo. Medida con el anemómetro ultrasónico RMYoung 2D (modelo 85004) y corregida según el rumbo y la velocidad del camión.
viento_N_metrosPorSegundo	Componente del viento incidente del norte, en metros por segundo. Medida con el anemómetro ultrasónico RMYoung 2D (modelo 85004) y corregida según el rumbo y la velocidad del camión.
grados de dirección del viento	Dirección del viento incidente, en grados en sentido horario desde el norte verdadero. Medida con el anemómetro ultrasónico 2D RMYoung (modelo 85004) y corregida según el rumbo y la velocidad del camión.
velocidad del viento en metros por segundo	Velocidad del viento, en metros por segundo. Medida con el anemómetro ultrasónico RMYoung 2D (modelo 85004) y corregida según el rumbo y la velocidad del camión.
Temperatura C	Grados C. Temperatura exterior
Barra de presión	Bar. Presión exterior

6.8 Notas del operador y otros metadatos

La naturaleza de las mediciones de AML (vehículo operado por varios científicos con instrumentos de investigación) implica una gran cantidad de notas registradas por los operadores. Se generan dos tipos de notas en campo: los "Registros del Capitán" diarios, que describen los objetivos de muestreo diarios, el clima, el personal y el estado de los instrumentos, y un registro con fecha y hora de las notas manuales del operador. Esto puede incluir descripciones de las fuentes observadas desde la ventana del pasajero, olores particulares y la atribución o caracterización preliminar de las columnas.

En segundo lugar, se mantiene un conjunto de notas con etiquetas de inicio y fin. Estas notas identifican los períodos de calibración manual; las secciones de datos que requieren control de calidad; y los diferentes tipos de columnas identificadas manualmente (por ejemplo, columnas de tráfico, fugas de gas natural, columnas de COV, etc.). El pasajero de la AML anota en campo los períodos en los que el generador del AML pudo haber sido muestreado y los reporta junto con esta lista de inicio y fin. Dado que los datos de tráfico son de gran interés para esta campaña, no se realizarán filtros automatizados adicionales. Sin embargo, se han utilizado filtros basados en mejoras de la concentración de CO y NO_x, y estos algoritmos están disponibles previa solicitud.

La combinación de estos dos tipos de notas del operador se archivará con los datos L0 y se entregará a CARB junto con ese conjunto de datos. Aerodyne las utilizará como parte del control de calidad de los datos y para crear códigos de calificación.

6.9 Revisiones de datos

Es más eficiente realizar el análisis de datos por lotes, por lo que una campaña de medición de 6,8 semanas probablemente se dividirá en dos o tres lotes. Estas divisiones probablemente se realizarán a mediados de mes, por lo que esperamos revisiones de datos cuando se actualice el archivo de datos mensual para incluir datos adicionales.

Si bien se hará todo lo posible para producir resultados calibrados de alta calidad siguiendo la cadencia de datos descrita en este documento, es posible que se produzcan revisiones ocasionales. Estas suelen ser revisiones de un factor de calibración basadas en intercomparaciones con otros conjuntos de datos.

Las revisiones incluirán el número de revisión en el nombre del archivo (p. ej., "r2") y se documentarán en el archivo README que acompaña a los datos en los contenedores de datos. Si el cambio es sustancial (p. ej., un cambio en el factor de calibración, no solo la adición de datos), el documento .pdf de control de calidad también se actualizará.

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

7. Transferencia de datos

Los datos de Nivel 0 recopilados por Aerodyne se entregarán a CARB al final de cada trabajo intensivo de campo mediante un dispositivo de almacenamiento físico (por ejemplo, una memoria USB) enviado por correo o entregado en mano. Estos datos sin procesar consistirán en una copia de la carpeta del proyecto almacenada en el servidor de datos central (NAS) del Laboratorio Móvil de Aerodyne. Estos datos de Nivel 0 incluyen archivos de espectros de masas sin procesar de Vocus-PTR-ToF, SP-AMS y GC-EI-ToF (por ejemplo, archivos .h5), así como espectros de archivo recopilados por los instrumentos TILDAS (por ejemplo, archivos .SPE, .SPB). Estos datos de Nivel 0 no están calibrados ni sujetos a control de calidad.

Se transferirán niveles superiores de datos (proporciones de mezcla, resultados calibrados, etc.) a Aclima, y la transferencia a CARB se describe en la Sección de Transferencia de Datos de Aclima.

7.1 Esquema de datos

Los datos analizados por el Laboratorio Móvil Aerodyne seguirán el esquema de datos de Aclima definido previamente. Siempre que sea posible, se reportan los parámetros y códigos de método estándar de AQS. Sin embargo, la mayoría de los instrumentos no tienen un método de AQS definido, y algunas especies reportadas tampoco tienen un parámetro de AQS definido. Se asignará un nuevo parámetro o código de método de AQS a estos flujos de datos específicos para este proyecto, según lo establecido por Aclima o CARB. La lista de nombres de los parámetros se proporciona como una hoja de cálculo complementaria.

Tabla 8: Esquema de datos para el Laboratorio Móvil Aerodyne

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción del campo
marca de tiempo	CADENA	Marca de tiempo UTC con codificación ISO 8601 en la que se tomó la medición, con información de zona horaria. La cadena de formato esAAAA-MM-DDTHH:mm:ssZ (p.ej. 03/09/2024 14:46:39)
parámetro	CADENA	La medida descrita por la fila, típicamente contaminante (p. ej., ch4, co). Para cada valor de parámetro, una tabla de búsqueda independiente vincula este campo con los códigos de parámetro AQS (relación 1:1) y una descripción textual más extensa.
método	CADENA	Un identificador de método para el sensor utilizado para obtener la medición. La mayoría de las mediciones de Aerodyne no tienen códigos de método definidos, por lo que los códigos de método AQS se ampliarán para este proyecto según sea necesario. Para cada valor de método, una tabla de búsqueda independiente vincula este campo con el código de método AQS correspondiente (relación 1:1) y una descripción más extensa.
duración	ENTERO	Duración de la muestra para la medición asociada. Esto es especialmente relevante para ciertos métodos que requieren

		tiempos de muestreo superiores a 1 segundo o que pueden tener tiempos de muestreo variables a lo largo del período de recopilación de datos. En estos casos, el campo de marca de tiempo representa el inicio del período de muestreo.
valor	FLOTAR	El valor de medición del parámetro de medición en la marca de tiempo en la ubicación.
unidad	CADENA	La unidad de medida que representa ese valor.
latitud	FLOTAR	La latitud en la que se tomó la medición. Se utiliza junto con la longitud para describir completamente la posición corregida de la medición.
longitud	FLOTAR	La longitud en la que se tomó la medición. Se utiliza junto con la latitud para describir completamente la posición corregida de la medición.
indicador de estado	ENTERO	Un valor entero que representa un booleano (0 → falso o 1 → verdadero). Un valor de 1 indica que esta medición ha sido marcada, lo que significa que hay una anotación relevante (en el código de cualificación) que contextualiza la calidad o las condiciones de los datos.
código calificador	CADENA	Este campo es un bloque de códigos de calificación separados por comas que documenta el motivo de la exclusión de los datos o marca cualquier condición notable anotada mediante códigos AQS. Se reportan los datos de todos los momentos en que los instrumentos están encendidos durante el período de medición intensiva móvil, incluso cuando el vehículo está parado. Los datos de comprobación rutinaria de los instrumentos, como las calibraciones y los ceros, se marcarán con AQS y estarán en blanco. Otros datos ambientales no válidos, como el automuestreo de los gases de escape del laboratorio móvil, <i>voluntad</i> ser reportado.
id del vehículo	CADENA	Una cadena que identifica de forma única el vehículo que registró la medición descrita en la fila. Aerodyne solo tiene un vehículo, por lo que usará "vehicle-AerodyneMobileLab".

En la siguiente tabla se incluye una lista completa de los parámetros informados por el Laboratorio Móvil Aerodyne.

7.1.1 Formato de archivos de datos

Los datos analizados de cada instrumento se proporcionarán en archivos comprimidos de valores separados por comas (CSV). Se generará un archivo por cada nombre de método de organización al mes.

Se seguirá la convención de nomenclatura definida por Aclima, y se describe en detalle en la Tabla 8.3 de la Documentación de gestión de datos SMMI de CARB:

```
gs://[bucket]/[organización]_[método]_[fecha de medición]_[número de
revisión]_[fecha de revisión]
```

P.ej.

gs://bucket456/aerodyne_Vocus-PTR-TOF_202509_r1_20251010

Además, se incluirá un archivo Léame en el nivel superior del almacén de datos en la nube para documentar la naturaleza de las revisiones realizadas, comenzando con la primera versión de cualquier archivo cargado («r1»). Se cargará un segundo documento de control de calidad en formato PDF que incluirá notas de control de calidad de datos de nivel superior, como se describe en la sección 6.

7.1.2 Cadencia de entrega y tamaño estimado de archivo

Los datos analizados se cargarán en el contenedor a más tardar 3 meses después de su adquisición. Los datos brutos de archivo (nivel L0 y similares) se entregarán en un dispositivo físico, ya sea en mano o por correo, a CARB dentro de los 3 meses posteriores a la fecha de adquisición final del proyecto.

Se espera que el tamaño de cada archivo varíe entre 5 MB (p. ej., GC-EI-ToF) y 800 MB (varias columnas de datos de 1 Hz, p. ej., Vocus-PTR-ToF). La carga total de datos para los datos analizados se estima en 4 GB. La carga total de datos, incluyendo los datos de archivo sin procesar, se estima en 3 TB.

Es más eficiente realizar el análisis de datos por lotes, por lo que una campaña de medición de 6,8 semanas probablemente se dividirá en dos o tres lotes. Estas divisiones probablemente ocurrirán a mediados de mes, por lo que las revisiones de datos podrían reflejar la incorporación de nuevos datos, en lugar de un cambio en los datos originales.

7.1.3 Obligación de alimentos

Aerodyne mantendrá una copia de seguridad de todos los datos sin procesar y analizados en el servidor de datos de nuestra empresa durante al menos 5 años tras la finalización del proyecto. Todos los datos analizados se subirán al contenedor de datos de Aerodyne, configurado por Aclima, como se describe anteriormente.

8. Referencias

1. Herndon, S. C.; Jayne, J. T.; Zahniser, M. S.; Worsnop, D. R.; Knighton, B.; Alwine, E.; Lamb, B. K.; Zavala, M.; Nelson, D. D.; McManus, J. B.; Shorter, J. H.; Canagaratna, M. R.; Onasch, T. B.; Kolb, C. E., Caracterización de los flujos de emisión de contaminantes urbanos y distribuciones de concentración ambiental utilizando un laboratorio móvil con instrumentación de respuesta rápida. *Discusiones sobre Faraday* **2005**, *130*, 327-339. Documento descargado de <http://www.elsevier.es> el 10/05/2018.

2. Kolb, C. E.; Herndon, S. C.; McManus, J. B.; Shorter, J. H.; Zahniser, M. S.; Nelson, D. D.; Jayne, J. T.; Canagaratna, M. R.; Worsnop, D. R., Laboratorio móvil con instrumentos de respuesta rápida para mediciones en tiempo real de distribuciones urbanas y regionales de gases traza y partículas, y características de fuentes de emisión. *Medio ambiente. Ciencia y tecnología*. **2004**, *38*, 5694-5703. DOI: 10.1021/es030718p.
3. Yacovitch, T. I.; Herndon, S. C.; Roscioli, J. R.; Floerchinger, C.; Knighton, W. B.; Kolb, C. E., Mapeo de contaminantes del aire con un laboratorio móvil durante el estudio de campo BEE-TEX. *Perspectivas sobre medio ambiente y salud* **2015**, 7-13. DOI: 10.4137/EHI.S15660.
4. Allan, J. D.; Alfarra, M. R.; Bower, K. N.; Williams, P. I.; Gallagher, M. W.; Jimenez, J. L.; McDonald, A. G.; Nemitz, E.; Canagaratna, M. R.; Jayne, J. T.; Coe, H.; Worsnop, D. R., Muestreo cuantitativo utilizando un espectrómetro de masas de aerosoles Aerodyne - 2. Mediciones de la composición química de partículas finas en dos ciudades del Reino Unido. *Revista de investigación geofísica-Atmósferas* **2003**, *108*, (D3). DOI: 10.1029/2002JD002359.
5. Jiménez, J. L.; Jayne, J. T.; Shi, Q.; Kolb, C. E.; Worsnop, D. R.; Yourshaw, I.; Seinfeld, J. H.; Flagan, R. C.; Zhang, X.; Smith, K. A.; Morris, J.; Davidovits, P., Muestreo de aerosoles ambientales utilizando el espectrómetro de masas de aerosoles Aerodyne. *Revista de investigación geofísica* **2003**, *108*, (D7), 8425 doi:10.1029/2001JD001213. DOI: 10.1029/2001JD001213.
6. Tobias, H. J.; Kooiman, P. M.; Docherty, K. S.; Ziemann, P. J., Análisis químico en tiempo real de aerosoles orgánicos utilizando un espectrómetro de masas de haz de partículas con desorción térmica. *Ciencia y tecnología de los aerosoles* **2000**, *33*, (1-2), 170-190. DOI: 10.1080/027868200410912.
7. Jayne, J. T.; Leard, D. C.; Zhang, X. F.; Davidovits, P.; Smith, K. A.; Kolb, C. E.; Worsnop, D. R., Desarrollo de un espectrómetro de masas de aerosol para el análisis de tamaño y composición de partículas submicrónicas. *Ciencia y tecnología de los aerosoles* **2000**, *33*, (1-2), 49-70. DOI: 10.1080/027868200410840.
8. Zhang, J.; HuffHartz, K. E.; Pandis, S. N.; Donahue, N. M., Formación de aerosoles orgánicos secundarios a partir de la ozonólisis del limoneno: influencias homogéneas y heterogéneas en función del NO_x. *Revista de química física A* **2006**, *110*, (38), 11053 - 11063. DOI: 10.1021/jp062836f.
9. Onasch, T. B.; Trimborn, A.; Fortner, E. C.; Jayne, J. T.; Kok, G. L.; Williams, L. R.; Davidovits, P.; Worsnop, D. R., Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín: desarrollo, validación y aplicación inicial. *Ciencia y tecnología de los aerosoles* **2012**, *46*, (7), 804-817. DOI: 10.1080/02786826.2012.663948.
10. Pagonis, D.; Sekimoto, K.; de Gouw, J., Una biblioteca de reacciones de transferencia de protones de iones H₃O⁺ utilizados para la detección de gases traza. *Revista de la Sociedad Americana de Espectrometría de Masas* **2019**, *30*, (7), 1330-1335. DOI: 10.1021/jasms.8b06050.
11. Werle, P., Exactitud y exactitud de los espectrómetros láser para la detección de gases traza en presencia de franjas ópticas y turbulencia atmosférica. *Física Aplicada B* **2011**, *102*, (2), 313-329. DOI: 10.1007/s00340-010-4165-9.

Apéndice A. Tabla de contaminantes medidos por el Laboratorio Móvil Aerodyne

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
Aerodino	Rh	62201	Humedad relativa	anem-rh	1011	Anemómetro sónico	por ciento
Aerodino	prensa	68101	Presión ambiental promedio	vamos-press	1011	Anemómetro sónico	bar
Aerodino	temperatura	68105	Temperatura ambiente promedio	vamos-tempo	1011	Anemómetro sónico	grados Celsius
Aerodino	velocidad del viento_mps	61103	Velocidad del viento - Resultante	aml-ws	1011	Anemómetro sónico	metros por segundo
Aerodino	viento_grados	61104	Dirección del viento - Resultante	multi-wd	1011	Anemómetro sónico	grados_brújula
Aerodino	viento_x_mps	100100	vector de viento - resultante	aml_wind_x	1011	Anemómetro sónico	metros por segundo
Aerodino	viento_y_mps	100101	vector de viento - resultante	aml_wind_y	1011	Anemómetro sónico	metros por segundo
Aerodino	benceno	45201	Benceno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	tolueno	45202	Tolueno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción	ppb

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
						térmica y espectrómetro de masas	
Aerodino	benceno_etilo	45203	Etilbencina	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	xileno_o	45204	o-xileno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	xilenos_mp	45109	m/p Xileno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	metano_bromo	43819	Bromometano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	butadieno_13	43128	1,3-butadieno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	PCBTF	100001	PCBTF	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción	ppb

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
						térmica y espectrómetro de masas	
Aerodino	propeno_13dicloro	43841	1,3-dicloropropeno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	propano_n	43204	n-propano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	propeno	100002	Propeno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	butano_n	43212	n-butano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	butano_i	43214	isobutano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	pentano_n	43220	n-pentano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción	ppb

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
						térmica y espectrómetro de masas	
Aerodino	pentano_i	43221	Isopentano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	octano_n	43223	n-octano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	pentano_224trimetil	43250	2,2,4-trimetilpentano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	benceno_124trimetil	45208	1,2,4-trimetilbenceno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	benceno_135trimetil	43207	1,3,5-trimetilbenceno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	benceno_123trimetil	45225	1,2,3-trimetilbenceno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción	ppb

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
						térmica y espectrómetro de masas	
Aerodino	MEK	43552	metil etil cetona	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	isopreno	43243	isopreno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	pineno_alfa	43256	alfa-pine no	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	acetona	43551	acetona	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	cloroformo	43803	cloroformo	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	cloruro de bencilo	45809	cloruro de bencilo	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción	ppb

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
						térmica y espectrómetro de masas	
Aerodino	acetato de etilo	43209	acetato de etilo	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	dioxano_14	46201	1,4-dioxano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	cloruro de vinilo	43860	cloruro de vinilo	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	etileno_tricloro	43824	Tricloroetileno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	etileno_tetracloro	43817	Tetracloroetileno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	etano_11dicloro	43813	1,1-dicloroetano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción	ppb

