INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGÍA
IBMETRO

INFORME FINAL

ENSAYO DE APTITUD

Código: EEQ-003-2025 - 01

"DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y METALES PESADOS"

MATRIZ: AGUA RESIDUAL

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA – DMIC

Fecha de emisión: 2025-08-26

Elaborado por:	Lic. Jimena Patricia Torrez Quispe	Fecha:	2025-08-25
Revisado y aprobado por:	Lic. Jose Luis Gonzales Quino	Fecha:	2025-08-26

El presente documento ha sido elaborado en la Dirección de Metrología Industrial y Científica del Instituto Boliviano de Metrología

POLÍTICA DEL IBMETRO PARA EL USO DE INFORMES DE ENSAYO DE APTITUD

La política del Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) como proveedor de Ensayos de Aptitud que cumple con los requisitos de la norma ISO 17043:2023 se centra en asegurar que los informes finales de resultados de Ensayos de Aptitud se utilicen como una herramienta confiable para evaluar y mejorar la competencia técnica de los laboratorios participantes. El IBMETRO se compromete a proporcionar informes claros, imparciales y basados en evidencia, que incluyan los datos necesarios para la toma de decisiones internas de calidad, preservando la confidencialidad y la integridad de la información individual de cada participante.

Los informes finales en su versión preliminar se constituyen en versiones previas cuyo objetivo es que los participantes verifiquen la información contenida y realizar cambios en los mismos según sea necesario. Los informes finales en su versión preliminar no sustituyen al Informe Final.

Un Informe Final, una vez publicado en nuestra página web, no podrá ser cambiado ni se aceptarán observaciones sobre el contenido, salvo que el Sistema de Gestión de Calidad del IBMETRO así lo requiera.

El informe final del Ensayo de Aptitud será enviado a cada participante vía correo electrónico y será publicado en la página web del IBMETRO (www.ibmetro.gob.bo).

Los participantes y partes interesadas pueden solicitar una impresión oficial del Ensayo de Aptitud, el mismo tendrá un costo adicional.

El IBMETRO se reserva el derecho de utilizar la información del presente informe de Ensayo de Aptitud como fuente para publicaciones o labores didácticas, siempre que se respete el anonimato de los participantes.

Índice

1. INTRODUCCIÓN 5
2. ORGANIZACIÓN 5
3. UNIDAD DE COORDINACIÓN 5
4. OBJETIVOS 6
5. ACTIVIDADES DE PROVEEDORES EXTERNOS 6
6. DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO 6
7. HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO 8
8. VALORES DE REFERENCIA 8
9. CONFIDENCIALIDAD 11
10. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO 11
11. RESULTADOS 13

11.1 ÍTEM DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS 13

11.1.1 pH 13

11.1.2 Conductividad electrolítica 15

11.1.3 Sólidos suspendidos totales 17

11.1.4 Demanda bioquímica de oxígeno 19

11.1.5 TURBIDEZ 21

11.2 ÍTEM DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO 23

11.2.1 Demanda Química de Oxígeno (DQO) 23

11.3 ÍTEM DE ACEITES Y GRASAS 25

11.3.1 Aceites y grasas 25

11.4 ÍTEM DE NITRÓGENO AMONIACAL 27

11.4.1 Nitrógeno amoniacal 27

11.5 ÍTEM DE FOSFATO 29

11.5.1 Fosfato 29

11.6 ÍTEM DE METALES PESADOS 31

11.6.1 Hierro 31

11.6.2 Cobre 33

11.6.3 Plomo 35

11.6.4 Cromo 37
11.6.5 Cadmio 39
11.6.6 Arsénico 41
11.6.7 Manganeso 42
11.6.8 Zinc 44
12. LABORATORIOS PARTICIPANTES 46
13. OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS 46
14. CONCLUSIONES 47
15. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 48

1. INTRODUCCIÓN

IBMETRO viene organizando rondas de Ensayo de Aptitud dirigido a apoyar a los laboratorios u organismos de inspección que realizan ensayos en la matriz de agua residual con la finalidad de mejorar las capacidades analíticas y la gestión en organismos de inspección y laboratorios bolivianos.

Para que un laboratorio u organismo de inspección sea considerado competente es necesario que asegure la confiabilidad de sus resultados. La participación regular en programas de ensayos de aptitud es uno de los medios disponibles para que demuestren su desempeño.

La participación en estos programas es un requisito establecido en las normas de competencia técnica para laboratorios de ensayo. También es un requisito exigido por la Dirección Técnica de Acreditación en Bolivia (DTA-CRI-015) y en algunos casos puede ser un requerimiento establecido en la legislación vigente.

2. ORGANIZACIÓN

Dirección de Metrología Industrial y Científica
Instituto Boliviano de Metrología – IBMETRO
Unidad de Metrología Química
La Paz, Municipio de Achocalla, Av. Illimani, Z. Valle Hermoso
(+591) 72015382; (+591) 71543136
www.ibmetro.gob.bo

3. UNIDAD DE COORDINACIÓN

COMITÉ TÉCNICO – CIENTÍFICO

Lic. Jimena Patricia Torrez Quispe – Coordinador y Responsable técnico del Ensayo de Aptitud
Lic. Julian Morales Alarcon - Responsable Estadístico del Ensayo de Aptitud
Lic. Jose Luis Gonzales – Supervisor de la Unidad de Metrología Química
Ing. Henry Paco Marino – Director de Metrología Industrial y Científica

PERSONAL DE APOYO

Ing. Yamil Acho – Colaborador técnico
Lic. Gilda Cruz Ochoa - Colaborador Técnico
Lic. Fernando Huanca Mamani - Colaborador Técnico

4. OBJETIVOS

- Evaluar el desempeño de los laboratorios e instituciones participantes, proporcionando la oportunidad de realizar comparaciones y tener una valoración independiente de los datos del laboratorio comparados con valores de referencia o con el desempeño de organismos similares en el ensayo propuesto.

- Contribuir en la identificación de problemas de ensayo y/o medición en los organismos, en la implementación, toma y adopción de acciones correctivas.

- Apoyar a los organismos en el cumplimiento de la ISO/IEC 17025 requerido por laboratorios de ensayos.

- Proveer confianza a los clientes de los laboratorios.

- Fortalecer el desarrollo de la infraestructura metrológica boliviana y la confianza de los usuarios de dicha infraestructura.

5. ACTIVIDADES DE PROVEEDORES EXTERNOS

Los ítems de parámetros fisicoquímicos, DQO, aceites y grasas y metales pesados fueron elaborados a partir de muestras de agua residual tratada en la PTAR de EPSAS S.A. Puchukollo.

Los ítems de parámetros de nitrógeno amoniacal y fosfatos fueron elaborados a partir de muestras proporcionadas por el Laboratorio de Aguas Residuales de SAGUAPAC.

6. DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

Identificación	Matriz	Cantidad de muestra	Parámetros
EEQ-003-2025	Agua residual (parámetros fisicoquímicos)	Frasco de vidrio ámbar Aprox. 1 L	pH Conductividad Sólidos suspendidos totales Demanda bioquímica de oxígeno Turbidez
	Agua residual (acidificada - DQO)	Frasco de vidrio ámbar Aprox. 500 mL	Demanda Química de Oxígeno
	Agua residual (aceites y grasas)	Frasco de vidrio ámbar Aprox. 500 ml	Aceites y grasas

Identificación	Matriz	Cantidad de muestra	Parámetros
	Agua residual fortificada (metales pesados)	Botella de polietileno Aprox. 250 mL	Plomo Cobre Hierro Cromo Arsénico Cadmio Manganeso Zinc
	Nitrógeno amoniacal	Botella de polietileno Aprox. 125 mL	Nitrógeno Amoniacal
	Fosfatos	Botella de polietileno Aprox. 125 mL	Fósforo como fosfato

Tabla 1. Descripción de los ítems de ensayo

Los ítems de ensayo de parámetros fisicoquímicos, demanda química de oxígeno, aceites y grasas y metales pesados fueron preparadas a partir de muestras tomadas de la salida del proceso de tratamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Puchukollo de la empresa EPSAS S.A. estos ítems fueron preparados en el Laboratorio de Electroquímica del IBMETRO.

Imagen 1. Toma de muestra.

7. HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

La homogeneidad y la estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud fueron evaluadas siguiendo los lineamientos de la norma ISO 17043:2023 e ISO 13528:2022 para garantizar que no tengan influencia en la evaluación de la aptitud de los participantes.

Para evaluar la homogeneidad en los ítems de ensayo de aptitud se verifica que la desviación estándar de debido a la inhomogeneidad (s_s) cumpla el siguiente criterio:

$$s_s \leq 0{,}3\ \sigma_{pt} \qquad (1)$$

Para evaluar la estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud se verifica que la incertidumbre debido a la inestabilidad (u_{stab}) cumpla el siguiente criterio:

$$u_{stab} \leq 0{,}3\ \sigma_{pt} \qquad (2)$$

Cuando no se cumpla (1) y/o (2) se procederá de acuerdo a la sección 10, para incluir la incertidumbre del valor asignado en la desviación estándar para evaluación de aptitud σ_{pt}.

Cuando la desviación estándar para la evaluación de aptitud σ_{pt} es calculada como la desviación estándar de los resultados de los participantes, los componentes de la incertidumbre debido a la inhomogeneidad, transporte e inestabilidad están en gran parte reflejados en la variabilidad de los participantes.

8. VALORES DE REFERENCIA

El valor de referencia para los parámetros fisicoquímicos de conductividad electrolítica y pH fue asignado por el Laboratorio de Electroquímica del IBMETRO.

- **pH**

Se determinó el valor de referencia de pH a 25 °C y las mediciones del monitoreo de los ítems de agua superficial, se determinó con el sistema de medición directa (conocidos comúnmente como un electrodo de vidrio combinado con un indicador de referencia) y con el uso de MRC de IBMETRO ya que se preparó a partir de MRC primario del Instituto de Metrología de Polonia (GUM). Para el ajuste del sistema de medición, se usó un baño termostático con un control de 0,01 °C

debidamente caracterizado y un termómetro de resistencia de platino con una resolución de 0,001 °C debidamente calibrado. El valor de pH del ítem de ensayo es trazable a los materiales de referencia primarios mencionados anteriormente.

- **Conductividad Electrolítica (CE)**

El valor de referencia de conductividad electrolítica a 25 °C y las mediciones del monitoreo de los ítems de agua superficial, se determinó con el sistema de medición directa y unidad electrónica (conocidos comúnmente como conductivímetros) y con el uso de MRC (DFM Lote 22090801JA) y MRC secundario de conductividad electrolítica, para el ajuste del sistema de medición, que son obtenidos con un sistema secundario de conductividad electrolítica comúnmente usado para certificación de material de referencia secundario de conductividad electrolítica formado por una celda de conductividad de platino y cuerpo de vidrio, un puente de medición de impedancia de alta resolución y frecuencia variable, un baño termostático con un control de 0,01 °C debidamente caracterizado y un termómetro de resistencia de platino con una resolución de 0,001 °C debidamente calibrado.

Para la elaboración y medición de Materiales de Referencia se ha recibido capacitación en Institutos Nacionales de Metrología como ser el CENAM (México), LATU (Uruguay), INMETRO (Brasil), INM (Colombia) entre otros. Además, se cuenta con el soporte técnico de estos y otros institutos nacionales de metrología.

