EVALUACIÓN COMPARATIVA, JUSTIFICACIÓN TÉCNICA Y ANÁLISIS DE RIESGOS

Adquisición, instalación y puesta en funcionamiento de un ICP-OES de alta resolución y equipos auxiliares – Dirección de Laboratorios del Servicio Geológico Colombiano

ANTECEDENTES Y FINALIDAD DEL ANÁLISIS

En desarrollo de la etapa de planeación del proceso cuyo objeto es la "Adquisición, instalación y puesta en funcionamiento de un Espectrómetro de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) de alta resolución, junto con los equipos auxiliares requeridos, para la Dirección de Laboratorios del Servicio Geológico Colombiano", la Entidad adelantó actividades de conocimiento y análisis del mercado orientadas a identificar las soluciones tecnológicas disponibles y verificar objetivamente su capacidad para satisfacer la necesidad institucional.

En este contexto se realizaron eventos de solicitud de información y cotización, a partir de los cuales se analizaron tres (3) alternativas correspondientes a KreisMaschinen S.A.S., Innovación Tecnológica y Analítica y Redes S.A.S. La revisión se efectuó frente a las especificaciones técnicas definidas por la Dirección de Laboratorios para la solución integral requerida, conforme a la matriz de evaluación técnica que hace parte de los soportes del proceso.

La obtención y análisis de estas cotizaciones tuvo como finalidad conocer las condiciones del mercado, identificar alternativas disponibles y verificar su correspondencia con los requerimientos técnicos de la Entidad. En consecuencia, este ejercicio constituye un insumo de la etapa de planeación y no un procedimiento competitivo de selección entre oferentes.

La evaluación consideró, entre otros aspectos, la configuración de la antorcha y de los sistemas de introducción de muestras, automuestreo, suministro de materiales de referencia certificados, generador de radiofrecuencia, modos de observación del plasma, óptica de alta resolución, límites de detección, unidad de control y procesamiento, sistemas de extracción, purificación de ácidos, climatización, UPS y compatibilidad con la infraestructura existente.

Como resultado del análisis comparativo, la matriz técnica evidencia que las alternativas evaluadas no son equivalentes frente al conjunto de especificaciones requeridas. La solución ofertada por Analítica y Redes S.A.S., correspondiente al sistema PlasmaQuant 9200 Elite y sus componentes asociados, es la que acredita el cumplimiento integral de los requisitos técnicos evaluados. Las demás alternativas presentan incumplimientos o ausencia de evidencia en requisitos determinantes, según se detalla en la matriz y en el presente informe.

La identificación de la solución técnicamente apta es un análisis distinto de la acreditación jurídica de la causal de contratación directa. Para esta última, la Entidad deberá mantener en el expediente contractual el soporte vigente que acredite que Analítica y Redes S.A.S. ostenta la condición de distribuidor o proveedor exclusivo en Colombia de los equipos Analytik Jena

comprendidos en la solución requerida, de conformidad con el literal g) del numeral 4 del artículo 2 de la Ley 1150 de 2007 y el artículo 2.2.1.2.1.4.8 del Decreto 1082 de 2015.

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe consolida la evaluación técnica, metrológica, operativa y de riesgos realizada sobre las alternativas identificadas durante el análisis de mercado para la adquisición de un sistema ICP-OES de alta resolución y sus equipos auxiliares. El ejercicio parte de tres (3) cotizaciones analizadas —KreisMaschinen S.A.S., Innovación Tecnológica y Analítica y Redes S.A.S.— y desarrolla con mayor detalle las diferencias técnicas relevantes entre las soluciones respecto de los requisitos definidos por la Entidad.

El análisis se fundamenta en criterios técnicos objetivos y verificables contenidos en la matriz de evaluación: desempeño analítico, resolución espectral, límites de detección (LOD), robustez frente a matrices complejas, arquitectura óptica, automatización y automuestreo, materiales de referencia certificados, generación de RF, control de gases, requerimientos de instalación, equipos auxiliares y condiciones asociadas al aseguramiento de la validez de los resultados bajo el sistema de gestión del laboratorio.

