

PLAN DEL PROYECTO DE GARANTÍA DE CALIDAD DE SUNCOR ENERGY (USA) EN COMMERCE CITY PARA EL PROGRAMA DE MONITOREO DEL AIRE AMBIENTAL EN COMMERCE CITY, COLORADO

Preparado para:

Suncor Energy (U.S.A.) Inc.
5801 Brighton Blvd
Commerce City, CO 80022

Preparado por:

Montrose Air Quality Services, LLC
990 W 43rd Ave
Denver, CO 80204

Documento número: **017ET-008224-PP-3-R1**
Fecha de envío: **9 de agosto de 2021**
Fecha de revisión: **22 de febrero de 2022**



REGISTRO DE REVISIONES DE DOCUMENTOS

Date	Documento número	Description	Author
8/9/21	017ET-008224-PP-3	Documento original publicado	A. Heitmann
2/24/22	017ET-008224-PP-3-R1	Se agregó la ubicación de CM9 en la Tabla 1-2, se actualizó el RMSE correcto en la Tabla 3-10	B. Lawlor

INDICE

<u>SECCION</u>	<u>PAGINA</u>
1.0 OBJETIVOS Y RESUMEN DEL PROGRAMA DE PRUEBAS	5
1.1 CONTEXTO	5
1.2 GENERAL	5
1.3 CONTACTOS DEL PROYECTO	5
1.3.2 Personal	5
1.3.2 Responsabilidades	6
2.0 DESCRIPCION DEL EQUIPO	8
2.1 Lunar Outpost Canary-s	8
2.2 Bote para muestro de COV	9
2.3 AQMesh Pod	8
2.4 AeroQual AQM 65	10
2.5 PLATAFORMA DE DATOS	11
3.0 GARANTIA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD	132
3.1 LIMITACIONES E INTERFERENCIAS CONOCIDAS	132
3.2 PROCEDIMIENTOS DE IMPLEMENTACION	14
3.2.1 Registro de implementación y de mantenimiento de los sensores	143
3.2.2 Calibración del gas de los detectores de fotoionización (PID) del Canary-S	143
3.2.3 AQMesh Pod: Criterios de contaminante y calibración de gas H ₂ S	15
3.2.4 Validación del gas en AQM 65	15
3.2.5 Determinación de la dirección del viento	16
3.2.6 Estudio de coubicación	176
3.2.7 Estudio de coubicación de FEM	198
3.3 SEGUIMIENTO DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD	20
3.3.1 Alertas en la plataforma de datos	20
3.3.2 Comprobaciones diarias de garantía de calidad	19
3.3.3 Comprobaciones mensuales de garantía de calidad: Canary-S y AQMesh	21
3.3.4 Comprobaciones y calibración de garantía de calidad de AQM	243
3.3.5 Programa de reemplazo del sensor	265
4.0 REPORTES	265
APENDICE A Especificaciones del Lunar Outpost Canary-S	276
APENDICE B Especificaciones del AQMesh Pod	287
APENDICE C Especificaciones del Aeroqual AQM65	298
APENDICE D Ejemplo del reporte matutino del sistema	309

<u>SECCION</u>	<u>PAGINA</u>
LISTA DE TABLAS	
TABLA 1-1 RESUMEN DEL EQUIPO	4
TABLA 1-2 RESUMEN DE DESPLIEGUE INICIAL	5
TABLA 1-3 PERSONAL DEL PROYECTO	6
TABLA 1-4 RESPONSABILIDADES DEL PERSONAL	7
TABLA 2-1 Especificaciones del Canary-S	7
TABLA 2-2 Especificaciones AQMesh Pod	8
TABLA 2-3 Especificaciones AQM 65	9
TABLA 3-1 CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DE GAS PID	143
TABLA 3-2 CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DE GAS CO	154
TABLA 3-3 CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DE GAS NO	154
TABLA 3-4 CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DE GAS NO ₂	154
TABLA 3-5 CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DE GAS H ₂ S	165
TABLA 3-6 CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DE GAS SO ₂	165
TABLA 3-7 CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DE GAS AQM 65	176
TABLA 3-8 CRITERIOS MÍNIMOS DE CO-UBICACIÓN CERCANA A FEM	187
TABLA 3-9 CRITERIOS MÍNIMOS DE CO-UBICACIÓN CERCANA A FEM	187
TABLA 3-10 RESULTADOS COUBICACION WELBY VS AQM 65	18
TABLA 3-11 CRITERIOS DE ALERTA DE PLATAFORMA	19
TABLA 3-12 CRITERIOS MÍNIMOS DE DESPLIEGUE	19
TABLA 3-13 CRITERIOS DE REVISIÓN DE MONTROSE	210
TABLA 3-14 CÓDIGOS DE GARANTÍA DE CALIDAD AUTOMATIZADOS AQMESH	23
TABLA 3-15 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE AEROQUAL AQM65	254
LISTA DE IMAGENES	
IMAGEN 2.1 CAPTURA DE PANTALLA DEL TABLERO DE AIRSENSE	12
IMAGEN 2.2 CAPTURA DE PANTALLA DEL TABLERO PUBLICO	12
IMAGEN 3.1 SISTEMA DE CALIBRACIÓN INTERNA AQM 65	176

1.0 OBJETIVOS Y RESUMEN DEL PROGRAMA DE PRUEBAS

1.1 CONTEXTO

Suncor Energy (U.S.A.) Inc. (Suncor) ha planeado instalar una red de monitoreo de la calidad del aire (AQ, en inglés) alrededor de sus instalaciones de operación y en las comunidades locales para proporcionar datos AQ en tiempo real. Montrose Air Quality Services, LLC ha sido seleccionada para implementar, mantener y operar la red de monitoreo de AQ en nombre de Suncor. La red de monitoreo del aire ambiente utilizará tecnología de sensores de contaminación del aire de vanguardia, remodelada con capacidades de energía solar, almacenamiento de baterías y conectividad de datos. La red también incluirá estaciones de monitoreo que se consideran instrumentos del "método equivalente casi federal" (casi FEM); estos instrumentos se utilizarán para mejorar la precisión de los sensores. La red incluirá 10 ubicaciones de monitoreo separadas con datos de medición transmitidos a un tablero de la plataforma. El tablero mostrará datos casi en tiempo real y alertas recientes.

1.2 GENERAL

Los procedimientos descritos en este documento cubren los procedimientos de garantía de calidad que se utilizarán en el despliegue, las operaciones y el mantenimiento de los sensores. Los sensores y muestreadores que se emplearán durante el proyecto son Lunar Outpost Canary-S, AQMesh Pod, Aeroqual AQM65 y la recolección automatizada de recipientes de VOC. También se llevará a cabo un seguimiento meteorológico en todos los lugares. En el Apéndice A se puede encontrar una hoja de especificaciones de los sensores. Como parte de este programa, una plataforma de datos AQ, desarrollada por la empresa externa SensibleIoT, administra, controla la calidad e informa los datos del sensor. La siguiente tabla detalla los equipos que se desplegarán y sus respectivos contaminantes y parámetros medidos:

**TABLA 1-1
RESUMEN DEL EQUIPO**

Modelo del Equipo	Contaminador/Parámetro
Canary-S	VOC total (TVOC), PM _{2.5} , temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad y dirección del viento
AQMesh Pod	SO ₂ , CO, NO, NO ₂ , H ₂ S
AQM65	TVOC, SO ₂ , CO, NO, NO ₂ , H ₂ S, PM _{2.5} , temperatura ambiente y humedad relativa.
Botes Summa	VOC especiados

En la Tabla 1-2 a continuación, se describe una lista de ubicaciones seleccionadas para la implementación inicial. La implementación se completó el 3 de agosto de 2021.

**TABLA 1-2
RESUMEN DE DESPLIEGUE INICIAL**

Ubicación	Sitio	Dirección	Latitud/Longitud	Equipo
Sitio de monitoreo comunitario 1	Rose Hill Elementary	6900 E 58th Ave, Commerce City, CO 80022	39.80164, -104.90882	Canary-S y AQMesh
Sitio de monitoreo comunitario 2	Suncor – Refinery Business Center	5801 Brighton Blvd, Commerce City, CO 80022	39.79599, -104.95603	AQM65, Canary-S y AQMesh
Sitio de monitoreo comunitario 3	Adams City High School	7200 Quebec Pkwy, Commerce City, CO 80022	39.82736, -104.90193	Canary-S y AQMesh
Sitio de monitoreo comunitario 4	Adams City Middle School	4451 E 72nd Ave, Commerce City, CO 80022	39.82893, -104.93499	Canary-S y AQMesh
Sitio de monitoreo comunitario 5	Central Elementary School	6450 Holly St, Commerce City, CO 80022	39.81457, -104.91928	Canary-S y AQMesh
Sitio de monitoreo comunitario 6	Focus Point Family Resource Center	2501 E. 48th Ave. Denver, CO, 80216	39.78436, -104.95663	AQM65, Canary-S y AQMesh
Sitio de monitoreo comunitario 7	Kearney Middle School	6160 Kearney St, Commerce City, CO 80022	39.80888, -104.91545	AQM65, Canary-S y AQMesh
Sitio de monitoreo comunitario 8	Suncor-Monroe St Property	6599-6401 Monroe St, Commerce City, CO 80022	39.8156, -104.94503	Canary-S y AQMesh
Sitio de Monitoreo Comunitario 9	48 th and Race	East 48 th Ave. & Race St., Denver	39.78455, -104.96264	Canary-S y AQMesh
Sitio de Monitoreo Comunitario 10	Se anunciará	Se anunciará	Se anunciará	Canary-S y AQMesh

1.3 CONTACTOS DEL PROYECTO

1.3.2 Personal

A continuación, se incluye una lista de participantes del proyecto en la Tabla 1-3:

**TABLA 1-3
PERSONAL DEL PROYECTO**

Montrose Air Quality Services, LLC

Contacto del Proyecto:	Austin Heitmann	Patrick Clark, PE, QSTI
Título:	Gerente del Proyecto	VP Ambiente y Tecn. Emergentes
Dirección:	990 W. 43 rd Ave. Denver, CO 80211	990 W. 43 rd Ave. Denver, CO 80211
Teléfono:	303-670-0530	303-670-0530
Email:	ahaitmann@montrose-env.com	pclark@montrose-env.com

Suncor Energy (U.S.A.) Inc.

