

SISTEMA DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR DE CONCENTRACIÓN DE GAS PICARRO G2401

Nota Técnica SMN 2023-136

Gonzalo Gambarte¹, Lino Condori¹ y Emiliano Petruzzi¹

¹ *Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, Servicio Meteorológico Nacional, Argentina*

Enero 2023

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

Resumen

La presente nota técnica ha sido elaborada con el objetivo de comprender el sistema de calibración del Picarro como también conocer brevemente el instrumento y su función en una Estación VAG.

Abstract

This technical note has been prepared with the objective of understanding the Picarro calibration system as well as briefly knowing the instrument and its function in a GAW Station.

Palabras claves: Picarro, calibración, gases de efecto invernadero.

Citar como:

Gambarte, G., Condori L., Petruzzi E., 2023: Sistema de Calibración del Analizador de Concentración de Gas PICARRO G2401. Nota técnica SMN 2023-136.

1. PICARRO G2401

El analizador de concentración de gas Picarro G2401 (ver Figs. 1 y 2) proporciona una medición simultánea y precisa de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) en partes por millón (ppm) y vapor de agua (H₂O) en porcentaje. Además de una sensibilidad con deriva insignificante para ciencia atmosférica, calidad del aire y cuantificación de emisiones. Cumple con los requisitos de desempeño de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Sistema Integrado de Observación del Carbono (ICOS) para el monitoreo atmosférico de CO, CO₂ y CH₄.

Algunos de sus beneficios son:

- Medición simultánea y continua de cuatro gases traza atmosféricos
- Sensibilidad, precisión y exactitud con una desviación excepcionalmente baja
- Cumple con los requisitos internacionales de monitoreo atmosférico ambiental de la OMM e ICOS
- La corrección de agua informa automáticamente las fracciones molares de gas seco

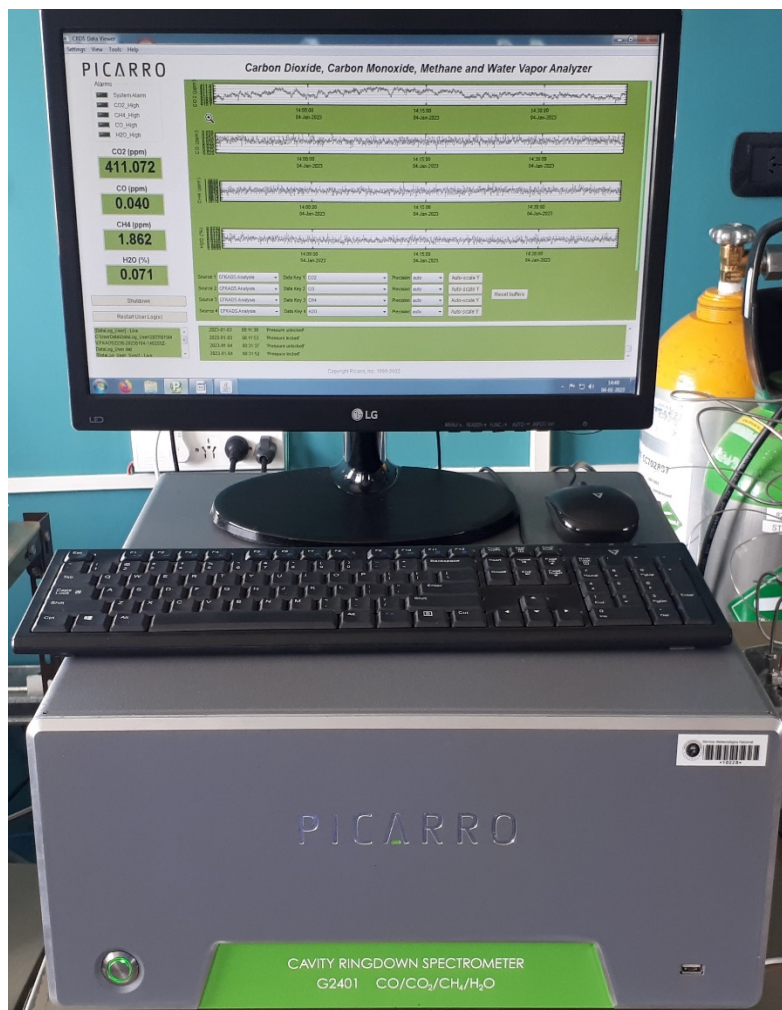


Figura 1. PICARRO G2401 instalado en la Estación VAG Ushuaia.