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
						térmica y espectrómetro de masas	
Aerodino	etano_112tricloro	43820	1,1,2-tricloroetano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	etileno_11dicloro	43826	1,1-dicloroetano	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	hexanona_2	100003	2-hexanona	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	acrilonitrilo	43704	Acrilonitrilo	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	benceno_12dicloro	45805	1,2-diclorobenceno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	benceno_13dicloro	45806	1,3-diclorobenceno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción	ppb

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
						térmica y espectrómetro de masas	
Aerodino	benceno_14dicloro	45807	1,4-diclorobenceno	GC-EI-ToF	1012	Aerodyne GC-EI-ToF-MS: Recolección: Trampa adsorbente de preconcentración, Análisis: Cromatógrafo de gases con desorción térmica y espectrómetro de masas	ppb
Aerodino	benceno	45201	Benceno	Vocus-PTR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	tolueno	45202	Tolueno	Vocus-PTR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	c8aromáticos	45102	Xileno(s)	Vocus-PTR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	acroleína	43505	Acroleína	Vocus-PTR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	metanotiol	100004	metanotiol	Vocus-PTR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	mensajes de texto	43915	sulfuro de dimetilo	Vocus-PTR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	naftalina	45850	Naftalina	Vocus-PTR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	acetona	43551	Acetona	Vocus-PTR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia	ppb

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
						de protones Aerodyne Vocus	
Aerodino	hacer	43339	Butirilaldehído y metil etil cetona	Vocus-P TR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	mvk	43558	Metilvinil cetona	Vocus-P TR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	carbonilos C5	100005	carbonilos C5	Vocus-P TR-ToF	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Aerodino	PM_SO4	82453	Sulfato PM2.5 STP	SP-AMS_AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	y_por_m3
Aerodino	PM_NO3	82356	Nitrato PM2.5 STP	SP-AMS_AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	y_por_m3
Aerodino	PM_ChI	100006	cloruro PM2.5 STP	SP-AMS_AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	y_por_m3
Aerodino	Organización del primer ministro	88350	Masa de carbono orgánico PM2.5 LC	SP-AMS_AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	y_por_m3
Aerodino	PM_Amm	88330	Ion de amonio PM2.5 STP	SP-AMS_AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	y_por_m3
Aerodino	PM_BC	84313	Carbono negro PM2.5 STP	SP-AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	y_por_m3

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
Aerodino	PM_Líder_AMS	84128	Plomo PM2.5 STP	SP-AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	iones
Aerodino	PM_Arsénico_AMS	84103	Arsénico PM2.5 STP	SP-AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	iones
Aerodino	PM_Aluminio_AMS	84101	Aluminio PM2.5 STP	SP-AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	iones
Aerodino	PM_Cromo_AMS	84112	Cromo PM2.5 STP	SP-AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	iones
Aerodino	PM_Cadmio_AMS	84110	Cadmio PM2.5 STP	SP-AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	iones
Aerodino	PM_numConc	87101	Número de partículas, recuento total	PCCh	1015	Contador de partículas de condensación a base de butanol, TSI 3775	número por cm3
Aerodino	PM_PAHs	100007	Selección de hidrocarburos aromáticos policíclicos PM2.5	SP-AMS	1014	Espectrómetro de masas de aerosoles de partículas de hollín Aerodyne: vaporización seguida de ionización EI	iones
Aerodino	Potasio	88180	Potasio PM2.5 LC	Cooper-x act625	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Titanio	85161	Titanio PM10 LC	Cooper-x act626	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Antimonio	85102	Antimonio PM10 LC	Cooper-x act627	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
Aerodino	Arsénico	85103	Arsénico PM10 LC	Cooper-x act628	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Bario	85107	Bario PM10 LC	Cooper-x act629	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Bromo	85109	Bromo PM10 LC	Cooper-x act630	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Cadmio	85110	Cadmio PM10 LC	Cooper-x act631	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Calcio	85111	Calcio PM10 LC	Cooper-x act632	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Cromo	85112	Cromo PM10 LC	Cooper-x act633	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Cobalto	85113	Cobalto PM10 LC	Cooper-x act634	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Cobre	85114	Cobre PM10 LC	Cooper-x act635	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Hierro	85126	Hierro PM10 LC	Cooper-x act636	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Dirigir	85128	Plomo PM10 LC	Cooper-x act637	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Manganeso	85132	PM10 LC de manganeso	Cooper-x act638	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Mercurio	85142	Mercurio PM10 LC	Cooper-x act639	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Níquel	85136	Níquel PM10 LC	Cooper-x act640	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Selenio	85154	Selenio PM10 LC	Cooper-x act641	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Plata	85166	Plata PM10 LC	Cooper-x act642	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
Aerodino	Talio	85173	Talio PM10 LC	Cooper-x act643	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Creer	85160	Estaño PM10 LC	Cooper-x act644	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Vanadio	85164	Vanadio PM10 LC	Cooper-x act645	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Zinc	85167	Zinc PM10 LC	Cooper-x act646	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Aluminio	100008	Aluminio PM10 LC	Cooper-x act647	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Silicio	100009	Silicio PM10 LC	Cooper-x act648	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Fosforoso	100010	Fósforo PM10 LC	Cooper-x act649	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Azufre	100011	Azufre PM10 LC	Cooper-x act650	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Cloro	100012	Cloro PM10 LC	Cooper-x act651	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Galio	100013	Galio PM10 LC	Cooper-x act652	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Germanio	100014	Germanio PM10 LC	Cooper-x act653	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Rubidio	100015	Rubidio PM 10 LC	Cooper-x act654	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Estroncio	100016	Estroncio PM 10 LC	Cooper-x act655	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Itrio	100017	Itrio PM 10 LC	cooper-x act656	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Circonio	100018	Zirconio PM 10 LC	Cooper-x act657	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Niobio	100019	Niobio PM 10 LC	Cooper-x act658	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
Aerodino	Molibdeno	100020	Molibdeno PM 10 LC	cooper-x act659	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Paladio	100021	Paladium PM 10 LC	Cooper-x act660	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Indio	100022	Indio PM 10 LC	Cooper-x act661	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Telurio	100023	Telurio PM 10 LC	Cooper-x act662	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Yodo	100024	Yodo PM 10 LC	Cooper-x act663	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Cesio	100025	Cesio PM 10 LC	Cooper-x act664	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Lantano	100026	Lantano PM 10 LC	Cooper-x act665	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Cerio	100027	Cerio PM 10 LC	cooper-x act666	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Platino	100028	Platino PM 10 LC	Cooper-x act667	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Oro	100029	Oro PM 10 LC	Cooper-x act668	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	Bismuto	100030	Bismuto PM 10 LC	cooper-x act669	820	INSTRUMENTACIÓN DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X XRF	de_por_m3
Aerodino	CO2	42102	Dióxido de carbono	ndir-co2	12	Fotometría infrarroja no dispersiva	ppmv ambiente
Aerodino	o3	44201	Ozono	uvabs-o3	190	Fotometría de absorción UV/UV 2B modelo 202 y 205	ppbv ambiente
Aerodino	número 2	42602	Dióxido de nitrógeno (NO2)	caps-nox	1016	Analizador de óxidos de nitrógeno por espectroscopía de desplazamiento de fase atenuado por cavidad (CAPS) de Aerodyne	ppbv ambiente
Aerodino	nox	42603	Óxidos de	caps-nox	1016	Analizador de óxidos de nitrógeno por espectroscopía de	ppbv ambiente

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Organización	Parámetro (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método (cómo aparecerá en el archivo de datos)	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
			nitrógeno (NOx)			desplazamiento de fase atenuado por cavidad (CAPS) de Aerodyne	
Aerodino	hcho	43502	Formaldehído	tildas-hcho	1017	Espectroscopía de absorción directa infrarroja sintonizable aerodina (TILDAS)	ppbv ambiente
Aerodino	póngase en fila	43601	óxido de etileno	tilde-eto	1018	Espectroscopía de absorción directa infrarroja sintonizable aerodina (TILDAS)	ppbv ambiente
Aerodino	capítulo 4	43201	Metano	tildas-ch4-c2h6	1019	Espectroscopía de absorción directa infrarroja sintonizable aerodina (TILDAS)	ppbv ambiente
Aerodino	co	42101	Monóxido de carbono	tildas-co-n2o	1020	Espectroscopía de absorción directa infrarroja sintonizable aerodina (TILDAS)	ppbv ambiente
Aerodino	agua	100031	Agua	tildas-co-n2o	1020	Espectroscopía de absorción directa infrarroja sintonizable aerodina (TILDAS)	ppbv ambiente
Aerodino	c2h6	43202	Etano	tildas-ch4-c2h6	1019	Espectroscopía de absorción directa infrarroja sintonizable aerodina (TILDAS)	ppbv ambiente
Aerodino	n2o	42605	Óxido nitroso	tildas-co-n2o	1020	Espectroscopía de absorción directa infrarroja sintonizable aerodina (TILDAS)	ppbv ambiente
Aerodino	PM2_5	88101	PM2.5 - Condiciones locales	alphasenseopc	1021	Alphasense OPC-N3	y_por_m3
Aerodino	PM1	87111	PM1-LC	alphasenseopc	1021	Alphasense OPC-N3	y_por_m3
Aerodino	PM10	85101	PM10-LC	alphasenseopc	1021	Alphasense OPC-N3	y_por_m3

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Apéndice G.2 del Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad

Iniciativa de Monitoreo Móvil Estatal de California (SMMI)
Plan de garantía de calidad y gestión de datos de UC Berkeley



Preparado por UC Berkeley
En colaboración con Aclima

16 de mayo de 2025

Contenido

1. Conceptos clave	8
Lista de acrónimos	11
1.1 Roles y responsabilidades	12
1.2 Niveles de datos PML	13
1.3 Canalización de gestión de datos	15
2. Ingesta de datos	16
3. Transformación de datos	16
3.1 Flujos de trabajo de transformación de datos	16
3.1.1 Flujo de trabajo de procesamiento GC-EI-ToF	17
3.1.2 Flujo de trabajo de procesamiento PTR-ToF de Vocus	18
3.1.3 Flujo de trabajo de procesamiento de SP-AMS y CPC	19
3.1.3.1 SP-AMS	19
3.1.3.2 CPC	22
3.1.4 Flujo de trabajo de procesamiento de Cooper Xact	22
3.1.5 Calibración de la relación de mezcla de gases traza (TILDAS, CAPS y otros sensores)	23
3.1.5.1 Procedimientos de calibración de gases traza	23
3.1.6 PM2.5 y otras cargas	26
3.1.7 Flujo de trabajo de procesamiento de parámetros meteorológicos y GPS	26
3.1.7.1 GPS	26
3.1.7.2 Viento	26
4. Modelado de datos	26
4.1 Flujos de trabajo de modelado de datos	26
5. Almacenamiento de datos	27
6. Revisión de datos y garantía de calidad	27
6.1 GC-EI-ToF	29
6.1.1 GC-EI-ToF en campo	29
6.1.2 Análisis posterior de los datos GC-EI-TOF	30
6.2 Vocus PTR-ToF	30
6.2.1 Verificaciones PTR-ToF en campo	30
6.2.2 Datos PTR-ToF posteriores al análisis	31
6.2.2.1 Especies calibradas directamente	31
6.2.2.2 Concentraciones de especies mediante constantes de velocidad	31
6.3 SP-AMS y CPC	31
6.3.1 Dimensionamiento de material particulado mediante SP-AMS	31
6.4 Cooper Xact	32
6.5 Proporciones de mezcla de gases traza	32
6.5.1 TILDAS: Verificaciones rutinarias de instrumentos en campo.	32
6.5.2 Garantía de calidad posterior a la adquisición de TILDAS	34

6.5.3 Otras especies de gases traza: comprobaciones de instrumentos en campo	34
6.5.4 Otras especies de gases traza: Garantía de calidad posterior al análisis	35
6.6 PM2.5 y otras cargas	35
6.7 GPS y parámetros meteorológicos	36
6.8 Notas del operador y otros metadatos	37
6.9 Revisiones de datos	37
7. Transferencia de datos	39
7.1 Esquema de datos	39
7.1.1 Formato de archivos de datos	40
7.1.2 Cadencia de entrega y tamaño estimado de archivo	41
7.1.3 Obligación de alimentos	41
8. Referencias	41
Apéndice A. Tabla de contaminantes medidos por el Laboratorio Móvil Aerodyne	42
1. Conceptos clave	57
1.1 Personal clave	57
1.2 Descripción de la plataforma	57
1.3. Niveles de datos PML	58
1.3. Canal de gestión de datos	58
2. Métodos y equipos	59
2.1 Instrumentación	59
2.2 Descripciones de las entradas de muestreo	61
2.2.1 Entrada de partículas	61
2.2.2 Entradas de gas	62
3. Ingesta de datos	62
4. Transformación de datos	64
4.1. Flujos de trabajo de transformación de datos	65
4.1.1. Procesamiento de datos Vocus PTR-TOF-MS	65
5. Modelado de datos	66
5.1. Flujos de trabajo de modelado de datos	66
6. Almacenamiento de datos	67
7. Revisión de datos y garantía de calidad	68
7.1 Métricas de calidad de datos y criterios de aceptación	69
7.1.1 Recuperación de datos	69
7.1.2 Precisión	69
7.1.3 Precisión	69
7.2 Alarmas de datos e impacto en los datos	70
7.3. Revisiones de datos	70
8. Transferencia de datos	70
8.1. Esquema de datos	70
8.1.1. Formato de archivos de datos	72

8.1.2 Códigos de calificación	72
8.2 Informes	73
8.2.1. Frecuencia de entrega y tamaño estimado de archivo	73
8.2.2. Obligación de alimentos	73
Apéndice A. Tabla de contaminantes medidos por el Laboratorio Móvil de Berkeley	73
1. DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	78
1.1. PROCESO Y/O SISTEMA AMBIENTAL A EVALUAR	79
2. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES	80
2.1. PERSONAL CLAVE	80
2.2. CRONOGRAMA DEL PROYECTO	80
3. ENFOQUE CIENTÍFICO	81
3.1. DISEÑO DE MUESTREO	81
3.2. ENFOQUE GENERAL Y PROCESOS DE MEDICIÓN	82
4. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO	83
4.1. FACTORES ESPECÍFICOS DEL SITIO	83
4.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	83
5. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN	84
6. MÉTRICAS DE CALIDAD (CONTROLES DE CALIDAD/QC)	90
6.1. INFORMACIÓN GENERAL	90
6.1.1. Límite de detección	94
6.1.2. Espacios en blanco / ceros	94
6.2. OBJETIVOS DE GARANTÍA DE CALIDAD	94
6.2.1. Precisión	94
6.2.2. Precisión	94
6.2.3. Integridad	95
6.3. AUDITORÍA DE DATOS	95
6.4. ESPECIFICACIONES DEL INSTRUMENTO	95
7. PLAN DE GESTIÓN DE DATOS	97
7.1. CONCEPTOS CLAVE	97
7.1.1 Niveles de datos	97
7.1.2 Canalización de gestión de datos	97
7.2. INGESTIÓN DE DATOS	98
7.2.1 Publicar	98
7.2.2 Ingest	99
7.3 TRANSFORMACIÓN DE DATOS	99
7.3.1 Procesamiento – Mediciones en línea	99
7.3.2 Procesamiento de datos espectrales de masas	100
7.4 MODELADO DE DATOS	100
7.5 ALMACENAMIENTO DE DATOS	100
7.6 REVISIÓN DE DATOS Y GARANTÍA DE CALIDAD	101

7.6.1 Revisiones de datos	101
7.7 TRANSFERENCIA DE DATOS	101
8. INFORMES	102
8.1. ENTREGABLES	102
8.2. PRODUCTO FINAL	102
9. REFERENCIAS	104

1. Conceptos clave

El laboratorio móvil (en adelante "furgoneta" o "la furgoneta") de la Universidad de California, Berkeley (en adelante "UCB", "Cal" o "Berkeley") es una plataforma móvil de monitoreo de la calidad del aire para medir la contaminación del aire operada por el grupo Apte en la UCB.

1.1 Personal clave

Josué Apte, Investigador principal (IP), Profesor asociado, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y Escuela de Salud Pública, Universidad de California, Berkeley, Berkeley, California, EE. UU., apte@berkeley.edu.

Responsable de la estrategia general y la revisión de los planes de muestreo, la recopilación de datos y la elaboración de informes. Será uno de los dos puntos de contacto principales para la transferencia y el intercambio de los datos recopilados con todos los instrumentos a bordo del vehículo.

Allen Goldstein, co-investigador (co-I), profesor, Departamento de Ciencias Ambientales, Políticas y Gestión y Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de California, Berkeley, California, EE. UU., ahg@berkeley.edu.

Ayuda en la estrategia de alto nivel y la revisión de planes de muestreo, recopilación de datos y generación de informes, así como en el análisis de datos de VOCUS.

Maria Teresa Hernandez, Gerente del Programa de Investigación, Escuela de Salud Pública, Universidad de California, Berkeley, Berkeley, California, EE. UU., mt_hernandez@berkeley.edu. Responsable de garantizar que los KPI se cumplan de manera oportuna y precisa y que el proyecto de investigación se implemente dentro de todas las restricciones y requisitos establecidos por Aclima, CARB, UC Berkeley y todas las demás partes interesadas.

Michael Giordano, Investigador académico, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de California, Berkeley, Berkeley, California, EE. UU., mikegiordano@berkeley.edu. Responsable de las operaciones diarias de la camioneta, incluyendo el muestreo, la recopilación de datos y la elaboración de informes. Junto con los estudiantes de posgrado y posdoctorado del Laboratorio Apte, es responsable de toda la instrumentación de la camioneta. Supervisará

conjuntamente la logística de todo el muestreo en UC Berkeley. Será el otro punto de contacto principal para la transferencia y el intercambio de los datos recopilados con todos los instrumentos a bordo de la camioneta.