Contacto técnico principal (Suncor) para el proyecto:	Rob Mennillo
Título:	Asesor medioambientalista principal
Dirección:	5801 Brighton Blvd, Commerce City, CO 80022
Email:	rmennillo@suncor.com

Laboratorio

Laboratorio:	Enthalpy Analytical
Ciudad, Estado:	Durham, North Carolina

Plataforma de datos

Compañía:	Sensible IOT
Contacto:	Matt Beach
Teléfono:	805-233-2298
Email:	matt@sensibleiot.com

1.3.2 Responsabilidades

La Tabla 1-4 a continuación detalla las funciones y responsabilidades del equipo del proyecto.

**TABLA 1-4
RESPONSABILIDADES DEL PERSONAL**

Persona/Compañía	Responsabilidad principal
Montrose	Operador de proyecto, implementación de sensores, operaciones de sensores, mantenimiento de sensores y garantía de calidad/control de calidad
Rob Mennillo	Líder técnico del proyecto Suncor
Lunar Outpost	Fabricante de sensores
AQMesh	Fabricante de sensores
Aeroqual	Fabricante de equipo Equivalente a Método Federal
Enthalpy	Laboratorio externo
SensibleIOT	Desarrollo de plataforma de datos y operaciones de plataforma en curso

2.0 DESCRIPCION DEL EQUIPO

2.1 LUNAR OUTPOST CANARY-S

El Canary-S es un sistema de monitoreo de la calidad del aire alimentado por energía solar fabricado por Lunar Outpost, una empresa de Colorado. Está equipado con una variedad de sensores, comunicación celular y se alimenta a través de un panel solar y una batería. Se pueden implementar una multitud de unidades para crear una red de datos localizados en tiempo real que se centren en la calidad del aire y las mediciones meteorológicas. Los sensores contenidos en las unidades son capaces de medir TVOC y PM_{2.5}. Las unidades también medirán la temperatura ambiente, la presión barométrica, la humedad relativa, la velocidad y la dirección del viento. El principio de funcionamiento de Canary-S se describe en la Tabla 2-1 y proporciona una frecuencia de muestreo de un (1) minuto. Una hoja de datos completa que resume las especificaciones del Canary-S se puede encontrar en el Apéndice A de este Plan de Proyecto de Garantía de Calidad (QAPP).

**TABLA 2-1
Especificaciones del Canary-S**

Contaminante del aire / Categoría de parámetro	Principio de operación	Límite mínimo de detección ¹	Límite mínimo de detección ²
COV total	Detector de fotoionización	10 ppb	40 ppm o 3 ppm
PM_{2.5}	Dispersión láser	1 ug/m ³	1000 ug/m ³
Dirección del viento	Anemómetro sónico	N/A	N/A
Velocidad del viento	Anemómetro sónico	N/A	N/A
Humedad relativa	Estado sólido	N/A	N/A
Presión barométrica	Estado sólido	N/A	N/A
La temperatura	Estado sólido	N/A	N/A

¹ Esta información fue proporcionada por la hoja de especificaciones del fabricante

2.2 BOTE (RECIPIENTE) PARA MUESTREO DE COV

Se utilizará el Método TO-15 de la EPA (Agencia de Protección Ambiental) para recolectar y analizar todas las muestras de recipientes Summa. Los recipientes de muestreo se proporcionarán previamente limpiados y certificados por lotes por Enthalpy Analytical (Enthalpy), un laboratorio acreditado por NELAC. El muestreo del recipiente se realizará utilizando un muestreador de recipiente pasivo Silonite™ CS1200E de Entech Instruments o equivalente.

El sistema Canary-S es capaz de integrar un sistema de activación de recipiente de acero inoxidable pasivado que abrirá automáticamente la válvula del recipiente para recolectar una muestra de recipiente integrada de tiempo predeterminado (1 hora) basada en umbrales de TVOC preestablecidos. Se colocará un orificio crítico de tamaño adecuado en la entrada del recipiente para garantizar que la muestra se recolecte durante un período de tiempo predeterminado. Un vacuómetro electrónico está integrado en la válvula del recipiente para garantizar la integridad de la muestra. La presión del manómetro de vacío para cada sistema se incluirá en la carga útil del sensor a la plataforma de datos y se puede monitorear continuamente para garantizar que el medio de muestra siga siendo válido. Si el medio de muestra se ve comprometido, se enviará una alerta automática al personal designado de Montrose y Suncor para que reemplacen el recipiente. Por lo general, el recipiente puede mantener un vacío que no compromete la integridad de la muestra durante 3 meses, aunque esto puede variar de una unidad a otra.

2.3 AQMESH POD

El AQMesh Pod es un sistema de monitoreo de la calidad del aire alimentado por energía solar fabricado por AQMesh, una empresa del Reino Unido. Está equipado con una variedad de sensores, comunicación celular y se alimenta a través de un panel solar y una batería. Se pueden implementar una multitud de unidades para crear una red de datos localizados en tiempo real que se centren en la calidad del aire y las mediciones meteorológicas. Los sensores contenidos en las unidades son capaces de medir SO₂, CO, NO, NO₂ y H₂S. El principio de funcionamiento de AQMesh Pod se describe en la Tabla 2-2 y proporciona una frecuencia de muestreo de cinco (5) minutos. Se puede encontrar una hoja de datos completa que resume las especificaciones del AQMesh Pod en el Apéndice B de este Plan de Proyecto de Garantía de Calidad (QAPP).

TABLA 2-2
Especificaciones del AQMesh Pod

Contaminante del aire / Categoría de parámetro	Principio de operación	Límite mínimo de detección ²	Límite mínimo de detección ²
SO ₂	Sensor electroquímico	5 ppb	100 ppm
CO	Sensor electroquímico	50 ppb	1000 ppm
NO	Sensor electroquímico	1 ppb	20 ppm
NO ₂	Sensor electroquímico	1 ppb	20 ppm

² Esta información fue proporcionada por la hoja de especificaciones del fabricante

H₂S	Sensor electroquímico	1 ppb	100 ppm
-----------------------	-----------------------	-------	---------

2.4 AEROQUAL AQM 65

El “AQM 65” es un monitor de calidad del aire alimentado por tierra o por energía solar / batería fabricado por Aeroqual, una empresa de Nueva Zelanda. El AQM 65 es una estación de monitoreo del aire totalmente integrada que ofrece niveles de rendimiento cercanos a los de referencia. Las unidades se configurarán para medir los siguientes parámetros:

TABLA 2-3
Especificaciones del AQM 65

Contaminante del aire / Categoría de parámetro	Principio de operación	Límite mínimo de detección³	Límite mínimo de detección²
VOC total	Detector de fotoionización	50 ppb	30 ppm
SO₂	Sensor electroquímico	9 ppb	10 ppm
CO	Sensor electroquímico	50 ppb	25 ppm
NO	Sensor semiconductor	3 ppb	500 ppb
NO₂	Sensor electroquímico	3 ppb	500 ppb
H₂S	Sensor electroquímico	12 ppb	10 ppm
PM_{2.5}	Dispersión láser	1 ug/m ³	1000 ug/m ³
Temperatura	Varios	N/A	N/A
Humedad relativa	Varios	N/A	N/A

El AQM 65 ofrece criterios de medición de contaminantes a concentraciones similares a las de una estación de monitoreo tradicional. El AQM 65 viene con un sistema de calibración totalmente integrado que permite la programación automática de comprobaciones de validación utilizando dos cilindros de gas. Las validaciones automáticas son una pieza clave para mejorar la calidad de los datos en comparación con los instrumentos de menor costo. El sistema se pone a cero automáticamente con el depurador de aire cero incorporado todas las noches para PM_{2.5} y cada minuto para compuestos gaseosos para mitigar los problemas de deriva que estos sensores suelen experimentar.

El AQM 65 contiene diferentes módulos de sensor que fueron diseñados específicamente en base a las fortalezas y debilidades del sensor seleccionado. Un módulo de sensor puede incorporar orificios de control de flujo, solenoides, depuradores, equalizador de humedad y componentes electrónicos adicionales para tener en cuenta la deriva del sensor, el ruido, la humedad y la interferencia cruzada. La temperatura del sistema se controla y se mantiene a 30

³ Esta información fue proporcionada por la hoja de especificaciones del fabricante

° C +/- 0,2 ° C para eliminar cualquier sensibilidad a la temperatura que muestran los sensores típicos. El muestreo activo comienza con la entrada de acero inoxidable en la parte superior del gabinete. La entrada está revestida con un material inerte que garantiza que no se pierda ningún contaminante objetivo. Desde allí, el aire de muestra pasa a través de un filtro de PTFE que elimina las partículas, protege los sensores y prolonga su vida útil. Un colector de muestreo suministra aire a cada módulo de forma independiente. El aire es aspirado continuamente por una bomba de CC sin escobillas. Esta bomba trabaja junto con el orificio de control de flujo en cada módulo para entregar un flujo de aire preciso al sensor. Conocer el caudal exacto permite un mayor grado de confianza en la medición. El gas de escape se libera bastante lejos de la entrada para garantizar que no se produzca ningún impacto en la muestra de entrada. El AQM 65 está diseñado para luego calibrarse en el campo para minimizar el tiempo de inactividad del sistema y ajustarse a cualquier degradación del sensor. El folleto del analizador se puede encontrar en el Apéndice B.