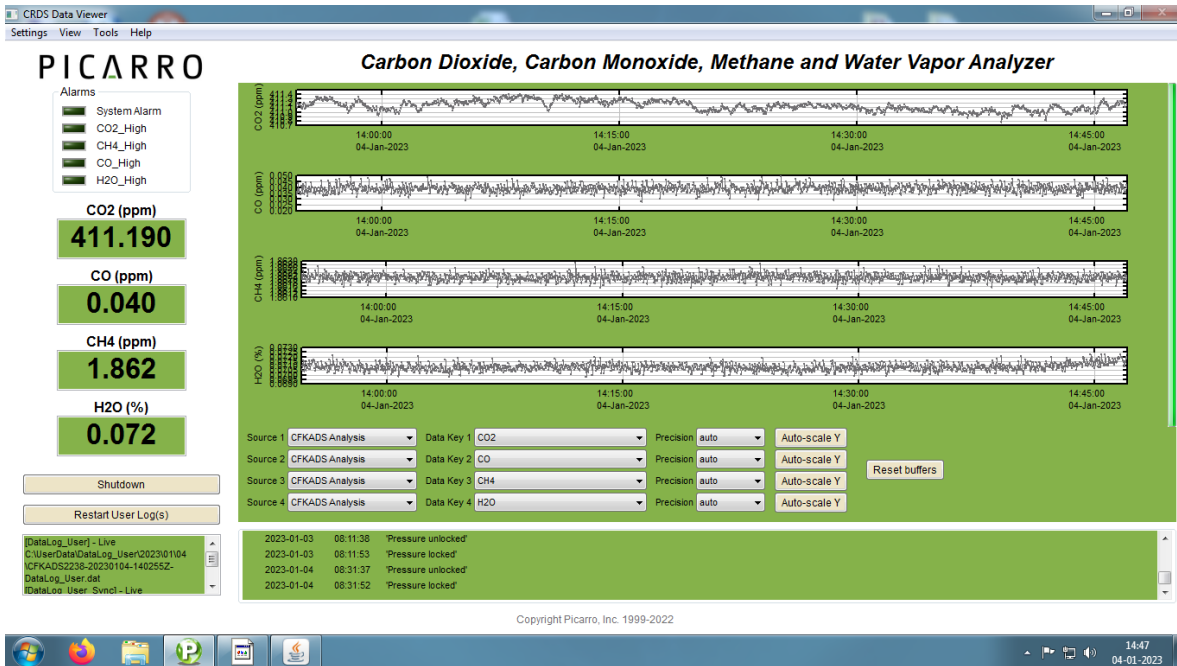


Figura 2. Visualización del software.

Dicho instrumento es de suma importancia para obtención de datos sobre los gases de efecto invernadero (GEI), los mismos son componentes gaseosos de la atmósfera de origen naturales y antropogénicos. Los GEI absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro electromagnético, provocando consecuencias en el clima. La radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes, son absorbidas por los GEI provocando el efecto invernadero, que existe de forma natural en la atmósfera, y gracias a ello se mantiene la temperatura necesaria para la vida en el planeta. Sin embargo, cuando estos gases aumentan de manera significativa su concentración, aumenta también el calentamiento que producen, dando lugar al fenómeno que se estudia como “calentamiento global”, que trae consecuencias sobre los ecosistemas y las especies del planeta.

En el contexto del cambio climático y para contribuir con información precisa acerca de la abundancia atmosférica y la tasa de variación de los principales GEI de larga duración, el SMN continúa con el programa de mediciones de GEI del proyecto VAG de OMM, registrando mediciones continuas en las estaciones de Ushuaia y Marambio. Las mediciones servirán no solo para monitorear las concentraciones de base del planeta de los GEI, sino también brindar datos de calidad y así poder identificar las fuentes de emisión de ellos.

Para obtener datos confiables es de suma importancia utilizar un sistema de calibración para tener la seguridad de que el instrumento este midiendo de manera correcta, así mantenemos y verificamos el correcto funcionamiento del equipo, respondiendo a los requisitos determinados por las normas de calidad y así garantizar la fiabilidad y trazabilidad de las medidas. Es importante calibrar para poder confiar en la validez de las mediciones.