Actualmente la Dirección de Metrología Industrial y Científica cuenta con certificado de aprobación del Sistema de Gestión de Calidad (QSTF) para los Laboratorios de la Unidad de Metrología Química. Adicionalmente se cuenta con un sistema de gestión de la calidad que cumple con los requisitos de las Normas ISO/IEC 17025 e ISO 17034 con lo cual el IBMETRO se constituye en una entidad capaz de brindar el servicio integral y confiable de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

El valor asignado x_{pt} para cada uno de los parámetros se obtuvo a partir de la mediana de los resultados, calculada según la siguiente ecuación:

$$Mediana = X_{i\frac{n+1}{2}} \qquad \text{Si "n" es impar} \qquad (3)$$

$$Mediana = \frac{X_{i\frac{n}{2}} + X_{i\frac{n+1}{2}}}{2} \qquad \text{Si "n" es par} \qquad (4)$$

Siendo x_i el promedio individual de las mediciones de cada muestra (A y B), el cual fue calculado según la siguiente ecuación:

$$x_i = \frac{Valor_1 + Valor_2}{2} \qquad (5)$$

Siendo Valor 1 y Valor 2 los resultados reportados por los laboratorios (para la muestra A y B).

Para estimar la incertidumbre del valor asignado de los ítems de ensayo en los parámetros a evaluar, se considera los siguientes aportes:

$$u(x_{pt}) = \sqrt{u_{char}^2 + u_{hom}^2 + u_{trans}^2 + u_{stab}^2} \qquad (6)$$

Dónde:
$u(x_{pt})$ es la incertidumbre estándar del valor asignado.
u_{char} es la incertidumbre estándar de la caracterización.
u_{hom} es la incertidumbre estándar debido a las diferencias entre ítems de ensayo de aptitud ("inhomogeneidad").
u_{trans} es la incertidumbre estándar debido a la inestabilidad causada por el transporte de los ítems de ensayo de aptitud.
u_{stab} es la incertidumbre estándar de la inestabilidad durante el periodo del ensayo de aptitud.
Cuando el valor asignado ha sido calculado por consenso de los datos de participantes, la incertidumbre estándar de cada uno de los valores asignados ha sido estimada mediante la siguiente expresión:

$$u(x_{pt}) = \frac{1{,}25 * s^*}{\sqrt{p}} \qquad (7)$$

Siendo
s^* = desviación estándar robusta
p = Número de Laboratorios participantes en el parámetro.

Cuando el valor asignado y la desviación estándar robusta en (7) son determinados con los datos de los participantes la incertidumbre del valor asignado puede asumirse que incluye los efectos de la incertidumbre debido a la

inhmogeneidad, transporte e inestabilidad.

La incertidumbre del valor asignado debe cumplir que:

$$u(x_{pt}) \leq 0{,}3\ \sigma_{pt} \qquad (8)$$

Cuando no se cumpla (8) se procederá de acuerdo a la sección 10, para incluir la incertidumbre del valor asignado en la desviación estándar para evaluación de aptitud (σ_{pt}).

Para cada parámetro la dispersión asignada se calculó como la Mediana de la Dispersión Absoluta (MADe), calculada de la siguiente manera:

$$\sigma_{pt} = MAD_e(x) = 1{,}4826 * med\,|\ x_i - med(x)| \qquad (9)$$

Dónde:

med=valor de la mediana
x_i=resultados de cada participante
$med(x)|$ =mediana de los resultados de cada participante

9. CONFIDENCIALIDAD

Los resultados del Ensayo de Aptitud han sido tratados con absoluta confidencialidad, cada participante fue identificado por un código individual, que solo es conocido por el laboratorio participante y por la coordinación del ensayo.

10. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

El tratamiento de los datos para la evaluación del desempeño estará basado en la Norma ISO 13528:2022, "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons". El desempeño de cada laboratorio participante en el Ensayo de Aptitud será evaluado mediante el z-score.

$$z_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sigma_{pt}} \qquad (10)$$

Dónde:

x_{pt} = Valor asignado

x_i = Resultado del participante "i"

σ_{pt} = Desviación estándar para la evaluación de la aptitud

Se determinó el valor de z-score para cada laboratorio participante. El desempeño ha sido clasificado como *satisfactorio, cuestionable, insatisfactorio,* a partir de la interpretación de este parámetro. A menor valor absoluto de "z" mejor es el desempeño del laboratorio.

- Satisfactorios: |z| menor o igual a 2
- Cuestionables: |z| mayor a 2 y menor a 3
- Insatisfactorios:|z| mayor o igual a 3

Cuanto menor sea el valor absoluto de "z", mejor será el desempeño del laboratorio.

Para los parámetros en los que la incertidumbre sea significativa respecto al estimador de la dispersión de los laboratorios y se cumpla que:

$$u(x_{pt}) > 0{,}3 * \sigma_{pt} \qquad (11)$$

Se considerará la incertidumbre para expandir el denominador del estadístico de desempeño. Este estadístico se llama z' y se calcula de la siguiente manera:

$$z_i' = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{\sigma_{pt}^2 + u^2(x_{pt})}} \qquad (12)$$

Dónde:

x_{pt} = Valor asignado
x_i = Resultado del participante "i"
σ_{pt} = Desviación estándar para la evaluación de la aptitud
$u(x_{pt})$ = Incertidumbre estándar del valor asignado

Para el cálculo de la incertidumbre expandida se considera un factor de cobertura k=2.

$$U(x_{pt}) = k * u(x_{pt}) \qquad (13)$$

Para la evaluación de la dispersión en el presente ensayo de aptitud, se empleó la desviación estándar para la evaluación de la aptitud por consenso, con excepción de los metales, para los cuales se optó por el método de Horwitz. Esta

decisión se basa en la detección de una variabilidad significativa en ciertos parámetros reportados por los laboratorios participantes.

11. RESULTADOS

11.1 ÍTEM DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

11.1.1 pH

Parámetro	Valor asignado por IBMETRO		
	Valor Unidades de pH	**Dispersión** (σ_{pt})	**Incertidumbre** U_{pt} Unidades de pH
pH	7,535	0,135	0,125
Dispersión usada en la evaluación:		$\sigma_{pt}{}'$ = 0,149	

Tabla 2. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

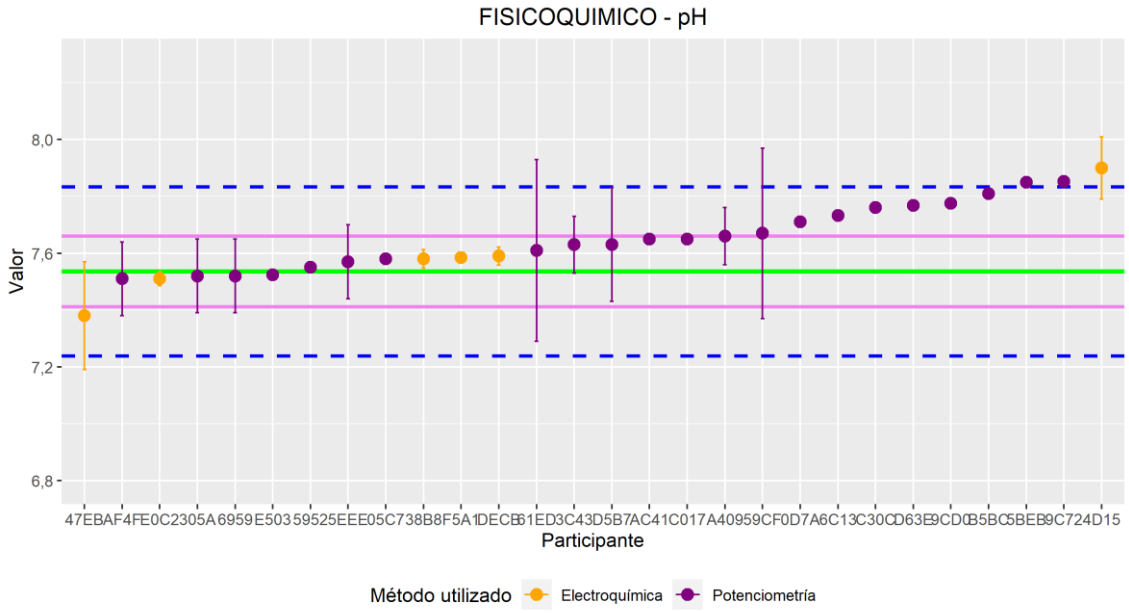

Gráfico 1. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

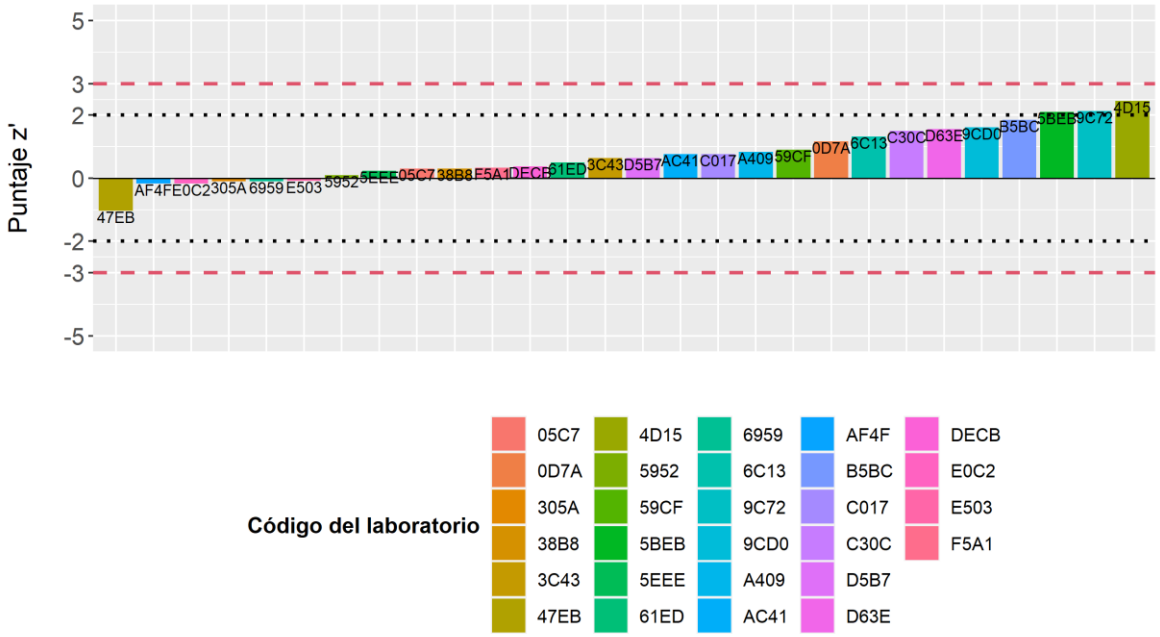

Gráfico 2. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, Unidades de pH	Puntaje z	Resultado de evaluación
47EB	7,380	-1,04	Satisfactorio
E0C2	7,510	-0,17	Satisfactorio
AF4F	7,510	-0,17	Satisfactorio
305A	7,520	-0,10	Satisfactorio
6959	7,520	-0,10	Satisfactorio
E503	7,524	-0,08	Satisfactorio
5952	7,550	0,10	Satisfactorio
5EEE	7,570	0,23	Satisfactorio
05C7	7,580	0,30	Satisfactorio
38B8	7,580	0,30	Satisfactorio
F5A1	7,585	0,33	Satisfactorio
DECB	7,590	0,37	Satisfactorio
61ED	7,610	0,50	Satisfactorio
D5B7	7,630	0,64	Satisfactorio
3C43	7,630	0,64	Satisfactorio
C017	7,650	0,77	Satisfactorio
AC41	7,650	0,77	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado, Unidades de pH	Puntaje z	Resultado de evaluación
A409	7,660	0,84	Satisfactorio
59CF	7,670	0,91	Satisfactorio
0D7A	7,710	1,17	Satisfactorio
6C13	7,732	1,32	Satisfactorio
C30C	7,760	1,51	Satisfactorio
D63E	7,768	1,56	Satisfactorio
9CD0	7,775	1,61	Satisfactorio
B5BC	7,810	1,85	Satisfactorio
5BEB	7,850	2,11	Cuestionable
9C72	7,852	2,13	Cuestionable
4D15	7,900	2,45	Cuestionable