1.2 Descripción de la plataforma

La furgoneta Berkeley es una Ford Transit 250 de techo medio de 2023, equipada con un espacio de carga y un sistema eléctrico a medida para alojar y alimentar los equipos instalados en la parte trasera. El sistema eléctrico a medida incluye un alternador secundario, una batería LiFePo de 2160 Ah, un sistema de distribución de energía, dos inversores de 120 V y un sistema de interruptores y tomacorrientes para 120 V CA (y 12 V CC) distribuidos por todo el interior de la furgoneta. Durante su funcionamiento, el sistema obtiene la mayor parte de la energía necesaria del alternador secundario, mientras que la batería proporciona el resto. El sistema también se puede cargar mediante una toma de tierra fija de 50 A.

El interior de la furgoneta se divide en un compartimento de personal y un compartimento de instrumentación. En el compartimento de personal, la furgoneta siempre es operada por un conductor y un operador de instrumentos. El conductor es responsable de la conducción segura de la furgoneta. Las funciones del operador de instrumentos incluyen garantizar que todos los instrumentos estén en línea y generen informes, así como ayudar al conductor en la selección de rutas durante la operación. El compartimento de instrumentación comprende el resto de la furgoneta y, por razones de seguridad, no está tripulado cuando está en movimiento. A partir de abril de 2025, el compartimento de instrumentación consta del sistema eléctrico, así como de dos (2) bastidores de 27 U que proporcionan puntos de montaje para los instrumentos montables en bastidor (véase la Tabla).[2.1](#) y barras de montaje en forma de L para el resto de los instrumentos, incluido el VOCUS. Los bastidores están montados sobre placas de acero fijadas al suelo mediante aisladores de cable metálico para minimizar la interferencia por vibraciones. El compartimento de instrumentación también contiene la entrada para las líneas de muestreo y un sistema de aire acondicionado complementario para climatizar el compartimento. Puede encontrar una descripción completa de la instrumentación en la Sección [2](#). En las secciones siguientes se presenta una descripción de la generación de datos de los instrumentos.[1.3](#),[3](#), y [4](#).

1.3. Niveles de datos PML

Todos los datos de la furgoneta caen en al menos uno de los siguientes niveles de datos:

Datos de nivel 0: señales sin procesar y datos de ingeniería

Datos de nivel 1: concentraciones brutas/proporciones de mezcla generadas por cada instrumento

Datos de nivel 2a: datos geolocalizados calibrados brutos 1s

Todos los instrumentos del vehículo generan datos de Nivel 1, excepto el Vocus PTR-TOF-MS, que genera datos espectrales de masas sin procesar. La transformación de los espectros de masas sin procesar a datos de Nivel 1 y 2a se describe en la Sección 3.1.1. Los datos de ingeniería de cada instrumento se adquieren con fines de diagnóstico y pueden proporcionarse previa solicitud.

1.3. Canal de gestión de datos

Los pasos clave en la gestión de datos del PML se resumen en [Tabla 1.1](#) abajo.

Tabla 1.1: Una descripción general de los principales componentes de la gestión de datos PML.

Canalización de gestión de datos		
1	Publicar	<p>Cada instrumento con salida serial en la furgoneta está conectado físicamente a una computadora («computadora VanDAQ») ubicada en la furgoneta. Estas conexiones se realizan mediante un cable serial con un conversor USB-serial, directamente mediante un cable USB o por Ethernet, según las interfaces de salida compatibles con cada instrumento. La mayoría de estas conexiones se realizan mediante concentradores USB que se conectan directamente a un puerto USB de la computadora VanDAQ.</p> <p>Para los instrumentos con salida no serial (por ejemplo, el fotómetro solar), estos se conectan a convertidores analógico-digitales que luego se conectan a la computadora VanDAQ de la misma manera que los otros instrumentos.</p>
2	Ingerir	<p>VanDAQ es un sistema compuesto por servicios Linux, bases de datos PostgreSQL y scripts de Python que acepta y coordina los flujos de datos de todos los instrumentos, aplica y corrige marcas de tiempo, coordina los datos de los instrumentos con las geolocalizaciones de los receptores GPS a bordo, almacena los datos en una base de datos móvil y los transmite casi en tiempo real a la base de datos maestra de un servidor fijo en el campus de la UCB. El sistema se describe con más detalle en la sección 2.</p>
3	Transformar	<p>Actualmente, los datos se consultan desde el servidor central fijo y se escriben automáticamente como archivos CSV de formato largo (un punto de datos por fila con metadatos) diariamente. Los productos de datos que se requieran en el futuro, como archivos con diferentes formatos o fuentes de datos de red en tiempo real, se integran fácilmente en el esquema de salida.</p>
4	Modelo	<p>Consulte la documentación de Aclima.</p>

5	Almacenar	Los datos se almacenan de forma redundante en varias uniones a lo largo de la tubería: 1) La base de datos PostgreSQL del servidor móvil, "archivos de envío" escritos por el servidor de la furgoneta y transmitidos al servidor estacionario central a través de la red cada minuto, almacenados 2) en el servidor de la furgoneta y 3) en el servidor central, 4) en la base de datos PostgreSQL del servidor central, 5) en archivos de texto consultados desde la base de datos central y almacenados en el servidor central, y 6) en el almacenamiento de archivos de Google Cloud respaldado automáticamente desde el servidor central.
---	------------------	--

2. Métodos y equipos

2.1 Instrumentación

La instrumentación de la furgoneta se divide en tres categorías principales: mediciones en fase gaseosa, mediciones en fase de partículas y mediciones complementarias. La marca, el modelo, los parámetros medidos, el límite de detección (LD), los códigos AQS (si corresponde) y la ubicación de cada instrumento se detallan a continuación en la Tabla 1.1. Los LD se determinan mediante la documentación del fabricante o mediante cálculo (el doble de la desviación estándar durante una medición en blanco o cero).

Tabla 2.1 Instrumentación instalada en la furgoneta de UC Berkeley

Hacer	Modelo	Parámetro(s) medido(s)	Código(s) AQS	Límite de detección	Ubicación
Aire	MIRA Ultra CH ₄ /DO ₂ H ₆	1. CH ₄ 2. do ₂ H ₆ 3. H ₂ EL	1. 43201 2. 43202 3.	1. 10 ppb 2. 1 ppb	Parrilla de gas
Aire	MIRA Ultra CO/N ₂ EL	1. CO 2. norte ₂ EL 3. H ₂ EL	1. 42101 2. 42605 3.	1. 1 ppb 2.1 ppb	Parrilla de gas
Ecofísica	nCLD 855	1. NO 2. NO ₂ 3. NO _x	1. 4260 1 2. 4260 2 3. 4260 3	1. 0,4 ppb de NO 2. 0,4 ppb de NO ₂ 3. 0,4 ppb de NO _x	Parrilla de gas
Aerodino	CAPS NO2	NO ₂	42602	<1 ppb	Parrilla de gas
Tecnología 2B	211 G	EL ₃	44201	1 ppb	Parrilla de gas

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Licor	LI-7200 RS CO2/H2O	1. CO ₂ 2. H ₂ EL	1. 42102 2.	1. 0,3 ppm 2. 0,01 mmol/mol	Bastidor de partículas
Paletas	CONFIANZA	1. P.M ₁ 2. P.M _{2,5} 3. P.M ₁₀ (N/A en la configuración actual)	1. 87111 2. 88101 3. 85101	0,001 ug/m ³ en tamaños de partículas superiores a 180 nm	Bastidor de partículas
Tecnologías de medición de gotas	PAX (Extintómetro fotoacústico)	Masa de carbono negro	84313	< 1 mm ⁻¹ Absorción y dispersión de carbono negro	Bastidor de partículas
Magee	Aetómetro	Masa de carbono negro	84313	< 0,005 ug/m ³ (promedio de 1 hora)	Bastidor de partículas
TSI	wCPC 3789	Partículas suspendidas totales	(n / A)	Eficiencia de conteo del 50% a 2,2 nm, 100%	Bastidor de partículas
Aerodino	VOCES	1. benceno 2. tolueno 3. suma de etilbenceno y xilenos 4. acroleína 5. metano tiol 6. sulfuro de dimetilo 7. naftalina 8. Suma de acetona y propanona 9. metil etil cetona 10. metil vinil cetona 11. Carbonilos C5 12. etanol	1. 45201 2. 45202 3. 45102 4. 43505 5. 6. 43915 7. 45850 8. 43551 9. 43339 10. 43558 11. (n / A) 12. (n / A)	1. 50 páginas 2. 10 páginas 3. 5 puntos porcentuales 4. 80 páginas 5. 1500 páginas 6. 10 páginas 7. 30 páginas 8. 50 páginas 9. 30 páginas 10. 30 páginas 11. 20 páginas 12. 400 páginas	Vía L
Airmar	WX200	1. Velocidad del viento 2. Dirección del viento 3. Temperatura ambiente 4. Presión ambiental	1) n / A 2) n / A 3) n / A 4) n / A	1) n / A 2) n / A 3) n / A 4) n / A	Techo
MetOne	Sensor de radiación solar modelo 094	Radiación solar entrante	(n / A)	5 mV/kW/m ²	Techo

2.2 Descripciones de las entradas de muestreo

Las entradas de partículas y gases están instaladas de forma que todas estén orientadas hacia la parte delantera de la furgoneta, a una altura aproximada de 2,1 m (7 pies) del suelo, y comiencen justo detrás del parachoques delantero. Esto aísla las entradas de la corriente de aire del vehículo y permite el muestreo justo por encima de la zona de respiración. Todos los tubos de muestreo están conectados a una pieza de aluminio, para mayor rigidez, que a su vez está sujeta a las barras de montaje del techo de la furgoneta. Todos los tubos de muestreo entran en la furgoneta a través de una única brida de mamparo fabricada a medida.

2.2.1 Entrada de partículas

Los instrumentos de partículas (FIDAS, wCPC, PAX, Aethelometer) extraen el aire de muestra de una única entrada construida principalmente con acero inoxidable de $\frac{3}{8}$ ". En el exterior de la furgoneta, en el techo, la línea de partículas pasa por un secador de nafion (PermaPure PD-50T-12MSS) que recibe un flujo de aire seco a contracorriente desde el interior de la furgoneta. La muestra seca se introduce a través de un orificio singular en la brida del mamparo hasta una zona donde se encuentra un PM_{2.5}El ciclón (MetOne) se puede instalar o retirar. La línea de partículas pasa entonces por una zona con un filtro HEPA instalado que puede activarse para "ceros" en cualquier momento durante el funcionamiento. Las líneas se dividen mediante divisores de flujo de precisión (Brechtel Manufacturing Inc.) para entrar en cada uno de los instrumentos de partículas y en el nodo Aclima. Calculadora de pérdida de partículas.¹Se utilizó para confirmar que la eficiencia de transmisión del 50% del sistema es de 4 μm y la transmisión de PM_{2.5}se está acercando al 100%.

2.2.2 Entradas de gas

Los instrumentos de fase gaseosa (VOCUS, todos los instrumentos ubicados en el bastidor de gas y LiCor) se alimentan a través de tres tubos de teflón diferentes, montados en la barra estabilizadora de aluminio, de la misma manera que la entrada de partículas, y luego ingresan al vehículo a través de orificios individuales en la brida del mamparo. Las líneas de VOCUS y de los instrumentos del bastidor de gas son de teflón de $\frac{1}{4}$ ", mientras que el LiCor utiliza una línea de $\frac{3}{8}$ " debido a los diferentes requisitos de caudal y caída de presión. El nodo Aclima del vehículo también extrae agua de la entrada de LiCor. La línea de VOCUS cuenta con una bomba independiente que bombea a 5 lpm para reducir el tiempo de residencia en la línea al mismo tiempo que la línea del bastidor de gas. Todas las entradas de gas tienen un tiempo de residencia inferior a 1 segundo.

¹Drewnick, F., Calculadora de pérdida de partículas, obtenido de: <https://www.mpic.de/4230607/particle-loss-calculator-plc>

3. Ingesta de datos

La ingesta de datos para la furgoneta UCB se realiza mediante un sistema de adquisición de datos diseñado a medida, denominado VanDAQ. La arquitectura de este sistema Linux/Postgres/Python/Apache se diagrama en [Figura 3.1](#).

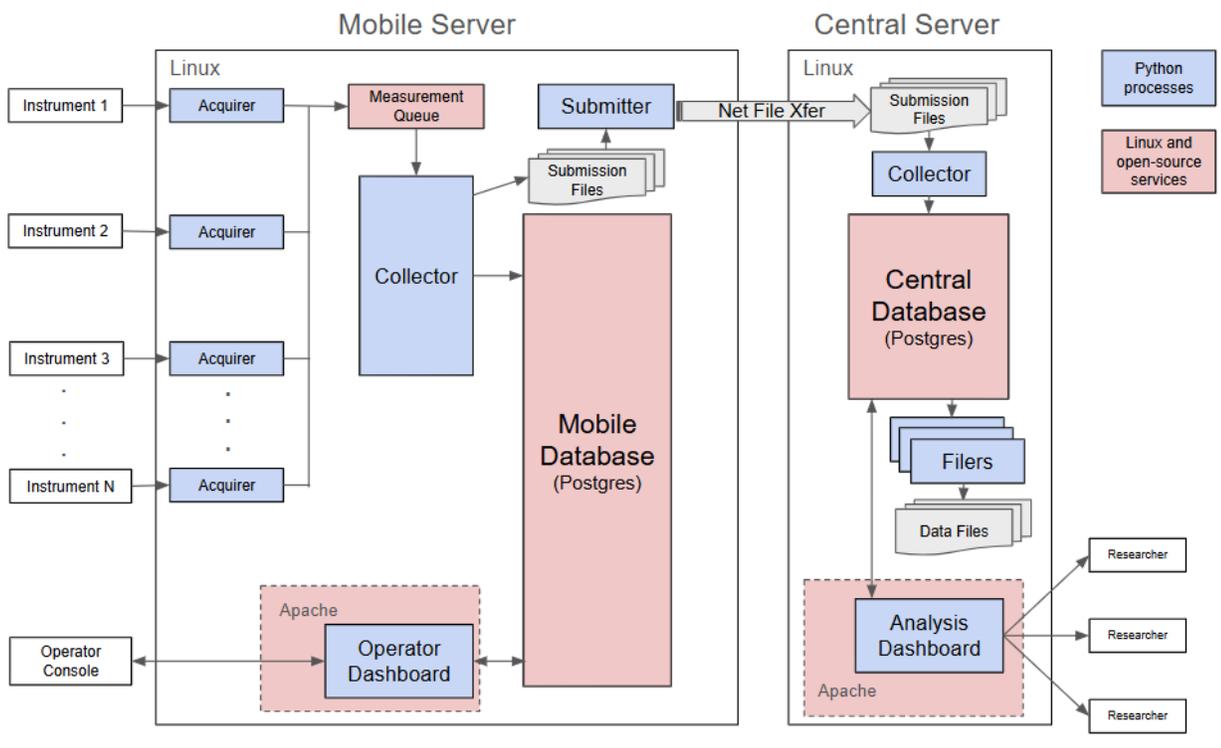


Figura 3.1:Arquitectura del sistema VanDAQ.

El sistema VanDAQ consta de un servidor Linux móvil en la furgoneta y un servidor Linux central fijo ubicado en el Laboratorio Apte del campus de la UCB. Diversos procesos de software Python facilitan la transferencia de datos desde las señales de los instrumentos a una base de datos Postgres en la furgoneta. Los datos se transmiten posteriormente mediante un enlace de datos celular+WiFi basado en archivos al servidor central, que incorpora los datos móviles a la base de datos central. La arquitectura admite múltiples servidores móviles y, potencialmente, plataformas de recopilación de datos fijas que ejecuten el mismo software, todos los cuales reportan los datos al servidor central.

Cada instrumento en la plataforma móvil es atendido por un adquirente Proceso. El adquirente es un script de Python configurable mediante un archivo de texto para adquirir datos según el estilo,

protocolo y formato de enlace de datos exclusivos de cada instrumento. Se adquieren tanto valores de medición ambiental como de ingeniería del instrumento. Solo hay un cuerpo de código del adquirente que se ejecuta en múltiples procesos configurados para cada instrumento. El adquirente es el único componente de software del sistema que comprende las necesidades de comunicación únicas de los instrumentos, convirtiendo los datos a un formato de intercambio común que consta de un diccionario de Python para cada valor de dato individual y metadatos que describen la fuente, el tipo, el parámetro y la unidad del dato. Los datos de medición unificados y empaquetados son cargados por los diversos procesos del adquirente en una única cola de comunicaciones entre procesos Posix. **cola de medición** Para su posterior procesamiento. Esta característica de la arquitectura VanDAQ facilita la incorporación de diversos instrumentos sin modificar el resto del sistema posterior al adquirente. Las alarmas y advertencias de los instrumentos también son gestionadas por el adquirente y se empaquetan junto con sus datos asociados.

La cola de medición se descarga mediante el **Coleccionista** proceso que 1) carga los elementos de datos en la base de datos PostgreSQL del servidor móvil y 2) empaqueta los diccionarios de medición en un minuto **envío** Archivos de datos para su transmisión al servidor central. Dado que el adquirente es el único proceso que conoce cómo se comunican los instrumentos, el recopilador es el único componente que gestiona las complejidades de la carga de la base de datos SQL.

En la furgoneta, el servidor está a cargo de un operador. **panel** Sitio web publicado mediante Apache y disponible a través de la red wifi interna de la furgoneta. El panel muestra series temporales gráficas de los parámetros de medición producidos por todos los instrumentos, estados de alarma y un mapa de calles en tiempo real con recorridos de datos.