2. SISTEMA DE CALIBRACION

Dado que el Analizador Picarro es extremadamente lineal, solo es necesario utilizar tres estándares de calibración para calibrar cada tipo de gas (dos puntos definen la línea de calibración y un tercer punto intermedio se utiliza para la verificación). El valor exacto de cada estándar de calibración no es de particular importancia siempre que abarque un rango representativo de valores en los que normalmente se operará el analizador. Es razonable utilizar una concentración de cero para el valor de calibración bajo.

Aunque no es necesario usar más de tres estándares, se pueden usar gases adicionales para restringir aún más los coeficientes de calibración lineal.

Para realizar una calibración o verificación de calibración, el usuario simplemente introduce el primer estándar de calibración en el analizador durante un intervalo lo suficientemente largo para que el analizador produzca una medición estable de esa muestra. La concentración indicada de la muestra de calibración (un tubo de gas calibrado) y el valor que lee el analizador para esa muestra se registran para cada estándar de calibración utilizado. Luego, estos valores se pueden trazar, como se muestra en la Fig. 3, en una hoja de cálculo, por ejemplo, para determinar la relación lineal entre los valores de calibración conocidos y los valores informados por el analizador.

| | Value given by analyzer | Value of calibration standard |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Calibration point #1 | 200.1 | 202.7 |
| Calibration point #2 | 600.3 | 597.6 |
| Calibration point #3 | 400.0 | 400.0 |

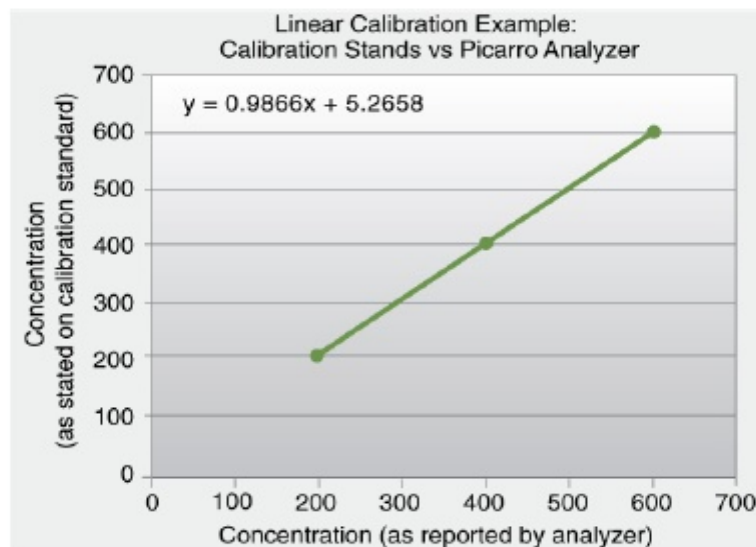


Figura 3. Valores de calibración.

Se puede calcular una ecuación lineal de mejor ajuste a partir de los datos. Es importante trazar la concentración notificada por el analizador en el eje horizontal y las concentraciones indicadas por los estándares de gas en el eje vertical. La pendiente y la intersección de la línea dan un mejor ajuste a través de estos puntos que son los dos valores que se utilizan para calibrar el analizador. Al determinar cual es la relación lineal entre los valores de calibración conocidos y los valores de concentración informados por el analizador, de esta manera, se puede calcular una compensación de calibración (pendiente e intersección) para agregar un término de corrección a la calibración de fábrica o la anterior del analizador.

El cambio de la calibración del analizador está destinado a realizarse con poca frecuencia.

En lugar de recalibrar con frecuencia para aumentar la precisión de los datos, los usuarios a menudo simplemente verifican la calibración midiendo tres o más estándares de gas y usan el mismo procedimiento de regresión descrito aquí para calcular una compensación por la cual corregir sus datos fuera de línea, este procedimiento es el que usa la Estación VAG para procesar sus datos.

A continuación, en las Figs. 4 y 5 se muestra el esquema de conexión del sistema de calibración utilizado en la Estación VAG Ushuaia.