La evaluación documentada evidencia que las soluciones analizadas presentan diferencias frente a los requisitos mínimos y determinantes establecidos por la Entidad. En particular, la solución PlasmaQuant 9200 Elite ofertada por Analítica y Redes S.A.S. acredita el cumplimiento integral de los requisitos evaluados, mientras que las demás alternativas registran incumplimientos o falta de evidencia en aspectos técnicos que inciden en la operación, el desempeño analítico y la integración de la solución requerida.

2. ALCANCE Y OBJETIVO

El objetivo del presente documento es documentar y sustentar la evaluación comparativa de las alternativas identificadas en el análisis de mercado frente a la necesidad específica del SGC, para aplicaciones en geoquímica, matrices carbonosas y análisis multielemental a nivel traza, incluyendo:

- Desempeño analítico (LOD, linealidad, rango dinámico)
- Manejo de interferencias espectrales
- Robustez frente a matrices complejas (alta salinidad, REE, carbones)
- Automatización (automuestreo, control de vapores, adición de estándar interno)
- Costos operativos y sostenibilidad (TCO)
- Compatibilidad con infraestructura existente
- Cumplimiento de ISO/IEC 17025:2017

3. MARCO TÉCNICO

3.1 Principio ICP-OES

Excitación de átomos e iones en plasma de argón (6000–10000 K). La emisión característica es separada espectralmente y cuantificada. La calidad del resultado depende de la resolución espectral, estabilidad del plasma y control de interferencias.

3.2 Arquitectura instrumental

- **iCAP PRO XP:** Óptica Echelle convencional + detector CID → dependencia de correcciones matemáticas.
- **PlasmaQuant 9200 Elite:** Doble monocromador de alta resolución → separación física de líneas.

4. COMPARACIÓN TÉCNICA DETALLADA

Con fundamento en la información técnica disponible de las alternativas identificadas durante el análisis de mercado, se realizó una evaluación comparativa frente a las especificaciones técnicas determinantes establecidas por la Entidad en el Anexo Técnico. La comparación se efectuó sobre parámetros objetivos y verificables relacionados con el desempeño requerido para el sistema ICP-OES.

Parámetro	**iCAP PRO XP**	**PlasmaQuant 9200 Elite**	**Especificación técnica mínima requerida**
Resolución espectral	~7 pm	~2 pm	<=4 pm
Óptica	Echelle simple	Doble monocromador	
Interferencias	Corrección matemática	Separación física	
LOD	Buenos	Muy bajos	
Robustez plasma	Alta	Muy alta	

- **Análisis técnico:**

La diferencia en resolución (≈3–4 veces) impacta directamente la capacidad de separación de líneas cercanas, crítica en matrices con interferentes (Fe, Ca, REE, Si).

5. ROBUSTEZ FRENTE A MATRICES COMPLEJAS

Matriz	**iCAP PRO XP**	**PlasmaQuant**
Alta salinidad	Aceptable (riesgo de supresión)	Excelente
Geoquímica	Limitado	Óptimo
Carbones	Interferencias	Excelente
Tierras raras	Limitado	Alta selectividad

6. AUTOMUESTREO, CONTROL DE CONTAMINACIÓN Y PRODUCTIVIDAD

El sistema de auto muestreo es crítico para la repetibilidad, trazabilidad y control de contaminación.

6.1 Requisitos técnicos críticos

- Movimiento XYZ controlado por software
- ≥4 gradillas de 60 posiciones (15 mL) y ≥1 de 50 mL
- Estación de lavado dedicada (rinse) con control de tiempos
- Capilar y cánulas inertes
- Sistema de adición de estándar interno en línea
- Sistema de contención de vapores corrosivos (cabina + ducto)

6.2 Evaluación comparativa

Criterio	**iCAP PRO XP (oferta Inovatek)**	**PlasmaQuant 9200 Elite**
Capacidad de racks	Limitada / no conforme	Cumple
Control XYZ	Parcial	Completo
Lavado y carry-over	Básico	Avanzado
Protección vapores	No evidenciado	Integrado
Estándar interno en línea	No garantizado	Cumple

6.3 Implicaciones técnicas

- Incremento de **carry-over** en matrices con alta carga
- Mayor riesgo de **contaminación cruzada**
- Exposición de equipos a **vapores ácidos (HCl, HNO_3)** → corrosión
- Afectación de la **precisión intermedia (RSD)**

Por lo tanto, el sistema de automuestreo ofertado con iCAP PRO XP no cumple integralmente los requisitos críticos de control de calidad analítica requeridos por los laboratorios del SGC.

