PRESTAR SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A LA RED DE GASES ESPECIALES E INDUSTRIALES DEL LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS CON SUMINISTRO DE REPUESTO Y/O CONSUMIBLES

CONTRATO 34793 DE 2025

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

INFORME FINAL

MANTENIMIENTO CORRECTIVO, ADECUACION DE REDES, PUESTA EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO

NOVIEMBRE 28 DEL 2025

1. GENERALIDADES DEL CONTRATO

ID del contrato en SECOP CO1	PCCNTR.8145205
Estado de contrato Firmado	Finalizado
Número del Contrato	34793 DE 2025
Objeto del contrato	Prestar servicio de mantenimiento preventivo y correctivo a la red de gases especiales e industriales del laboratorio nacional de suelos con suministro de repuesto y/o consumibles
Valor del Contrato	$200.000.000
Valor final del contrato	$199.595.310
Tipo de Contrato	Prestación de servicios
Tiempo de ejecución	4 meses
Fecha de Terminación	28/11/2025
Fecha acta de Recibo Final	28-11-2025
Tiempo adiciones en días	0 días

- **ESTADO DE POLIZA DE SEGURO DE CUMPLIMIENTO No 61-46-101035006 – SEGUROS DEL ESTADO**

PRESTACION DEL SERVICIO	VIGENCIA DESDE	VIGENCIA HASTA
Cumplimiento del contrato	06/08/2025	28/05/2026
Calidad del servicio	06/08/2025	28/05/2026
Pago de salarios, prestaciones sociales legales e indemnizaciones	06/08/2025	28/05/2026
Calidad y correcto funcionamiento de bienes	06/08/2025	28/05/2026

- **ESTADO DE POLIZA DE RESPONSABILIDAD CIVIL EXTRACONTRACTUAL No 61-54-101003108 – SEGUROS DEL ESTADO**

PRESTACION DEL SERVICIO	VIGENCIA DESDE	VIGENCIA HASTA
Predios labores y operaciones	06/08/2025	28/11/2025

2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GASES ESPECIALES EXISTENTE EN EL INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI Y DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO REALIZADO

El sistema de gases en un entorno de laboratorio, como el del IGAC, está diseñado para suministrar gases de alta pureza de manera segura, constante y controlada a equipos analíticos de alta sensibilidad.

La fiabilidad de los resultados analíticos depende directamente de la ausencia o mínima presencia de impurezas en los gases, que se miden en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb).

La prestación del servicio de mantenimiento preventivo y correctivo a la red de gases especiales e industriales del Laboratorio Nacional de Suelos con suministro de repuesto y/o consumibles, ubicado en la Sede Central del IGAC, en la carrera 30 No. 48 – 51 de la ciudad de Bogotá, se realizó de acuerdo con las necesidades que se presentaron y evidenciadas previamente en el diagnostico de redes realizado, lo anterior con cumpliendo las siguientes especificaciones técnicas:

2.1. Mantenimiento Preventivo de la red de gases.

Limpieza exterior y purga de la tubería, estado general. Prueba de válvulas, acoples, conectores y reguladores.

Pruebas de 7 líneas principales (Argón, Helio, Nitrógeno, Óxido Nitroso, Aire comprimido, Oxigeno y Acetileno) y sus derivaciones.

• Prueba de fugas en conexiones, uniones o segmentos de tubería de la red de Gases.

• Prueba de estanqueidad con reporte de caída de presión mínima de 2 horas.

• Ensayo de conexiones o gases cruzados.

• Purga de la tubería.

Actividad realizada verificando el funcionamiento de cada una de las líneas, con cumplimiento de la normatividad vigente. No se evidencio inconformidad con prueba de gases cruzados. Ver informe de diagnóstico de redes.

2.2. Mantenimiento Correctivo de la red de gases:

Atendiendo los hallazgos encontrados, se realizado el cambio de instrumentos de medición, válvulas y señalización demarcación, conectores, mangueras, Pigtails, calibraciones, rotulado y/o pintura bajo los requerimientos normativos aplicables, de las siete líneas principales (Argón, Helio, Nitrógeno, Óxido Nitroso, Aire comprimido, Oxigeno y Acetileno) y sus derivaciones y tableros en los laboratorios.

Se ejecutaron todas las actividades necesarias para corregir y lograr el correcto funcionamiento de cada una de las líneas, con cumplimiento de la normatividad vigente.

Realizadas las intervenciones preventivas y correctivas, se prodece finalmente a entregar final de las pruebas realizadas a cada una de las redes de distribución de acuerdo a las NTC 2505, NTC 3853, NTC 17025:2017 y cualquier norma requerida; el proceso de entrega se realiza mediante suscripción de acta de recibo final, acta de corte de contrato, certificaciones de los manómetros y pruebas finales realizadas recibidas a satisfacción.