Los archivos de envío se transfieren a través de un enlace celular o WiFi (según la disponibilidad de WiFi del campus) al servidor central por el Remitente Proceso. El envío de archivos de datos al servidor central es asíncrono y puede entregar datos para su ingesta en la base de datos central casi en tiempo real (con una latencia de más de un minuto) o, según el estado del enlace de la red móvil, almacenará los archivos de datos y los enviará cuando sea posible. Otro proceso recopilador en el servidor central ingiere datos de los archivos de envío, en lugar de una cola de mensajes, e inserta mediciones en la base de datos central, cuyo esquema es un duplicado de la(s) base(s) de datos móviles.

En el servidor central, varios Archivos Los procesos consultan la base de datos y crean archivos de datos de texto en los distintos formatos deseados. Los scripts de procesamiento de datos que generan productos derivados se incluyen en esta posición de la cadena de datos. El servidor central también aloja un sitio web de panel de análisis que permite a los investigadores explorar datos históricos, supervisar el estado actual de la furgoneta y observar la recopilación de datos mapeados casi en tiempo real. (Si bien el panel de análisis es actualmente el mismo que el panel del operador de la furgoneta, estas funciones serán diferentes en el futuro).

4. Transformación de datos

La transformación de datos se realiza en la furgoneta en dos pasos. El primero consiste en aplicar calibraciones. La principal transformación de datos de los instrumentos en la furgoneta ocurre antes de las etapas de ingestión y almacenamiento, pero se describe aquí.

4.1. Flujos de trabajo de transformación de datos

4.1.1. Procesamiento de datos Vocus PTR-TOF-MS

4.1.1.1. Ajuste de picos espectrales de masas de alta resolución

Un analista del equipo de UCB transforma los datos espectrales de masas brutos, cada media hora, del Vocus PTR-TOF-MS mediante prácticas estándar y consolidadas del software de análisis Tofware. Se siguen los siguientes pasos en orden cronológico para obtener los iones por segundo de cada masa de interés:

- 1) Calibración de masa archivo por archivo utilizando picos m/z comunes presentes en muestras de aire ambiente
- 2) Resta de línea base
- 3) Ancho de pico y refinamiento de forma
- 4) Ajuste de picos espectrales de masas e integración de picos de masas seleccionados

4.1.1.2. Conversión a valores de concentración

Los recuentos de iones de cada masa se convierten a valores de concentración mediante un estándar de calibración de gas de 13 COV, un generador de aire cero y controladores de flujo másico para una dilución variable. Se generan semanalmente curvas de calibración multipunto y ceros para calcular las sensibilidades de cada uno de los 13 COV. Para los COV no incluidos en el estándar de calibración, las sensibilidades se estiman a partir de una función de transmisión dependiente de la masa y una relación lineal entre la sensibilidad y el coeficiente de reacción PTR de cada especie, ambos derivados de las 13 especies calibradas. Si se desconoce el coeficiente de reacción, se utiliza un valor k_{PTR} coeficiente de $2,5 \times 10^{-9}$ moléculacm⁻³ s⁻¹. Además, la deriva del instrumento debida a las condiciones del detector y del reactor entre calibraciones se corrige mediante la normalización a m/z 116,9 (CCl₄⁺) cuenta. CCl₄⁺ es un CFC producción que es estable en la atmósfera gracias al Protocolo de Montreal y, por lo tanto, puede actuar como patrón interno. Las incertidumbres asociadas a estas calibraciones se reportan con los datos de Nivel 2a.

5. Modelado de datos

Consulte la documentación de Aclima.

5.1. Flujos de trabajo de modelado de datos

Consulte la documentación de Aclima.

6. Almacenamiento de datos

Los datos se almacenan de forma redundante en varias intersecciones a lo largo del proceso de manejo de datos: incluso en bases de datos PostgreSQL en los servidores móviles [1] y centrales [2], en "archivos de envío" escritos por el servidor de la furgoneta y almacenados allí [3] y en el servidor central [4], en archivos de texto consultados desde la base de datos central y almacenados en el servidor central [5], y en el almacenamiento de archivos de Google Cloud respaldado automáticamente desde el servidor central mediante el software rclone [6].

El almacenamiento del servidor, tanto móvil como central, se realiza en unidades SSD. El servidor móvil está equipado con dos unidades SSD de 4 TB como volúmenes discretos. El servidor central utiliza cuatro unidades SSD de 4 TB en un RAID organizado como dos volúmenes RAID1 de 4 TB en espejo.

Los archivos Vocus PTR-TOF-MS h5 se almacenan en el propio instrumento y luego se respaldan en el mismo almacenamiento de Google Cloud descrito anteriormente.

El código y las configuraciones de VanDAQ se encuentran almacenados en un repositorio en el sitio GitHub Enterprise de UCB.

7. Revisión de datos y garantía de calidad

Tras cada prueba, se generan automáticamente gráficos de series temporales de todas las mediciones recopiladas, incluyendo los parámetros de ingeniería del instrumento, y mapas de concentración para su revisión. Operadores capacitados revisan estos gráficos para detectar indicios comunes de fallos en el instrumento, como discontinuidades, valores de referencia que aumentan o disminuyen continuamente, picos de ruido aleatorios (valores atípicos no confirmados por otros instrumentos) y falta de respuesta. Además, se examina la estabilidad general de cada instrumento en relación con su rendimiento durante periodos de despliegue y no despliegue anteriores. A continuación se describen los criterios de aceptación y las posibles medidas correctivas.

Los instrumentos de fase gaseosa se calibran semanalmente con estándares de gas certificados. La documentación de los estándares de calibración está disponible en UCB, pero, en resumen, incluye cilindros de gas de Airgas, un generador de aire cero de Teledyne y un detector de ozono/NO/NO de 2BTech.² Sistema de calibración (modelo 714). Los cilindros de gas incluyen:

Tabla 7.1: Contenido del cilindro de calibración e instrumentos asociados

#	Contenido	Instrumento(s) asociado(s)
1	Mezcla de gases COV de 1 ppm de 1,3-butadieno, 1,3,5-trimetilbenceno, 1 ppm de acetaldehído, 1 ppm de acetona, 1 ppm de acrilonitrilo, 1 ppm de etanol, 1 ppm de hexano, 1 ppm de isopreno, 1 ppm de limoneno, 1 ppm de m-xileno, 1 ppm de metil etil cetona, 1 ppm de metil vinil cetona y 1 ppm de tolueno.	Vocus PTR-TOF-MS
2	5 ppm de NO	MAYÚSCULAS NO ₂ y Ecofísica NO/NO ₂ /NO _x
3	1,9 ppm de CH ₄ , 400 ppm de CO ₂ , 0,1 ppm de CO	Aire CH ₄ /DO ₂ H ₆ , Licorería CO ₂ , Aire CO/N ₂ EL
4	30 ppm de CH ₄ , 1 ppm C ₂ H ₆ , 2000 ppm de CO ₂ , 10 ppm de CO	Aire CH ₄ /DO ₂ H ₆ , Licorería CO ₂ , Aire CO/N ₂ EL

Los valores cero y de pendiente se generan a partir de las calibraciones multipunto de cada instrumento y se aplican a los datos de concentración sin procesar mediante interpolación lineal.

Las lecturas de referencia semanales se miden para la instrumentación de fase de partículas mediante el uso de un filtro HEPA en la entrada de cada instrumento. Se realiza una sustracción de la línea de base para cada instrumento mediante interpolación lineal.

7.1 Métricas de calidad de datos y criterios de aceptación

7.1.1 Recuperación de datos

La recuperación de datos se define como el número de mediciones válidas recopiladas dividido por el número total de mediciones posibles, como porcentaje:

$$\text{Data Recovery (\%)} = \frac{N_{\text{valid data}}}{N_{\text{possible data}}} * 100$$

dónde $n_{\text{datos válidos}}$ es el número de puntos de datos obtenidos y $n_{\text{datos posibles}}$ Es el número de puntos de datos teóricamente posibles. Para cada día o recorrido, el criterio de aceptación para la recuperación de datos de mediciones de campo es del 90 %.

7.1.2 Precisión

La precisión, o la repetibilidad de las mediciones, se estima de diferentes maneras para distintos instrumentos. Para los monitores de gases traza (O_3 , NO_2 , etc.), se realizan comprobaciones de precisión como parte de las comprobaciones de amplitud descritas anteriormente. Para los monitores de PM, la precisión intraunidad se calcula, siempre que sea posible (es decir, mediciones superpuestas), comparando la desviación estándar relativa de cada instrumento, según el procedimiento de evaluación del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur para sensores en AQ-SPEC.

No se establecen criterios de rechazo para la precisión, ya que las distintas tecnologías de medición son sensibles a distintos factores, pero todas se informan periódicamente. Cambios en la precisión superiores al 10 % semanalmente o al 25 % mensualmente darán lugar a una revisión diagnóstica completa del instrumento afectado. Se realizará el mantenimiento recomendado por el fabricante y, de ser necesario, los instrumentos se devolverán al fabricante para su reparación.

7.1.3 Precisión

La precisión se determinará evaluando las respuestas del instrumento al análisis repetido de muestras de gas que contengan concentraciones conocidas de los compuestos de interés, como se describió anteriormente.

No se han establecido métricas ni criterios de rechazo específicos para la precisión, ya que las diferentes tecnologías de medición son sensibles a distintos factores, pero el rendimiento se supervisará como parte de los procedimientos de calibración habituales. En algunos casos, podría ser necesario realizar mantenimiento interno, según las instrucciones del fabricante, o enviar el equipo al fabricante para su reparación a fin de corregir una pérdida de precisión más significativa.

7.2 Alarmas de datos e impacto en los datos

Además de las comprobaciones posteriores realizadas por personal capacitado (descritas anteriormente), todos los instrumentos de la furgoneta se monitorizan automáticamente durante la adquisición de datos para detectar posibles registros problemáticos durante el funcionamiento normal, las calibraciones y el ralentí. Cada instrumento tiene una lista de condiciones que pueden indicar un funcionamiento defectuoso, como temperaturas internas que superan los límites normales de funcionamiento definidos o la activación de una alerta de error interno. Cuando se cumplen las posibles condiciones de error, la tabla de alarmas del esquema de datos (véase la Sección 8.1) se completa con el tipo de alarma y otra información relevante.

No todas las alarmas afectan inmediatamente a los datos. Algunas alarmas existen para notificar a los operadores de furgonetas que los instrumentos aún se encuentran en condiciones de funcionamiento aceptables, pero se deben tomar medidas preventivas (por ejemplo, reducir la temperatura del aire acondicionado). Por lo tanto, cada alarma tiene un campo "data_impacted" asociado, que es "True" si una condición específica de un instrumento inutiliza los datos. Un ejemplo común es cuando un instrumento entra en modo de cero automático, como el CAPS. Las condiciones del instrumento que registran "alarmas", pero que no necesariamente afectan a los datos, se registran en la tabla de alarmas con "data_impacted = False". Asimismo, la revisión manual por parte de personal capacitado, como se describió anteriormente, también establece "data_impacted=True" cuando corresponde.

7.3. Revisiones de datos

Los valores de los datos enviados no se modificarán, pero los datos potencialmente erróneos, identificados mediante los métodos descritos anteriormente, se marcarán en la columna "status_indicator" de los archivos de envío enviados a Aclima. Consulte a continuación la descripción de cómo se rellena este campo de datos.

No se prevén revisiones de datos adicionales a las descritas anteriormente. Sin embargo, cualquier revisión se etiquetará según las convenciones de nomenclatura descritas en la Sección 8.1.1, con un "_revX" adicional, una X indicando el número de revisión, e irá acompañada de documentación que describa la(s) revisión(es).

8. Transferencia de datos

Consulte la documentación de Aclima para la transferencia directa de datos a CARB. La transferencia de datos de UCB a Aclima se realizará automáticamente mediante FTP o mecanismos similares.

8.1. Esquema de datos

La base de datos Postgres de VanDAQ utiliza un esquema en estrella visualizado en [Figura 8.1](#).

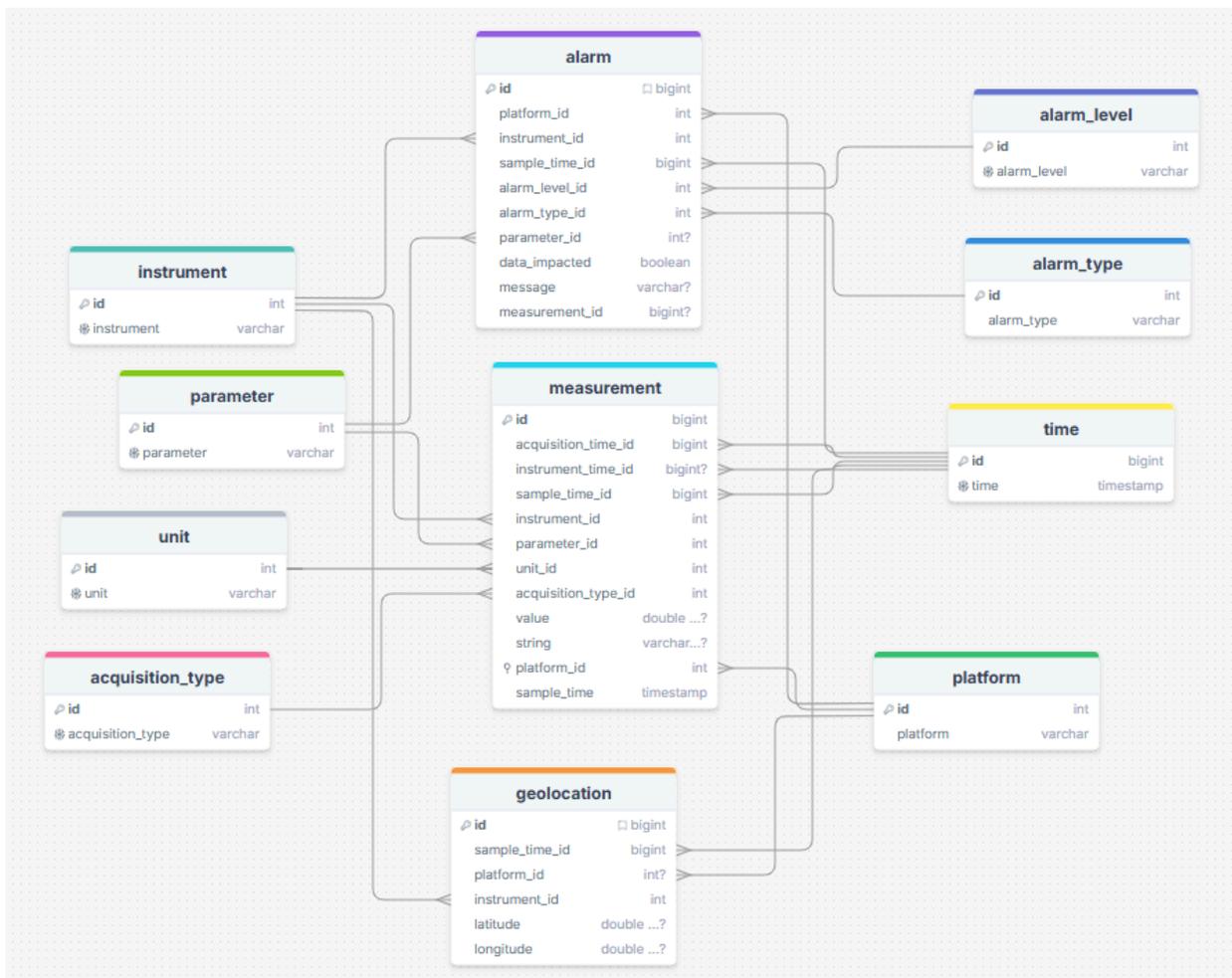


Figura 8.1: Esquema de base de datos VanDAQ

Los archivos transmitidos a Aclima serán archivos CSV con los siguientes encabezados de columna. A continuación, se muestra una correspondencia entre el esquema de datos anterior y el archivo transmitido a Aclima:

Tabla 8.1: Tabla de mapeo de VanDAQ a Aclima

Nombre de la columna Aclima	Mapeo equivalente de salida de VanDAQ
Marca de tiempo	tiempo/tiempo
Modalidad	parámetro/parámetro
Modelo	instrumento/instrumento
Valor	medición/valor
Unidad	unidad/unidad
Latitud	geolocalización/latitud
Longitud	geolocalización/longitud
indicador de estado	0 si data_impacted = Falso, 1 si data_impacted = Verdadero (ver Sección 7.2)
códigos calificadores	alarma* (ver Sección 8.1.2)
ID del vehículo	Sin mapa directo, constante "UCB"

8.1.1. Formato de archivos de datos

Las convenciones de nombres de archivo siguen el formato

"measurements_van1_aaaa-mm-dd_long.csv", donde aaaa, mm y dd son año, mes y día, respectivamente. Todos los datos, con la única excepción de los espectros de masas sin procesar de VOCUS, se enviarán como archivos csv. Los espectros sin procesar de VOCUS se enviarán como archivos h5 que el instrumento genera de forma nativa.

8.1.2 Códigos de calificación

El esquema de salida normal de VanDAQ evalúa los posibles indicadores de error de cada parámetro como alarmas independientes. Para la generación de informes, esta salida de VanDAQ se aplana y mapea de forma que a cada alarma (automática y manual) se le asigna un valor único. La suma lineal de todos los valores de alarma se reporta en "qualifier_codes" para cada registro de datos de cada instrumento:

$$\text{Código calificador} = \sum(\text{Códigos de calificación individuales})$$

Se proporciona una lista completa de códigos en otra parte, pero se muestran ejemplos a continuación en la Tabla 8.2:

Tabla 8.2: Valores de ejemplo de Qualifier_code

Instrumento	Indicador	Valores del código calificador
(todo)	La revisión del operador indica un problema	1
VOCES	Temperatura TPS $20 > T > 48$ °C	2
VOCES	Temperatura TPS $T > 50$ °C	4
VOCES	H ₂ Caudal $14,9 > F > 15,1$ sccm	8
VOCES	Voltaje de la fuente de iones $415 > V > 430$	16
MAYÚSCULA S NO ₂	Instrumento actualmente en período de referencia automático	2
MAYÚSCULA S NO ₂	Temperatura del instrumento $20 > T > 40$ °C	4

Como todos los códigos de calificación son potencias de 2, la combinación lineal de todos los códigos en un momento dado es un valor único que puede descomponerse en sus componentes. Si un registro de datos VOCUS tiene un voltaje de fuente de iones de 412 V y una temperatura de TPS de 49, los códigos de calificación aplicados serían:

$$\text{Código calificador} = 16 + 2 = 18$$

Si ese mismo registro de datos está marcado por un operador:

$$\text{Código calificador} = 16 + 2 + 1 = 19$$

Este método puede combinarse con una tabla de búsqueda para identificar cada código de error. Como alternativa, los datos pueden filtrarse simplemente para buscar registros donde "Status_indicator" y "qualifier_code" sean iguales a 0.