2.5 PLATAFORMA DE DATOS

La plataforma de gestión de datos AirSense, desarrollada por SensibleIoT, maneja los datos tradicionales de monitoreo del aire y los datos del sensor de aire. El sistema AirSense es un sistema basado en la nube que ingiere datos, realiza un control de calidad y calibra los datos del sensor de aire. AirSense maneja datos de 1 segundo (fijos o móviles), cualquier contaminante o parámetro, y ofrece una navegación intuitiva para ver y mostrar datos para aplicaciones públicas y técnicas.

Para el personal del programa en Suncor y Montrose, el panel de Air Sense proporciona un resumen del estado operativo de la red. Esta plataforma de datos backend proporciona funciones que no están disponibles en el sitio de la comunidad. Este sitio de backend (es decir, no accesible por el usuario) le da a Montrose acceso a funciones adicionales que el personal de Suncor y el público no podrán, como la configuración de instrumentos y sensores, funciones de calibración y corrección de datos e invalidación de datos. Las imágenes 2.2 y 2.3 proporcionan una captura de pantalla del backend y el panel de la comunidad, respectivamente. Para cada ubicación, AirSense proporciona una pantalla que muestra lecturas casi en tiempo real y un mapa de la ubicación del monitor.

IMAGEN 2.1
CAPTURA DE PANTALLA DEL TABLERO DE AIRSENSE

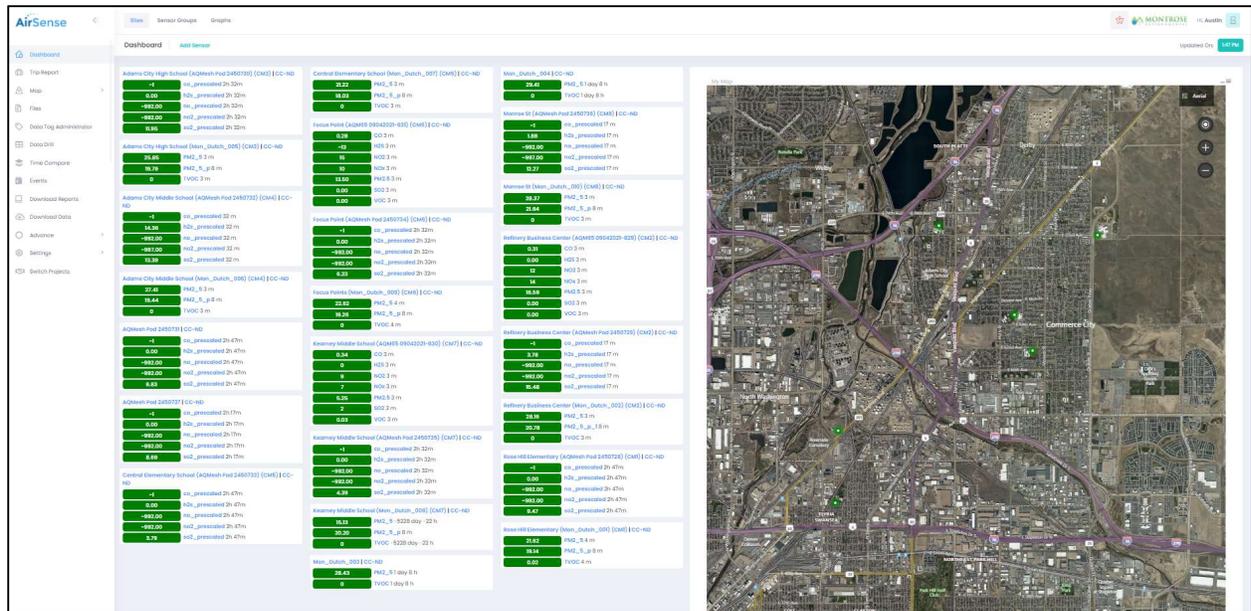
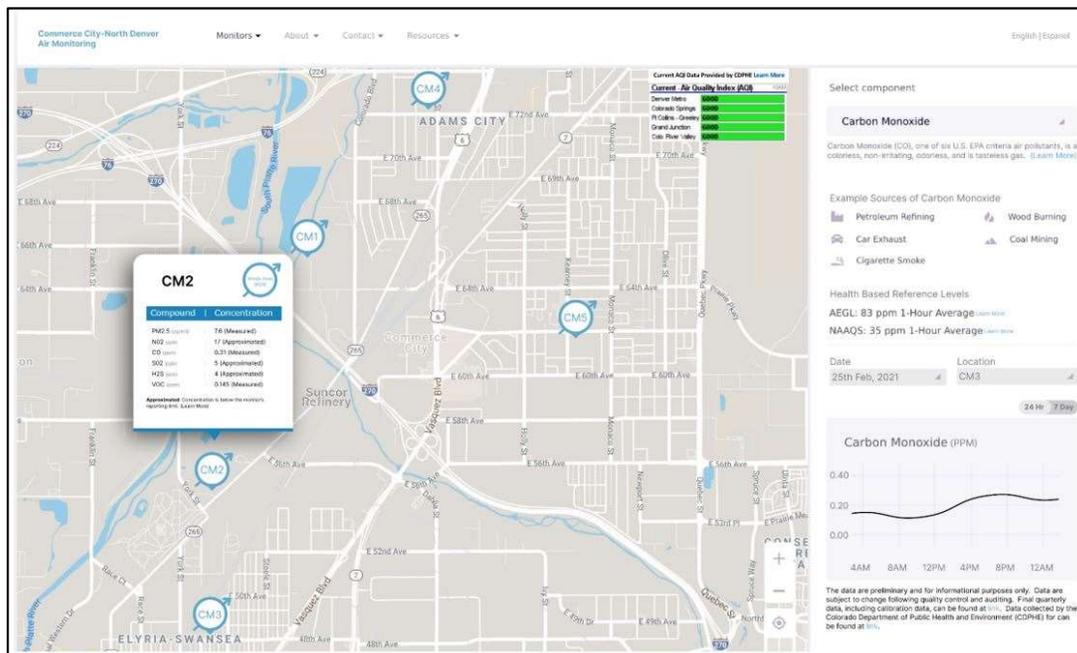


FIGURA 2.2
CAPTURA DE PANTALLA DEL TABLERO PUBLICO



3.0 GARANTIA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

3.1 LIMITACIONES E INTERFERENCIAS CONOCIDAS

Montrose planea integrar tres (3) de las estaciones de muestreo AQM 65 en la red. Estas estaciones se colocarían junto con una (1) de las estaciones de muestreo ambiental Canary-S y AQMesh. Esta colocación permitirá una regresión multivariable entre las unidades AQM 65 y Canary-S. Luego, esta regresión se puede aplicar a todos los monitores de la red y, al hacerlo, proporcionará una mayor calidad de datos en toda la red de monitoreo. Esta colocación también permitirá que se aplique un factor de corrección de escala entre el AQM65 y el AQMesh Pod. Esta corrección de escala también se aplicará a todos los monitores de la red para proporcionar datos más precisos si se considera necesario.

Se sabe que la temperatura y la humedad relativa afectan los sensores electroquímicos que se utilizan y podrían influir en la calidad de los datos. Los monitores AQMesh recopilan datos de temperatura del sensor y humedad relativa ambiental y corrigen estas interferencias mediante algoritmos que se desarrollaron durante comparaciones globales extensas con datos de referencia.

Además, algunos de los sensores que se utilizan para compuestos específicos que se están monitoreando en este programa tienen una sensibilidad cruzada conocida con otros compuestos. Algunas sensibilidades cruzadas significativas incluyen el ozono que causa una respuesta en el sensor de NO₂; este programa mitiga este problema mediante el uso de un filtro de ozono en la parte frontal del sensor de NO₂. Del mismo modo, el sensor de SO₂ puede tener una respuesta provocada por la presencia de H₂S. Nuevamente, el sensor de SO₂ tiene un filtro incorporado para mitigar la interferencia de H₂S. El sensor de SO₂ tiene interferencia adicional de NO₂. Los algoritmos de procesamiento de datos de AQMesh incorporan cualquier corrección de datos para estas interferencias.

También se sabe que sensores como Canary-S y AQMesh Pod producen datos que son más ruidosos que los equipos de monitoreo de aire ambiental de calidad del método de referencia tradicional. Para mitigar este problema, el sistema de gestión de datos AirSense promediará los datos durante 1 hora para mejorar la relación señal-ruido de las lecturas del instrumento.

Las unidades AQM 65 mitigan muchos de estos problemas mediante el diseño de módulos de sensores adicionales. Los problemas típicos de temperatura y humedad se mitigan manteniendo la temperatura de los módulos de sensores a 30 ° C +/- 0,2 ° C y ecualizadores de humedad o secadores. Cada módulo de sensor individual está diseñado específicamente para las debilidades del sensor en sí. Por ejemplo, el módulo SO₂ incluye el sensor más: un orificio de control de flujo, solenoide, depuradores de componentes, ecualizador de humedad y electrónica. Estos componentes adicionales compensan la desviación del sensor, el ruido, la humedad y la interferencia cruzada, y reducen en gran medida el límite mínimo de detección en condiciones del mundo real. El depurador funciona analizando la muestra de gas en busca de SO₂, lo que proporcionará una respuesta dictada por el SO₂ y cualquier interferencia presente. Luego, la muestra se pasa por un lavador selectivo que solo elimina el SO₂ del gas de muestra, la diferencia entre la lectura de SO₂ antes y después del lavador se informa como la concentración real de SO₂.