Tabla 3. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.1.2 Conductividad electrolítica

Parámetro	Valor asignado por IBMETRO		
	Valor µS/cm	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} µS/cm
Conductividad electrolítica	1800,24	76,354	12,813

Tabla 4. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

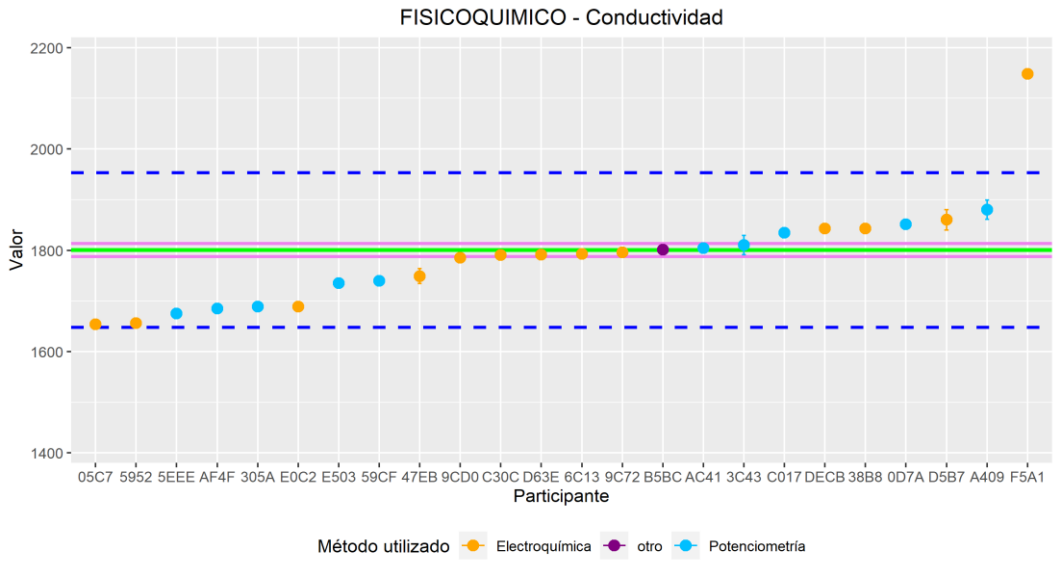

Gráfico 3. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

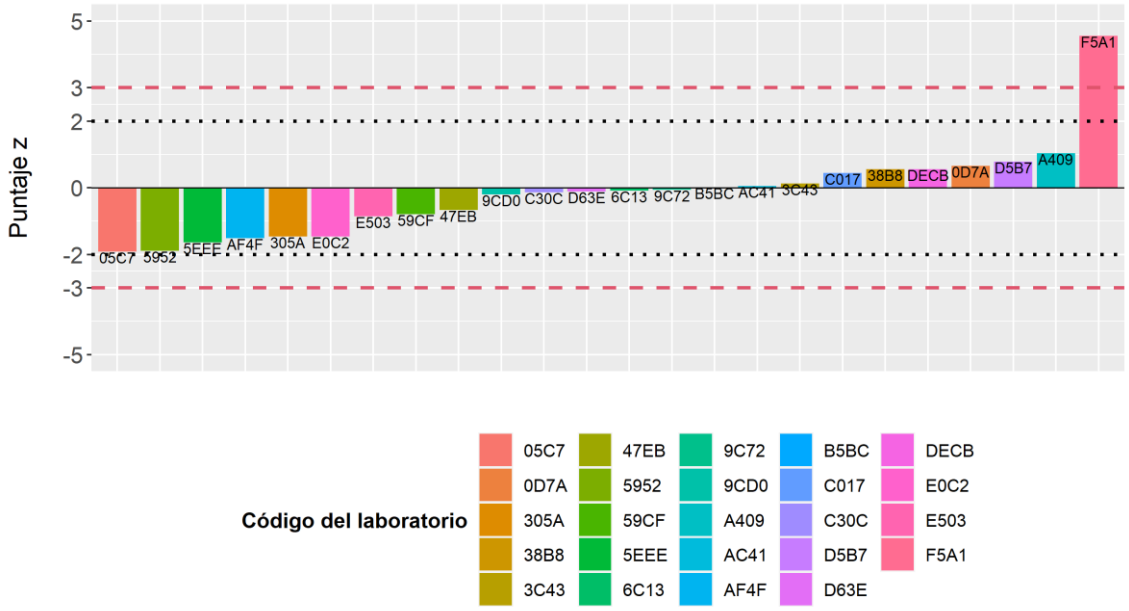

Gráfico 4. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, µS/cm	Puntaje z	Resultado de evaluación
05C7	1654,00	-1,92	Satisfactorio
5952	1656,00	-1,89	Satisfactorio
5EEE	1675,00	-1,64	Satisfactorio
AF4F	1685,00	-1,51	Satisfactorio
305A	1689,00	-1,46	Satisfactorio
E0C2	1689,00	-1,46	Satisfactorio
E503	1735,00	-0,85	Satisfactorio
59CF	1740,00	-0,79	Satisfactorio
47EB	1749,00	-0,67	Satisfactorio
9CD0	1785,00	-0,20	Satisfactorio
C30C	1790,20	-0,13	Satisfactorio
D63E	1791,50	-0,11	Satisfactorio
6C13	1793,00	-0,09	Satisfactorio
9C72	1796,00	-0,06	Satisfactorio
B5BC	1801,00	0,01	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado, µS/cm	Puntaje z	Resultado de evaluación
AC41	1804,00	0,05	Satisfactorio
3C43	1810,00	0,13	Satisfactorio
C017	1834,60	0,45	Satisfactorio
DECB	1842,667	0,56	Satisfactorio
38B8	1843,00	0,56	Satisfactorio
0D7A	1851,00	0,66	Satisfactorio
D5B7	1860,18	0,79	Satisfactorio
A409	1880,00	1,04	Satisfactorio
F5A1	2148,50	4,56	Insatisfactorio

Tabla 5. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.1.3 Sólidos suspendidos totales

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Sólidos suspendidos totales	94,00	20,756	11,603

Tabla 6. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

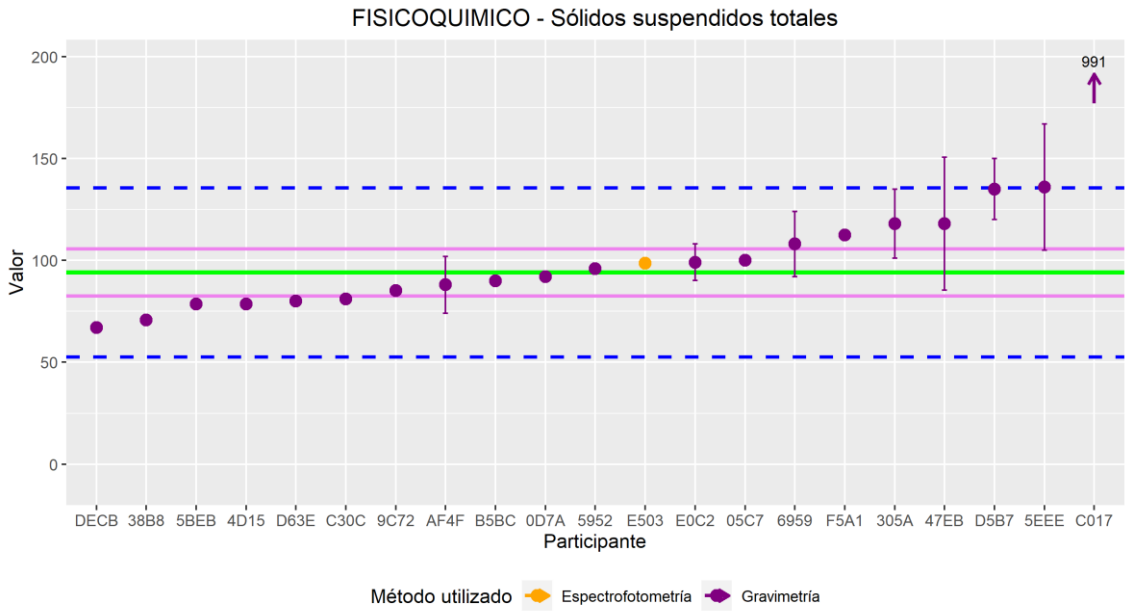

Gráfico 5. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

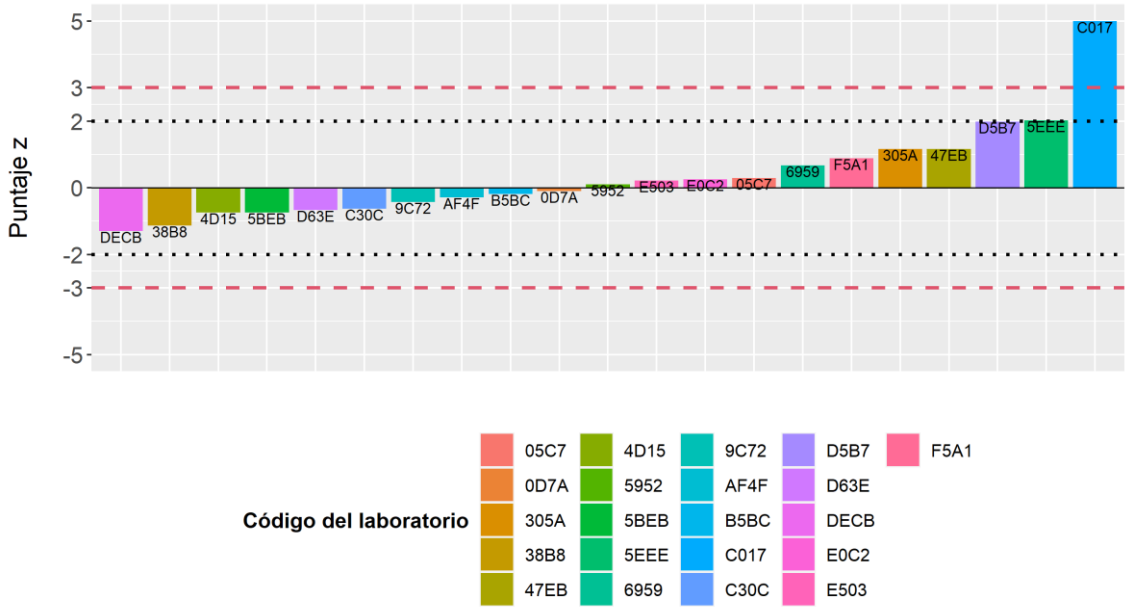

Gráfico 6. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
DECB	66,993	-1,30	Satisfactorio
38B8	70,633	-1,13	Satisfactorio
5BEB	78,600	-0,74	Satisfactorio
4D15	78,667	-0,74	Satisfactorio
D63E	80,000	-0,67	Satisfactorio
C30C	81,000	-0,63	Satisfactorio
9C72	85,250	-0,42	Satisfactorio
AF4F	88,000	-0,29	Satisfactorio
B5BC	90,000	-0,19	Satisfactorio
0D7A	92,000	-0,10	Satisfactorio
5952	96,000	0,10	Satisfactorio
E503	98,500	0,22	Satisfactorio
E0C2	99,100	0,25	Satisfactorio
05C7	100,000	0,29	Satisfactorio
6959	108,000	0,67	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
F5A1	112,500	0,89	Satisfactorio
305A	118,000	1,16	Satisfactorio
47EB	118,000	1,16	Satisfactorio
D5B7	135,000	1,98	Satisfactorio
5EEE	136,000	2,02	Cuestionable
*C017	991,000	43,22	Insatisfactorio

Tabla 7. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño. * corresponden a valores atípicos, los cuales no fueron considerados en el análisis estadístico de la Evaluación de desempeño.