8.2 Informes

Los entregables a Aclima incluirán:

- 1) Los datos, tal como se describen anteriormente, y
- 2) Resultados de control de calidad

La cadencia de entrega de datos se describe a continuación. Los resultados del control de calidad se enviarán cada tres meses.

8.2.1. Frecuencia de entrega y tamaño estimado de archivo

El envío de datos se realiza semanalmente, con un tamaño estimado de archivo de 500 MB/día o 6,5 GB/semana. Al finalizar el proyecto, se generarán archivos h5 sin procesar en un disco duro físico que se entregará a Aclima o CARB. Se pueden solicitar entregas más frecuentes de archivos h5.

8.2.2. Obligación de alimentos

Los datos se mantienen indefinidamente, pero se archivarán después de 1 año, momento en el que se podrá acceder a ellos mediante una solicitud a UCB.

Apéndice A. Tabla de contaminantes medidos por el Laboratorio Móvil de Berkeley

Organización	Parámetro	Código de parámetro	Descripción del parámetro	Método	Código de método	Descripción del método	Unidades de parámetros
Berkeley	Benceno	45201	benceno	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Berkeley	Tolueno	45202	tolueno	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Berkeley	C8Aromáticos	45102	suma de etilbenceno y xilenos	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Berkeley	Acroleína	43505	acroleína	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Berkeley	CH4S		metano tiol	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Berkeley	DMS	43915	sulfuro de dimetilo	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Berkeley	Naftalina	45850	naftalina	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por	ppb

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

						reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	
Berkeley	C3H6O	43551	Suma de acetona y propanona	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Berkeley	MEK	43339	Metiletilcetona, también conocida como 2-butanona	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Berkeley	MVK	43558	Metil vinil cetona	Vocus-PTR-To F	1013	Espectrómetro de masas de tiempo de vuelo por reacción de transferencia de protones Aerodyne Vocus	ppb
Berkeley	CO2_ppm	42102	CO2	Licor	ndir-co2	Fotometría infrarroja no dispersiva	ppmv ambiente
Berkeley	H2O_LC		H2OMRV	Licor	licor-h2o	Fotometría infrarroja no dispersiva	ppbv ambiente
Berkeley	O3	44201	O3	2BTech	uvabs-o3	Fotometría de absorción UV/UV 2B modelo 202 y 205	ppbv ambiente
Berkeley	NO2_CAPS	42602	NO2	CAPS-nox	caps-nox	Analizador de NO2 por espectroscopia de desplazamiento de fase atenuado por cavidad (CAPS) de Aerodyne	ppbv ambiente
Berkeley	NO2	42602	NO2	EP_nox	ecofísica-no2	Analizador de óxidos de nitrógeno Ecophysics nCLD 855 Y	ppbv ambiente
Berkeley	NO	42601	NO	EP_nox	ecofísica-no	Analizador de óxidos de nitrógeno Ecophysics nCLD 855 Y	ppbv ambiente
Berkeley	NOx	42603	NOx	EP_nox	ecofísica-nox	Analizador de óxidos de nitrógeno Ecophysics nCLD 855 Y	ppbv ambiente
Berkeley	CH4	43201	CH4	AerisCH4	cobre-ch4c	Aire MIRA Ultra	ppbv ambiente

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

					2h6	CH4	
Berkeley	C2H6	43202	Etano	AerisCH4	cobre-ch4c 2h6	Aire MIRA Ultra CH4	ppbv ambiente
Berkeley	H2O_ACH4		H2OMRV	AerisCH4	cobre-ch4 c2h6	Aire MIRA Ultra CH4	ppbv ambiente
Berkeley	CO	42101	CO	AerisCO	aire acondicion ado	Air MIRA Ultra CO	ppbv ambiente
Berkeley	N2O	42605	N2O	AerisCO	aire acondicion ado	Air MIRA Ultra CO	ppbv ambiente
Berkeley	H2O_ACO		H2OMRV	AerisCO	aire acondicion ado	Air MIRA Ultra CO	ppbv ambiente
Berkeley	PM2_5	88101	PM2.5 - Condiciones locales	Paletas	1021	Palas Trusts 200	y_por_m3
Berkeley	PM1	87111	PM1-LC	Paletas	1021	Palas Trusts 200	y_por_m3
Berkeley	PM10	85101	PM10-LC	Paletas	1021	Palas Trusts 200	y_por_m3
Berkeley	Rh	62201	Humedad relativa	anem-rh	1011	Airmar WX200	por ciento
Berkeley	prensa	68101	Presión ambiental promedio	vamos-press	1011	Airmar WX200	bar
Berkeley	temperatura	68105	Temperatura ambiente promedio	vamos-tempo	1011	Airmar WX200	grados Celsius
Berkeley	velocidad del viento_mps	61103	Velocidad del viento - Resultante	aml-ws	1011	Airmar WX200	metros por segundo
Berkeley	viento_grados	61104	Dirección del viento - Resultante	multi-wd	1011	Airmar WX200	grados_brújula

Apéndice G.3 del Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad

Iniciativa de Monitoreo Móvil Estatal de California (SMMI)
Plan de garantía de calidad y gestión de datos del equipo de UC Riverside



Preparado por UC Riverside, la Universidad de Houston y la Universidad de Baylor
En colaboración con Aclima

16 de mayo de 2025

Contenido



1. DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	4
1.1. PROCESO Y/O SISTEMA AMBIENTAL A EVALUAR	4
2. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES	5
2.1. PERSONAL CLAVE	5
2.2. CRONOGRAMA DEL PROYECTO	5
3. ENFOQUE CIENTÍFICO	6
3.1. DISEÑO DE MUESTREO	6
3.2. ENFOQUE GENERAL Y PROCESOS DE MEDICIÓN	7
4. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO	8
4.1. FACTORES ESPECÍFICOS DEL SITIO	8
4.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	8
5. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN	9
6. MÉTRICAS DE CALIDAD (CONTROLES DE CALIDAD/QC)	15
6.1. INFORMACIÓN GENERAL	15
6.2. OBJETIVOS DE GARANTÍA DE CALIDAD	19
6.3. AUDITORÍA DE DATOS	20
6.4. ESPECIFICACIONES DEL INSTRUMENTO	20
7. PLAN DE GESTIÓN DE DATOS	22
7.1. CONCEPTOS CLAVE	22
7.2. INGESTIÓN DE DATOS	23
7.3 TRANSFORMACIÓN DE DATOS	24
7.4 MODELADO DE DATOS	25
7.5 ALMACENAMIENTO DE DATOS	25
7.6 REVISIÓN DE DATOS Y GARANTÍA DE CALIDAD	26
7.7 TRANSFERENCIA DE DATOS	26
8. INFORMES	27
8.1. ENTREGABLES	27
8.2. PRODUCTO FINAL	27
9. REFERENCIAS	29

1. DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1. PROCESO Y/O SISTEMA AMBIENTAL A EVALUAR

Se han identificado ciertas zonas de California con problemas de calidad del aire saturados. Con la orientación de la Junta de Recursos del Aire de California (CARB), Aclima, Inc. y las partes interesadas de la comunidad, el Laboratorio Móvil Asociado (PML) de la Universidad de California-Riverside (UC-R), la Universidad de Houston (UH) y la Universidad de Baylor (BU) realizará operaciones de muestreo móvil en muchas de las zonas identificadas para abordar las inquietudes locales relacionadas con preguntas que pueden responderse razonablemente con el conjunto de instrumentos de gases traza, aerosoles y compuestos orgánicos volátiles a bordo del Laboratorio Móvil de Calidad del Aire n.º 3 (MAQL3), las áreas a las que puede acceder y la duración del despliegue de muestreo.

2. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES

2.1. PERSONAL CLAVE

Don Collins, Investigador principal, IP, Profesor, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad de California Riverside, Riverside, California, EE. UU. donc@ucr.edu Responsable de algunos analizadores de partículas. Será el punto de contacto para la transferencia y el intercambio de los datos recopilados con todos los instrumentos a bordo del MAQL. Supervisará la logística en la base de operaciones principal del CE-CERT en Riverside.

James Flynn, Co-PI, Profesor Asociado de Investigación, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Atmósfera, Universidad de Houston, Houston, Texas, EE. UU., jhflynn@Central.uh.edu. Responsable de la gestión general del proyecto y la elaboración de informes, así como de supervisar la preparación y el despliegue de los instrumentos. Coordinará todas las tareas del equipo y garantizará el mantenimiento y la operación responsable de las mediciones de campo y del camión.

Sascha Usenko, Co-PI, Profesor, Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Baylor, Waco, Texas, EE. UU., Sascha_Usenko@baylor.edu. Responsable de liderar la implementación de AMS en MAQL3 y brindar apoyo operativo al equipo científico y brindar supervisión de garantía de calidad en las mediciones de Baylor recopiladas durante este proyecto.

Rebecca Sheesley, Co-PI, Profesor, Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Baylor, Waco, Texas, EE. UU., Rebecca_Sheesley@baylor.edu. Responsable de liderar la recopilación, el análisis y la interpretación de las mediciones ópticas de aerosoles y la distribución de las fuentes de quema de polvo y biomasa.

2.2. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

El cronograma del proyecto se presenta a continuación. Tenga en cuenta que este cronograma no incluye los elementos descritos en la sección de Entregables, ya que estos se proporcionarán además de la ejecución de las tareas aquí descritas.

Descripción de la tarea	Cronología
Trabajar con Aclima en planes preliminares de monitoreo del aire comunitario	Septiembre-diciembre de 2024
Preparaciones del proyecto	Recepción del aviso de inicio hasta el inicio del despliegue en el campo
Despliegue de campo	Ocho semanas consecutivas en el otoño de 2025
Preparación final de datos	Abril-mayo de 2026

<p>Informes y presentaciones de datos</p>	<p>Los informes de datos se realizarán entre diciembre de 2025 y abril de 2026. Colaborar con Aclima en el informe técnico final que deberá presentarse en mayo de 2026.</p>
---	--

3. ENFOQUE CIENTÍFICO

3.1. DISEÑO DE MUESTREO

UH MAQL3

El Laboratorio Móvil de Calidad del Aire n.º 3 de la UH (MAQL3) es un camión Freightliner Crew Cab de 2018 modificado con una caja de siete metros (24 pies), plataforma de observación delantera y una torre articulada de seis metros (20 pies) montada en el techo. Se tomarán muestras de gases, aerosoles y mediciones meteorológicas desde una entrada montada en el extremo de la torre, que se encuentra a unos nueve metros (30 pies) del suelo cuando está elevada. Cuatro aires acondicionados de 15 000 BTU controlarán la temperatura y la humedad del laboratorio, mientras que un generador diésel Tier 4 de 20 kW a bordo proporcionará electricidad. La instrumentación meteorológica y de fase gaseosa, ubicada dentro del laboratorio y en la plataforma de observación, medirá el ozono (O₃), óxido nítrico (NO), óxidos de dióxido de nitrógeno (NO_x), compuestos reactivos de nitrógeno (NO_y), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), mediciones meteorológicas, tasa de fotólisis del dióxido de nitrógeno (jNO₂), formaldehído (HCHO), composición del aerosol y características físicas y alturas de las capas mezcladas.

Un espectrómetro óptico de partículas portátil Handix (POPS) medirá la distribución del tamaño y la cantidad de aerosoles. Mediciones de gases traza de O₃, NO, óxidos de nitrógeno (NO_x), NO_y, CO y SO₂ También se recopilarán datos de MAQL3. Las mediciones meteorológicas y de las condiciones locales incluirán la velocidad y dirección del viento, la temperatura, la humedad relativa, la presión y el NO_{x,2}, altura de la capa límite, GPS, condiciones del cielo (cámara de todo el cielo) y cámaras delantera, trasera, izquierda y derecha.



Figura 1. Fotografías de MAQL3. La foto superior derecha muestra un ejemplo de instrumentos instalados en el espacio del laboratorio trasero y la imagen inferior derecha muestran un ejemplo de las estaciones del operador en la cabina.

Normalmente, los instrumentos atmosféricos comerciales y de investigación que se utilizan son rápidos (respuesta de 1 a 2 s), sensibles (buena relación señal-ruido) y selectivos (específicos para cada molécula). Los datos de salida se guardan en un archivo robusto (en caso de una parada imprevista) y se muestran en tiempo real en un monitor para que los científicos puedan tomar decisiones durante el proyecto.

3.2. ENFOQUE GENERAL Y PROCESOS DE MEDICIÓN

El Centro de Investigación y Tecnología Ambiental (CE-CERT) de la Universidad de California en Riverside (UCR) es la principal base planificada. Cuenta con suficientes conexiones eléctricas de 50 amperios y se encuentra lejos de numerosas interferencias (por ejemplo, fuentes industriales). Esta base está estratégicamente ubicada para realizar la evaluación de la calidad del aire en el sur de California y sus alrededores.

Si el tiempo lo permite, los equipos planearán conducir 5 días a la semana, dedicando los días restantes al mantenimiento de los instrumentos, la calibración, el procesamiento preliminar de datos y el descanso de la tripulación. Si bien la duración de cada día de conducción puede variar según el objetivo, los equipos de campo tienen amplia experiencia en la evaluación de las condiciones y la identificación de objetivos que puedan lograrse razonablemente. Se planificarán rutas iniciales para inspeccionar las zonas con fuentes de emisiones conocidas y probables, así como las condiciones meteorológicas. Algunas fuentes podrán muestrearse en diferentes momentos para determinar si las emisiones varían a lo largo del día o entre días. Durante la noche, los instrumentos permanecerán encendidos para agilizar las mediciones al día siguiente y realizar calibraciones adicionales.

4. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO

4.1. FACTORES ESPECÍFICOS DEL SITIO

El MAQL3 está equipado con instrumentación que muestrea el aire local y lo caracteriza para una sustancia química o clase de sustancia química específica. Esta instrumentación funciona de forma pseudocontinua, con un flujo de entrada constante que se procesa para generar datos con una precisión de un segundo. Los anemómetros y los dispositivos de posicionamiento global también proporcionan información de respuesta rápida.

Una vez iniciada la campaña, el conjunto de instrumentación funcionará de forma continua, alternando entre la alimentación de tierra preacordada y el generador de a bordo. Se requieren aproximadamente 3 minutos para restablecer los datos de calidad garantizada tras los cambios de alimentación. Se utilizará una combinación de la señal de la veleta y las banderas de funcionamiento del motor para identificar los periodos de posible automuestreo, lo cual se registrará en los archivos de datos.

Planeamos contar con energía de puerto y una base nominal en una ubicación (UCR) en la cuenca de Los Ángeles. También podremos realizar mediciones durante períodos prolongados fuera de esta base, siempre que el presupuesto y otras limitaciones prácticas lo permitan. Las condiciones meteorológicas predominantes y pronosticadas suelen influir en los desplazamientos del laboratorio móvil. Para el trabajo relacionado con las fuentes, determinaremos los perfiles de viento más adecuados para cada fuente y planificaremos en consecuencia. Las condiciones de viento predominantes también influirán en las decisiones de trasladar el laboratorio móvil a instalaciones a barlovento de la zona de muestreo. Al muestrear columnas a barlovento de la zona objetivo, realizaremos transectos a lo largo de su trayectoria a medida que avanzan hacia ella. Se podrán desarrollar otras estrategias de muestreo en colaboración con Aclima, CARB y otras entidades pertinentes.

La campaña se llevará a cabo durante dos meses. Los científicos comenzarán a analizar los datos sobre el terreno e interactuarán periódicamente con los gerentes de proyecto y otros participantes para obtener retroalimentación sobre la planificación futura, considerando los objetivos generales del proyecto.

4.2. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

No se prevé ninguna recolección de muestras discreta para este proyecto ya que todas las mediciones se realizan mediante métodos en línea.

5. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

EL₃ se medirá por quimioluminiscencia. El NO se medirá por quimioluminiscencia, NO_x por quimioluminiscencia con UV-LED NO₂ convertidor fotolítico y NO_y por quimioluminiscencia con un convertidor de molibdeno calentado en la entrada de la muestra. SO₂ se medirá mediante fluorescencia pulsada, mientras que el CO se medirá mediante espectrometría de cavidad fuera del eje. CO₂ se medirá mediante una técnica de absorción infrarroja no dispersiva. Todas las líneas de muestreo utilizan tubos y accesorios de teflón; sin embargo, en algunas situaciones, se utilizan accesorios de acero inoxidable según corresponda. Con la excepción del NO_y todos los gases traza inorgánicos se muestrean a través de un filtro de teflón de 47 mm que se cambia nominalmente semanalmente. NO_y se muestrea a través de una entrada dedicada con un convertidor catalítico de molibdeno calentado a 300 °C. Se utilizará una combinación de métodos internos de prereactor, catalizador o desbordamiento de aire cero para evaluar las líneas base del instrumento de gases traza, según corresponda a los métodos de medición específicos del instrumento.