3.2 PROCEDIMIENTOS DE IMPLEMENTACION

Se seguirán los siguientes procedimientos antes de implementar los sensores en ubicaciones de monitoreo. Cualquier sensor que no cumpla con todos los requisitos descritos a continuación será devuelto a las instalaciones de Montrose y un técnico intentará resolver el problema bajo la guía del fabricante. Si Montrose no puede resolver el problema, el instrumento se devolverá al fabricante.

3.2.1 Registro de implementación y de mantenimiento de los sensores

Una vez completadas las comprobaciones previas a la entrega de los sensores, Montrose recibirá los sensores y se iniciará un registro de implementación / mantenimiento de los sensores. El registro se almacenará en el servidor de Montrose al que solo puede acceder el personal de Montrose y contendrá la siguiente información mínima:

- Número de serie del sensor
- Número de modelo del sensor
- Identificación del lote del sensor
- Clave AirSense
- Resultados de los procedimientos de verificación de la calibración inicial del sensor
- Lugar de implementación, fecha y hora
- Horario del reemplazo del sensor
- Historial de notas, problemas y procedimientos de mantenimiento organizados por fecha

3.2.2 Calibración del gas de los detectores de fotoionización (PID) del Canary-S

Se realizará una calibración en todos los sensores TVOC Canary-S durante el esfuerzo de implementación inicial utilizando cilindros certificados con aire cero, 1 ppm y 2 ppm de isobutileno. Estos valores de gas se eligieron en función de las concentraciones ambientales esperadas. Se instala una campana de gas sobre la parte superior del sensor PID y el gas fluye a aproximadamente 0,5 L / min a través de la parte de detección de la cara del PID.

TABLA 3-1
CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DE GAS PID

Entrada de concentración de gas PID	Criterios mínimos ⁴
Precisión 3 ppm	$ 3 * \text{Desviación normal} \leq 50$ ppb
Aire cero	$\pm 10\%$ del valor de la capacidad del envase
1 ppm	$\pm 25\%$ del valor del envase
2 ppm	$\pm 25\%$ del valor del envase

Según la respuesta del analizador a cada concentración de gas, se aplicará un ajuste lineal a los datos para producir una pendiente y una intersección que se aplicará al parámetro de contaminante bruto. Históricamente, los detectores PID tienen una respuesta logarítmica y solo una pequeña región del rango completo de los sensores se considera lineal. En el caso del PID

⁴ Basado en lecturas de 1 minuto

que usa Lunar Outpost, este rango lineal es de 0 a 3 ppm. Una vez que las unidades se implementan en el campo, se realizan algunos ajustes menores a la lectura de referencia de la unidad, este ajuste se considera al evaluar si la calibración cumplió con los criterios mínimos descritos anteriormente.

3.2.3 AQMesh Pod: Criterios de contaminante y calibración de gas H2S

Se realizará una calibración en los sensores de CO, NO, NO₂, SO₂ y H₂S durante el esfuerzo de implementación inicial utilizando cilindros de gas certificados. Se instala una campana de gas sobre la parte superior del sensor y el gas fluye a aproximadamente 0.5 L / min a través de la parte de detección de la cara del sensor. Las siguientes tablas proporcionan las concentraciones aproximadas de gas que se utilizarán para las calibraciones iniciales. Estos valores de gas se eligieron en función de las concentraciones ambientales esperadas.

TABLA 3-2
CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DE GAS CO

Entrada de concentración de gas CO	Criterios mínimos ⁴
Precisión 1 ppm	$ 3^* \text{desviación normal} \leq 60 \text{ ppb}$
0 ppm	$\pm 10\%$ del gas medio
1 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso
10 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso

TABLA 3-3
CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD SIN GAS

Entrada de concentración de gas NO	Criterios mínimos ⁴
Precisión 0.5 ppm	$ 3^* \text{desviación normal} \leq 60 \text{ ppb}$
0 ppm	$\pm 25\%$ del gas medio
0.5 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso
2 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso

TABLA 3-4
CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL GAS NO₂

Entrada de concentración de gas NO ₂	Criterios mínimos ⁴
Precisión 0.5 ppm	$ 3^* \text{desviación normal} \leq 60 \text{ ppb}$
0 ppm	$\pm 25\%$ del gas medio
0.5 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso
2 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso

TABLA 3-5
CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL GAS H₂S

Entrada de concentración de gas H ₂ S	Criterios mínimos ⁴
0.5 ppm Precisión	$ 3^* \text{ desviación normal} \leq 40 \text{ ppb}$
0 ppm	$\pm 25\%$ del gas medio
0.5 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso
2 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso

TABLA 3-6
CRITERIOS MÍNIMOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL GAS SO₂

Entrada de concentración de gas SO ₂	Criterios Mínimos ⁴
Precisión 0.5 ppm	$ 3^* \text{ desviación normal} \leq 40 \text{ ppb}$
0 ppm	$\pm 25\%$ del gas medio
0.5 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso
2 ppm	$\pm 50\%$ del ingreso

Con base en la respuesta del analizador a cada concentración de gas, se calculará un ajuste lineal a los datos para producir una pendiente y una intersección que se aplicará al parámetro contaminante que está recibiendo la corrección de escala si se excede el 50% del criterio mínimo. Una vez que las unidades se implementan en el campo, se realizan algunos ajustes menores a la lectura de referencia de la unidad, este ajuste se considera al evaluar si la calibración cumplió con los criterios mínimos descritos anteriormente.

3.2.4 Validación del gas en AQM 65

El AQM 65 se suministra con un sistema de calibración interno, el AirCal 8000, que incluye un medidor de flujo másico rastreado NIST y un controlador que permite la dilución dinámica de los estándares de gas de calibración. El AirCal 8000 solo proporciona espacio para dos (2) gases de calibración y se realizará una calibración multipunto en todos los sensores durante el esfuerzo de implementación inicial. El depurador de aire cero integrado permitirá la automática puesta a cero del instrumento durante la noche. Debido a que AirCal 8000 solo tiene la capacidad de integrar dos (2) cilindros de gas y ciertos gases no son estables cuando se mezclan en un cilindro de gas comprimido, se realizarán controles de calidad semanales del CO, SO₂, NO y H₂S. El CO, SO₂ y NO se mezclarán en una botella y el H₂S estará en la segunda botella. Se realizarán controles de calidad mensuales del TVOC y NO₂ durante la validación de gas de los monitores Canary-S y AQMesh colocados. No se realiza ninguna

corrección de compensación o ganancia durante estas comprobaciones de validación. Las calibraciones trimestrales del instrumento se realizarán de acuerdo con los procedimientos relacionados con la sección 3.2.4.

IMAGEN 3.1
SISTEMA DE CALIBRACIÓN INTERNA AQM 65



TABLA 3-7
CRITERIO MINIMO DE VALIDACION DE GAS AQM 65

Entrada de concentración de gas	Criterios mínimos
SO ₂ , NO, NO ₂ y H ₂ S cero	±0.015
CO cero	±0.200
TVOC cero	±0.100
CO, SO ₂ , NO, NO ₂ , TVOC y amplitud de H ₂ S	±10% de la amplitud

3.2.5 Determinación de la dirección del viento

Los anemómetros sónicos de cada monitor Canary-S tienen un marcador de orientación norte que se alineará con el norte magnético mediante una brújula. El personal de campo ubica el monitor durante la implementación inicial y luego confirma esta lectura durante cada verificación de calibración mensual subsiguiente. Una verificación aceptable verificará que la ubicación norte esté dentro de los 10 grados. Si la comprobación de verificación falla, el monitor se ajustará y los datos desde la última comprobación de verificación se marcarán en la plataforma de datos.

3.2.6 Estudio de coubicación

Las unidades AQM 65 casi FEM utilizadas en este programa se colocarán entre sí antes de su implementación en el campo para determinar la variabilidad de sistema a sistema. Durante este tiempo, la plataforma de datos AirSense recopilará los datos. Los criterios mínimos que deben

cumplirse antes de que estos monitores se implementen en el campo se enumeran en la Tabla 3-8 a continuación.

**TABLA 3-8
CRITERIOS MÍNIMOS DE CO-UBICACIÓN CERCANA A FEM**

Parámetros	Criterios mínimos*
Integridad de los datos	>95%
Acuerdo de sistema a sistema de AQM 65 PM_{2.5} (error absoluto del promedio)	+/- 3 µg/m ³
Acuerdo de sistema a sistema AQM 65 H₂S, SO₂, NO y NO₂ (error absoluto del promedio)	+/- 0.02 ppm
Acuerdo de sistema a sistema de AQM 65 CO (error absoluto del promedio)	+/- 0.1 ppm

* Basado en datos promediados de 60 minutos

Montrose recibirá los monitores Canary-S y AQMesh en lotes y los colocará con una unidad AQM 65 casi FEM. El estudio de coubicación se llevará a cabo por un período de una semana. Durante ese tiempo, la plataforma de datos AirSense recopilará datos. Los datos recopilados se resumirán en el registro de implementación / mantenimiento. El propósito de esta colocación es demostrar que las unidades Canary-S y AQMesh proporcionan datos dentro de un error razonable a las unidades AQM 65 y muestran el acuerdo de unidad a unidad. Este acuerdo de unidad a unidad proporciona confianza en los datos de las unidades Canary-S y AQMesh que no se colocarán junto con las unidades AQM 65 durante el monitoreo de la comunidad. Antes de ser implementados en una ubicación, los sensores deben cumplir con los criterios mínimos que se encuentran en la Tabla 3-9. Uno de los parámetros que se utilizará para evaluar la coubicación es el error cuadrático medio (RMSE). RMSE es la desviación estándar de los residuos. Los residuos son una medida de qué tan lejos están los puntos de datos de la línea de regresión. En otras palabras, le dice qué tan concentrados están los datos alrededor de la línea de mejor ajuste.