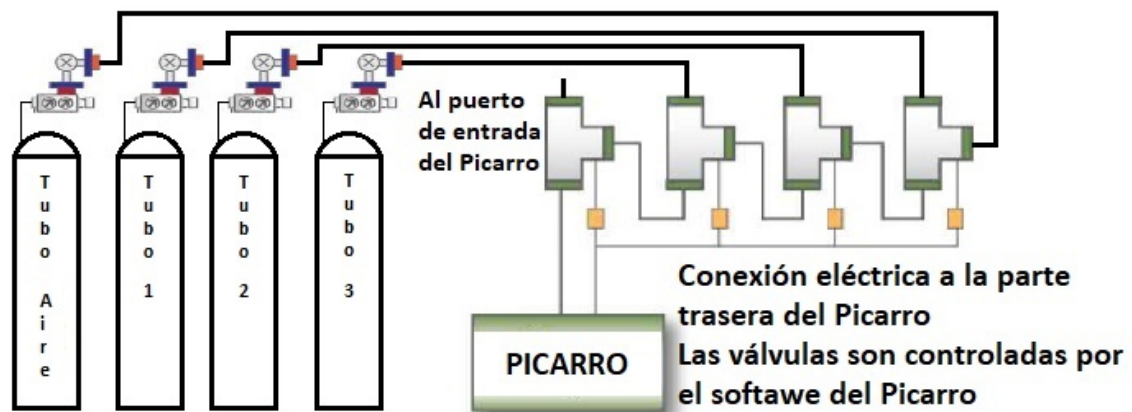


Figura 4. Esquema del sistema de calibración de la Estación VAG Ushuaia.