11.1.4 Demanda bioquímica de oxígeno

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Demanda bioquímica de oxigeno	143,25	27,799	16,855
Dispersión usada en la evaluación:		$\sigma_{pt}{}'$ = 29,048	

Tabla 8. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

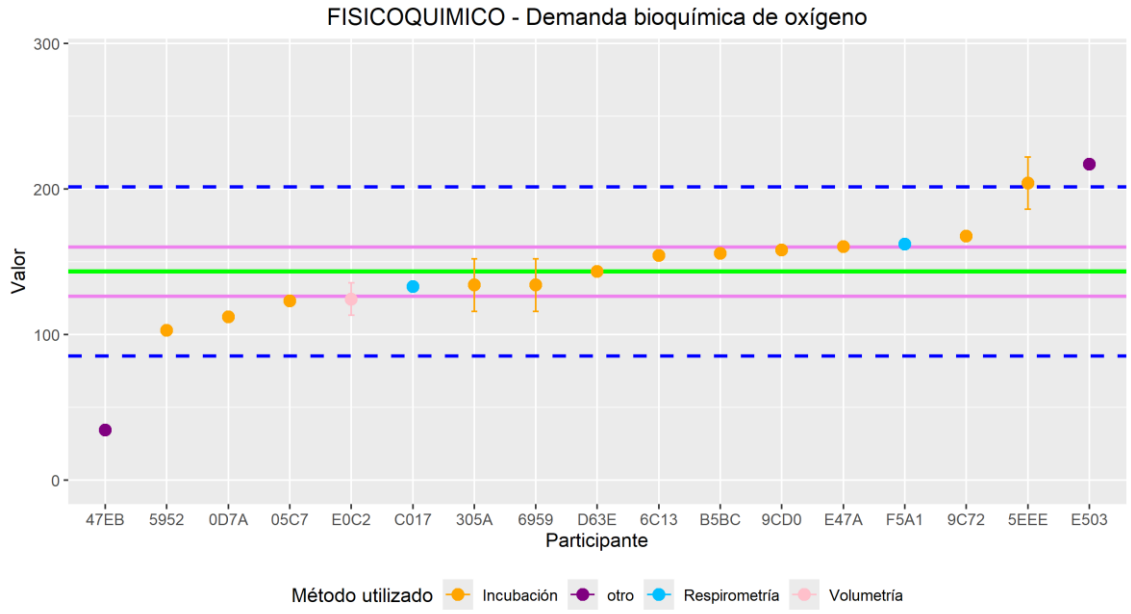

Gráfico 7. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

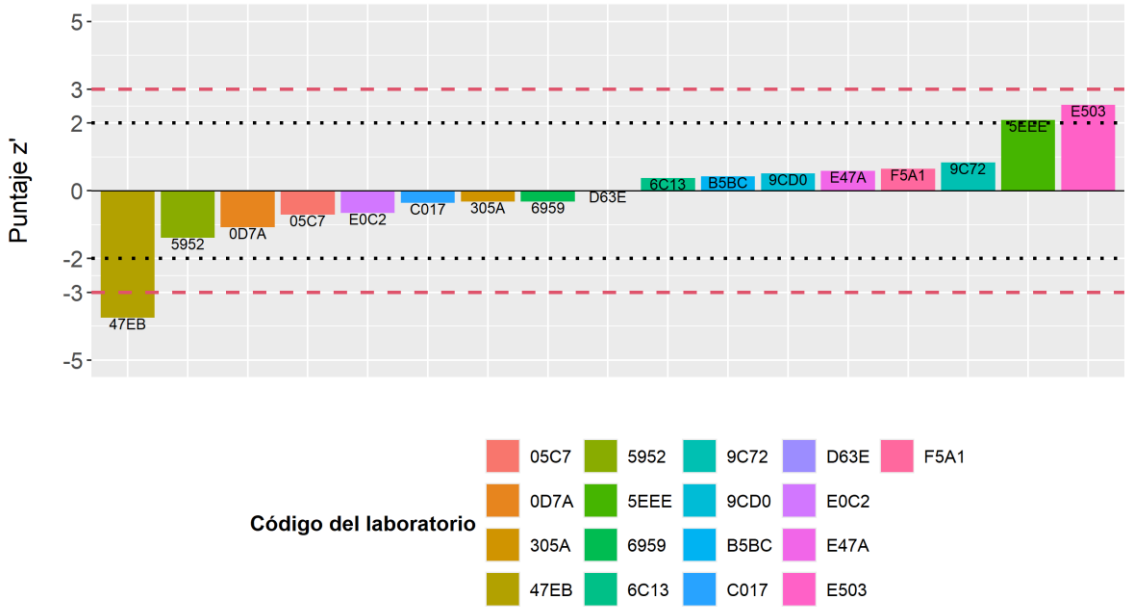

Gráfico 8. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
47EB	34,50	-3,74	Insatisfactorio
5952	102,80	-1,39	Satisfactorio
0D7A	112,00	-1,08	Satisfactorio
05C7	123,00	-0,70	Satisfactorio
E0C2	124,40	-0,65	Satisfactorio
C017	133,00	-0,35	Satisfactorio
305A	134,00	-0,32	Satisfactorio
6959	134,00	-0,32	Satisfactorio
D63E	143,25	0,00	Satisfactorio
6C13	154,25	0,38	Satisfactorio
B5BC	155,75	0,43	Satisfactorio
9CD0	158,00	0,51	Satisfactorio
E47A	160,50	0,59	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
F5A1	162,00	0,65	Satisfactorio
9C72	167,50	0,83	Satisfactorio
5EEE	204,00	2,09	Cuestionable
E503	217,00	2,54	Cuestionable

Tabla 9. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

11.1.5 TURBIDEZ

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor NTU	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} NTU
Turbidez	154,75	23,907	14,087

Tabla 10. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

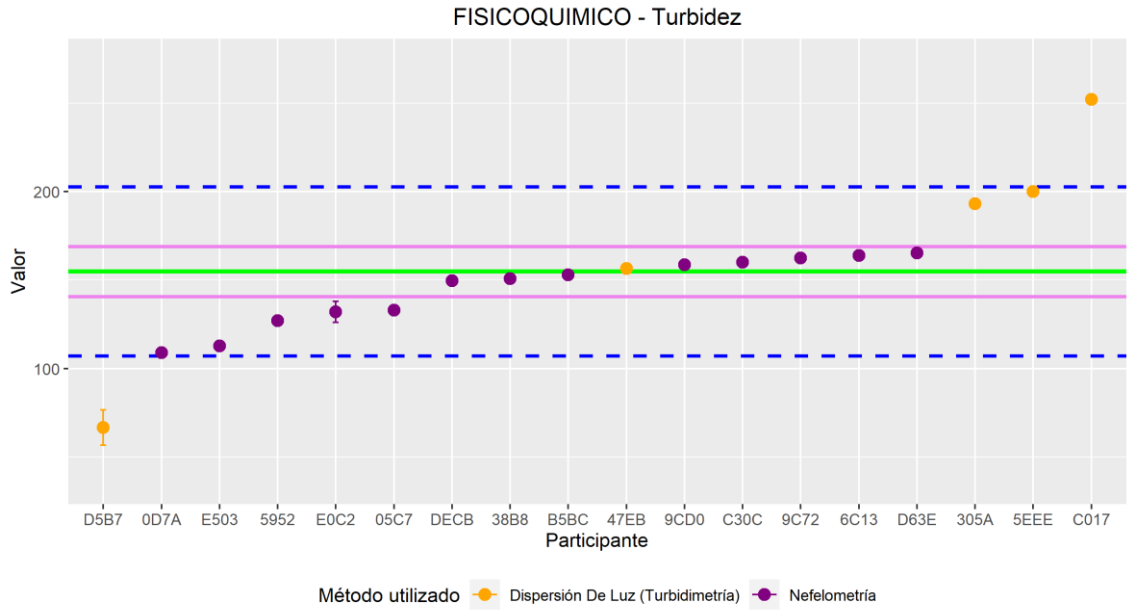

Gráfico 9. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

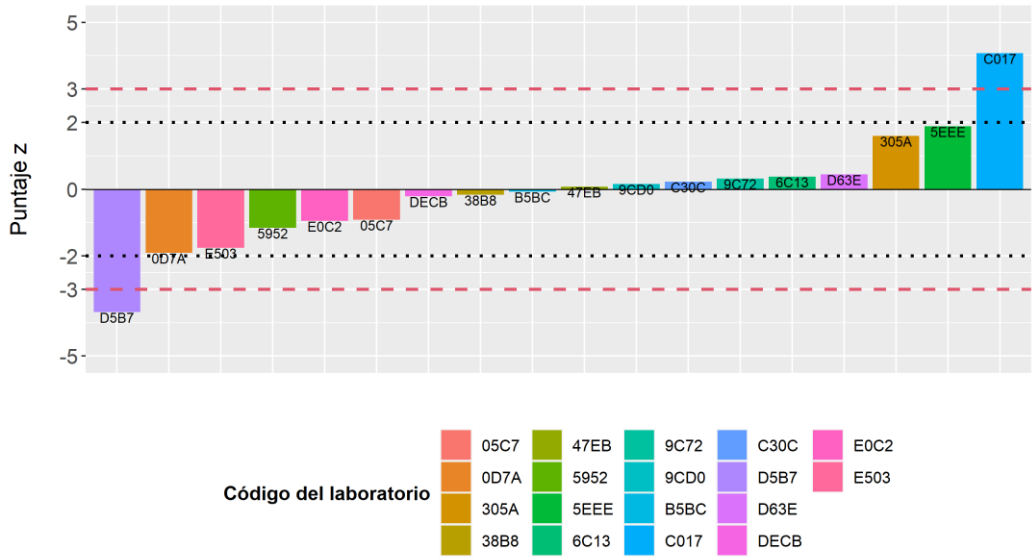

Gráfico 10. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, NTU	Puntaje z	Resultado de evaluación
D5B7	66,670	-3,68	Insatisfactorio
0D7A	109,000	-1,91	Satisfactorio
E503	112,630	-1,76	Satisfactorio
5952	127,000	-1,16	Satisfactorio
E0C2	132,000	-0,95	Satisfactorio
05C7	133,000	-0,91	Satisfactorio
DECB	149,667	-0,21	Satisfactorio
38B8	150,667	-0,17	Satisfactorio
B5BC	153,000	-0,07	Satisfactorio
47EB	156,500	0,07	Satisfactorio
9CD0	158,500	0,16	Satisfactorio
C30C	160,000	0,22	Satisfactorio
9C72	162,500	0,32	Satisfactorio
6C13	163,750	0,38	Satisfactorio
D63E	165,250	0,44	Satisfactorio
305A	193,000	1,60	Satisfactorio
5EEE	200,000	1,89	Satisfactorio
C017	252,000	4,07	Insatisfactorio

Tabla 11. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

11.2 ÍTEM DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

11.2.1 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
DQO	386,00	21,868	12,22478