3. ESTRUCTURA DE REGULACION DUAL Y RIESGOS IDENTIFICADOS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En el proceso de inspección visual y actividades relacionadas en el alcance definido en la ficha técnica del contrato para el mantenimiento preventivo, se detectaron los siguientes riesgos y fallos críticos:

CRITERIO DE RIESGO	HALLAZGOS REPORTADOS
Fugas/Hermeticidad	Pruebas de estanqueidad revelaron variaciones mínimas y probables puntos de micro fuga.
Precisión de Medición	Los manómetros de URI y URPT no tienen precisión o no funcionan adecuadamente.
Suministro Seguro	Las mangueras (pigtails) carecen de fecha de fabricación o pruebas vigentes, la coraza presenta fatiga y desgaste, y los conectores están deteriorados.
Daños del elemento	El cuerpo/asiento de válvulas de aguja presenta afectación severa. No se cuenta con evidencia de mantenimiento de estos elementos y trazabilidad de la fiabilidad y tasa de fallo que garantice una proyección de vida útil y confiabilidad para el sistema
difusión atmosférica y desorción	Las pruebas de fugas revelaron falta de hermeticidad en la red en aparatos o accesorios
Pureza del Gas	El desgaste en los asientos internos de los reguladores causa regulación inestable. Los fallos en la hermeticidad pueden causar difusión atmosférica y contaminación por humedad y oxígeno.

Técnicamente se describe que el sistema del IGAC maneja siete líneas principales: Argón, Helio, Nitrógeno, Óxido Nitroso, Aire Comprimido, Oxígeno y Acetileno, con estructura de regulación dual.

3.1 Estructura de Regulación Dual (URI y URPT)

El sistema de distribución centralizado implementa dos etapas de regulación para garantizar la seguridad y la estabilidad de la presión:

3.1.1 **Unidad de Regulación Inicial (URI):** También conocida como colector o *manifold*.

- **Función:** Se encuentran a la salida de los cilindros de gas o baterías de cilindros, donde las presiones son máximas (a menudo hasta 3000 PSIG). La URI reduce esta alta presión a una presión de línea o media (aproximadamente 10 bares o 145 PSI en este caso se encontró que funcionan a 120 PSI), que luego se distribuye por la tubería principal a los laboratorios.
- **Seguridad URI (Acetileno):** Para gases altamente inestables como el Acetileno, la presión máxima inicial a regular no debe exceder 1 bar (15 PSI) para evitar riesgos de explosividad fuera del cilindro. En el caso puntual y actual del IGAC, se encontró que manejan un promedio de 22 PSI inicial, y en la URPT final de 15 PSI.



Figura 1. distribución típica de URI – Unidad de regulación inicial

IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD. El uso de reguladores adecuados es crucial para garantizar la seguridad en el manejo de gases especiales en el laboratorio. Un regulador defectuoso o inadecuado puede causar fugas, contaminación del gas o incluso accidentes. Es fundamental seguir las instrucciones del fabricante y realizar un mantenimiento regular de los dispositivos para asegurar su correcto funcionamiento.

3.1.2 Unidad de Regulación en Punto de Trabajo (URPT):

- **Función:** Se encuentran instalados en los puntos de consumo, cerca del equipo analítico. Toman la presión de línea (media) proveniente de la URI y la reducen a la presión de trabajo específica que requiere el instrumento (generalmente entre 0 y 7 bares, o 0 y 100 PSI).
- **Importancia:** Esta doble regulación (URI y URPT) es fundamental para garantizar una presión de trabajo estable y precisa en los equipos analíticos, minimizando el riesgo de contaminación por fluctuaciones.