7. Material de referencia certificado:

El suministro de los Materiales de Referencia Certificados (MRC) es un requisito técnico de obligatorio cumplimiento e ineludible dentro del contrato. Estos estándares son componentes críticos y estrictamente necesarios para la correcta instalación, puesta a punto y operación inicial del equipo ICP-OES. La omisión de este ítem por parte del oferente imposibilita ejecutar los estudios de validación (linealidad, precisión y exactitud) requeridos para garantizar el funcionamiento del equipo, por lo que la oferta se considera técnica y operativamente incompleta."

Criterio	**iCAP PRO XP (oferta Inovatek)**	**PlasmaQuant 9200 Elite**
Oferto MRC	NO CUMPLE	CUMPLE

8. Generador de RF de alta frecuencia:

El generador de RF (Radiofrecuencia) es esencialmente el motor del equipo, ya que su función de alta frecuencia (mínimo 27 MHz) es lo que permite mantener una mayor estabilidad del plasma, incluso cuando se analizan matrices complejas. Para garantizar un control adecuado sobre la generación de este plasma, la especificación exige estrictamente una potencia mínima entre 700W y 1500W o más amplio, con incrementos de al menos 50W para permitir un mayor control de la generación del plasma.

Criterio	**iCAP PRO XP (oferta Inovatek)**	**PlasmaQuant 9200 Elite**
Oferto	CUMPLE.	CUMPLE.

9. COSTOS OPERATIVOS (OPEX) Y SOSTENIBILIDAD

Variables consideradas:

- Consumo de argón (plasma, auxiliar, nebulizador, purga óptica)
- Frecuencia de mantenimiento (antorcha, nebulizador, conos)
- Reprocesos por interferencias
- Consumo de estándares y reactivos

Criterio	**iCAP PRO XP (oferta Inovatek)**	**PlasmaQuant 9200 Elite**
Control de gases	NO CUMPLE aunque el equipo satisface los rangos de flujo y presiones, pero presenta un incumplimiento técnico en el requisito **de reciclaje total del gas de purga**, operando bajo un modelo de consumo continuo de argón para mantener la atmósfera óptica	CUMPLE.

El iCAP PRO XP puede presentar menor costo inicial, pero mayor **costo total de propiedad (TCO)** debido a reprocesos, mayor incertidumbre y consumo incremental de insumos para control de calidad.

10. PURIFICACIÓN DE ÁCIDOS (SUB-BOILING)

Requisito crítico para análisis de trazas:

- Tecnología: sub-ebullición
- Materiales: PTFE/PFA (ultra alta pureza)
- Prohibición de cuarzo (fuente de Si y contaminantes)
- Sistemas con Peltier (sin agua externa)

Impacto: Control de blancos analíticos (ppt) y cumplimiento de ISO 17025.

10.1. PURIFICACIÓN DE ÁCIDOS

La purificación de ácidos constituye un componente crítico para garantizar la calidad analítica en determinaciones a nivel traza mediante ICP-OES, especialmente en matrices complejas como geoquímica, carbones y tierras raras.

10.2 Requerimientos técnicos obligatorios

- Tecnología: Destilación por sub-ebullición (sub-boiling)
- Materiales en contacto con el ácido: PTFE / PFA de ultra alta pureza
- Sistema de enfriamiento: Preferiblemente termoeléctrico (Peltier), sin uso de agua externa
- Sistema cerrado con control automático de temperatura
- Separación de líneas de ácido limpio y residuos

10.3 Comparación de sistemas ofertados

Parámetro	**Sistema no conforme**	**Sistema conforme requerido**
Material de construcción	Cuarzo	PTFE / PFA
Riesgo de contaminación	Alto (Si, trazas)	Mínimo
Control de temperatura	Limitado	Preciso y automático
Enfriamiento	Agua externa	Peltier integrado
Automatización	Parcial	Completa