Las distribuciones de tamaño de partículas se medirán utilizando un analizador de tamaño de partículas por movilidad de barrido (SMPS; personalizado, UCR), un espectrómetro óptico de partículas portátil (POPS; Handix Scientific, Inc.) y un analizador de tamaño de partículas aerodinámico (APS; Modelo 3321, TSI, Inc.). Los tres instrumentos de dimensionamiento tienen rangos de tamaño superpuestos que, en conjunto, abarcan desde aproximadamente 0,02 micrometro a 10 micrometro. Las tres mediciones se procesarán conjuntamente para crear distribuciones de tamaño continuas que abarquen todo el rango de tamaño. Al combinar las distribuciones, se realizarán ajustes para las diferentes medidas de tamaño de partícula (movilidad eléctrica, óptica y aerodinámica). La concentración total de partículas se medirá con un contador de partículas de condensación (CPC; Modelo MAGIC, Aerosol Dynamics, Inc.).

Los tres instrumentos de dimensionamiento se calibrarán antes y/o durante el período de medición mediante el muestreo de partículas de látex de poliestireno atomizado de tamaño, densidad e índice de refracción conocidos. La precisión de la concentración de los instrumentos (especialmente la SMPS) se evaluará comparando la concentración numérica calculada mediante la integración de las distribuciones de tamaño con la medida directamente por el CPC. Se realizarán comprobaciones de cero conectando un filtro antes de las entradas del analizador.

Un fotómetro de absorción tricolor de tres longitudes de onda (TAP; Modelo 2901, Brechtel Inc., Hayward, CA) mide la absorción de la luz de aerosoles en longitudes de onda de 365 nanómetros (ultravioleta), 528 nanómetros (verde) y 652 nanómetros (rojo). El TAP utiliza diez válvulas solenoides para circular entre ocho puntos de filtro y dos puntos de filtro de referencia. La fuente de luz LED brilla simultáneamente a través de los puntos de muestra y de referencia cargados con un filtro de fibra de vidrio de 47 milímetros (Brechtel TAP-FIL100). El punto de referencia permite una medición por enfoque diferencial en el TAP, de modo que el aumento en la atenuación de la luz debido a las partículas depositadas en el punto de muestra se compara directamente con la atenuación de la luz de un punto de referencia. Esto permite distinguir la atenuación por el aerosol recolectado de la atenuación por el filtro en blanco. El TAP está configurado para rotar al siguiente punto de filtro cuando la transmisión de un punto de filtro alcanza el valor establecido por el usuario (Baylor utiliza el 50 %), y el canal de referencia se modifica cada vez que se cambia el punto de

muestra. Cada uno de los ocho puntos de muestra está separado por juntas tóricas que sujetan el material del filtro para evitar fugas entre ellos. El flujo de aire pasa a través del filtro hacia una válvula solenoide controlada por el software TAP Reader.

Dispersión de luz (σ_{es}) se medirá con un nefelómetro TSI 3563

(https://gml.noaa.gov/aero/maintenance/Neph_Ops_manual.pdf). En la mayoría de los nefelómetros integradores, se utiliza una fuente de luz blanca para iluminar la muestra de aire, y la luz dispersada por partículas (y gases) a una longitud de onda específica se mide con un tubo fotomultiplicador. En este proyecto, se utiliza un instrumento de tres longitudes de onda. El TSI 3563 mide simultáneamente la dispersión de la luz en tres longitudes de onda distintas (450 azul, 550 verde y 700 rojo). Además, el TSI 3563 proporciona una medición independiente de la retrodispersión de partículas (σ_{bscat}). El instrumento calcula automáticamente la dispersión de Rayleigh a partir de la temperatura y la presión medidas internamente y corrige la señal reportada según dichos factores. El tiempo de promediación se ajusta a los TAP y se recalcula según sea necesario.

El HR-ToF-AMS utilizado en este estudio se describe en detalle en DeCarlo et al. (2006). Una muestra a presión atmosférica ingresa al HR-ToF-AMS a través de una lente de enfoque aerodinámico. Al final de la lente, el haz de partículas colimadas ingresa a una cámara de vacío de dimensión conocida. Dentro de esta cámara, las partículas alcanzan una velocidad terminal que determina la rapidez con la que la atravesarán. A partir de este momento, es posible calcular el tamaño de partícula. Al final de la cámara, el material no refractario se vaporiza e ioniza mediante impacto electrónico. El material se cuantifica utilizando un espectrómetro de masas de tiempo de vuelo. El HR-ToF-AMS proporciona datos de composición química con resolución de tamaño con una resolución de aproximadamente un minuto. El funcionamiento del HR-ToF-AMS del grupo Rice se describe en detalle en Leong et al. (2017) y Wallace et al. (2018). Se seguirán procedimientos de muestreo similares, incluyendo la frecuencia de los blancos y las calibraciones (como se describe más adelante). El colector principal contará con un ciclón en la entrada para evitar que material de mayor tamaño entre en el HR-ToF-AMS (un instrumento submicrónico) y obstruya el orificio de entrada. El HR-ToF-AMS submuestreará isocinéticamente a una velocidad de aproximadamente 150 ml por minuto.

La calibración del Espectrómetro de Masas de Aerosoles (AMS) de Aerodyne Research Inc (ARI) es fundamental para la cuantificación precisa de partículas por especies químicas. Para minimizar las incertidumbres en las concentraciones máscas reportadas, es recomendable monitorizar de cerca las fluctuaciones en la eficiencia de detección del AMS y corregirlas adecuadamente durante toda la campaña.

Los parámetros que capturan la eficiencia de detección del AMS son $IE_{NO_3^-}$, que es la eficiencia de ionización de un compuesto de referencia: nitrato (NO_3^-), y la señal del haz de aire (AB), que es la tasa de iones (Hz) detectada para una señal de aire principal, p. ej. N_2^+ . En este estudio [Jiménez et al., 2003]. Si bien AB se puede monitorear continuamente durante el funcionamiento del instrumento, la determinación de $IE_{NO_3^-}$ Requiere la interrupción del muestreo para realizar un experimento de calibración (normalmente de 1 a 2 horas). Dada esta restricción y la expectativa (basada en la experiencia previa) de que la IE no sea muy

variable, se recomienda realizar IE periódicas. IE_{NO_3} Se realizarán calibraciones durante este estudio. Debido a que las proporciones de IE_{NO_3} Como AB permanece notablemente constante (r.s.d. < 1%), la señal AB continua se puede utilizar para corregir las variaciones en las eficiencias de detección de AMS con una muy buena aproximación.

Otros dos parámetros del AMS influyen significativamente en los valores absolutos de sus mediciones de PM: la eficiencia de recolección (EC) y la eficiencia de ionización relativa (EIR). La EC se introduce para corregir la detección incompleta de partículas no refractarias (NR-PM) por parte del AMS, por ejemplo, debido a partículas de forma irregular que no llegan completamente al vaporizador. *Jayne y otros.*, 2000; *Tobias y otros.*, 2000 Aunque, en sentido estricto, la CE debería ser una función del tamaño y la forma de las partículas, actualmente se define como el factor de corrección para las concentraciones de masa volumétrica, es decir, la fracción de la masa de la partícula medida por el AMS. Se asigna un valor de CE de 0,5 al sulfato, basándose en observaciones exhaustivas de varias pruebas de laboratorio y de campo para aerosoles de sulfato. El mismo valor de CE (es decir, 0,5) se aplica a las partículas que contienen nitrato y amonio, ya que parecen estar mezcladas internamente con partículas de sulfato la mayor parte del tiempo.

El valor CE para NR-PM total, La materia orgánica se estima en función de sus distribuciones de tamaño, que a menudo muestran dos modos: un modo de acumulación más grande de partículas de fondo ambiental que parecen estar mezcladas internamente con iones sulfato (SO_4^{2-}), NO_3^- y amonio (NH_4^+) y un modo ultrafino más pequeño que parece provenir principalmente de fuentes relacionadas con la combustión. Por lo tanto, se aplica un valor de CE de 0,5 a los orgánicos del modo de acumulación (debido a la mezcla interna con SO_4^{2-}) y se asume que la CE para el modo más pequeño es 1.0 porque los estudios de laboratorio han demostrado una transmisión de AMS cercana al 100 % para partículas de combustión de hollín. Al estudiar las distribuciones de tamaño de los orgánicos totales, así como los fragmentos de masa de orgánicos individuales promediados durante todo el período de muestreo, hemos encontrado que estos dos modos pueden separarse mejor en $D_{va} = 160$ nm y que la relación de masa del modo más pequeño ($D_{va} < 160$ nm) al más grande ($D_{va} > 160$ nm) es aproximadamente 2/3. Por lo tanto, el valor de CE de los orgánicos a granel se establece en 0.7.

La eficiencia de ionización relativa (RIE) es la relación entre la eficiencia de ionización por impacto de electrones de una especie dada y la $IE_{NO_3^-}$ por unidad de masa. Tenga en cuenta que $IE_{NO_3^-}$ es el IE de NO_3^- Se midió con base en dos iones principales, con valores m/z de 30 y 46, en lugar de todos los fragmentos de masa. Los valores de RIE de especies individuales representativas se han determinado mediante diversas mediciones de laboratorio y se han tabulado [*Zhang y otros.*, 2005].

Finalmente, otros dos parámetros clave del AMS requieren calibración: el caudal de muestreo volumétrico del AMS y la velocidad de las partículas. El caudal de muestreo se determinará utilizando un Gilibrator II (caudalímetro de burbuja húmeda). El tamaño aerodinámico de las partículas que informa el AMS se basa en las velocidades medidas de las partículas. La calibración de tamaño-velocidad se realiza utilizando un atomizador con nitrato de amonio ($(NH_4)_4NO_3$) solución seguida de selección del tamaño de DMA en el rango de 60 a 700 nm.

Mediciones de COV

La medición rápida de compuestos orgánicos volátiles (COV) a bordo del MAQL 3 será clave para facilitar la atribución de señales mejoradas de partículas y fase gaseosa a fuentes específicas. Los marcadores de COV vehiculares, de combustión de biomasa e industriales se cuantificarán rápidamente y se mostrarán en tiempo real, lo que facilitará la toma de decisiones sobre la ubicación de ambos laboratorios móviles para una mejor identificación de las fuentes. Se desplegarán tres instrumentos de COV en tiempo real: el PTR-MS (espectrómetro de masas de reacción por transferencia de protones), el analizador químico de trazas móvil AROMA-VOC y el instrumento de medición de cavidades HCHO. Los tres instrumentos de COV estarán conectados a una única entrada de Teflon® calentada (70 °C).

Ionicon Analytik - Espectrómetro de masas de reacción de transferencia de protones (PTR-MS). El PTR-MS fue fabricado por IONICON Analytik, Austria (www.ionicon.com). El PTR-MS se ha utilizado ampliamente como analizador de COV atmosféricos de frecuencia rápida durante las últimas dos décadas (de Gouw y Warneke, 2007). El método aplica la ionización de COV atmosféricos con mayor afinidad protónica que la de la molécula de agua (aplicable a la mayoría de los COV atmosféricos, excepto a los alcanos) mediante la reacción de transferencia de protones. Los COV objetivo se ionizan mediante transferencia de protones utilizando H_3O^+ . Los COV protonados se analizan mediante un espectrómetro de masas cuadrupolo. Se ha confirmado la exactitud y precisión del sistema de medición para garantizar límites de detección muy bajos para la mayoría de los COV en la atmósfera (p. ej., unas pocas partes por billón en volumen [pptv]; de Gouw y Warneke, 2007). Los detalles sobre el funcionamiento, la calibración y el análisis de datos de COV del PTR-MS fueron documentados previamente por Shrestha et al. (2022).

El PTR-MS tomará muestras de una línea de muestreo de Teflon® filtrada y calentada. Además de operar en modo PTR, el MS también funcionará en modo SRI, utilizando NO^+ como gas reactivo. El módulo SRI se integrará con el PTR-MS para permitir una transición rápida entre gases reactivos. El fondo instrumental se evaluará pasando aire periódicamente sobre un catalizador calentado durante 40-60 minutos. La frecuencia de la determinación del fondo y la frecuencia de la calibración se determinarán en campo en función del rendimiento y la estabilidad del instrumento. Al ser un método in situ, trabajar con el PTRMS+SRI no requiere precauciones especiales de muestreo ni manipulación. El instrumento en modo PTRMS opera con un tiempo de ciclo nominal de 60 segundos, y el tiempo de ciclo óptimo para alternar entre gases reactivos se evaluará en campo. Se mantendrá un registro para que los operadores del instrumento registren la información según sea necesario. Con el instrumento en modo PTRMS+SRI, se producirá un ciclo entre los gases reactivos, lo que genera datos semicontinuos para COV seleccionados. El ciclo de referencia del gas reactivo consistirá en ciclos de aproximadamente 15 minutos para cada uno de los tres gases reactivos. El PTRMS+SRI se calibrará para COV seleccionados cada 1 a 5 días, dependiendo de la estabilidad de la curva de calibración. El trabajo de campo previo durante TRACER-AQ 2021 demostró una buena estabilidad en la curva de calibración a lo largo de varios días, lo que permitió reducir la frecuencia de calibración y, al mismo tiempo, aumentar el programa de medición. La calibración del PTR-MS utilizará un sistema de calibración personalizado. Este sistema emplea estándares de gas de calibración personalizados (generalmente de Apel Riemer), que se diluyen mediante controladores de flujo másico y aire cero. La curva de calibración se evaluará o repetirá cada 1 a 5 días e incluirá cinco puntos,

uno de los cuales es aire cero. Esta curva permite determinar concentraciones desconocidas en el aire ambiente basándose en la respuesta medida y evaluar parámetros instrumentales como la linealidad, la sensibilidad o los cambios en la sensibilidad, y la precisión.

Se utilizará un acondicionador de muestras para reducir el contenido de agua. Esto permitirá el funcionamiento del PTRMS+SRI con un número de Townsend más bajo, lo que resultará en una mayor sensibilidad y una menor fragmentación. La relación cuantitativa entre la respuesta del PTR-MS y las concentraciones conocidas de COV, así como el rango lineal dinámico de dicha relación, se determina mediante una curva de calibración (normalmente lineal). **Tabla 1.** Límite mínimo de detección (MDL; ppb) de PTR-MS e incertidumbre asociada con los COV medidos durante la campaña de muestreo.

Tabla 1: Lista de analitos de COV PTR-MS

<i>Especies</i>	<i>m/z</i>	<i>Incertidumbre (%)</i>	<i>MDL</i>	<i>Ionización</i>
Acetonitrilo	42	10.7	0.09	H ₃ EL ⁺
Acetona	59	20.9	0.42	H ₃ EL ⁺
Isopreno	69	10.1	0,15	H ₃ EL ⁺
MEK	73	9.6	0.12	H ₃ EL ⁺
Benceno	79	9.9	0.13	H ₃ EL ⁺
Tolueno	93	9.9	0.16	H ₃ EL ⁺
SMonoterpeno	137	11.2	0,52	H ₃ EL ⁺
Estireno	105	11.4	0.10	H ₃ EL ⁺
C3-benceno				H ₃ EL ⁺
C4-benceno				H ₃ EL ⁺
Xileno	107	11.1	0,18	H ₃ EL ⁺
1,3-butadieno	107	11.1	0,18	NO ⁺

Analizador móvil de trazas químicas AROMA-VOC AROMA-VOC fue fabricado por Entanglement Technologies, Inc. y es capaz de detectar COV (compuestos orgánicos en fase de vapor) en un rango de partes por billón o superior. El instrumento utiliza la técnica de espectroscopia de cavidad-anillo descendente (CA) combinada con desorción térmica (TD). El instrumento puede operar en dos modos: escaneo rápido (resolución de muestreo de ~5 s) y modo de análisis (resolución de muestreo de ~10 min; 2 min de muestreo y 8 min de análisis utilizando el sistema TD con N₂). Como gas portador, el analizador AROMA-VOC suele operarse en modo de escaneo rápido mientras realiza mediciones móviles y análisis durante periodos estacionarios (p. ej., monitoreo nocturno). La calibración del Analizador Químico de Trazas Móvil AROMA-VOC utilizará el mismo sistema de calibración personalizado y los mismos gases de calibración que el PTR-MS. Las calibraciones se realizan normalmente cada 1 a 5 días e incluyen cinco puntos, uno de los cuales es aire cero.

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Analizador de concentración de gases Picarro G2307. Formaldehído ambiental (HCHO) y metano (CH₄). Las mediciones se determinarán utilizando el instrumento Picarro de calibración de cavidades en tiempo real. El Picarro se calibrará con metano cada 1 a 5 días mediante el sistema de calibración de COV. Este instrumento se calibrará con metano diluido con aire cero en cinco puntos de concentración diferentes, incluido un punto cero.