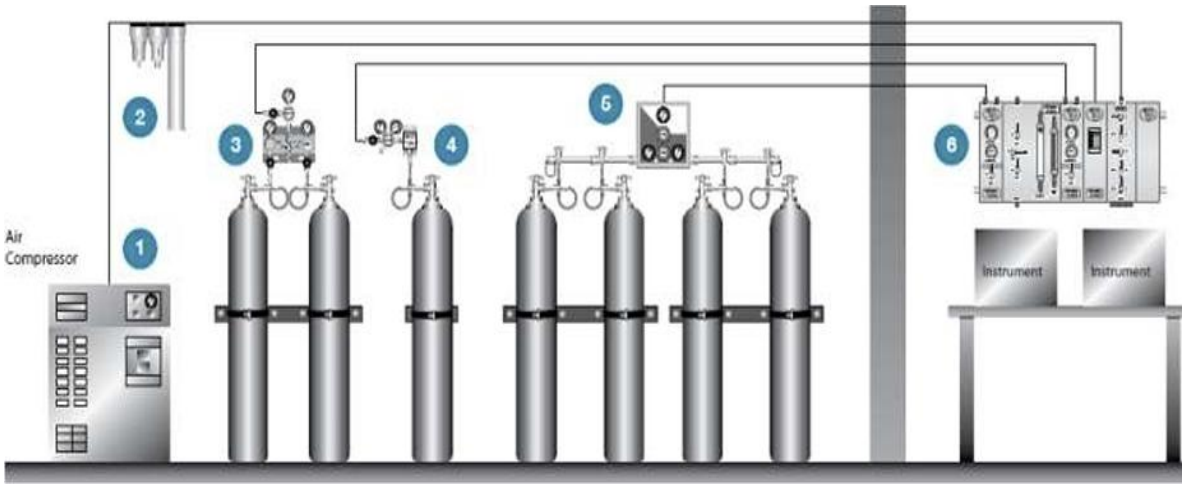


Figura 2. distribución típica general del sistema URI – URPT

La contaminación en los sistemas de gases puede ocurrir por partículas remanentes en la tubería, accesorios, válvulas y reguladores. La difusión atmosférica y la desorción se ocasionan por la falta de hermeticidad en la red en aparatos o accesorios o por el cambio inadecuado de los cilindros. Cuando la tubería, reguladores y accesorios están fríos y desacoplados, el aire ambiental penetra y la humedad se condensa internamente.

• La difusión atmosférica se refiere al proceso por el cual partículas y gases en la atmosfera, desde áreas de alta concentración a áreas de baja concentración, se dispersan y mezclan, alterando su concentración y distribución. Este fenómeno es crucial para la calidad y pureza de los gases especiales.

• La desorción es el proceso inverso a la adsorción, donde una sustancia previamente adsorbida se libera de una superficie. En otras palabras, es la liberación de moléculas o átomos de una superficie hacia el medio circundante, como el vacío o un fluido.

4. ATENCION DE RIESGOS IDENTIFICADOS – MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En el presente capitulo se consolida las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo ejecutado en la red de gases especiales e industriales del Laboratorio Nacional de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, complementando con la normativa aplicable, análisis técnico y evaluación de riesgos, integrando los requisitos de:

- NTC 2505: Seguridad en sistemas de gases comprimidos.
- NTC 3853: Identificación, manejo seguro y distribución de gases.
- NTC-ISO/IEC 17025:2017: Requisitos de competencia técnica para laboratorios.
- Otras normas y buenas prácticas aplicables a sistemas de alta pureza (ASME B31.3, CGA, ASTM).

4.1 Riesgos Identificados y Criterio Correctivo

El informe preventivo detectó fallos críticos que comprometen la integridad y la pureza del gas, que, conforme a los parámetros de seguridad y operación, conllevan a ser atendidos bajo un criterio de riesgo y acción correctiva, garantizando el funcionamiento, minimizando la probabilidad de daños e incrementando la fiabilidad del sistema integral de red de gases especiales del Instituto Geografico Agustin Codazzi.

Criterio de Riesgo	Hallazgos Reportados	Criterio Correctivo
Fugas/Hermeticidad	Pruebas de estanqueidad revelaron variaciones mínimas y probables puntos de micro fuga.	Se realiza limpieza externa de la tubería, revisión de su integridad bajo inspección visual y corrección de micro fugas. Las pruebas de hermeticidad finales se ejecutaron teniendo en cuenta la ficha técnica y directriz contractual del IGAC
Precisión de Medición	Los manómetros de URI y URPT no tienen precisión o no funcionan adecuadamente.	Se instalaron manómetros nuevos, calibrados. La calibración es certificada por un laboratorio acreditado ONAC. Cumplimiento ISO 17025: que indica que los instrumentos deben estar calibrados y

		trazables a patrones nacionales.
Suministro Seguro	Las mangueras (pigtails) carecen de fecha de fabricación o pruebas vigentes, la coraza presenta fatiga y desgaste, y los conectores están deteriorados.	Se realizaron cambios de Pigtails para evitar fallos de seguridad. Se suministro e instalaron mangueras de alta presión Manguera R115 y pigtails de acero inoxidable.
Daños del elemento	El cuerpo/asiento de válvulas de aguja presenta afectación severa. No se cuenta con evidencia de mantenimiento de estos elementos y trazabilidad de la fiabilidad y tasa de fallo que garantice una proyección de vida útil y confiabilidad para el sistema	Se cambiaron las válvulas de aguja, cuyo cuerpo/asiento se evidencio con desgaste y con rosca que superan afectación de limites permisibles
difusión atmosférica y desorción	falta de hermeticidad en la red en aparatos o accesorios	Se realizo el ajuste y/o cambio obligatorio de aparatos o accesorios con fugas. Se realizan pruebas con liquido jabonoso.
Pureza del Gas	El desgaste en los asientos internos de los reguladores causa regulación inestable. Los fallos en la hermeticidad pueden causar difusión atmosférica y contaminación por humedad y oxígeno.	Los reguladores defectuosos se reemplazaron para asegurar el control preciso y la pureza del gas. Los nuevos reguladores, acorde con las fichas técnicas están fabricados con materiales compatibles con gases especiales, como diafragmas de acero inoxidable y asientos de PTFE.