10.4 Análisis técnico del uso de cuarzo (CRÍTICO)

El uso de sistemas de purificación en cuarzo representa un riesgo técnico significativo debido a:

- Liberación progresiva de silicio (Si) hacia los ácidos purificados
- Adsorción y desorción de metales traza en la superficie
- Generación de memoria analítica (efecto arrastre)
- Contaminación acumulativa a largo plazo

10.5 Impacto analítico

El uso de cuarzo puede generar:

- Incremento de blancos analíticos
- Falsos positivos en elementos traza
- Aumento de los límites de detección (LOD)
- Invalidación de curvas de calibración

10.6 Impacto metrológico y normativo

- Incumplimiento de criterios de trazabilidad (ISO/IEC 17025)
- Incremento de incertidumbre de medición

El uso de sistemas de purificación de ácidos basados en cuarzo es técnicamente inaceptable para análisis de trazas, debido al riesgo de contaminación sistemática a mediano y largo plazo. Por lo tanto, es obligatorio el uso de sistemas construidos en PTFE/PFA garantizando pureza sub-ppb o ppt , además de estabilidad analítica necesaria.

11. ANÁLISIS DE RIESGOS (ENFOQUE ISO/IEC 17025)

11.1 Identificación y evaluación

Riesgo	Causa	Impacto	Nivel
Interferencias espectrales	Baja resolución	Resultados sesgados	CRÍTICO
LOD insuficientes	Sensibilidad limitada	No detección de trazas	CRÍTICO
Contaminación analítica	Ácidos impuros / auto muestreo	Falsos positivos	CRÍTICO
Falta de MRC	No trazabilidad	No conformidad	CRÍTICO
Carry-over	Lavado deficiente	Sesgo sistemático	ALTO
Vapores corrosivos	Sin contención	Daño equipos	ALTO
Inestabilidad operativa	Configuración no robusta	Reprocesos	ALTO
Incumplimiento ISO 17025	Limitación técnica	Pérdida acreditación	CRÍTICO

11.2 Evaluación global

Dimensión	Nivel
Analítico	CRÍTICO
Metrológico	CRÍTICO
Operativo	ALTO
Económico	ALTO
Normativo	CRÍTICO

La selección de un equipo no conforme implica la materialización de riesgos críticos que comprometen la validez de los resultados, la continuidad operativa y la acreditación del laboratorio.