Tabla 12. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

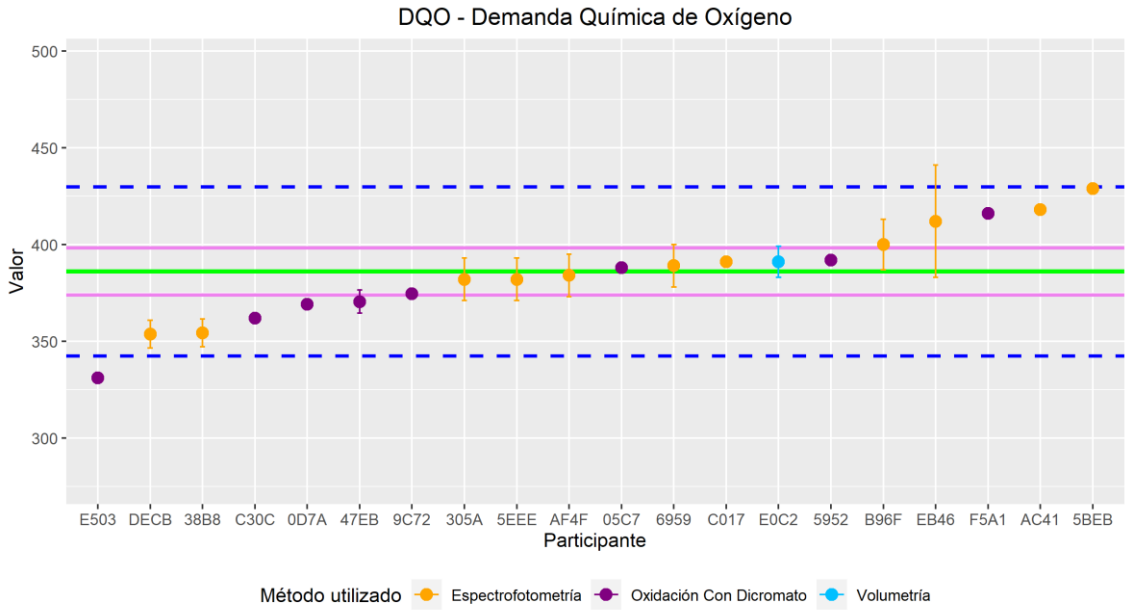

Gráfico 11. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

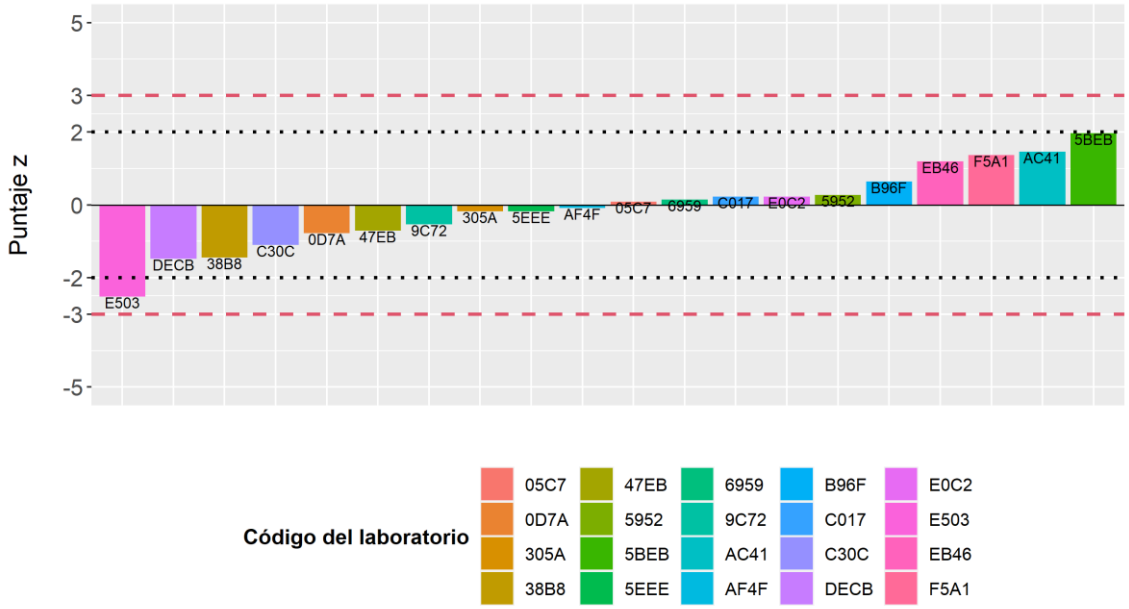

Gráfico 12. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
E503	331,000	-2,52	Cuestionable
DECB	353,667	-1,48	Satisfactorio
38B8	354,333	-1,45	Satisfactorio
C30C	362,000	-1,10	Satisfactorio
0D7A	369,000	-0,78	Satisfactorio
47EB	370,500	-0,71	Satisfactorio
9C72	374,500	-0,53	Satisfactorio
305A	382,000	-0,18	Satisfactorio
5EEE	382,000	-0,18	Satisfactorio
AF4F	384,000	-0,09	Satisfactorio
05C7	388,000	0,09	Satisfactorio
6959	389,000	0,14	Satisfactorio
C017	391,000	0,23	Satisfactorio
E0C2	391,000	0,23	Satisfactorio
5952	392,000	0,27	Satisfactorio
B96F	400,000	0,64	Satisfactorio
EB46	412,000	1,19	Satisfactorio
F5A1	416,000	1,37	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
AC41	418,000	1,46	Satisfactorio
5BEB	429,000	1,97	Satisfactorio

Tabla 13. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

11.3 ÍTEM DE ACEITES Y GRASAS

11.3.1 Aceites y grasas

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Aceites y grasas	22,90	6,079	4,582
Dispersión usada en la evaluación:		$\sigma_{pt}{}'$ = 6,496	

Tabla 14. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

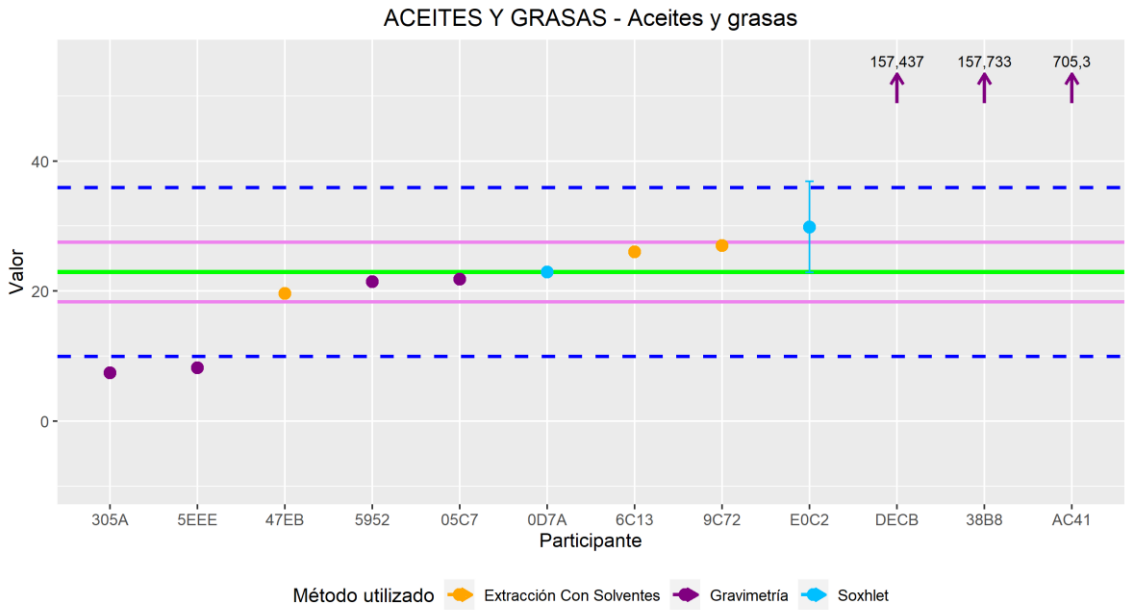

Gráfico 13. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

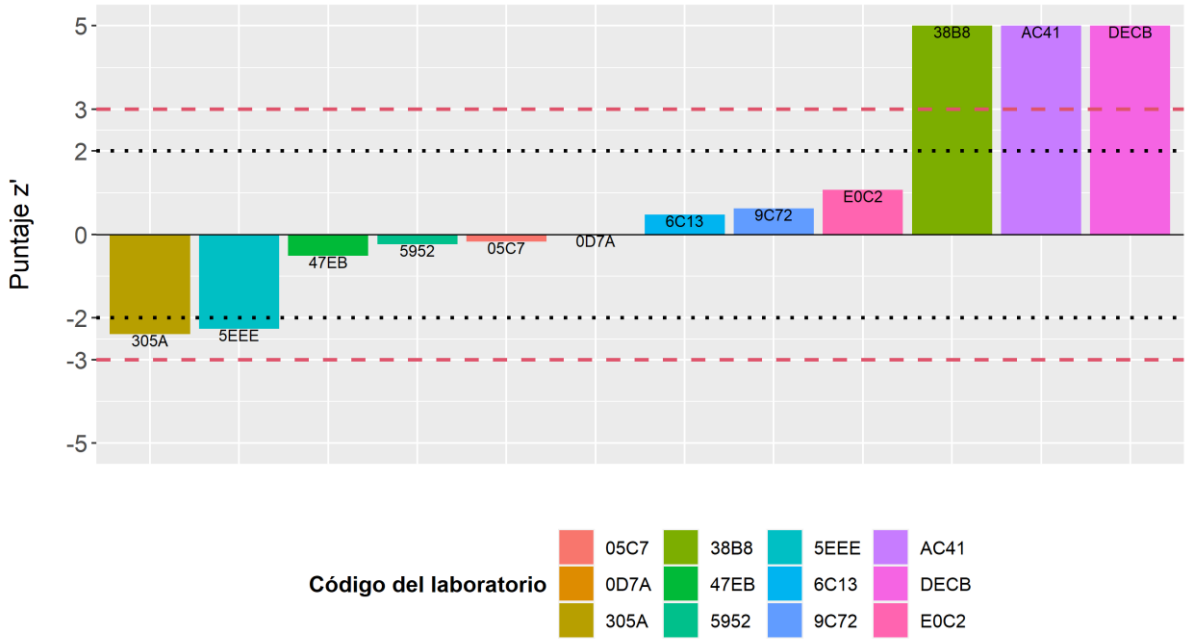

Gráfico 14. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
305A	7,400	-2,39	Cuestionable
5EEE	8,200	-2,26	Cuestionable
47EB	19,600	-0,51	Satisfactorio
5952	21,400	-0,23	Satisfactorio
05C7	21,800	-0,17	Satisfactorio
0D7A	22,900	0,00	Satisfactorio
6C13	26,000	0,48	Satisfactorio
9C72	27,000	0,63	Satisfactorio
E0C2	29,850	1,07	Satisfactorio
*DECB	157,437	20,71	Insatisfactorio
*38B8	157,733	20,76	Insatisfactorio
*AC41	705,300	105,05	Insatisfactorio

Tabla 15. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño * corresponden a valores atípicos, los cuales no fueron considerados en el análisis estadístico.