4.2 Inventario de componentes de reemplazo obligatorio acorde con el diagnostico realizado y los riesgos evaluados durante el proceso de mantenimiento preventivo. Fiabilidad y Tasa de fallo

Teniendo en cuenta los hallazgos y los riesgos identificados en el sistema y el inventario de intervención correctivo necesario en la estructura de regulación inicial - URI, la siguiente matriz consolida los accesorios y aparatos suministrados e instalados durante el proceso de mantenimiento correctivo:

CENTRAL DE GASES URI (Unidades de regulación inicial)													
Producto	Cantidad reguladores URI	Cantidad de valvulas de aguja	Manometros	Manguera de alta	Conector CGA	Pigtail	Cantidad URI	URI a reemplazar	marcas	Manguera	Pigtail	Suministro Manometros	calibracio manometros
acetileno (doble)	1	2	2	4	2		1	1	Harris	2		2	2
argón	1	2	2	2	1		1	1	Gentec	2		2	2
nitrogeno	3	2	6	6	3		3	2	Gentec	6		4	6
helio	2	2	4			2	2	2	Gentec		2	4	4
oxigeno	1	2	2	2	1		1	1	Gentec	2		2	2
aire	1	2	2	2	1		1	1	Gentec	2		2	2
oxido nitroso		2	2	2	1		1	1	Harris	2		2	2
argón (nuevo)				1	1		1			1			2
TOTAL	9	14	20	19	10		11	9		17	2	18	22

Es de mencionarse, que, según el mecanismo de operación de las válvulas, el estado de manómetros, manguera de alta, conectores y pigtail, suelen producirse diferentes modos de fallo o daños, y cada uno de estos modos de fallo o daños sucede con la frecuencia que indica su tasa de fallo (λ). Al solicitar los reportes de mantenimiento existentes para consultar la tasa de fallo al instituto, se evidencio que no se tiene trazabilidad ni datos de los modos de fallo más frecuentes que se hayan producido; al no controlarse realizando ingreso de datos y reportes para tomar acciones preventivas o correctivas oportunas, pueden generarse incidentes o accidentes que pueden ocasionarse como consecuencia de ello. Es importante indicar como recomendación que debe estudiarse la fiabilidad mediante estos reportes periódicos para llevar a cabo el mantenimiento preventivo correspondiente. Para realizar el mantenimiento preventivo de las válvulas, es obligatorio la existencia de información de eventos y de la probabilidad de fallo, pues de esta manera podrá conocerse cuál es el momento más adecuado para revisarlas, evitando así llegar a una situación en la que la probabilidad de que ocurra el fallo sea elevada y se pueda materializar un incidente o accidente grave o acciones correctivas de alto costo, lo anterior conforme a lo indicado en la ISO 17025**:** cláusula 7.11 (control de datos y registros). A continuación, se definen los términos de fiabilidad y tasa de fallo, así como la utilidad que éste último dato tiene para llegar a conocer la probabilidad de fallo:

Fiabilidad es la probabilidad de que un componente o dispositivo lleve a cabo una función definida en condiciones establecidas para un periodo de tiempo señalado.

Tasa de fallo es la frecuencia con que se presentan los fallos en los componentes, es decir, el número de fallos que ocurren en un componente dividido por el tiempo transcurrido.

De igual forma aplica para las unidades de regulación de punto de trabajo - URPT, a continuación, se presenta el inventario de intervención correctiva, realizado acorde con los hallazgos encontrados:

URPT X Laboratorio (Unidad de regulación punto de trabajo)														
Producto	Cantidad reguladores URPT	Cantidad de valvulas de aguja	Manometros	Manguera de alta	Conector CGA	Pigtail	Cantidad URPT	URPT a reemplazar	marcas	laboratorio	Suministro Manometros 0-100	calibracio manometros	valvula	piso
oxigeno	1	1	1		1		1	1	Gentec	Biología	1	1	1	3
aire	1	1	1		1		1	1	Gentec	Biología	1	1	1	3
nitrogeno	1	1	1		1		1	1	Gentec	Biología	1	1	1	3
nitrogeno	1	1	1		1		1	1	Gentec	cromatografia	1	1	1	3
aire	1	1	1		1		1	1	Gentec	cromatografia	1	1	1	3
nitrogeno	1	1	1		1		1	1	Gentec	cromatografia	1	1	1	3
helio	1	1	1		1		1	1	Gentec	analizador elemental	1	1	1	3
aire	1	1	1		1		1	1	Gentec	analizador elemental	1	1	1	3
oxigeno	1	1	1		1		1	1	Gentec	analizador elemental	1	1	1	3
argón	1	1	1		1		1	1	Gentec	absorción atomica 2	1	1	1	3
oxido nitroso	1	1	1		1		1	1	Gentec	absorción atomica 2	1	1	1	3
acetileno							1			absorción atomica 2	1	1	x	3
argón	1	1	1		1		1	1	Gentec	absorción atomica 1	1	1	1	3
oxido nitroso	1	1	1		1		1	1	Gentec	absorción atomica 1	1	1	1	3
acetileno							1		Gentec	absorción atomica 1	1	1	x	3
helio	1	1	1		1		1	1	Gentec	fisica	1	1	1	2
nitrogeno	1	1	1		1		1	1	Gentec	fisica	1	1	1	2
dos (2) puntos de trabajo que no se deben cambiar							2					4		
TOTAL	15	15	15		15		19	15			17	21	15	

5. FICHAS TÉCNICAS DE COMPONENTES

5.1 Tubería y Conexiones

Para el transporte de gases de alta pureza, el material es fundamental para resistir la corrosión y evitar la contaminación del gas.

COMPONENTE	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REQUERIDAS
Tubing (Tubería)	Tubing ASTM 316L de 1/4 OD en acero inoxidable. Acero inoxidable austenítico ASTM A269 sin soldadura para resistencia a la corrosión y facilidad de limpieza.
Conectores	Conectores CGA por gas (incluye tuerca y vástago), y uniones OD x OD de 1/4 en acero inoxidable 316 SS.

Válvulas de Bloqueo	Válvulas de aguja o válvula de bola de 2 vías en acero 316 SS de ¼. Las válvulas de diafragma son una opción ideal por su diseño sin empaquetaduras, lo que reduce el riesgo de contaminación.
Reguladores URPT	Reguladores Gente. En cada área o laboratorio se instala un regulador por puesto de trabajo de los gases existentes en este proyecto que son: Oxígeno, Aire Comprimido, Aire seco, Óxido nitroso, Helio, Hidrogeno, Nitrógeno, Argón, Dióxido de carbono para dar un suministro oportuno al proceso demandado.
Reguladores URPT	Regulador con características de alta pureza, como el modelo HP 701 de Harris (URI acetileno). Previene la difusión y desgasificación, manteniendo la pureza del gas. Material químicamente inerte que no reacciona con los gases. Protege el asiento del regulador contra la contaminación por partículas

5. EVIDENCIA VISUAL DEL SISTEMA (IMÁGENES)

Las fotografías permiten visualizar tanto el estado inicial de los componentes (que requiere mantenimiento correctivo) como los componentes de reemplazo necesarios para la adecuación. Se entrega usb con archivos digitales fotográficos.

5.1 Unidades de Regulación en Punto de Trabajo (URPT)

Las URPT toman la presión de línea y la ajustan al equipo.

- **URPT Instaladas (Pre-correctivo):** Se observan varias URPT instaladas en la pared con manómetros y reguladores, algunos de marca AGA o Matheson, indicando la Unidad de Regulación y el gas (Nitrógeno, Aire, Oxígeno).
- **Fugas en URPT:** Se evidencia formación de burbujas en conexiones, confirmando un punto de fuga en la línea.

5.2 Descripción de aspectos relevantes de Componentes de Reemplazo (Mantenimiento Correctivo URPT)

Las imágenes de los suministros confirman que el mantenimiento correctivo requirió necesariamente el reemplazo de los componentes defectuosos por equipos nuevos y originales.

- **Reguladores URPT GENTEC:** Se intervinieron unidades de regulación GENTEC reemplazando sus componentes, los cuales son diseñadas para ser unidades de punto de trabajo (URPT) con manómetros, reguladores, válvulas y tableros.

- **Manómetros Calibrados:** Se reemplaza un conjunto de manómetros de reemplazo con etiquetas de calibración actualizadas, requisito fundamental del contrato.
- **Instalación Correctiva URPT:** Las nuevas instalaciones muestran grupos de URPT (Helio, Aire comprimido, Nitrógeno) montadas en paneles, conectadas por **tubing de acero inoxidable** y con claras etiquetas de identificación y seguridad, cumpliendo con la adecuación requerida normativamente.

El plan de acción correctivo realizado busca transformar este sistema, que mostraba desgaste en manómetros y fugas en puntos clave, a un sistema con componentes certificados y de alta integridad, utilizando materiales como el acero inoxidable 316L, esencial para la pureza del gas en aplicaciones analíticas.