11.3 Comparación específica de límites de detección (LOD) con la información técnica disponible

		Analítica y Redes S.A.S		Innovación tecnológica		Innovación tecnológica			Analítica y Redes S.A.S	Innovación tecnológica	Innovación tecnológica
Elem	**Req**	**Jena Ax**	**Jena Rad**	**PRO XP Ax**	**PRO XP Rad**	**iCAP 6000 Ax**	**iCAP 6000 Rad**	**Conclusión**	**Jena**	**PRO XP**	**6000**
Ag	≤2	1.0	2–3	1.5–3	3–6	2–5	5–10	Jena con margen	✔	⚠	✘
Al	**≤2**	**1.0**	**2–4**	**2–5**	**5–10**	**3–8**	**8–15**	**Thermo no cumple**	✔	✘	✘
As	≤2	1.0	2–5	2–4	5–10	3–6	10–20	UV crítico	✔	✘	✘
Ba	**≤0.1**	**0.03**	**0.08–0.15**	**0.05–0.1**	**0.1–0.3**	**0.1–0.2**	**0.3–0.5**	**Jena mejor**	✔	✔	✘
Be	≤0.05	0.01	0.03–0.08	0.02–0.05	0.05–0.15	0.05–0.1	0.1–0.3	Jena superior	✔	✔	✘
Cd	**≤0.1**	**0.03**	**0.08–0.15**	**0.05–0.1**	**0.1–0.3**	**0.1–0.3**	**0.3–0.8**	**Jena mejor**	✔	✔	✘
Ce	≤1	0.5	1–2	0.5–1.5	1–4	1–3	3–8	REE	✔	⚠	✘
Co	**≤0.2**	**0.1**	**0.3–0.6**	**0.2–0.5**	**0.5–1.5**	**0.5–1**	**1–3**	**Thermo falla**	✔	✘	✘
Cr	≤0.2	0.1	0.3–0.6	0.2–0.5	0.5–1.5	0.5–1	1–3	Interferencias	✔	✘	✘
Cu	**≤0.05**	**0.01**	**0.03–0.08**	**0.02–0.05**	**0.05–0.15**	**0.05–0.1**	**0.1–0.3**	**Alta sensibilidad**	✔	✔	✘
Fe	≤0.2	0.1	0.3–0.6	0.2–0.5	0.5–1.5	0.5–1	1–3	Matriz compleja	✔	✘	✘
Gd	**≤0.2**	**0.1**	**0.3–0.6**	**0.2–0.5**	**0.5–1.5**	**0.5–1**	**1–3**	**REE crítico**	✔	✘	✘
Hg	≤2	1.0	3–6	2–5	5–12	4–10	10–25	UV crítico	✔	✘	✘
La	**≤0.2**	**0.1**	**0.3–0.6**	**0.2–0.5**	**0.5–1.5**	**0.5–1**	**1–3**	**REE**	✔	✘	✘
Mg	≤0.05	0.01	0.03–0.08	0.02–0.05	0.05–0.15	0.05–0.1	0.1–0.3	Ambos cumplen	✔	✔	✘
Mn	**≤0.2**	**0.1**	**0.3–0.6**	**0.2–0.5**	**0.5–1.5**	**0.5–1**	**1–3**	**Thermo falla**	✔	✘	✘
Mo	≤0.3	0.2	0.5–1	0.3–0.8	0.8–2	0.5–1.5	2–4	Límite	✔	✘	✘
Ni	**≤0.3**	**0.2**	**0.5–1**	**0.3–0.7**	**0.7–2**	**0.5–1.5**	**2–4**	**Interferencias**	✔	✘	✘
Pb	≤1	0.5	1–2	1–3	2–6	2–5	5–12	Crítico	✔	✘	✘
Se	**≤3**	**2.0**	**5–10**	**3–8**	**8–20**	**5–12**	**15–30**	**UV difícil**	✔	✘	✘
Sm	≤0.5	0.3	0.8–1.5	0.5–1	1–3	1–2	3–6	REE	✔	✘	✘
Sr	**≤0.05**	**0.02**	**0.05–0.1**	**0.05–0.1**	**0.1–0.3**	**0.1–0.2**	**0.3–0.5**	**Jena mejor**	✔	✔	✘
Ti	≤0.1	0.05	0.1–0.3	0.1–0.3	0.3–1	0.3–0.8	1–3	Separación	✔	✘	✘
V	**≤0.2**	**0.1**	**0.3–0.6**	**0.2–0.6**	**0.6–2**	**0.5–1**	**2–4**	**Matriz**	✔	✘	✘

Y	≤0.05	0.03	0.08–0.2	0.05–0.2	0.2–0.6	0.2–0.5	0.5–1.5	REE	✔	✘	✘
Yb	**≤0.05**	**0.01**	**0.03–0.08**	**0.05–0.1**	**0.1–0.3**	**0.1–0.3**	**0.3–0.8**	**Muy superior**	✔	✘	✘
Zn	≤0.1	0.05	0.1–0.3	0.1–0.3	0.3–1	0.2–0.5	1–2	Thermo límite	✔	✘	✘

Leyenda empleada en la comparación de LOD: ✓ cumple; △ cumplimiento ajustado; ✕ no cumple. Esta comparación específica complementa, pero no sustituye, la evaluación integral de requisitos consignada en la matriz técnica.

12. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA Y ARTICULACIÓN CON LA CAUSAL DE CONTRATACIÓN DIRECTA

De acuerdo con los resultados de la evaluación comparativa, las tres alternativas identificadas durante el análisis de mercado fueron contrastadas frente a las especificaciones técnicas establecidas por la Entidad. La matriz evidencia que KreisMaschinen S.A.S. e Innovación Tecnológica presentan incumplimientos o ausencia de evidencia en requisitos determinantes, mientras que la solución ofertada por Analítica y Redes S.A.S. acredita el cumplimiento integral de las condiciones evaluadas.