11.4 ÍTEM DE NITRÓGENO AMONIACAL

11.4.1 Nitrógeno amoniacal

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Nitrógeno Amoniacal	18,50	1,631	1,229
Dispersión usada en la evaluación:		$\sigma_{pt}{}'$ = 1,743	

Tabla 16. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

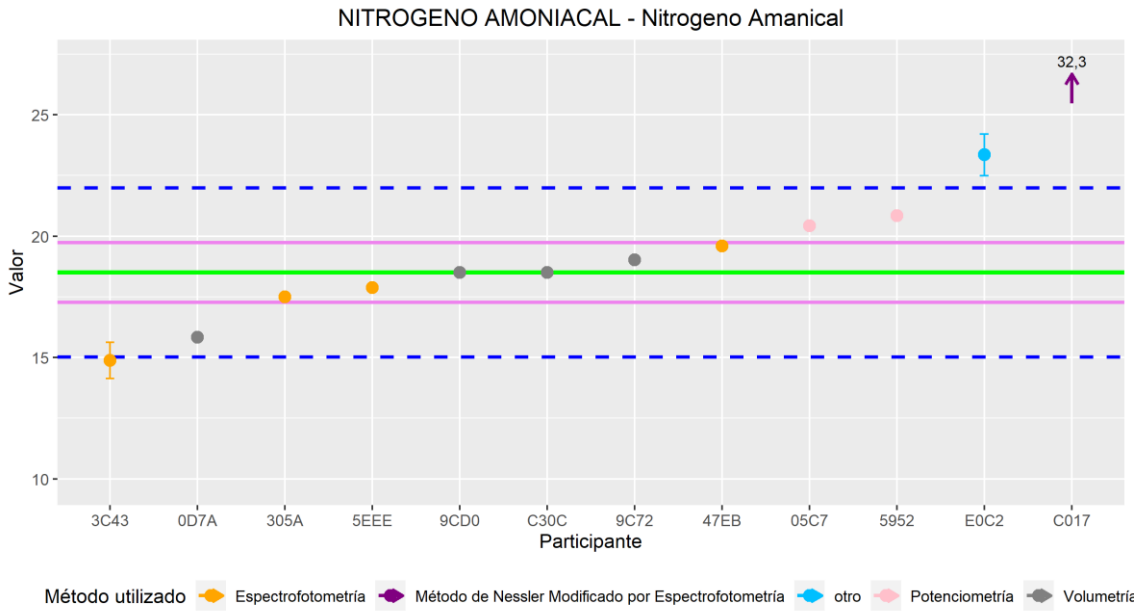

Gráfico 15. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

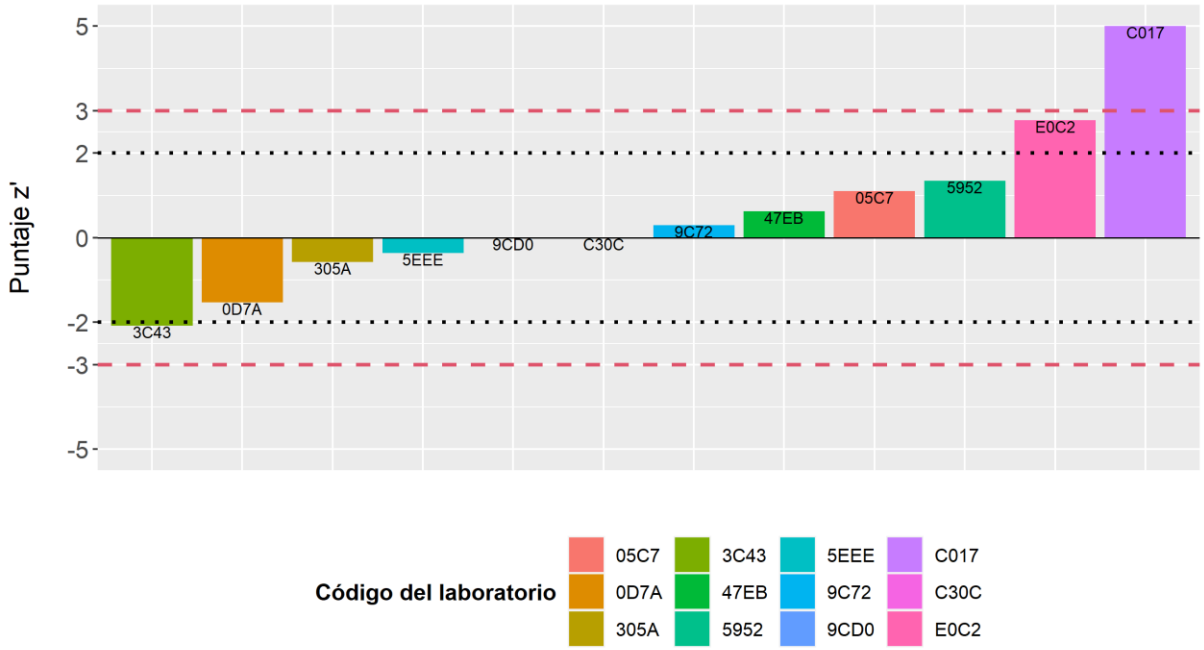

Gráfico 16. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
3C43	14,880	-2,08	Cuestionable
0D7A	15,830	-1,53	Satisfactorio
305A	17,500	-0,57	Satisfactorio
5EEE	17,880	-0,36	Satisfactorio
9CD0	18,500	0,00	Satisfactorio
C30C	18,500	0,00	Satisfactorio
9C72	19,025	0,30	Satisfactorio
47EB	19,600	0,63	Satisfactorio
05C7	20,420	1,10	Satisfactorio
5952	20,850	1,35	Satisfactorio
E0C2	23,350	2,78	Cuestionable
*C017	32,300	7,92	Insatisfactorio

Tabla 17. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño * corresponden a valores atípicos, los cuales no fueron considerados en el análisis estadístico.

11.5 ÍTEM DE FOSFATO

11.5.1 Fosfato

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Fosfato	10,90	0,697	0,503
Dispersión usada en la evaluación:		$\sigma_{pt}{}'$ = 0,741	

Tabla 18. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

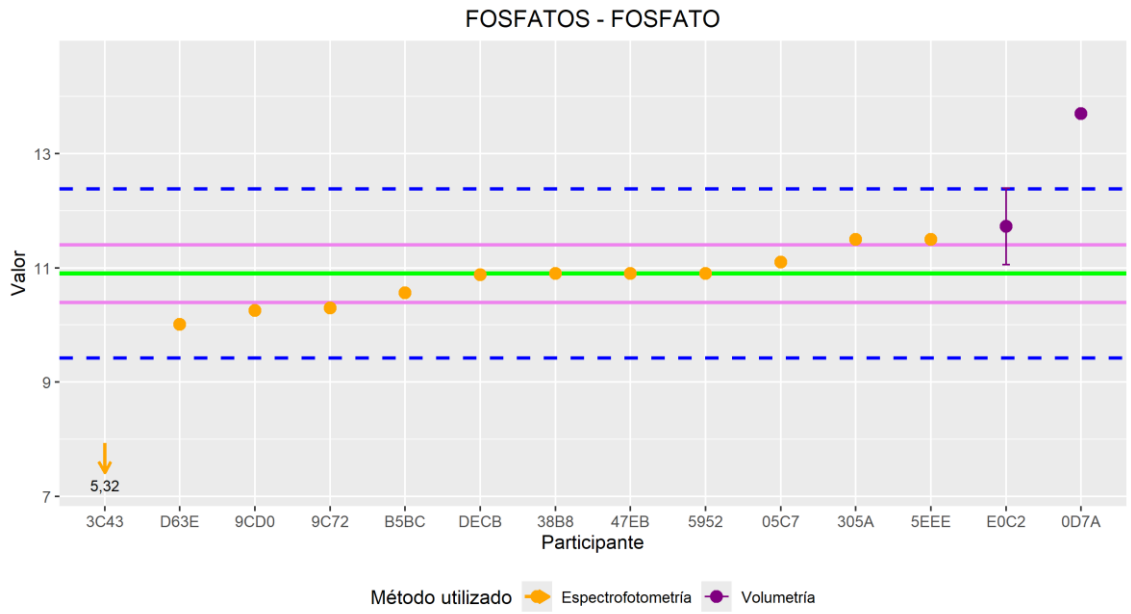

Gráfico 17. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

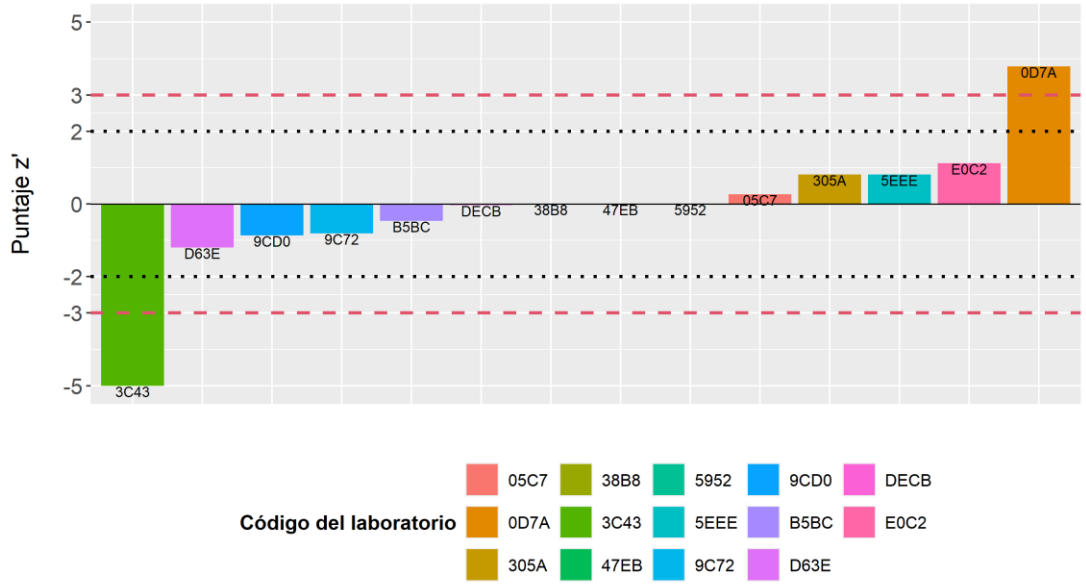

Gráfico 18. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
*3C43	5,320	-7,53	Insatisfactorio
D63E	10,010	-1,20	Satisfactorio
9CD0	10,255	-0,87	Satisfactorio
9C72	10,300	-0,81	Satisfactorio
B5BC	10,560	-0,46	Satisfactorio
DECB	10,880	-0,03	Satisfactorio
47EB	10,900	0,00	Satisfactorio
38B8	10,900	0,00	Satisfactorio
5952	10,900	0,00	Satisfactorio
05C7	11,100	0,27	Satisfactorio
305A	11,500	0,81	Satisfactorio
5EEE	11,500	0,81	Satisfactorio
E0C2	11,730	1,12	Satisfactorio
*0D7A	13,700	3,78	Insatisfactorio

Tabla 19. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño * corresponden a valores atípicos, los cuales no fueron considerados en el análisis estadístico.