6. PRUEBAS FINALES PARA CADA UNA DE LAS REDES DE DISTRIBUCION DE ACUERDO CON LAS NTC 2002, NTC 3853, NTC 17025:2017

La prestación del servicio comprendió la ejecución integral de pruebas de estanqueidad, las cuales incluyeron un reporte de caída de presión mínima durante un período continuo de dos (2) horas, conforme a los parámetros técnicos aplicables al tipo de red intervenida. Adicionalmente, se llevó a cabo la verificación de fugas en conexiones, accesorios y tramos de tubería, empleando métodos directos e indirectos de detección, garantizando así el cumplimiento de los estándares de seguridad operacional y normativa vigente.

Durante la fase de mantenimiento preventivo se realizaron las pruebas iniciales de hermeticidad, las cuales evidenciaron la presencia de fugas y microfugas en distintos puntos de la red. Con base en los resultados obtenidos, y en cumplimiento de los requerimientos contractuales y obligaciones técnicas del contratista, se determinaron las acciones de mantenimiento correctivo necesarias, orientadas a restituir las condiciones de funcionamiento seguro del sistema.

Las pruebas finales de hermeticidad fueron ejecutadas atendiendo estrictamente a lo establecido en la ficha técnica del sistema y en la directriz contractual emitida por el IGAC, garantizando que los procedimientos aplicados fueran idóneos, verificables y trazables, tal como lo exige la normatividad técnica y los principios de la contratación estatal.

El objeto del mantenimiento correctivo consistió en eliminar las deficiencias de hermeticidad detectadas previamente, mediante el ajuste, reemplazo y/o cambio obligatorio de los aparatos, accesorios o componentes que presentaban fuga. Para ello se aplicaron métodos de inspección complementarios —incluyendo pruebas con solución jabonosa como mecanismo de detección puntual de micro fugas— que permitieron verificar la correcta intervención de cada elemento comprometido.

Como resultado de estas actividades y tras confirmar que la prueba final de hermeticidad cumplió con los parámetros técnicos, contractuales y de seguridad, el sistema fue catalogado como aprobado y aceptable, ratificando que la red se encuentra en condiciones óptimas de operación.

Finalmente, una vez verificado el cumplimiento de la totalidad de los requerimientos contractuales, especificaciones técnicas, procedimientos de prueba y criterios de aceptación, las partes suscriben el Acta de Recibo Final, documento mediante el cual se deja constancia formal de la correcta ejecución del servicio y de la conformidad técnica y legal del resultado.

7. RECOMENDACIONES Y ESPECIFICACIONES ADICIONALES

A continuación, se presenta un **apartado de recomendaciones técnicas, de aseguramiento metrológico, gestión documental, trazabilidad, riesgos y mejora continua**, orientado al IGAC, fundamentado en la información del mantenimiento preventivo y correctivo realizado y en buenas prácticas para sistemas de gases especiales en laboratorios de alta precisión .

RECOMENDACIONES AL IGAC PARA EL FORTALECIMIENTO, ASEGURAMIENTO Y MEJORA CONTINUA DE LA RED DE GASES ESPECIALES DEL LABORATORIO DE SUELOS

Las siguientes recomendaciones buscan fortalecer la confiabilidad operativa, la seguridad industrial, la trazabilidad metrológica y el aseguramiento técnico de la red de gases especiales del IGAC, incorporando buenas prácticas derivadas del mantenimiento preventivo y correctivo ejecutado, así como del análisis de riesgos evidenciado durante la intervención del sistema.

7.1 Recomendaciones Técnicas para la Integridad y Operación del Sistema

7.1.1 Implementación de un Programa de Integridad de Red (PIR)

Establecer un programa formal que incluya inspecciones periódicas, pruebas de hermeticidad, verificación de estado de tuberías, reguladores y válvulas, siguiendo la NTC 2505, NTC 3853 y lineamientos CGA/ASME.

Objetivo: garantizar que la infraestructura mantenga condiciones óptimas y prevenir fallas por desgaste, corrosión, vibración o desalineación.

7.1.2 Sustitución programada de componentes críticos

Basado en los hallazgos:

- URIs y URPT con desgaste,
- pigtails sin trazabilidad,
- manómetros fuera de servicio,

- válvulas con asiento deteriorado,
- microfugas recurrentes.

Se recomienda un **plan de reemplazo cíclico** basado en vida útil, fabricante y tasa de fallo (λ), aplicando criterios de confiabilidad (RCM / RBI).

7.1.3 Estandarización del sistema de doble regulación

Toda la red debe operar bajo parámetros controlados:

- URI con presión adecuada por tipo de gas.
- URPT calibradas y certificadas.
- Configuración homogénea de manómetros, reguladores y conexiones para minimizar errores operativos.