Entre los requisitos técnicos determinantes se encuentra la óptica de alta resolución. Para la necesidad institucional se estableció una resolución espectral de ≤ 4 pm a 200 nm. En la comparación desarrollada, el iCAP PRO XP presenta una resolución aproximada de 7 pm a 200 nm, mientras que el PlasmaQuant 9200 Elite presenta una resolución aproximada de 2 pm a 200 nm. Esta diferencia, junto con los demás requisitos consignados en la matriz, incide en la capacidad de separación de líneas espectrales cercanas y en el control de interferencias en las matrices de interés para el SGC.

La conclusión técnica no se fundamenta en una apreciación general de superioridad de una marca o fabricante. Se sustenta en la verificación de parámetros objetivos definidos para atender la necesidad de la Dirección de Laboratorios y en la correspondencia de cada alternativa con dichos parámetros. Por ello, el resultado debe leerse conjuntamente con la matriz de evaluación técnica y con los soportes aportados por cada empresa durante el ejercicio de cotización.

El objeto contractual comprende una solución integral: equipo ICP-OES de alta resolución, instalación, puesta en funcionamiento y equipos auxiliares requeridos. La integración de estos componentes responde a la necesidad de asegurar compatibilidad técnica, instalación coordinada, funcionamiento conjunto, garantía y soporte, evitando dispersión de responsabilidades frente a la puesta en servicio de la solución.

En consecuencia, el análisis de las tres cotizaciones cumple una función de conocimiento del mercado y de verificación de equivalencia técnica. No constituye, por sí solo, el fundamento jurídico de la inexistencia de pluralidad de oferentes ni debe entenderse como un procedimiento competitivo de selección.

La procedencia de la contratación directa por inexistencia de pluralidad de oferentes debe sustentarse, de manera separada y concurrente, en la acreditación documental de la circunstancia prevista en el literal g) del numeral 4 del artículo 2 de la Ley 1150 de 2007 y desarrollada por el artículo 2.2.1.2.1.4.8 del Decreto 1082 de 2015, conforme al cual existe inexistencia de pluralidad cuando solamente una persona puede proveer el bien o servicio por ser titular de derechos de propiedad industrial o de autor, o por ser proveedor exclusivo en el territorio nacional; dicha circunstancia debe constar en los estudios previos.

Para el presente caso, el expediente contractual deberá contener y mantener vigente el documento idóneo que acredite que Analítica y Redes S.A.S. es distribuidor o proveedor exclusivo en Colombia de los equipos fabricados por Analytik Jena GmbH+Co. KG comprendidos en la solución requerida, verificando que el alcance territorial, temporal, de marca/modelo y de comercialización resulte suficiente para soportar la causal invocada.

Por tanto, la trazabilidad del proceso debe presentarse así: (i) identificación de la necesidad institucional y definición de especificaciones técnicas; (ii) análisis del mercado mediante eventos de solicitud de información y cotización; (iii) evaluación objetiva de las tres alternativas recibidas; (iv) determinación de la solución que cumple integralmente los requisitos técnicos; y (v) verificación independiente de la condición de exclusividad en el territorio nacional como presupuesto jurídico de la contratación directa.

Con fundamento en lo anterior, desde el componente técnico se concluye que la solución PlasmaQuant 9200 Elite y sus componentes asociados satisface integralmente los requisitos evaluados para atender la necesidad de la Dirección de Laboratorios. La procedencia jurídica de la modalidad de contratación directa dependerá, además, de que la exclusividad indicada se encuentre debidamente acreditada en los estudios y documentos previos y demás soportes que integran el expediente contractual.

Héctor Felipe Díaz Moreno

PE-19

CC: 80102081 de Btá

2026-05-08

ANEXO 1

Datos desglosados de la Evaluación técnica por propuesta recibida

Con fundamento en lo anterior, desde el componente técnico se concluye que la solución PlasmaQuant 9200 Elite y sus componentes asociados satisface integralmente los requisitos evaluados para atender la necesidad de la Dirección de Laboratorios. La procedencia jurídica de la modalidad de contratación directa dependerá, además, de que la exclusividad indicada se encuentre debidamente acreditada en los estudios y documentos previos y demás soportes que integran el expediente contractual.