**TABLA 3-9
CRITERIOS MÍNIMOS DE CO-UBICACIÓN CERCANA A FEM**

Parámetros	Criterios mínimos*
Recuperación de datos	>95%
Error a casi FEM PM_{2.5} (RMSE)	<10 µg/m ³
Acuerdo de sensor a sensor de Canary-S PM_{2.5} (error absoluto del promedio)	+/- 3 µg/m ³

Parámetros	Criterios mínimos*
Error en casi FEM H₂S, SO₂, NO y NO₂ (RMSE)	<0.10 ppm
Acuerdo de sensor a sensor AQMesh H₂S, SO₂, NO y NO₂ (error absoluto del promedio)	+/- 0.08 ppm
Error de CO casi FEM (RMSE)	<0.20 ppm
Coincidencia de sensor a sensor de AQMesh (error absoluto del promedio)	+/- 0.15 ppm

* Basado en datos promediados de 60 minutos

3.2.7 Estudio de coubicación de FEM

Las unidades AQM 65 casi FEM utilizadas en este programa se colocaron con la estación de monitoreo de aire reguladora del Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente de Colorado (CDPHE) de Welby (AQS ID: 080013001) antes de su implementación en el campo para comprender mejor el error entre los AQM 65 y monitores FEM. Durante este tiempo, la plataforma de datos AirSense recopiló los datos de AQM 65 y CDPHE proporcionó los datos de FEM.

Debido a la cantidad de estudios realizados para colocar el AQM 65 con monitores de referencia para CO, NO₂ y PM_{2.5} y al hecho de que ningún sitio CDPHE monitorea el H₂S, el SO₂ fue el principal impulsor para seleccionar un sitio de coubicación. Tres sitios de CDPHE en Denver monitorean el SO₂: Welby, La Casa y CAMP. Por razones de accesibilidad, se eligió a Welby. El estudio comenzó el 2 de junio de 2021 y se completó el 9 de junio de 2021. Los compuestos que monitorean la estación Welby y el AQM 65 son CO, NO, NO₂ y SO₂. El valor de RMSE de este estudio se informa en la tabla 3-10 a continuación. Aunque no se estableció ningún criterio antes de este estudio, los resultados sugieren que la afirmación de "casi referencia" de las unidades AQM 65 es apropiada.

**TABLA 3-10
RESULTADOS DE COLOCACIÓN WELBY VS AQM 65**

Compuesto	RMSE (ppm)
CO	0.096
NO	0.011
NO₂	0.002
SO₂	0.000

3.3 SEGUIMIENTO DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Se seguirán los siguientes procedimientos de forma continua para garantizar la calidad de los datos recopilados.

Debido a la naturaleza de los sensores electroquímicos utilizados en este programa, las condiciones atmosféricas adversas, como la humedad extrema, la temperatura extrema y otras condiciones, pueden afectar la capacidad de un monitor para proporcionar datos confiables. Dado que estas condiciones son incontrolables, no es posible mitigar sus efectos. Los datos invalidados debido a condiciones atmosféricas adversas se excluyen de los cálculos de integridad de los datos.

3.3.1 Alertas en la plataforma de datos

La plataforma de datos AirSense alertará a Montrose y Suncor de acuerdo con la tabla a continuación. Estas alertas activarán la investigación y las acciones correctivas de Montrose. Las alertas tendrán la forma de una notificación inmediata por correo electrónico.

**TABLA 3-11
CRITERIOS DE ALERTA DE PLATAFORMA**

Parámetro	Criterios mínimos
Verificación de rango	-2 a 100 ppm o µg / m ³
Comprobación de línea plana	Valor constante para más de 60 puntos de datos de 1 minuto
Alertas de falla de comunicación	Cuando no se reciben datos durante más de 60 minutos, se emitirán alertas por correo electrónico con una frecuencia de una vez cada 6 horas.

3.3.2 Comprobaciones diarias de garantía de calidad

Montrose revisará los informes matutinos generados como se describe en la sección 4.2.1 para verificar que se cumplan los criterios de implementación en la Tabla 3-4.

**TABLA 3-12
CRITERIOS MÍNIMOS DE DESPLIEGUE**

Parámetro	Criterios mínimos
Recuperación de datos	>95%
Valor máximo diario	Según sea necesario

Si alguno de los criterios establecidos en la Tabla 3-4 falla, se seguirán los siguientes procedimientos según el parámetro en cuestión y un sensor de respaldo estará listo para reemplazar un sensor fallado en todo momento.

Recuperación de datos: si el sensor no cumple con el mínimo de recuperación de datos del 95% durante 24 horas, un técnico inspeccionará la unidad. Cada día se define como el período de 24 horas que va desde la medianoche hasta la medianoche. Los informes matutinos se reciben aproximadamente a las 9 am MT todos los días para su revisión. La inspección consistirá en verificar si hay conexiones sueltas dentro de la unidad que puedan estar causando un corte de energía y que el panel solar esté generando 12 voltios de energía y se pueda rastrear hasta el conector de barril enchufado en el dispositivo. Si el técnico no puede determinar la causa de la recuperación de datos, la unidad se devolverá al fabricante para una revisión más detallada.

Criterios de valor máximo: si alguno de los promedios horarios de los parámetros que se están monitoreando excede los niveles identificados en la Tabla 3-5 a continuación, el personal de Montrose revisará los datos de resolución temporal más bajos recopilados durante ese período para determinar si puede haber ocurrido algún problema con el instrumento.

TABLA 3-13
CRITERIOS DE REVISIÓN DE MONTROSE

Parámetro	Nivel de revisión de datos de Montrose
NO, NO ₂	0.100 ppm
SO ₂ , H ₂ S	0.075 ppm
CO	3 ppm
TVOC	1 ppm
PM _{2.5}	35 ug/m ³

3.3.3 Comprobaciones mensuales de garantía de calidad de Canary-S y AQMesh

Montrose visitará cada ubicación de monitoreo mensualmente y realizará controles de validación en cada una de las unidades Canary-S y AQMesh. De manera similar a la calibración inicial, se instala una campana de gas sobre la parte superior del sensor y el gas fluye a aproximadamente 0.5 L / min a través de la parte de detección de la cara del sensor. Cada uno de los niveles de concentración de calibración inicial se reintroducirá en los sensores. Las tablas de la sección 3.1.3 proporcionan los criterios mínimos que deben cumplirse para los datos recopilados desde que se realizó la verificación de calibración o validación anterior.

Si alguno de los monitores individuales no cumple con su garantía de calidad, verifique que los datos recopilados desde la calibración anterior se procesarán posteriormente utilizando un resultado de calibración promedio de los resultados de validación antes y después del período de muestreo y los datos se marcarán y se describirá el error. Se tomará nota del control de calidad. Luego, se inspeccionará el instrumento para detectar cualquier problema de

mantenimiento y se contactará al fabricante. Si no se puede encontrar el motivo de la calibración fallida o el problema es irreparable, se reemplazará el sensor.

Si todas las unidades de la red fallan en la verificación de validación, los datos brutos recopilados de los monitores (estos son los datos que no se ejecutaron a través de la regresión multivariable) se procesarán posteriormente con el uso de resultados de calibración promedio de los resultados de validación. antes y después del período de muestreo y los datos se marcarán y se anotará una descripción del control de calidad fallido. Las unidades AQM65 luego tendrán una verificación de validación realizada en las unidades para determinar si los datos cercanos a FEM que se suministran a la regresión son válidos. Se llevará a cabo una revisión de datos adicional para determinar si la regresión está corrigiendo correctamente los datos o si es necesario realizar ajustes a la regresión.

Durante estas visitas mensuales, los instrumentos se soplarán con aire comprimido para eliminar el polvo acumulado en el interior de las unidades. La unidad también será inspeccionada visualmente en busca de daños o signos de alteración de la unidad.

El sistema AQMesh tiene un control de garantía de calidad integrado automatizado que marcará los datos como se describe en la Tabla 3-13. Algunos de estos códigos invalidarán los datos y los datos serán irrecuperables.

TABLA 3-14
CÓDIGOS DE GARANTÍA DE CALIDAD AUTOMATIZADOS AQMESH

Valor de lectura	Estado del sensor	Descripción	Efectos a largo plazo
Lectura estimada	Leyendo	No se detectó ningún problema	
Lectura estimada	Rebasado	Indica el período de reajuste una vez finalizado y los valores recalculados.	Una vez completado el rebase, "Rebasando" se reemplaza por "Rebasado" y los punteros se reinician para garantizar que los datos se sobrescriban con los valores calculados.
-1000	No adecuado	Sensor o componente no instalado.	Marca codificada en las fuentes de datos, ya que no hay datos para ver.
-999	Estabilizador	Ya sea cuando el POD se acaba de mover a una nueva ubicación o cuando se ha iniciado manualmente a través del servidor.	Los valores se redactan ya que no se puede confiar en ellos durante este período de 2 días y permanecerán no visibles.
-998	Rebasar	Normalmente, este es un período de 2 días en el que se calculan las variables locales para su uso en el algoritmo AQMesh.	Durante el período de reajuste, la marca codificada permanecerá; sin embargo, una vez finalizado este proceso, se restablecerán los datos válidos; los datos deberán volver a recuperarse durante este período, por lo que los punteros de la API se restablecerán.
-997	Optimización	Cuando un módulo se apaga y enciende durante más de una hora, es decir, mantenimiento o falla de energía.	Los valores están redactados ya que no se puede confiar en ellos durante este período de 1 hora y permanecerán como no visibles.
-996	Fallido	El sistema ha detectado que el sensor ha fallado.	Los datos clasificados como con fallas en el sensor se redactan y permanecerán como no visibles.
-995	Error de gas cruzado	Si falla un sensor en el que se confía para la eliminación de interferencias en otro sensor, los datos del sensor	Los datos se redactarán y permanecerán no visibles hasta que se reemplace el sensor de compensación y se produzcan buenos resultados.