7.1.4 Control de contaminación y pureza del gas

Se recomienda:

- Minimizar exposiciones al ambiente en cambios de cilindros.
- Implementar rutinas de purga estrictas (N_2 u otro gas inerte).
- Mantener tuberías y accesorios libres de humedad, partículas y aceites.
- Capacitación al personal sobre “cold spots”, desorción y difusión atmosférica.

8. RECOMENDACIONES DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y TRAZABILIDAD

8.1 Programa de Calibración anual para manómetros y reguladores

Conforme a ISO/IEC 17025:2017 (cláusula 6.4 y 7.6):

- Calibración anual o semestral según criticidad.
- Laboratorios acreditados ONAC.
- Certificados trazables a patrones nacionales/internacionales.

8.2 Implementación de un Sistema de Control de Registros

La red debe contar con:

- Historial de calibraciones.
- Reportes de fugas.
- Registro de inspecciones.

- Trazabilidad de pigtails, válvulas y URPT instaladas.
- Notas de operación y eventos de fallo.

Este control es obligatorio bajo ISO 17025:2017 (cláusula 7.11).

8.3 Indicadores de Desempeño del Sistema (KPI – Key Performance Indicators)

Se recomienda establecer indicadores como:

Indicador	**Descripción**	**Meta sugerida**
Tasa de fallos (λ)	Número de fallos por unidad de tiempo	↓ cada trimestre
Índice de hermeticidad	% de pruebas aprobadas sin microfugas	> 98%
Índice de confiabilidad de URPT	% de reguladores en estado óptimo	> 95%
Tiempo promedio entre fallos (MTBF)	Disponibilidad del sistema	Tendencia ascendente
Cumplimiento de calibraciones	% de equipos calibrados en el periodo	100%

9. RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DOCUMENTAL, SEGURIDAD Y TRAZABILIDAD CONTRACTUAL

9.1 Aseguramiento del "Manual de Operación, Seguridad y Mantenimiento del Sistema de Gases del IGAC"

Este documento debe incluir:

- Procedimientos normalizados (POE).
- Parámetros por cada tipo de gas.
- Métodos de inspección, prueba y diagnóstico.
- Frecuencias de mantenimiento preventivo.
- Protocolos ante fugas, emergencias o contaminación.

9.2 Implementar Matriz de Riesgos del Sistema (HIRA – Hazard Identification and Risk Assessment)

Para cada componente:

- Identificar modos de falla.
- Probabilidad de ocurrencia.
- Impacto en la operación analítica.
- Plan de mitigación.

9.3 Registro fotográfico continuo y obligatorio

A fin de cumplir trazabilidad técnica:

- Fotografías de antes/después de cada mantenimiento.
- Evidencias de certificaciones, calibraciones y pruebas.
- Registro digital respaldado en almacenamiento institucional seguro.

10. RECOMENDACIONES DE MEJORA CONTINUA

10.1 Auditorías internas anuales del sistema

Basadas en NTC 17025 y ASME B31.3, incluyendo:

- Integridad de tubería.
- Revisión de instalaciones en zonas sísmicas.
- Evaluación de compatibilidad de materiales.
- Verificación de cumplimiento normativo.

10.2 Capacitación continua del personal del laboratorio

Mínimo dos veces por año en:

- Manejo seguro de cilindros.
- Identificación de fugas por métodos directos e indirectos.
- Operación de URI y URPT.
- Procedimientos de emergencia.

10.3 Implementar un laboratorio de control de calidad del gas

En el mediano plazo, evaluar:

- Sistemas de monitoreo continuo de oxígeno, humedad y partículas.
- Análisis de pureza en puntos críticos.
- Sistema digital de alarmas por presión o variaciones inesperadas.

11. RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS PARA ASEGURAMIENTO INSTITUCIONAL

11.1 Migración progresiva hacia materiales de ultra-alta pureza (UHP)

Especialmente:

- Tubing 316L electropulido.
- Conexiones orbitales.
- Válvulas de diafragma en sustitución de válvulas de aguja cuando aplique.

11.2 Creación del "Centro de Control de Gases del IGAC"

Con funciones de:

- Monitoreo centralizado.
- Gestión de históricos.
- Control de indicadores.
- Planeación de mantenimiento basado en condición (CBM).

11.3 Consolidación del sistema de trazabilidad digital

Desarrollar una plataforma o módulo interno para:

- Registrar nuevos componentes.
- Controlar inventarios.
- Adjuntar certificados.
- Programar mantenimientos futuros.