11.6 ÍTEM DE METALES PESADOS

11.6.1 Hierro

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Hierro	2,552	0,355	0,140

Tabla 20. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

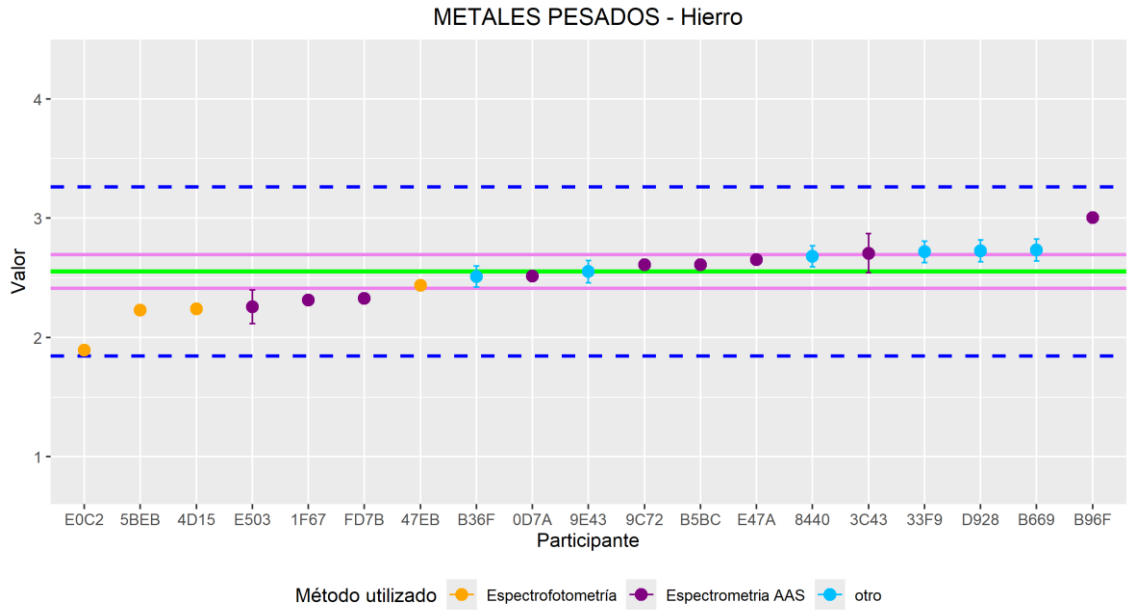

Gráfico 19. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

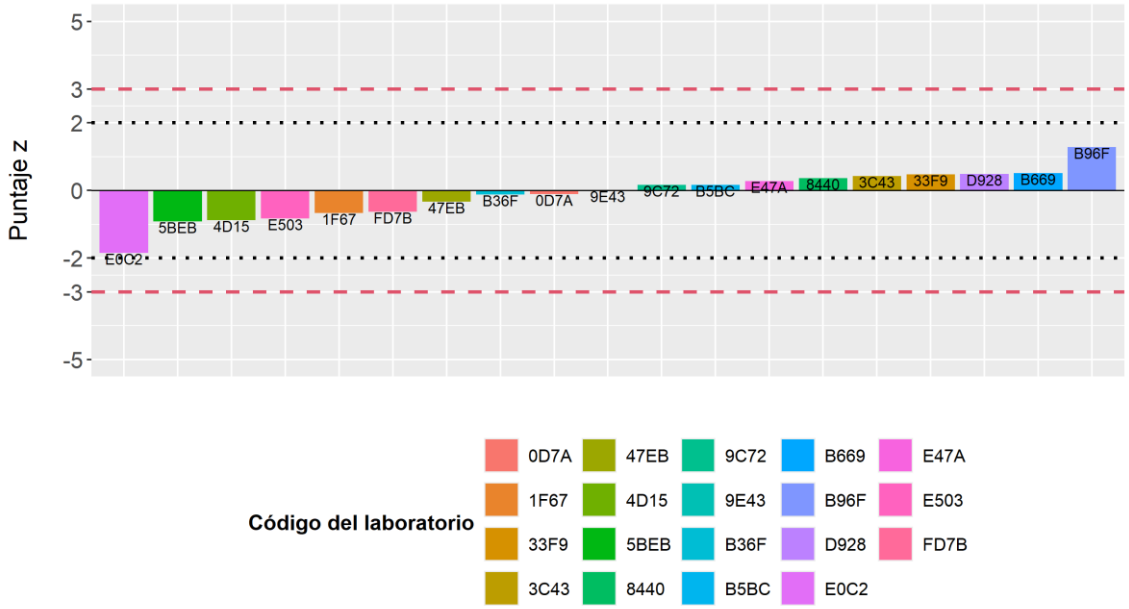

Gráfico 20. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
E0C2	1,895	-1,85	Satisfactorio
5BEB	2,230	-0,91	Satisfactorio
4D15	2,240	-0,88	Satisfactorio
E503	2,258	-0,83	Satisfactorio
1F67	2,314	-0,67	Satisfactorio
FD7B	2,329	-0,63	Satisfactorio
47EB	2,435	-0,33	Satisfactorio
B36F	2,510	-0,12	Satisfactorio
0D7A	2,513	-0,11	Satisfactorio
9E43	2,552	0,00	Satisfactorio
9C72	2,608	0,16	Satisfactorio
B5BC	2,608	0,16	Satisfactorio
E47A	2,650	0,28	Satisfactorio
8440	2,680	0,36	Satisfactorio
3C43	2,705	0,43	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
33F9	2,717	0,47	Satisfactorio
D928	2,725	0,49	Satisfactorio
B669	2,732	0,51	Satisfactorio
B96F	3,005	1,28	Satisfactorio

Tabla 21. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

11.6.2 Cobre

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Cobre	1,550	0,232	0,069

Tabla 22. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

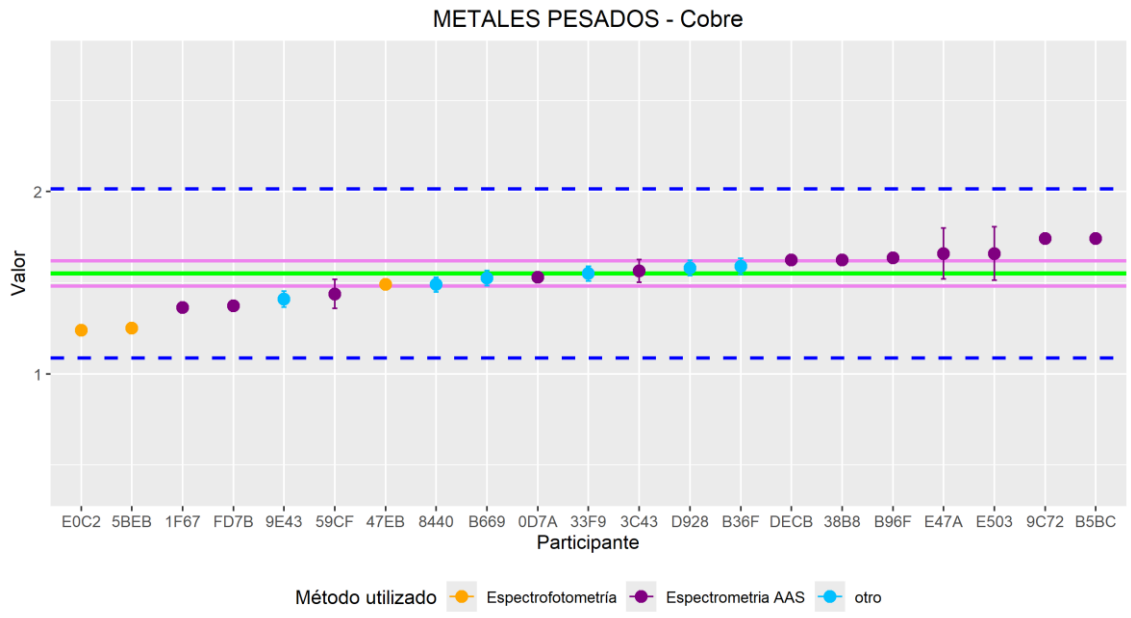

Gráfico 21. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

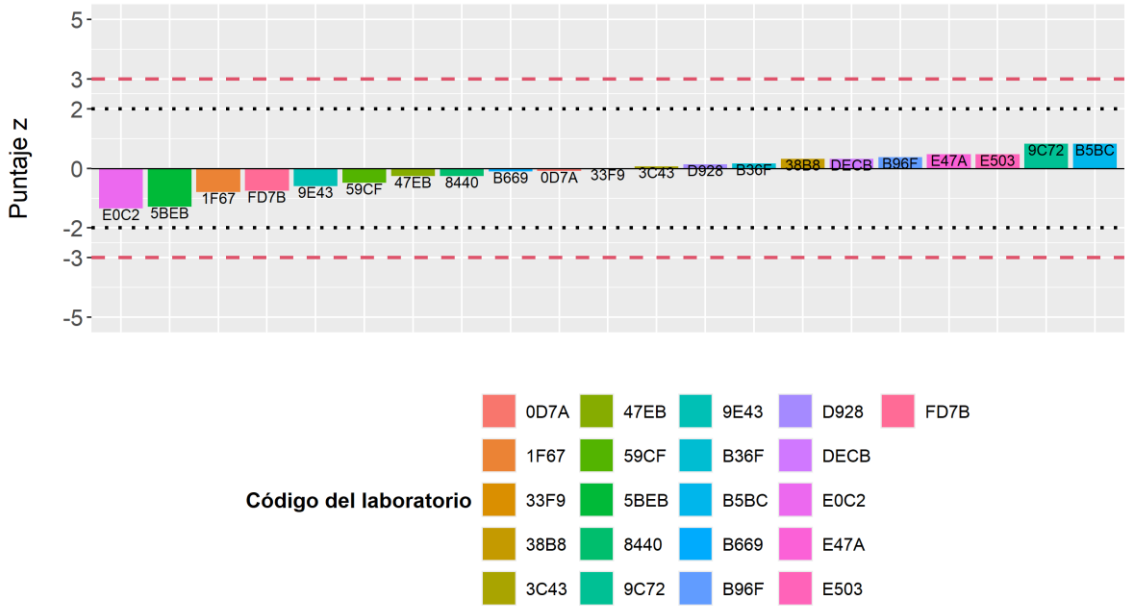

Gráfico 22. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
E0C2	1,240	-1,34	Satisfactorio
5BEB	1,250	-1,29	Satisfactorio
1F67	1,364	-0,80	Satisfactorio
FD7B	1,374	-0,76	Satisfactorio
9E43	1,410	-0,60	Satisfactorio
59CF	1,438	-0,48	Satisfactorio
8440	1,490	-0,26	Satisfactorio
47EB	1,490	-0,26	Satisfactorio
B669	1,525	-0,11	Satisfactorio
0D7A	1,529	-0,09	Satisfactorio
33F9	1,550	0,00	Satisfactorio
3C43	1,565	0,06	Satisfactorio
D928	1,580	0,13	Satisfactorio
B36F	1,590	0,17	Satisfactorio
DECB	1,624	0,32	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
38B8	1,625	0,32	Satisfactorio
B96F	1,635	0,37	Satisfactorio
E503	1,660	0,47	Satisfactorio
E47A	1,660	0,47	Satisfactorio
9C72	1,743	0,83	Satisfactorio
B5BC	1,743	0,83	Satisfactorio