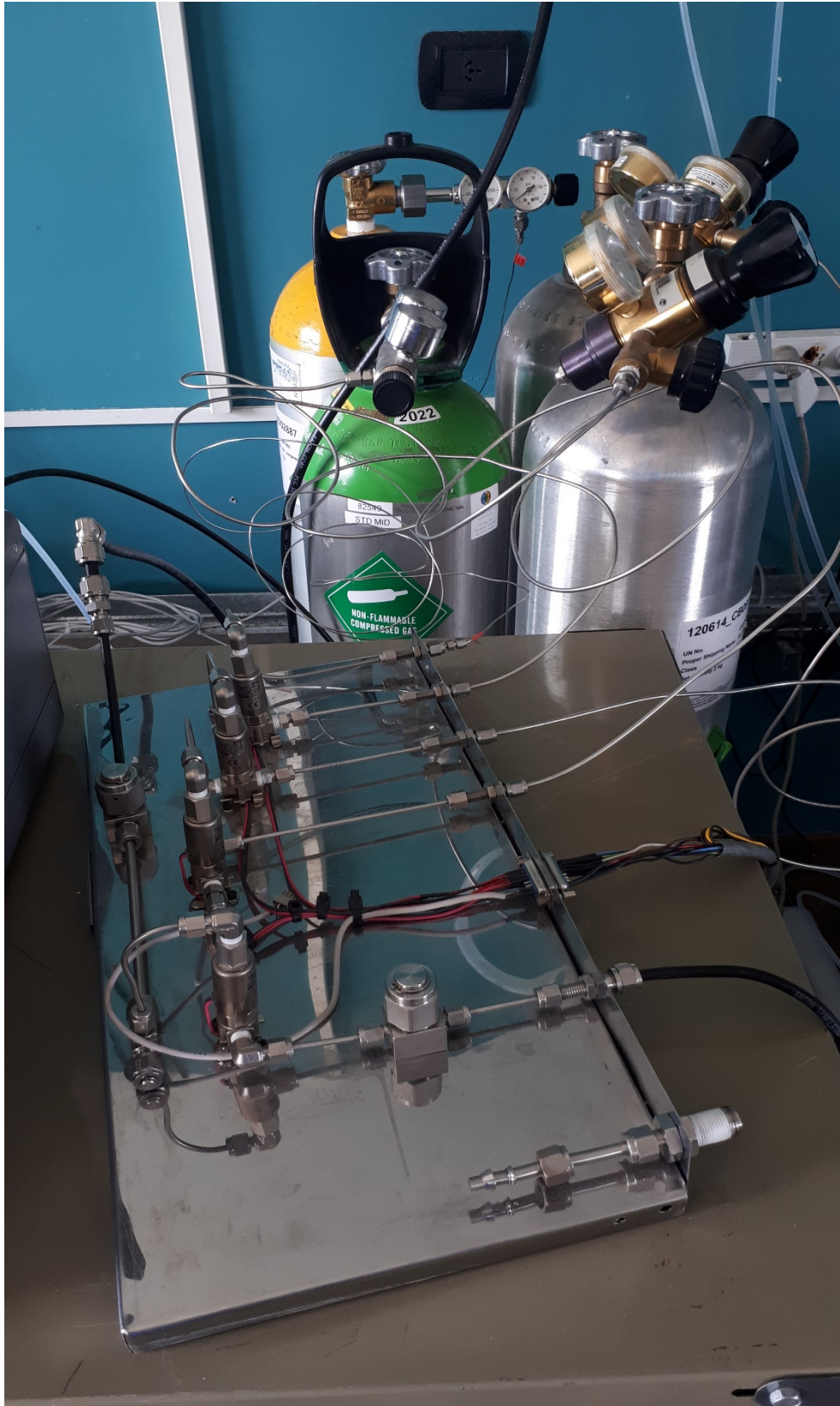


Figura 5. Imagen del sistema de calibración de la Estación VAG Ushuaia.

3. SOFTWARE DE CALIBRACION

El software del analizador Picarro incluye un módulo secuenciador de válvulas que permite al usuario definir, guardar y recuperar varias secuencias personalizadas, así como cambiar las válvulas manualmente a través del software (ver Fig. 6).