Valor de lectura	Estado del sensor	Descripción	Efectos a largo plazo
		dependiente se vuelven inválidos.	
-994	Sin datos	Puntos de datos donde el instrumento no ha registrado una lectura.	Marca codificada en las fuentes de datos, ya que no hay datos para ver.
-993	Desestabilizado	El sistema ha detectado que la salida / estabilidad de los sensores puede verse comprometida debido a fluctuaciones extrañas en la temperatura y la presión.	Las lecturas para el período prescrito se redactan y no se pueden ver hasta que la condición se haya normalizado.
-992	Medio ambiente extremo	Después de pruebas intensivas de todos los sensores electroquímicos, hemos determinado la combinación de condiciones climáticas extremas en las que el sensor electroquímico no proporciona salidas consistentes. Como tal, no es posible realizar mediciones precisas y exactas.	Los datos clasificados como dentro de los rangos extremos del entorno serán redactados y permanecerán no visibles.

El error más común que se espera observar en el programa es el código de “Ambiente extremo” que puede ocurrir cuando las unidades se acercan a sus límites operativos ambientales, que son -4 a 104 Fahrenheit (F) y 5 a 95% de humedad relativa. La temperatura interna de la unidad, donde se alojan los sensores, puede alcanzar una temperatura superior a la temperatura ambiente. En el caso de que una unidad entre en modo de entorno extremo, normalmente la temperatura de la unidad debe bajar a unos 85 F antes de que comience a proporcionar datos válidos nuevamente. Para mitigar este problema, las unidades se instalarán debajo del panel solar y/o con la unidad orientada hacia el norte para bloquear la luz solar directa.

3.3.4 Comprobaciones y calibración de garantía de calidad de AQM

Aeroqual recomienda el programa de mantenimiento en la Tabla 3-13. Puede encontrar una descripción detallada de los procedimientos que se llevarán a cabo para completar estas tareas de mantenimiento en https://support.aeroqual.com/Wiki/Maintenance_Schedule

TABLA 3-15
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE AEROQUAL AQM65

Actividad de servicio	Frecuencia del servicio
Cambiar filtro en la entrada de gas	Inicialmente 4 semanas, luego cada 4-12 semanas. Posteriormente, esto puede modificarse para adaptarse a las condiciones locales y los objetivos de calidad de los datos.
Verificar el flujo de entrada de gas	Inicialmente 4 semanas, luego cada 4-12 semanas. Posteriormente, esto puede modificarse para adaptarse a las condiciones locales y los objetivos de calidad de los datos.
Ajustar el flujo de entrada de gas	Según sea necesario después de la verificación del flujo de entrada de gas
Reemplazar bomba de gas	Cada 12 a 18 meses, o cuando el caudal no se puede configurar correctamente
Verificar el flujo de los módulos de gas	Según sea necesario después de la verificación del flujo de entrada de gas
Compruebe el módulo de gas en busca de fugas	Según sea necesario después de la verificación de flujo del módulo de gas
Retirar el módulo de gas	Según se requiere y se describe a continuación
Reemplazar el módulo de gas	Según se requiere y se describe a continuación
Módulo de gas de calibración en campo (cero y span)	Al menos cada 3 meses (cuatro veces al año) pero no más de una vez por semana.
Cambiar filtro para monitor de partículas	Inicialmente 4 semanas, luego cada 4-12 semanas. Posteriormente, esto puede modificarse para adaptarse a las condiciones locales y los objetivos de calidad de los datos.
Verificar el flujo del monitor de partículas	Inicialmente 4 semanas, luego cada 4-12 semanas. Posteriormente, esto puede modificarse para adaptarse a las condiciones locales y los objetivos de calidad de los datos.
Ajustar el flujo del monitor de partículas	Ajuste según sea necesario después de la verificación del flujo de entrada
Revisar el monitor de partículas en busca de fugas	Cada 3 meses
Verificar el cero del monitor de partículas usando un filtro externo	Cada 3 meses
Verificar el cero del monitor de partículas usando el ciclo automático (AQM)	Cada 3 meses
Compruebe el láser y el detector	Cada mes
Limpiar el ciclón de corte afilado	Cada 3 meses
Reemplazar bombas en el monitor de partículas	Cada 12 a 18 meses, o cuando el caudal no se puede configurar correctamente
Limpiar el casete del compresor	Según sea necesario

Actividad de servicio	Frecuencia del servicio
Rellenar el compresor con gas	Según sea necesario o cuando lo indique el soporte técnico de Aeroqual.
Calibrar a fábrica el monitor de partículas	Cada 24 meses (2 años)

3.3.5 Programa de reemplazo del sensor

Los sensores electroquímicos y PID en AQM 65, AQMesh y Canary-S se degradan con el tiempo. La vida útil de los sensores varía y depende del mantenimiento preventivo y del nivel de exposición a contaminantes. La degradación puede ser indicativa de una validación de datos fallida mensual (Canary-S / AQMesh) o semanal (AQM 65). Los fabricantes especifican que la vida útil del sensor para estos sistemas es superior a 24 meses. Cada sensor se quitará de la ubicación y se reemplazará cuando se observen características de degradación o, como mínimo, después de 24 meses de funcionamiento. Después del reemplazo, los sensores se transferirán a Montrose y se repetirá el estudio de ubicación. Todas las comprobaciones de QA/QC como se describe para la implementación inicial se repetirán y documentarán en el registro de implementación / mantenimiento.

4.0 REPORTE

La plataforma de datos AirSense emitirá un informe del sistema matutino y se enviará por correo electrónico a las partes principales en Suncor y Montrose. El informe del sistema tendrá, como mínimo, el siguiente resumen de datos de 24 horas de cada uno de los parámetros enumerados a continuación. Se puede encontrar un ejemplo de informe del sistema en el Apéndice.

- Identificación del sensor
- Valor mínimo
- Valor máximo
- Valor promedio
- Porcentaje de captura de datos

APENDICE A

Especificaciones del Lunar Outpost Canary-S



Canary – S

Air Quality Monitoring System

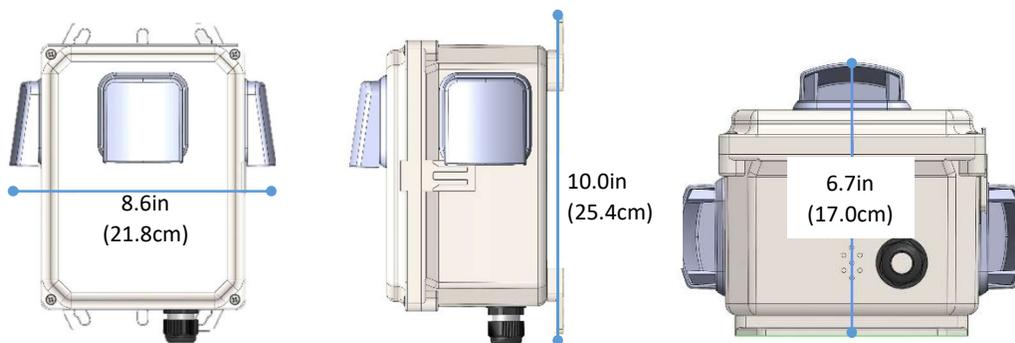


Gen 4 Revised: 12/17/19

I. Introduction

The Canary-S is a continuous solar powered air quality and meteorological monitoring system designed to be class leading in size, reliability, and flexibility. With cellular communication these systems can be placed nearly anywhere to provide measurements on particulate matter, targeted gases, and meteorological data. Multiple units can be deployed to create a network of real-time data integrated into existing customer databases or into Lunar Outpost’s platform.

II. Mechanical



A. Physical Properties

See Table 1.

B. Mounting Options

The Canary enclosure allows mounting to either tripods, large diameter poles, or DIN rails.

C. Certifications and Environmental

The Canary enclosure meets the following certifications: UL508A, UL 50, CSA-C22.2 No. 14, NEMA 1,2,3,3R,4,4X,5,6,6P,12,13, UL94V-0 Flame rating, and UL746C-F1 UV and submersion testing. The original enclosure before modification had an IP68 rating. The rating after modification is reduced due to the designed addition of vents for airflow, but the unit maintains protections against inclement weather when mounted correctly. The enclosure is UV-Stabilized Polycarbonate and the units have undergone extensive testing in a variety of outdoor environments to ensure robust functionality. Canary units have an operational temperature range of -20F to 140F (-28.89C to 60C).

Table 1: Physical Properties of air quality monitor

Dimension	Value
Width	8.6 in
Height	10.0 in
Depth	6.7 in
Weight	~4.3 lbs

III. Power

Table 2: Power characteristics of air quality monitor

Battery		Charging	
Chemistry	Lithium-Ion	Solar Panel	12V DC (20W)
Capacity	8000 mAh	Solar Charge Controller	12V DC
Run-time without power input	120 hours* *under proper conditions	Wall Charger	120V AC (US std) input to 12V DC output (24W)

IV. Communication and Data

Canary-S units communicate over commercial cellular bands and data is transmitted to a secure cloud. From the cloud, the data can be routed to the customer's database or Lunar Outpost's custom database. The connection to the cloud is database agnostic, allowing integration with a variety of commercial or custom databases. Table 3 and 4 outline the cellular data connection specifications of two of the cellular modems used in the Canary units.