5.1 MEDICIÓN DE LA CODIFICACIÓN AQS

Tabla 2: Códigos AQS para mediciones MAQL 3

Parámetro	Código de parámetro	Modo de grabación	Descripción del análisis
Benceno	45201	Continuo	PTR-MS
Benceno	45201	Continuo	Cavidad AROMA anillo hacia abajo
Tolueno	45202	Continuo	PTR-MS
Tolueno	45202	Continuo	Cavidad AROMA anillo hacia abajo
Isopreno	43243	Continuo	PTR-MS
Isopreno	43243	Continuo	Cavidad AROMA anillo hacia abajo
Xileno(s)	45102	Continuo	PTR-MS
Monoterpenos	99000	Continuo	PTR-MS
Formaldehído	43502	Continuo	Anillo de cavidad de Picarro hacia abajo
Metano	43201	Continuo	Anillo de cavidad de Picarro hacia abajo
Aromáticos	99003	Continuo	Cavidad AROMA anillo hacia abajo
m/z 27	99001	Continuo	HR-ToF-AMS
m/z 28	99002	Continuo	HR-ToF-AMS
m/z 43	99003	Continuo	HR-ToF-AMS
m/z 44	99004	Continuo	HR-ToF-AMS
m/z 57	99005	Continuo	HR-ToF-AMS
Número de partículas, recuento total	87101	Continuo	Contador de partículas de condensación
Coficiente de absorción de luz	63102	Continuo	Fotómetro de absorción tricolor
Dispersión de luz de partículas	88347	Continuo	Nefelómetro TSI
Distribución del tamaño de partículas	81101	Continuo	Espectrómetro óptico de partículas portátil
Ozono	44201	Continuo	quimioluminiscencia
Ozono	44201	Continuo	Absorción UV

Monóxido de carbono	42101	Continuo	Espectroscopia de salida de cavidad integrada fuera del eje
Dióxido de carbono	42101	Continuo	Absorción de infrarrojos
Óxido nítrico	42601	Continuo	Quimioluminiscencia
Óxidos de nitrógeno	42603	Continuo	Quimioluminiscencia fotolítica
Óxidos reactivos de nitrógeno	42600	Continuo	Quimioluminiscencia con convertidor de Mo calentado
Alquenos reactivos	99100	Continuo	Quimioluminiscencia
Altura de mezcla	61301	Continuo	IR lidar
PM2.5 (SMPS)	99200	Continuo	Analizador de tamaño de partículas por movilidad de escaneo
PM10 (APS)	99201	Continuo	Analizador de tamaño de partículas aerodinámico

6. MÉTRICAS DE CALIDAD (CONTROLES DE CALIDAD/QC)

6.1. INFORMACIÓN GENERAL

Mediciones de laboratorio móvil

Un cilindro mezclado de CO, SO₂Se utilizarán NO y propeno para probar la mayoría de la instrumentación a bordo del MAQL3. CO₂Las mediciones se referenciarán a un estándar nominal de 500 ppmv y se extenderán a un estándar nominal de 1000 ppm. En los informes finales se abordarán los análisis adicionales y el impacto en la incertidumbre de los datos, en función de la incertidumbre combinada del instrumento. Los desafíos de gases mezclados en el MAQL3 se introducirán automáticamente mediante un sistema de dilución y válvulas en la entrada de la línea de muestra, aguas arriba del filtro, para representar mejor las condiciones ambientales y contabilizar o identificar posibles pérdidas en las líneas de entrada y el filtro. Se utilizará una combinación de métodos internos de prerreactor, catalizador o desbordamiento de aire cero para evaluar las líneas base de los instrumentos de gases traza, según corresponda a los métodos de medición específicos del instrumento.

La frecuencia de los desafíos de dilución de gas de alta escala se determinará con base en pruebas previas al despliegue. Un depurador interno depura aún más el suministro de aire cero para determinar las condiciones de fondo.

Los instrumentos de aerosoles y COV serán monitoreados de cerca por operadores MAQL 3 y remotos para asegurar un funcionamiento satisfactorio y continuo en campo. La calibración de los instrumentos de COV se realizará mediante un sistema de calibración personalizado. Este sistema emplea estándares de gas de calibración personalizados (generalmente de Apel Riemer), que se diluyen mediante controladores de flujo másico y aire cero. Los flujos del gas de calibración y del gas de dilución libre de COV se controlan mediante controladores de flujo másico. Las diluciones en serie se realizan mezclando de 2 a 10 ml/min del gas de calibración en un flujo de dilución de gas cero de 250 a 400 ml/min. La curva de calibración se evaluará o repetirá cada 1 a 3 días e incluirá cinco puntos, uno de los cuales es aire cero. Esta curva permite la determinación de concentraciones desconocidas en el aire ambiente con base en la respuesta medida y la evaluación de parámetros instrumentales como la linealidad, la sensibilidad o los cambios en la sensibilidad, y la precisión. La calibración del HR-ToF-AMS y el CPC se realizará semanalmente (o según sea necesario) e incluirá la puesta a cero de un filtro HEPA. Los ceros del filtro HEPA ayudarán a determinar los límites mínimos de detección (dos veces la desviación estándar del valor cero medio), que deben estar en ng/m³Rango. Con esta frecuencia, la integridad de los datos debería superar fácilmente el 85%, salvo imprevistos como fallos de la bomba o del filamento en el HR-ToF-AMS. La exactitud y precisión aceptables asumidas son del 15% y el 20%, respectivamente. La calibración del HR-ToF-AMS se realizará de la siguiente manera:

- Atomizar una solución de nitrato de amonio y seleccionar el tamaño de las partículas utilizando un analizador de movilidad diferencial configurado a un voltaje específico (el analizador de movilidad diferencial se calibrará antes de la campaña utilizando esferas de látex de poliestireno trazables al NIST);
- Mida la concentración total de estas partículas utilizando un contador de núcleos de condensación; calcule la concentración másica de nitrato de amonio suponiendo esferas;
- Durante las calibraciones AMS, se medirán las concentraciones de número de partículas utilizando el CPC;
- Medir la distribución del tamaño de partículas utilizando el HR-ToF-AMS (esto sólo se realizará al inicio de la campaña y si es necesario reparar el instrumento);
- Mida la respuesta iónica del instrumento a una concentración de masa conocida de nitrato de amonio (de arriba); todas las demás respuestas se derivan de este valor (esto se hará semanalmente para monitorear la ionización del filamento y la eficiencia de detección).

El nefelómetro y el TAP tomarán submuestras del aire ambiente de PM_{10.2.5}Línea de entrada junto con el AMS y el CPC. El nefelómetro se calibrará aproximadamente cada 15 días con CO₂El gas de calibración y el TAP se calibrarán con cada filtro nuevo (normalmente de 3 a 7 días, según la carga). La puesta a cero del TAP y del nefelómetro se realizará junto con la puesta a cero del AMS y el CPC.

Tabla 1. Procedimientos para evaluar el objetivo de control de calidad para AMS

Medición Parámetro	Método de análisis	Método de evaluación
Orgánicos, NO ₃ , ENTONCES ₄ ,	AMS	El caudal se verifica continuamente mediante la presión y la señal del haz de aire del instrumento. La señal iónica

Nueva Hampshire ₄ , Chl		para la carga másica se realizó con aerosol de nitrato de amonio clasificado (<i>carga equivalente de nitrato</i>);
------------------------------------	--	---

Tabla 2. Objetivos y criterios de aceptación para AMS

Análisis Método	Evaluación	Instrumento/Parámetro	Precisión de los criterios	Lo completo	Precisión	Acción correctiva en caso de incumplimiento de los criterios
El material particulado se enfoca con una lente aerodinámica y se concentra mediante bombeo diferencial. El material particulado se vaporiza mediante absorción láser. Los componentes gaseosos del material particulado se ionizan mediante impacto electrónico y se clasifican según su relación masa/carga.	Señal de haz de aire Caudal Régimen de presión de partículas en tiempo de vuelo	AMS	La calibración de la eficiencia de ionización relativa debe coincidir.	80%	ESO	Se restableció el caudal mediante la limpieza del orificio. Se evaluó el rendimiento de calibración de la eficiencia de recolección y la eficiencia relativa de ionización. Láser realineado según procedimiento establecido en el manual.

Tabla 3. Procedimientos para evaluar el objetivo de control de calidad para PTR-MS

Medición Parámetro	Método de análisis	Método de evaluación
---------------------------	---------------------------	-----------------------------

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

m/z = 19, 21, 30 y 32	PTR-MS y SRI-PTR-MS	Monitoreo continuo de iones reactivos. Verificaciones diarias de fugas de aire y tasas de producción de iones reactivos de impurezas. Monitoreo de sensibilidad y linealidad mediante valores de COV seleccionados durante la calibración.
--------------------------	---------------------	--

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

Tabla 4. Objetivos y criterios de aceptación

Análisis Método	Evaluación	Parámetro	Precisión de los criterios	Lo completo	Precisión	Acción correctiva en caso de incumplimiento de los criterios
<p>La estabilidad y magnitud del ion reactivo se monitorearon con $m/z = 19$ y 21. Control de fugas monitoreado usando $m/z = 32$ (O_2^+) Monitorizar la impureza iónica del reactivo usando $m/z 30$ (NO^+)</p>	<p>Voltaje de la fuente de iones del reactivo Presión de la región de la molécula de iones Caudal al instrumento</p>	<p>PTR-MS y SRI-PTR-MS</p>	<p>Los factores de respuesta deben estar entre el 15 y el 20 % del rendimiento del instrumento en funcionamiento o menos del 5 % para las impurezas.</p>	<p>85%</p>	<p>Por lo general, 1-10 pptv a 1 Hz, dependiendo o del compuesto</p>	<p>Los problemas de flujo, iones de reactivo y presión se corrigen utilizando el procedimiento descrito en el manual del PTR-MS.</p>

6.1.1. Límite de detección

Los límites de detección se expresarán en unidades de concentración y reflejan la concentración mínima de un compuesto que puede medirse con un grado de certeza definido. El límite de detección del instrumento analítico (IDL) para otros parámetros se establecerá aplicando las normas disponibles de acuerdo con el Título 40 del Código de Reglamentos Federales (CFR), Parte 136, Parte B, cuando corresponda.

6.1.2. Espacios en blanco / ceros

La contribución del sistema a los resultados de la medición se determina mediante el análisis de un nivel de aire en blanco o cero (aire filtrado) como parte de cada calibración y verificación de span. Como parte de la calibración, el nivel cero se utiliza junto con las concentraciones de escala superior para establecer la curva de calibración. Como parte de la verificación de span, el nivel cero se utiliza como un control de calidad para monitorear la deriva del cero. Si se encuentra que un método tiene una contribución del sistema para un contaminante objetivo en una concentración mayor que tres veces el límite de detección o mayor que el 10 por ciento de la concentración media medida para el contaminante (la que sea mayor), se deben tomar medidas para eliminar la contribución. Cualquier contribución del sistema para un contaminante objetivo (o para otro constituyente que interfiera con el análisis para un contaminante objetivo) que esté por encima del límite de detección debe caracterizarse exhaustivamente de tal manera que se comprenda bien el grado de influencia en la certeza de la medición del contaminante objetivo. Esto puede requerir una frecuencia elevada de análisis en blanco durante un período adecuado para caracterizar la contribución. Se utilizará una bandera de datos cuando las concentraciones en las mediciones de la muestra en blanco indiquen una contribución al resultado de la medición de la muestra que se determine que es significativa en relación con los objetivos de calidad especificados para la medición.

6.2. OBJETIVOS DE GARANTÍA DE CALIDAD

Las siguientes secciones describen los objetivos de garantía de calidad de este proyecto. Los resultados de estas actividades se incluirán en los informes finales.

6.2.1. Precisión

La precisión es una medida de la repetibilidad de los resultados. Las estimaciones de precisión se evalúan de diferentes maneras según la tecnología de medición.

La precisión de las mediciones de los monitores continuos se estima mediante el análisis de una atmósfera de prueba que contiene los compuestos objetivo que se monitorean. La precisión de los gases traza se estima mediante comprobaciones de precisión realizadas como parte de las

comprobaciones rutinarias de los monitores. Esta comprobación de precisión consiste en introducir una concentración conocida del contaminante en el monitor dentro del rango de concentración requerido por 40CFR Parte 58. La concentración medida resultante se compara luego con la concentración conocida.

6.2.2. Exactitud

La precisión es la proximidad de una medición a un valor de referencia y refleja elementos tanto de sesgo como de precisión. La precisión se determinará evaluando las respuestas del sistema de medición para el análisis repetido de muestras que contienen los compuestos de interés en concentraciones representativas de las atmósferas ambientales que se suelen monitorear durante el estudio, como se describe en el punto 40.CFR58. Téngase en cuenta que no se requieren auditorías del sistema técnico para un QAPP de Categoría III.

6.2.3. Lo completo

La integridad de los datos se calcula a partir del número de muestras válidas obtenidas del total de mediciones posibles. La integridad de los datos se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Completitud} = \frac{\text{Número de mediciones válidas} \times 100}{\text{Número total posible de mediciones}}$$

Integridad, que mide el porcentaje de mediciones respecto al número de mediciones. Para cumplir con los objetivos del plan de investigación del proyecto, el criterio de aceptación para las mediciones de campo y de laboratorio es del 90 %. Se informará sobre la integridad tanto de campo como de laboratorio.

6.3. AUDITORÍA DE DATOS

Este proyecto no requiere auditorías técnicas de sistemas. El equipo de procesamiento de datos y los representantes de control de calidad designados de cada organización realizarán auditorías de calidad de los datos (mínimo del 10 %), mediante inspección visual, comparación con los criterios de control de calidad descritos en este documento y comparación con otras mediciones, según corresponda. Los datos que superen estas pruebas se considerarán aceptables. Si no superan una o más de las verificaciones, los investigadores los examinarán con más detalle y, según corresponda, podrán marcarse como inválidos, válidos o válidos pero que no han superado una verificación. Una vez finalizada la auditoría de calidad de los datos, se incluirá un informe con los hallazgos en el informe final.

6.4. ESPECIFICACIONES DEL INSTRUMENTO

Universidad de Houston

Las señales del controlador de caudal másico se registrarán en el software DAQFactory, así como los estados de las válvulas y los indicadores de datos asociados, para indicar datos no ambientales durante las calibraciones y las pruebas de los instrumentos. Estas señales se utilizarán para calcular las relaciones de mezcla de las atmósferas de prueba para los cálculos de sensibilidad de los instrumentos.

Un cilindro mezclado de CO, SO₂Se utilizarán NO y propeno para evaluar la mayor parte de la instrumentación a bordo del MAQL3. En los informes finales se abordarán los debates adicionales y el impacto en la incertidumbre de los datos, en función de la incertidumbre combinada de los instrumentos. Las pruebas de gases mezclados en el MAQL3 se introducirán automáticamente mediante un sistema de dilución y válvulas en la entrada de la línea de muestra, aguas arriba del filtro, para representar mejor las condiciones ambientales y contabilizar o identificar posibles pérdidas en las líneas de entrada y el filtro. Se utilizará una combinación de métodos internos de prerreactor, catalizador o de desbordamiento de aire cero para evaluar las líneas base de los instrumentos de gases traza, según corresponda a los métodos de medición específicos del instrumento.

La frecuencia de los desafíos de dilución de gas de alta escala se determinará con base en pruebas previas al despliegue. Un depurador interno depura aún más el suministro de aire cero para determinar las condiciones de fondo.

Universidad de Baylor

Todos los parámetros y datos del instrumento se registran mediante el software específico del instrumento. El posprocesamiento de la composición del aerosol se realizará con Igor Pro, junto con los módulos de recuperación de datos secuencial de Igor (SQUIRREL) y Pika (ajuste de picos). El posprocesamiento de los datos PTR-MS, TAP, NEPH y CPC se realizará con MATLAB. Se realizarán ceros de aerosoles y COV cada 1-3 días utilizando filtros HEPA y aire cero, respectivamente. Los ceros del sistema se incluirán en los registros diarios. Los controladores de flujo másico y otros parámetros (caudales de entrada) se registrarán mediante DAQFactory o por los operadores en los registros diarios. Los registros diarios y los indicadores de datos se utilizarán para identificar datos sospechosos o erróneos según las salidas del instrumento o los períodos asociados con actividades no relacionadas con la medición MAQL 3 (p. ej., reabastecimiento de combustible y transferencias de energía).

Universidad de California Riverside

Todos los parámetros del instrumento de la SMPS y la APS se registran y se utilizan para el posprocesamiento de las distribuciones de tamaño medidas. Las distribuciones visualizadas en tiempo real son soluciones aproximadas a las matrices de concentración medidas, y se realiza un análisis más preciso de los datos después de cada día de medición. Se realizarán ajustes a cero del instrumento semanalmente conectando filtros antes de los analizadores. Los indicadores de

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal

datos identificarán datos sospechosos según los parámetros del instrumento y la amplia experiencia con los instrumentos y las distribuciones que producen.

7. PLAN DE GESTIÓN DE DATOS

7.1. CONCEPTOS CLAVE

El laboratorio móvil asociado de UC-Riverside/Universidad de Baylor/Universidad de Houston (UCR/BU/UH) utiliza varios sistemas de datos internos para instrumentos individuales o grupos de instrumentos. Estos datos suelen requerir diferentes niveles de procesamiento antes de poder generar valores útiles para los usuarios finales. Por ejemplo, la temperatura ambiente o la posición GPS requieren un procesamiento mínimo, mientras que los datos de los espectrómetros de masas requieren un tiempo y esfuerzo considerables.

7.1.1 Niveles de datos

Datos sin procesar: datos registrados en el sistema de datos del instrumento en un formato nativo.

Datos de nivel 0: Datos convertidos a unidades de ingeniería (p. ej., partes por millón [ppm], partes por billón [ppb], porcentaje) y que pueden haber sido filtrados para excluir datos no ambientales, como calibraciones, comprobaciones de línea base y automuestreo de gases de escape de motores o generadores de laboratorios móviles. Estos datos son adecuados para gráficos de consulta rápida que se pueden compartir con otros investigadores del PML de UCR/BU/UH, pero no con personal externo sin autorización del PML.

Datos de Nivel 1: Datos que han sido corregidos para obtener los resultados finales de la calibración, ajustados a la línea base y sometidos a una inspección detallada para eliminar datos no ambientales y valores atípicos. Estos se consideran datos finales y son aptos para su uso público y en publicaciones.

7.1.2 Canalización de gestión de datos

A continuación se resumen los pasos clave en la gestión de datos del PML.

Tabla x.x: Una descripción general de los principales componentes de la gestión de datos PML.