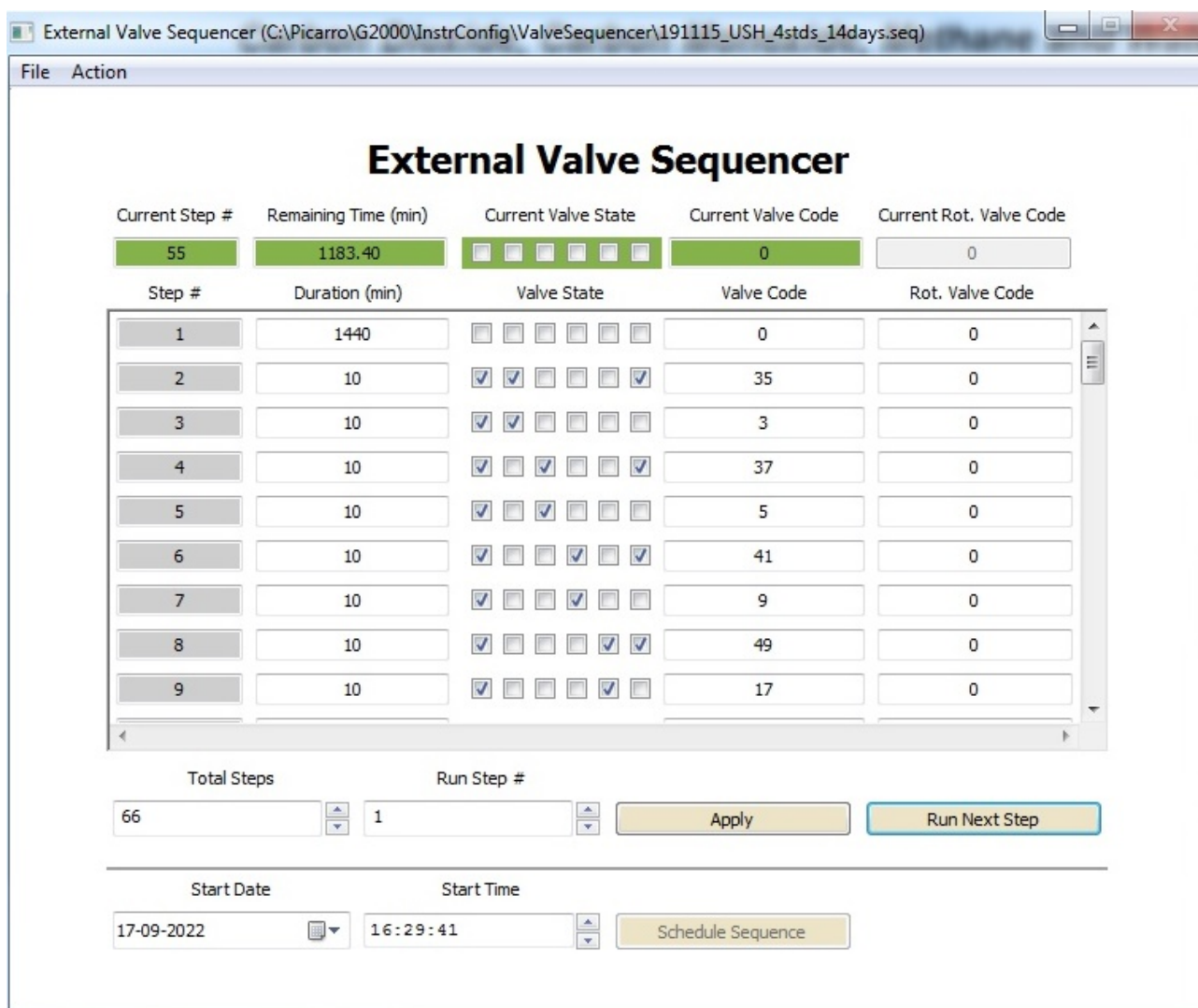


Figura 6. Software de configuración.

3.1 Configuración de válvulas

El software Valve Sequencer puede controlar hasta seis electroválvulas. Cada válvula debe funcionar con 12 V CC con un requisito de corriente de <1,5 amperios como máximo. Este analizador viene con un cable que se puede conectar a las mismas. El cable del conector de la válvula debe conectarse al conector de 15 pines en la esquina inferior izquierda del analizador (Fig. 7 VALVES). Hay seis pares de cables con conectores etiquetados V1, V2, ... V6 con conectores Molex hembra de 2 pines (Molex#43020-0200) para la conexión a las electroválvulas. Conecte V1 a la válvula 1, V2 a la válvula 2, etc. para válvulas cableadas con conectores Molex correspondientes. No conecte la electroválvula a la tierra del analizador; use solo los conectores eléctricos proporcionados.



Figura 7. Parte trasera Picarro.

3.2 Software de secuenciador de válvulas

El software Valve Sequencer (ver Fig. 6) permite al usuario establecer pasos en los que las válvulas se encienden/apagan. El paso actual, la duración transcurrida y los estados de las válvulas se muestran en la fila superior de la ventana de comandos del secuenciador de válvulas. La duración de cada paso se establece en minutos; por ejemplo, 1 minuto y 30 segundos corresponden a 1,5 minutos. Tenga en cuenta que el número de pasos se correlaciona con el total de pasos en la secuencia, pero la cuenta de los pasos comienza en "0".

Se pueden crear y guardar diferentes secuencias en el software en la opción file del menú.

3.3 Configuración de una secuencia de válvulas

Cada "step" activa la(s) electroválvula(s) indicada(s) durante un período de tiempo determinado. Se pueden llevar a cabo varios pasos en orden secuencial para cambiar entre diferentes fuentes de gas, purgar un colector u otra operación de manejo de gas. Cree el número de pasos deseados en la secuencia haciendo clic en la flecha arriba/abajo para "steps".

Para cada paso seleccione la casilla de cada electroválvula a abrir. La marca de verificación en la casilla "current valve state" indica que una electroválvula está abierta.

En este ejemplo (Fig. 6), asumimos que se utilizan válvulas normalmente cerradas (NC). Una verificación indica que la corriente fluye hacia la válvula, por lo que se abre. Las posiciones de izquierda a derecha corresponden a las electroválvulas V1...V6. La duración del paso está determinada por el valor ingresado en el campo "duración (min)", donde la duración del paso está en minutos. Si los valores de duración se establecen en <0,1 minutos, es posible que no se lleven a cabo correctamente. En el caso particular de la VAG, el primer paso es un día entero (1440 minutos) tomando muestras externas, es decir el equipo calibrador desactivado, luego del paso 2 al 9, se muestra la secuencia para medir cada uno de los 4 tubos del calibrador,

un detalle a tener en cuenta es que se consideran 10 minutos para que cada medición se estabilice. Se debe tener en cuenta el tiempo de estabilización de las mediciones en cada tubo, además también tener en cuenta que las calibraciones diarias no se realicen en el mismo horario.