A. Cellular Communication

Table 3: 2G/3G Cellular Data Connection Specifications

Network	2G/3G HSPA/GSM	Cellular Modem	Ublox SARA-U260
HSPA Bands	850/1900 MHz	GSM Bands	850/1900 MHz

Table 4: 4G Cellular Data Connection Specifications

Network	4G LTE Cat M1	Cellular Modem	Ublox SARA-R410M
LTE Bands	3, 4, 5, 8, 12, 13, 20, 28	2G/3G Bands	None

B. Data

The Canary-S allows for data integration into the platform of choice and puts data ownership and control in the customer's hands. JSON formatting is used for the data unless otherwise requested by the customer. Micro-SD capability allows for data-backups and redundancy storing up to 7 years of data locally.

- **Integrate to client database:** Canary-S data can be routed to a customer's existing database or routed to multiple databases simultaneously.
- **Lunar Outpost's custom database:** Lunar Outpost's custom database is an effective, user friendly platform that allows customers to view, interact with, analyze, and download data.

V. Sensors

Table 5: Base Unit Sensor Specs

Property	Range	Resolution
PM2.5	0~1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM10	0~1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Internal Temperature	-40 to 85 °C (-40 to 185°F)	+/-1.5 °C (2.7 °F)
Internal Humidity	0-100% RH	+/-3%
Atmospheric Pressure	300-1250 hPa (mbar)	+/-1.7 hPa (mbar)

Table 6: Optional Sensor Specs

Property	Range	Max Resolution Limit
Total VOC (tVOC)	0 to 50 ppm	1 ppb
Ozone (O₃)	0 to 20 ppm	15 ppb
NO₂	0 to 20 ppm	15 ppb
CO	0 to 1000 ppm	4 ppb
CO₂	0 to 5% volume	1 ppm
H₂S	0 to 100 ppm	5 ppb
SO₂	0 to 100 ppm	5 ppb
CH₄	0 to 50000 ppm	100 ppm
External Temperature	-40 to 80°C (-40 to 176°F)	+/-0.3 °C (0.54 °F)
External Humidity	0-100% RH	+/-2%
Wind Speed	0-75 m/s (0-168mph)	0.01 m/s
Wind Direction	0-360 deg	+/- 2 deg

For more information: info@lunaroutpost.com

wind



Model 91000

*Response***ONE**[™] Ultrasonic Anemometer

The YOUNG *Response ONE™* Ultrasonic Anemometer is designed to reliably measure wind speed and direction. The *Response ONE™* is wind tunnel calibrated and will accurately measure wind speeds up to 70 m/s (156 mph). The high sampling rate of the Model 91000 provides for fast response to changing wind conditions and wind data may be updated as fast as 10 times per second. An easy-to-use Windows setup program is provided with each sensor. The program allows the user to customize device settings such as sampling rates and communication parameters.

The compact IP-66 rated design features durable, corrosion-resistant construction. A variety of useful standard serial output formats are provided including SDI-12, NMEA, and ASCII text. The sensor installs on readily available 1 inch (IPS) pipe and wiring connections are made in a convenient weather-proof junction box. Special connectors and cables are not required. The Model 91000 is available in black or white.



Specifications

- Wind Speed**
 - Range: 0 – 70 m/s (156 mph)
 - Resolution: 0.01 m/s
 - Starting Threshold: <0.01 m/s
 - Accuracy: ±2% or 0.3 m/s (0 – 30 m/s)
 - ±3% (30 – 70 m/s)
 - Response Time: <0.25 seconds

- Wind Direction**
 - Azimuth Range: 0 - 360 degrees
 - Resolution: 0.1 degree
 - Starting Threshold: <0.01 m/s
 - Accuracy: ±2 degrees
 - Response Time: <0.25 seconds

- Electronic Compass**
 - Range: 0 – 360 degrees
 - Resolution: 1 degree
 - Accuracy: ± 2.0 degrees

- Serial Output (selectable)**
 - Interface: RS-232, RS-485/422, SDI-12
 - Formats: NMEA, SDI-12, ASCII (polled or continuous)
 - Baud Rates: 1200, 4800, 9600, 19200 and 38400
 - Wind Units: m/s, knots, mph, kmph
 - Output Update Rate: 0.1 to 10 HZ

- Power**
 - Voltage: 10 – 30 VDC
 - Current: 7 mA @ 12 VDC typical, 80 mA max

- General**
 - Protection Class: IP66
 - EMC Compliance: FCC Class A digital device, IEC Standard 61326-1
 - Dimensions: 22.0 cm high x 13.5 cm wide
 - Weight: 0.5 kg (1.1 lb)
 - Shipping Weight: 1.4 kg (3.1 lb)
 - Operating Temperature: -40 to +60 °C
 - Removable Bird Spikes: Included



The *Response ONE™* is compatible with a broad range of data loggers and displays, including the YOUNG Model 06206 Marine Wind Tracker.

Complies with applicable CE directives.

Ordering Information

- Response ONE™* Ultrasonic Anemometer – White 91000**
- Response ONE™* Ultrasonic Anemometer – Black..... 91000B**



R.M. YOUNG COMPANY
 2801 Aero Park Drive
 Traverse City, Michigan 49686 USA
 TEL: (231) 946-3980 FAX: (231) 946-4772
 E-mail: met.sales@youngusa.com
 Web Site: www.youngusa.com

APENDICE B

Especificaciones de AQMesh Pod



AQMesh

Technical specification

GASES

Sensor	Type	Units	Range ^{#1}	LOD	LOC ^{#2}	Precision ^{#3}	Accuracy ^{#4}
NO	Electrochemical	ppb or $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-20,000 ppb	<1 ppb	<5 ppb	>0.9	1 ppb
NO ₂	Electrochemical	ppb or $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-20,000 ppb	<1 ppb	<5 ppb	>0.85	4 ppb
NO _x	Electrochemical	ppb or $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-40,000 ppb	<2 ppb	<10 ppb	>0.9	4 ppb
O ₃	Electrochemical	ppb or $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-20,000 ppb	<1 ppb	<5 ppb	>0.9	5 ppb
CO	Electrochemical	ppb or $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-1,000,000 ppb	<50 ppb	<50 ppb	>0.8	20 ppb
SO ₂	Electrochemical	ppb or $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-100,000 ppb	<5 ppb	<10 ppb	>0.7	20 ppb
H ₂ S	Electrochemical	ppb or $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-100,000 ppb	<1 ppb	<5 ppb	>0.7	1 ppb
TVOC ^{#11}	Electrochemical	ppm	0-2.5 ppm	<0.1 ppm	<0.25 ppm	>0.95	0.05 ppm
CO ₂	NDIR	ppm or mg/m^3	0-5,000 ppm	<1 ppm	<1 ppm	>0.9	30 ppm

PARTICLES

Sensor	Type	Units	Range ^{#1}	LOD	Precision ^{#3}	Accuracy ^{#4}
PM ₁ ^{#5}	Optical particle counter	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-100,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	>0.9	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM _{2.5} ^{#5}	Optical particle counter	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-150,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	>0.9	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM ₄ ^{#5}	Optical particle counter	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-225,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	>0.9	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM ₁₀ ^{#5}	Optical particle counter	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-250,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	>0.85	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM_Total ^{#5}	Optical particle counter	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0-350,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	>0.85	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ADDITIONAL SENSORS

Sensor	Type	Units	Range ^{#1}	LOD	Precision ^{#3}	Accuracy ^{#4}
Pod temperature	Solid state	°C or °F	-20°C to 100°C	0.1°C	>0.9	2°C
Pressure	Solid state	mb	500 to 1500 mb	1 mb	>0.9	5 mb
Humidity	Solid state	%	0 to 100%	1% RH	>0.9	5% RH
Noise ^{#6}	Omnidirectional mic	dB	35 to 100 dB SPL	20 Hz – 20 kHz	>0.8	1 dB

WIND SPEED & DIRECTION SENSOR

Sensor	Type	Units	Range	Resolution	Accuracy ^{#7}
Wind speed	Solid state	ms ⁻²	0 to 30 ms ⁻²	0.01 ms ⁻²	2%
Wind direction	Solid state	° degrees	0 to 359 °	1 °	2 °

SENSOR LIFE

Sensor Type	Expected lifespan	Notes
Electrochemical	2 years ^{#8}	See AQMesh standard operating procedure
NDIR	5 years	See AQMesh standard operating procedure
Solid state	5 years	See AQMesh standard operating procedure
Omnidirectional microphone	5 years	See AQMesh standard operating procedure
Optical particle counter	2 years ^{#8}	Maintenance dependent on application & settings ^{#9}

POWER

Option	Expected lifespan	Notes
External DC	>5 years	9 – 24V DC
Lithium metal battery pack ^{#10}	>24 months	Dependent on measurement strategy & pod spec
External high capacity battery pack ^{#10}	>60 months	Dependent on measurement strategy & pod spec
NiMH rechargeable battery pack	>4 months	Dependent on measurement strategy & pod spec
Solar power pack	>5 years	Change internal lead-acid battery every 24 months

PHYSICAL

Enclosure	ABS, protection IP65
Environmental	Temperature range: -20°C to +40°C Humidity range: 15 to 95% RH
Mounting	Pod supplied with mounting bracket for walls / posts
Approx. size & weight	Length: 170 mm Width: 220 mm Height (excl antenna): 250mm Height (incl antenna): 430mm Weight: 2 – 2.7kg

DATA ACCESS & COMMUNICATIONS

Communication	Raw data sent to server by cellular network. Worldwide coverage 4G/5G LTE Cat M1/NB1 with 2G fallback
Measurement period	Variable, from 1 minute to 1 hour
Transmission frequency	Variable, from 5 minutes to 12 hour intervals
Server software	Web browser based Processing of sensor output to give reading Database storage on secure server
Data access	Tables, graphs Data download Multi-user access Password controlled Optional API data access

Product designs and specifications are subject to change without prior notice.