Canalización de gestión de datos		
1	Publicar	Los datos brutos se registran en los sistemas informáticos locales y dentro de los instrumentos. Se transfieren a un almacenamiento de respaldo externo y en línea.
2	Ingerir	Los datos se cargan en la computadora de cada investigador desde una copia de seguridad externa o en línea. Posteriormente, se cargan en diversos

		paquetes de software como Igor Pro, MatLab, Excel u otras aplicaciones específicas para cada instrumento.
3	Transformar	Los datos son procesados en computadoras locales por un investigador que utiliza una variedad de comandos manuales y programados mediante una variedad de paquetes de software como Igor Pro, MatLab, Excel u otras aplicaciones específicas del instrumento.
4	Modelo	Los datos derivados o "Productos de Valor Añadido" se calculan mediante diversos comandos manuales y programados, utilizando diversos paquetes de software como Igor Pro, MatLab, Excel u otras aplicaciones específicas para cada instrumento. Colaboraremos con Aclima para definir un enfoque coherente para el modelado de datos basado en los datos recopilados.
5	Almacenar	Los datos se recopilan y almacenan inicialmente en el instrumento o en los sistemas locales de adquisición de datos. Tras cada misión de conducción, se realiza una copia de seguridad manual de estos datos en dos unidades externas. También se carga una copia de los datos en los sistemas de almacenamiento en red de la universidad, como el que posee y opera el grupo Flynn en la UH. Este sistema se respalda cada noche en un sistema remoto dedicado en Austin, Texas. Esto genera al menos cuatro copias de los datos sin procesar. Cada grupo de investigación y universidad mantiene sus propios estándares para respaldar los productos de trabajo durante todo el proceso, incluidos los datos finales de Nivel 1, en unidades de almacenamiento externas o de red mediante una combinación de copias de seguridad manuales y automáticas.

7.2. INGESTIÓN DE DATOS

La ingestión de datos describe el proceso mediante el cual los datos inalterados de nivel más bajo de los instrumentos se envían al backend de almacenamiento y procesamiento de datos de PML.

7.2.1 Publicar

Al finalizar cada misión de conducción, se realiza una copia de seguridad de los datos brutos en unidades externas duplicadas. Esto se realiza manualmente o mediante la ejecución de un archivo por lotes para las computadoras e instrumentos que pueden conectar sus discos duros en red

local. Estas unidades se cargan automáticamente en un almacenamiento externo en las universidades, como el sistema de almacenamiento de la UH, cuando se conecta una unidad a una computadora sin conexión de datos móviles, como en el hotel donde se aloja el equipo de campo. En algunas ubicaciones, es posible que un dispositivo de almacenamiento local dentro de la PML también realice una copia de seguridad de los datos mediante una conexión móvil 5G; sin embargo, el ancho de banda y el uso de datos podrían no permitirlo, algo que aún está por determinar. Una vez cargados en los sistemas de almacenamiento de la universidad, los datos se descargarán a las computadoras de cada investigador para su procesamiento posterior a la recopilación.

7.2.2 Ingest

Los datos sin procesar se cargan en la computadora de cada investigador desde una copia de seguridad externa o en línea. Posteriormente, se cargan en diversos paquetes de software como Igor Pro, MatLab, Excel u otras aplicaciones específicas para cada instrumento.

7.3 TRANSFORMACIÓN DE DATOS

La transformación de datos describe cómo los datos de los instrumentos, ahora ingeridos y almacenados, se transforman aún más.

El equipo PML de UCR/BU/UH define dos niveles clave de datos: Nivel 0 y Nivel 1.

Datos de nivel 0: Datos convertidos a unidades de ingeniería (p. ej., partes por millón [ppm], partes por billón [ppb], porcentaje) y que pueden haber sido filtrados para excluir datos no ambientales, como calibraciones, comprobaciones de línea base y automuestreo de gases de escape de motores o generadores de laboratorios móviles. Estos datos son adecuados para gráficos de consulta rápida que se pueden compartir con otros investigadores del PML de UCR/BU/UH, pero no con personal externo sin autorización del PML.

Datos de Nivel 1: Datos que han sido corregidos para obtener los resultados finales de la calibración, ajustados a la línea base y sometidos a una inspección detallada para eliminar datos no ambientales y valores atípicos. Estos se consideran datos finales y son aptos para su uso público y en publicaciones.

7.3.1 Procesamiento – Mediciones en línea

Muchos de los instrumentos en línea como O₃, ¿QUÉ?, BUENO, BUENO_x, NO_y, CO₂, ENTONCES 2 Algunas mediciones meteorológicas y de aerosoles requieren pasos de procesamiento similares. El primer paso en el procesamiento de datos es corregir los ajustes de la línea base. Esto se realiza mediante el uso de verificaciones de la línea base catalíticas,

prerreactor, filtros u otras formas de verificación. Los datos se ajustan posteriormente según los valores de estas verificaciones periódicas.

Una vez corregidos los datos de referencia, están listos para la aplicación de factores de sensibilidad. Estos factores se desarrollan mediante el proceso de calibración, que implica suministrar al instrumento una cantidad conocida del analito o compararlo con un estándar conocido.

El paso final es la eliminación de datos no ambientales a través de una serie de pasos manuales y programados para eliminar períodos de calibración, controles de referencia, automuestreo de escape de PML y otros datos no representativos.

7.3.2 Procesamiento de datos espectrales de masas

En el modo de resolución de masa unitaria, el procesamiento de datos AMS comienza con la recopilación de señales iónicas sin procesar, medidas en proporciones enteras de masa a carga (m/z). Estos espectros sin procesar se importan a IGOR Pro y se procesan con el paquete de análisis SQUIRREL. Los pasos iniciales incluyen la alineación temporal y el promediado de los espectros para mejorar la calidad de la señal, seguidos de la aplicación de factores de calibración (p. ej., eficiencia de ionización y eficiencia de recopilación) para convertir los recuentos de iones en concentraciones máscas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).³). Dentro de IGOR Pro, SQUIRREL utiliza tablas de fragmentación predefinidas y rutinas de ajuste para asignar señales de iones a especies químicas específicas (por ejemplo, SO_4^{2-} , NO_3^- , Nueva Hampshire $_4^+$, materia orgánica; resolución de masa unitaria). También corrige las señales de fondo. La salida incluye concentraciones de masa con resolución temporal, resúmenes de composición química y gráficos de diagnóstico (parámetros instrumentales), lo que permite un análisis e interpretación más profundos, incluyendo el análisis de datos de alta resolución con PIKA (también a través de IGOR Pro).

En un instrumento cuadrupolo PTR-MS, el procesamiento de datos comienza con la medición de la cantidad de iones presentes en diferentes relaciones m/z . Estas señales iónicas sin procesar se visualizan y procesan primero con PTR-MS Viewer, el software de Ionicon. La corrección de la deriva y los cambios en el fondo se realiza normalizando al ion hidronio específico (H_3O^+) o restando las señales instrumentales de fondo utilizando el gas aire cero. Una vez realizado este procesamiento inicial, los datos se pueden exportar a MATLAB para un análisis e interpretación más avanzados.

7.4 MODELADO DE DATOS

Consulte el Plan de Gestión de Datos de Aclima (Apéndice X) para obtener más información sobre el enfoque de modelado de datos para SMMI. El equipo de PML de UCR/BU/UH trabajará en colaboración con Aclima y los demás equipos del Laboratorio Móvil Asociado para seguir un enfoque coherente para el análisis y la presentación de los datos. El enfoque general para el análisis y la visualización de datos se describe en el Plan de Gestión de Datos de Aclima (Apéndice X).

7.5 ALMACENAMIENTO DE DATOS

Los datos sin procesar se almacenan en sistemas locales de adquisición de datos o en el almacenamiento interno del instrumento, generalmente como archivos de texto ASCII delimitados. Tras cada misión de conducción, se realiza una copia de seguridad de estos datos en unidades externas, normalmente al menos dos. Se ejecuta un archivo por lotes (RoboCopy) desde una computadora central dentro del PML para transferir datos desde la mayoría de los sistemas a las unidades externas. Algunos sistemas de instrumentos pueden no ser compatibles con el uso compartido de archivos de la red local o con los permisos de archivos por lotes, por lo que se realizan copias de seguridad manualmente en las unidades externas. Si el tiempo y los recursos lo permiten, se instalará un sistema de almacenamiento de red local en el PML y se realizarán copias de seguridad de los archivos disponibles casi en tiempo real utilizando el software propietario del sistema, rsync o un software similar.

Los datos de las unidades externas se respaldarán en los sistemas de almacenamiento en red de la universidad durante la noche después de cada misión. Las carpetas de datos se compartirán internamente con los equipos de PML de la UCR/BU/UH mediante una conexión segura para su descarga, inspección y procesamiento preliminar.

En el caso del sistema de almacenamiento en red de la UH, también se realiza una copia de seguridad en un sistema paralelo ubicado en Austin, Texas, en la Universidad de St. Edward. Mediante estos procesos de copia de seguridad, los datos se conservan 1) en el sistema de datos original, 2) en un par de unidades externas, 3) en el almacenamiento en red de la universidad y 4) en un sistema de almacenamiento en frío externo, lo que generalmente resulta en cinco copias paralelas.

7.6 REVISIÓN DE DATOS Y GARANTÍA DE CALIDAD

En las secciones anteriores de este documento se detalla con más detalle el enfoque de aseguramiento de la calidad. La herramienta principal para la revisión de datos es la inspección visual realizada por personal capacitado, que incluye la respuesta a las calibraciones. Se

utilizarán herramientas de análisis adicionales, como el cálculo de las relaciones $\text{NO}_x:\text{NO}_y$, la inspección de la respuesta del O_3 a las columnas de NO y otras evaluaciones fisicoquímicas representativas.

7.6.1 Revisiones de datos

En caso de que se requiera una revisión de datos tras la entrega de los datos finales de Nivel 1, los archivos actualizados se identificarán con la fecha de revisión en el nombre del archivo y se incluirá un archivo de metadatos que describe la revisión. El archivo o el enlace de descarga se compartirá con el responsable del proyecto Aclima para que pueda notificar a los usuarios finales.

7.7 TRANSFERENCIA DE DATOS

Los datos de Nivel 1 se compilarán en archivos de datos según el esquema definido por Aclima (véase el Apéndice X.x) y se entregarán al mismo contenedor GCS compartido con CARB. La entrega de datos se realizará mensualmente con un retraso de tres meses desde su recopilación.

Los datos brutos (Nivel 0) pueden compartirse con CARB si se solicita y se entregarán directamente. Los formatos de los archivos de datos suelen identificar el nombre del proyecto, la plataforma del instrumento, la especie o el grupo de mediciones (p. ej., gases traza, meteorología y GPS, COV, etc.) y la fecha de revisión. Un encabezado dentro de los archivos de datos identificará el parámetro medido, las unidades de medida y los tiempos de promediación. La mayoría de los datos se almacenarán en formato de texto ASCII delimitado; sin embargo, algunos datos, como los gráficos de retrodispersión de aerosoles y de gradiente de retrodispersión, se almacenarán como imágenes gráficas. Se espera que el tamaño final de los archivos de datos sea de decenas a cientos de megabytes por día, dependiendo de los parámetros. Los datos se conservarán en los archivos de la universidad durante un mínimo de tres años tras la finalización del proyecto.

8. INFORMES

8.1. ENTREGABLES

Los entregables de este proyecto incluirán una descripción de los informes específicos que se presentarán y sus fechas de vencimiento se detallan a continuación.

Datos preliminares: Los datos preliminares se entregarán a Aclima según un cronograma que puede ser diario, semanal, quincenal o mensual y se determinará mediante discusiones entre los

equipos de campo y Aclima y en función de las necesidades del proyecto, los requisitos de procesamiento de datos y las cargas de trabajo.

Fecha límite de entrega de datos preliminares:A más tardar a finales de febrero de 2026

Datos finales:Los datos finales adecuados para su análisis y publicación se entregarán a Aclima y CARB al menos una vez al mes, con un retraso no mayor a tres meses.

Fecha límite de entrega de datos finales:Antes de finalizar el contrato.

Productos derivados interpretables:El equipo MAQL3 colaborará con Aclima y otros socios de laboratorio móvil para definir y crear productos de datos adecuados para la visualización y comunicación a las partes interesadas públicas.

Fecha límite de entrega de datos finales:30 de abril de 2026

8.2. PRODUCTO FINAL

El equipo de PML del SMMI de la UCR/UH/BU colaborará con Aclima para elaborar el Informe Técnico Final, que ofrecerá una visión general completa de las actividades realizadas durante el proyecto. El Informe Final destacará las principales actividades y hallazgos clave, incluyendo la Auditoría de Calidad de Datos, proporcionará un análisis preliminar, describirá los problemas detectados y las acciones correctivas correspondientes, y detallará estadísticas relevantes, incluyendo la integridad, exactitud y precisión de los datos.

9. REFERENCIAS

- Allan, J. D., et al. (2003), Muestreo cuantitativo utilizando un espectrómetro de masas de aerosoles Aerodyne - 2. Mediciones de la composición química de partículas finas en dos ciudades del Reino Unido. *Revista de investigación geofísica-Atmósferas*, 108(D3), doi:10.1029/2002JD002359.
- Anderson, D. C., J. Pavelec, C. Daube, S. C. Herndon, W. B. Knighton, B. M. Lerner, J. R. Roscioli, T. I. Yacovitch y E. C. Wood (2019), Caracterización de la producción de ozono en San Antonio, Texas, utilizando mediciones de radicales peróxido totales. *Atmósfera. Química. Física.*, 19(5), 2845-2860, doi:10.5194/acp-19-2845-2019
- Claflin, M. S., Pagonis, D., Finewax, Z., Handschy, A. V., Day, D. A., Brown, W. L., Jayne, J. T., Worsnop, D. R., Jimenez, J. L., Ziemann, P. J., de Gouw, J., y Lerner, B. M.: Un cromatógrafo de gases in situ con detector automático que alterna entre PTR y EI-TOF-MS: mediciones con resolución isomérica del aire interior, *Atmos. Meas. Tech.*, 14, 133–152, <https://doi.org/10.5194/amt-14-133-2021>, 2021.
- DeCarlo, P. F., Kimmel, J. R., Trimborn, A., Northway, M. J., Jayne, J. T., Aiken, A. C., Gonin, M., Fuhrer, K., Horvath, T., Docherty, K. S., Worsnop, D. R., y Jimenez, J. L. (2006). Espectrómetro de masas de aerosoles de tiempo de vuelo, de alta resolución y desplegable sobre el terreno. *Química analítica*, 78(24), 8281–8289. <https://doi.org/10.1021/ac061249n>
- de Gouw, J. A., y Warneke, C. (2007). Mediciones de compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera terrestre mediante espectrometría de masas por transferencia de protones. *Mass Spectrometry Reviews*, 26(2), 223–257.
- DOE, 2020. Experimento de seguimiento de interacciones de convección de aerosoles (TRACER), DOE ARM, <https://www.arm.gov/research/campaigns/amf2021tracer> Septiembre de 2020.
- Herbert J. Tobias, Peter M. Kooiman, Kenneth S. Docherty y Paul J. Ziemann (2000) Análisis químico en tiempo real de aerosoles orgánicos mediante un espectrómetro de masas de haz de partículas con desorción térmica, *Aerosol Science & Technology*, 33:1-2, 170-190, DOI: 10.1080/027868200410912
- Jayne, J. T., D. C. Leard, X. F. Zhang, P. Davidovits, K. A. Smith, C. E. Kolb y D. R. Worsnop (2000), Desarrollo de un espectrómetro de masas de aerosol para el análisis de tamaño y composición de partículas submicrónicas, *Ciencia y tecnología de los aerosoles*, 33(1-2), 49-70, doi:10.1080/027868200410840

- Jiménez, J. L., et al. (2003), Muestreo de aerosoles ambientales utilizando el espectrómetro de masas de aerosoles Aerodyne, *Revista de investigación geofísica*, 108(D7), 8425
doi:8410.1029/2001JD001213, doi:10.1029/2001JD001213.
- Krechmer, J., et al. (2018), Evaluación de una nueva fuente de iones reactivos y un reactor de enfoque de iones-moléculas para su uso en espectrometría de masas de reacción de transferencia de protones, *Anal. Chem.*, 90(20), 12011-12018,
doi:10.1021/acs.analchem.8b02641.
- Leong, Y. J., Sanchez, N. P., Wallace, H. W., Flynn, J. H., Lefer, B. L. y Griffin, R. J. (2017). Resumen de las mediciones superficiales y la caracterización espacial de partículas submicrométricas durante la campaña DISCOVER-AQ 2013 en Houston. *Revista de la Asociación de Gestión del Aire y los Residuos*, 67(8), 854–872. <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1296502>
- NASA, 2020. Seguimiento de experimentos de interacciones de convección de aerosoles - Calidad del aire (TRACER-AQ), NASA ToINET,
<https://www-air.larc.nasa.gov/missions/tracer-aq/index.html>, septiembre de 2020.
- NASA, 2021. Plan científico TRACER-AQ,
https://www-air.larc.nasa.gov/missions/tracer-aq/docs/TRACERAQ_SciencePlan_v1.pdf, enero de 2021.
- Shrestha, S., Yoon, S., Erickson, M. H., Guo, F., Mehra, M., Bui, A. A. T., Schulze, B. C., Kotsakis, A., Daube, C., Herndon, S. C., Yacovitch, T. I., Alvarez, S., Flynn, J. H., Griffin, R. J., Cobb, G. P., Usenko, S. y Sheesley, R. J.: El tráfico, el transporte y la vegetación impulsan las concentraciones de COV en una importante área urbana de Texas, *Sci. Total Environ.*, 838, 155861, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155861>, 2022.
- Wallace, H. W., Sanchez, N. P., Flynn, J. H., Erickson, M. H., Lefer, B. L. y Griffin, R. J. (2018). Distribución de partículas y gases traza en la fuente cerca de una importante refinería en las proximidades del Canal de Navegación de Houston. *Atmos. Environ.*, 173, 16–29.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.10.049>
- Zhang, Q.; Alfarra, M. R.; Worsnop, D. R.; Allan, J. D.; Coe, H.; Canagaratna, M. R.; Jiménez, J. L. *Medio Ambiente. Ciencia. Tecnología.* 2005, 39, 4938–4952, ; doi: 4910.1021/es0485681. DOI: 10.1021/es0485681

Plan de Monitoreo del Aire de la Comunidad: Apéndice G

Iniciativa de monitoreo móvil a nivel estatal