12. . CONCLUSIÓN GENERAL

Las mejoras recomendadas permitirán al IGAC:

- Asegurar la confiabilidad y pureza de los gases especiales utilizados en análisis de suelos.
- Reducir riesgos operativos, metrológicos y de seguridad.
- Optimizar la vida útil de la infraestructura.
- Cumplir con las normas NTC 2505, NTC 3853, NTC-ISO/IEC 17025:2017.
- Incrementar la calidad analítica y robustez del laboratorio teniendo en cuenta los criterios de diseño en cumplimiento con la normatividad.

Estas recomendaciones se fundamentan en los hallazgos del mantenimiento preventivo y correctivo ejecutado por Equiservicios Industriales SAS y en estándares nacionales e internacionales aplicables al sistema intervenido.

13. REGISTROS FOTOGRAFICOS DE TRAZABILIDAD EN EJECUCION

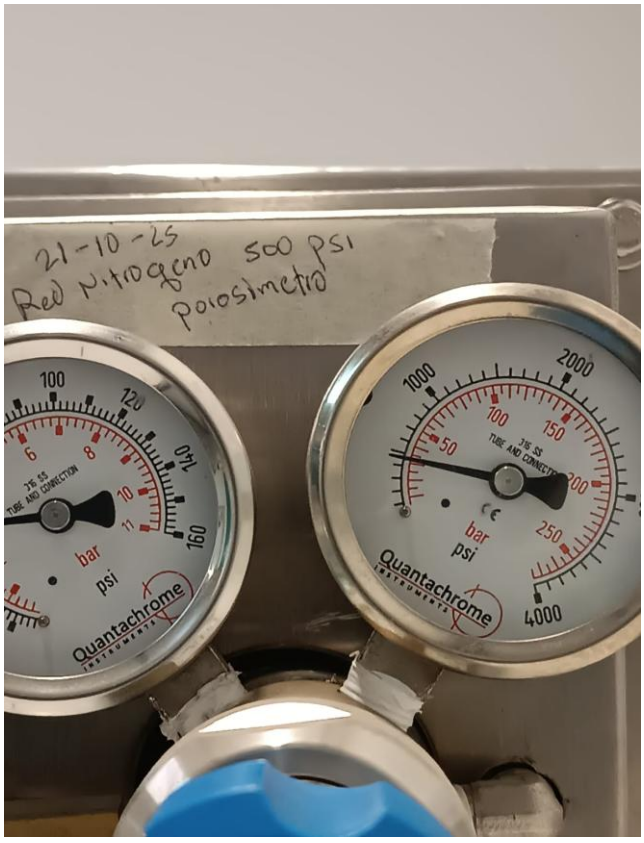




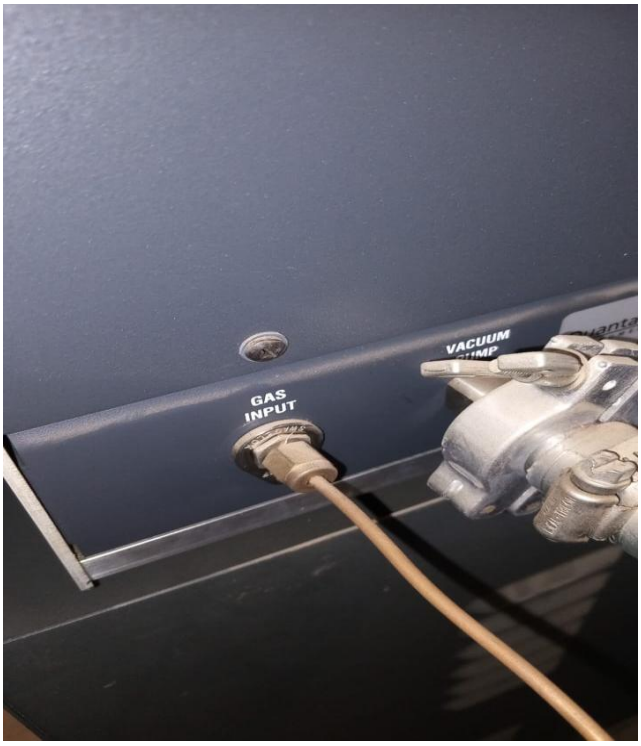

CRYOGAS
Nitrógeno
21-10-25
Red Nitrogeno 500 psi
Porosimetro
Quantachrome




CRYOGAS
HELIO (He)


21-10-25
Red Nitrogeno 500 psi
Porosimetro
bar
psi
Quantachrome


DIA: 25 MES: 7 AÑO: 2017
TECNICO:
REVISION: Mantenimiento


GAS INPUT
VACUUM




CALIBRACIÓN
SNCB 30798-25
NOV-2025


GENTEC
HARRIS




NO TO
HELIO (He)
AIRE COMPRIMIDO
OXIGENO (O2)
GENTEC