The user is responsible for determining the suitability of the product.

*h denotes when used with optional heated inlet for PM monitoring

#1 From sensor manufacturer's specification. This data was derived from independent lab tests. Standard test conditions are 20°C and 80% RH and in the absence of interfering gases. Tested range is -30°C to +30°C.

#2 Readings provided below this level, however due to interferences the level of uncertainty is greater than at higher levels of the target pollutant.

#3 Correlation co-efficient derived from extensive global co-location comparison testing against certified reference.

#4 Best "out of the box" accuracy without any local scaling/calibration against reference.

#5 Mass estimation based on standardisation of particle shape and density. Range is based on optical range of 0.3-30µm particle size.

#6 Noise measures average noise and peak noise. Peak noise is the highest recorded value over the gas reporting interval while average noise is calculated using all noise samples over the same period.

#7 Wind speed and direction stated accuracy is at 12ms⁻²

#8 Electrochemical sensors and particle sensors carry a 12-month warranty.

#9 Detail of maintenance required is listed in the standard operating procedure.

#10 Subject to carrier restrictions on dangerous goods.

#11 Values are based on testing for Ethylene Oxide (EO) and correction factors will affect these results

APENDICE C

Especificaciones de Aeroqual AQM65

AQM65

Near reference real-time monitor for multiple gases plus particulate fractions

The AQM 65 is a fully integrated, temperature controlled air quality monitoring station that delivers 'near reference' levels of performance in real-time for multiple gases, particulates and environmental parameters.

Continuously measure air pollutants including ozone O₃, NO₂, NO_x, CO, SO₂, VOC, H₂S, CO₂, TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁, noise and meteorological parameters.



AQM 65 shown with Optional integrated Calibration system

What is it?

- Proven long term performance in extreme climates with purpose-built enclosure and advanced temperature and humidity control
- Reduce site visits using two-way communications – remotely troubleshoot, upgrade software, change settings, and calibrate
- Plug in all your devices – noise, weather, reference monitors – to the AQM 65 and view data in one software dashboard
- Enables automatic scheduling of calibrations with optional integrated calibration system
- Respond in real-time via configurable email / SMS alerts

What can it measure?

- Multiple gases, dust fractions, wind, weather and noise



Who is it for?

- Industrial operators who need a cost-effective and robust solution to manage and control dust and gas emissions from site activities within regulatory or permitted limits:
 - Industrial perimeter monitoring
 - Oil and gas facilities
 - Quarry and mine operators
 - Port and bulk handling authorities
 - Waste managementsites
- Regulatory authorities who need to fill the gaps in the regulatory monitoring networks
- Environmental consultants and Researchers who want defensible data without the usual time and hassle of air monitoring projects
 - Research and consultancy projects
 - Environmental impact assessments
 - Short term hot spot monitoring
 - Roadside air monitoring

Specifications | AQM 65

Gas module	Range	Resolution	Noise	Lower Detection Limit (2σ)	Precision	Linearity (% of FS)	Drift 24 hour
			Zero; Span % of reading				Zero; Span % of FS
Ozone O ₃	0-500 ppb	0.1 ppb	1 ppb; 1%	1 ppb	2 % of reading or 2 ppb	1.5 %	1 ppb; 0.2 %
Nitrogen dioxide NO ₂	0-500 ppb	0.1 ppb	1 1%	1 ppb	2 % of reading or 2 ppb	1 %	2 ppb; 1 %
Carbon Monoxide CO	0-25 ppm	0.001 ppm	0.02 ppm; 1%	0.04 ppm	3 % of reading or 0.050 ppm	1 %	0.02 ppm; 0.2 %
Sulfur Dioxide SO ₂	0-10000 ppb	1 ppb	4 ppb; 2 %	9 ppb	3 % of reading or 9 ppb	1 %	1 ppb; 0.2 %
Nitrogen Oxides NO _x	0-500 ppb	0.1 ppb	1 ppb; 1%	1 ppb	3 % of reading or 3 ppb	1 %	1 ppb; 0.2 %
Hydrogen Sulfide H ₂ S	0-10000 ppb	0.1 ppb	6 ppb; 2 %	12 ppb	3 % of reading or 12 ppb	1 %	1 ppb; 0.6 %
Carbon Dioxide CO ₂	0-2000	1 ppm	5 ppm; 1%	10 ppm	3 % of reading or 10 ppm	2 %	1 ppm; 0.6 %
VOC (Low range)	0-500 ppb	0.1 ppb	1 ppb 1%	1 ppb	2 % of reading or 2 ppb	1%	1 ppb; 1 %
VOC (High range)	0-30 ppm	0.01 ppm	0.1 ppm; 1%	0.05 ppm	2 % of reading or 0.05 ppm	2 %	0.1 ppm; 1 %
Particle module	Sizes		Range	Accuracy	Resolution	Lower Detectable Limit (2σ)	
Nephelometer	PM ₁ , PM _{2.5} , PM ₁₀ OR TSP		0 to 60,000 µg/m ³	±(2 µg/m ³ + 5% of reading)	0.1 µg/m ³	1 µg/m ³	
Profiler (Optical Particle Counter)	PM ₁ , PM _{2.5} , PM ₁₀ AND TSP		PM ₁ 200 µg/m ³ PM _{2.5} 2000 µg/m ³ PM ₁₀ 5000 µg/m ³ TSP 5000 µg/m ³	±(5 µg/m ³ + 15% of reading)	0.1 µg/m ³	1 µg/m ³	
	Optional Particulate Counts: 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10 microns (counts range: 0-100,000 counts/L)						
System specifications							
Control system	Embedded fanless PC (Intel Celeron® N3350, 1.1GHz, dual core, 4GB RAM, 32GB SSD hard drive), Debian Linux Operating System						
Communications ¹	Standard: WIFI, Ethernet (LAN) Optional modem: Cellular IP 3G HSPA or 4G LTE						
Software	Aeroqual Cloud – Choose a plan that is right for you Optimize: Reduce site visits and improve data quality by managing your monitors and optimizing network performance remotely. Plus: Stay one step ahead with enhanced features for viewing and sharing data, real-time alerts, and analysis. Talk to our sales team to learn more about Aeroqual Cloud plans.						
Data logging	32 GB Hard Drive (> 5 years data storage)						
Averaging period	1 min, 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 1 hr, 2 hr, 4 hr, 8 hr, 12 hr, 24 hr						
Power requirements ²	90 - 264 Vac, 47 - 63 Hz Typical draw: 100 W (depends on configuration and ambient temperature)						
Enclosure	Outer: IP65 rated aluminum skin with solar reflective coating Inner: 40 - 50 mm (1.6 - 2 ") layer of cross-linked PE foam insulation						
Gas sampling system	Inlet: Teflon, glass-coated stainless-steel Pump: 12 V brushless DC diaphragm						
PM sampling system	Inlet: Omni-directional 36 cm (14.1 inches) heated inlet; Optional sharp cut cyclones for PM ₁₀ , PM _{2.5} or PM ₁ size selection Pump: 12 V brushless DC diaphragm Optics: 670 nm laser, near-forward scattering nephelometer with sheath air protection						
Dimensions ³	Standard: 1310 H x 510 W x 280 D mm (51.6 H x 20 W x 11 D ") With AirCal 8000: Width = 655 mm (25.8 ")						
Weight ⁴	< 30 Kg						
Operating range	-35 °C to +50 °C (-31 °F to 122 °F)						
Mounting	Pole, tripod and wall mounting brackets included						
47mm sample filter ⁵	47 mm filter for particle loading analysis						
Factory integrated sensors ⁵	Gill WindSonic (ultrasonic wind sensor), Vaisala WXT536 (weather transmitter), Met One MSO (weather transmitter), Cirrus MK427 Class 1 (noise sensor), Novalynx Pyranometer (solar radiation)						
Compatible tested sensors	BSWA 308 (sound level meter), Met-One BC-1060 (black carbon monitor), Met-One E-BAM PLUS (Beta-Attenuation Mass Monitor)						

¹4G LTE not available in all markets.

^{2,4} Configuration used for power and weight calculations: base unit, nephelometer, PM₁₀ sharp cut, modem, heater on.

³ Dimensions are for enclosure. PM sampling inlet with cyclone adds 360 mm (14.17") to total height.

⁵ Optional



APENDICE D

Ejemplo del reporte matutino del sistema

Suncor Energy (U.S.A.) Inc.
 Plan del Proyecto de Garantía de Calidad

AirSense

Suncor: 24 Hour (8/5/2021 12:00:00 AM - 8/6/2021 12:00:00 AM Mountain Standard Time)

Site	Instrument	Sensor	Last Updated	% Complete	01 AM	02 AM	03 AM	04 AM	05 AM	06 AM	07 AM	08 AM	09 AM	10 AM	11 AM	12 AM	01 PM	02 PM	03 PM	04 PM	05 PM	06 PM	07 PM	08 PM	09 PM	10 PM	11 PM	12 AM	Max Reading	Min	Ave
Adams City High School (Mon_Dutch_005)	PM2_5	PM2_5	08/06/21 07:59	1500	42.3	42.6	41.5	41.4	41.8	41.6	41.8	42.2	41.8	41.8	40.7	40.2	41.4	42.3	42.2	41.9	39.9	41.0	42.1	40.7	41.2	44.6	42.7	42.5	55.6	35.7	41.8
		TVOC			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ESTA ES LA ÚLTIMA PÁGINA DE ESTE DOCUMENTO

Si tiene preguntas, utilice la Tabla 1-3 para comunicarse con la persona que estaría más preparada para responder su pregunta.