El campo de "valve code" es un campo de visualización de solo lectura que depende de la configuración y muestra el estado total de ese paso en particular en un código numérico. Si el cuadro gris superior derecho muestra un valor de 512, 256 o está atenuado, eso indica que no hay una válvula selectora rotativa conectada al instrumento, o que no está funcionando. Para cada medición individual que realiza el analizador, los códigos de las válvulas y las posiciones de las válvulas rotatorias correspondientes a los estados de las válvulas en ese momento se guardan junto con los datos de concentración.

Una vez que se ha programado la secuencia de válvulas, se puede guardar con el botón "save valve sequence file"; se guardará con el número de archivo de secuencia seleccionado.

3.4 Cargar y ejecutar una secuencia guardada

Para cargar un archivo de secuencia de válvulas, seleccione "load valve sequence file". Si el usuario ha estado ejecutando una secuencia diferente de la que se cargó, el usuario debe presionar "Next Step" para inicializar la secuencia recién seleccionada.

Para ejecutar un archivo de secuencia, presione "Enable Sequencer", este botón cambiará a "Disable Sequencer" una vez que comience la secuencia. (El secuenciador debe estar activado si estaba deshabilitado, pero no es necesario cambiar de una secuencia a otra). La secuencia se repetirá indefinidamente hasta que se deshabilite o se cierre el software. Si está habilitado, la secuencia continuará ejecutándose después de que se presione el botón "close sequencer window".

Si lo desea, la secuencia se puede saltar al siguiente paso de la secuencia presionando el botón "run next step". Para detener el archivo del secuenciador, use el elemento de menú "Start/Stop Sequencer" en el menú "Action". Esto dejará todas las válvulas en su estado actual. En algunas situaciones, es conveniente programar el último paso de la secuencia para que sea un estado de válvula seguro o predeterminado. El "Reset All Valves" desactiva todas las válvulas.

El uso de "Hide Sequencer Interface" cierra la ventana, pero si el secuenciador está habilitado, continuará ejecutándose en segundo plano. Para saltar a un paso en particular, incremente el campo "run step #" y haga clic en "Apply".

Los códigos de la válvula se registran en columnas en los archivos de datos de salida que indican la configuración de válvula activa respectiva al momento en que se toman los datos.

Estos códigos se pueden utilizar como indicadores de tiempo de eventos. Por ejemplo, si no hay válvulas de solenoide presentes, los códigos se registrarán independientemente de si una válvula está conectada o no.

4. TUBOS DE CONCENTRACION ESPECIFICA

Los tubos en la VAG fueron provistos por WCC-EMPA:

| Cylinder ID | CH ₄ (ppb) | | N ₂ O (ppb) | | CO (ppb) | | CO ₂ (ppb) | | Pressure (psi) | Use |
|----------------|-----------------------|------|------------------------|------|----------|------|-----------------------|------|----------------|------------|
| 120614_CB09197 | 1778.03 | 0.08 | 321.66 | 0.09 | 90.45 | 1.01 | 329.53 | 0.02 | 1090 | Picarro LS |
| 130822_CB10205 | 2397.66 | 0.13 | 326.81 | 0.04 | 278.47 | 0.19 | 427.18 | 0.02 | 1400 | Picarro LS |
| 82549 | 1948.63 | NA | 331.51 | NA | 143.79 | 0.06 | 419.13 | NA | 2300 | Picarro LS |

Además, se cuenta con un tubo de referencia con aire del lugar, este se usa diariamente para solo para verificar el funcionamiento del instrumento.

La presión de los tubos debe ser aproximadamente 0.5 bares en la entrada al sistema de calibración.

5. REFERENCIAS

GAW Report No. 252 WCC-Empa Report No. 19/3. System and Performance Audit of Surface Ozone, Carbon Monoxide, Methane and Carbon Dioxide at the Global GAW Station Ushuaia, Argentina, Nov 2019. GAW Report No. 252 WCC-Empa Report No. 19/3

Boletín Gases de Efecto Invernadero del SMN año 2022

Picarro, Inc. Picarro G2401 Analyzer User's Guide. Rev. C 1/14/11, 27 y 35 p.

Picarro, Inc. 41-0059 Rev. A. Picarro_G2401 Datasheet (2021)

Picarro, Inc. AN016 Automated Multi-Point Greenhouse Gas Measurement System (2008)

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martín Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gov.ar).