Tabla 23. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

11.6.3 Plomo

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Plomo	0,759	0,126	0,061

Tabla 24. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

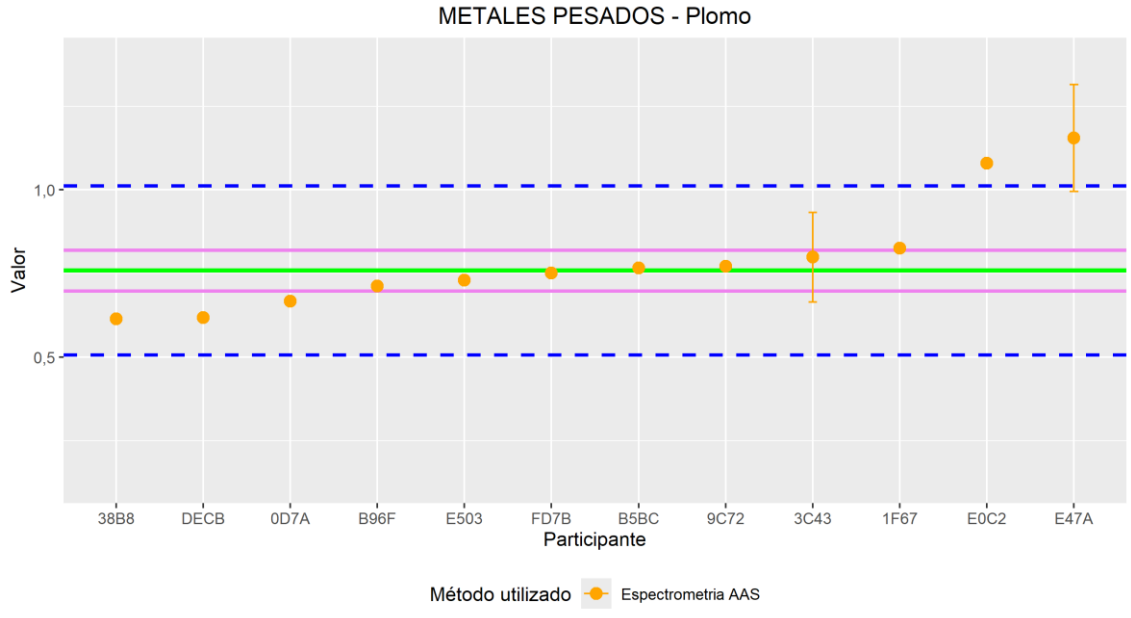

Gráfico 23. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

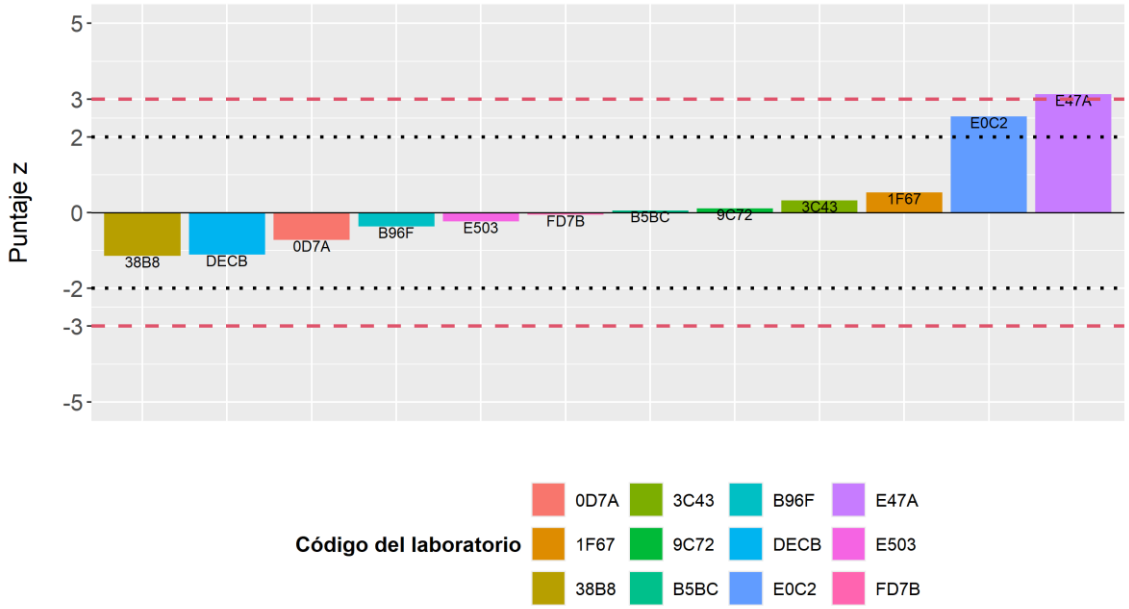

Gráfico 24. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
38B8	0,614	-1,14	Satisfactorio
DECB	0,618	-1,11	Satisfactorio
0D7A	0,667	-0,72	Satisfactorio
B96F	0,712	-0,37	Satisfactorio
E503	0,730	-0,23	Satisfactorio
FD7B	0,751	-0,06	Satisfactorio
B5BC	0,766	0,06	Satisfactorio
9C72	0,772	0,11	Satisfactorio
3C43	0,799	0,32	Satisfactorio
1F67	0,826	0,53	Satisfactorio
E0C2	1,080	2,54	Cuestionable
E47A	1,155	3,13	Insatisfactorio

Tabla 25. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

11.6.4 Cromo

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Cromo	1,610	0,240	0,099

Tabla 26. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

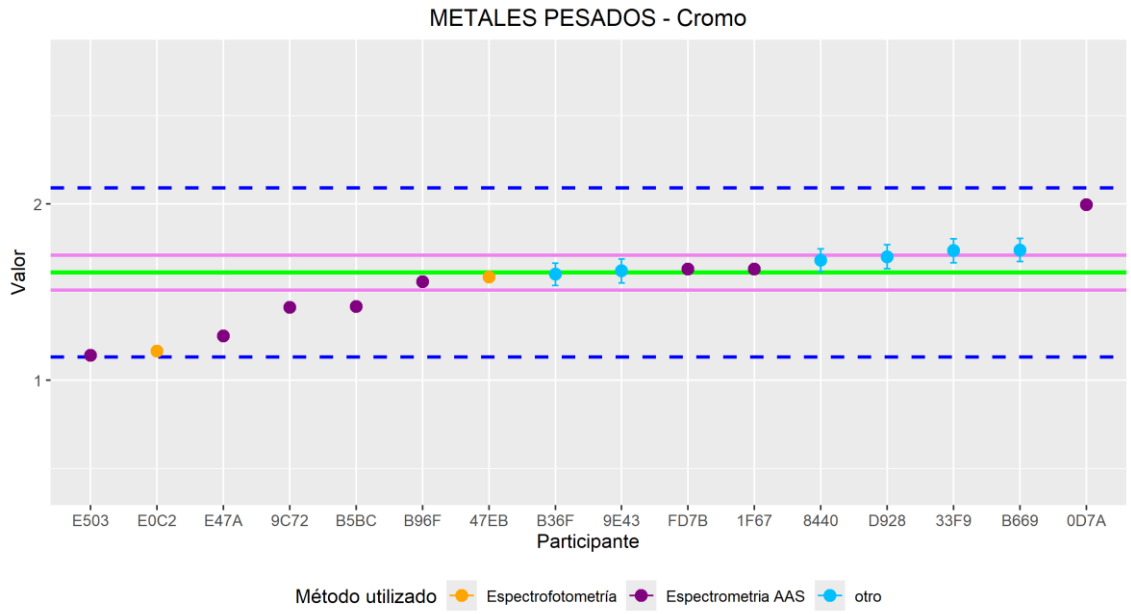

Gráfico 25. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

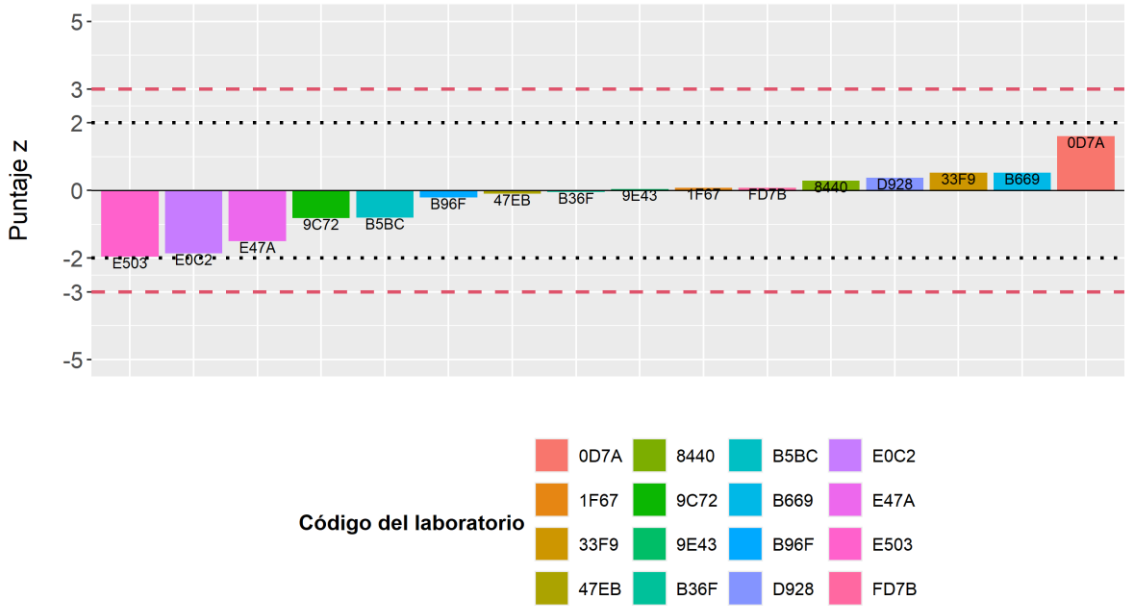

Gráfico 26. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
E503	1,140	-1,96	Satisfactorio
E0C2	1,165	-1,86	Satisfactorio
E47A	1,250	-1,50	Satisfactorio
9C72	1,413	-0,82	Satisfactorio
B5BC	1,418	-0,80	Satisfactorio
B96F	1,559	-0,21	Satisfactorio
47EB	1,585	-0,10	Satisfactorio
B36F	1,600	-0,04	Satisfactorio
9E43	1,620	0,04	Satisfactorio
FD7B	1,629	0,08	Satisfactorio
1F67	1,630	0,08	Satisfactorio
8440	1,680	0,29	Satisfactorio
D928	1,700	0,38	Satisfactorio
33F9	1,734	0,52	Satisfactorio
B669	1,738	0,53	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
0D7A	1,995	1,61	Satisfactorio

Tabla 27. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

11.6.5 Cadmio

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Cadmio	0,824	0,136	0,022

Tabla 28. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

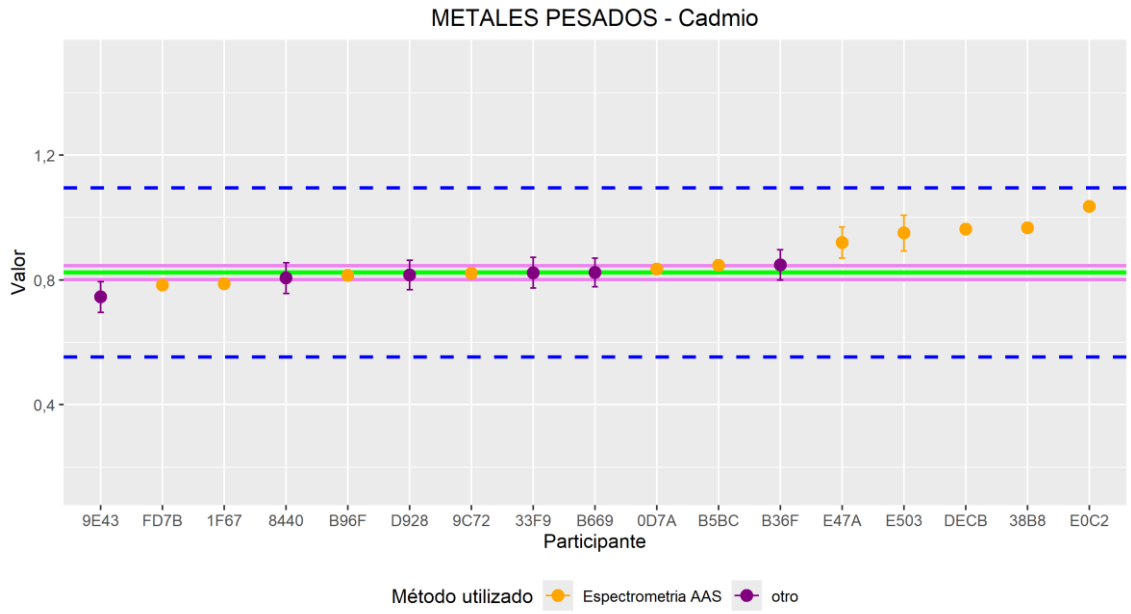

Gráfico 27. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

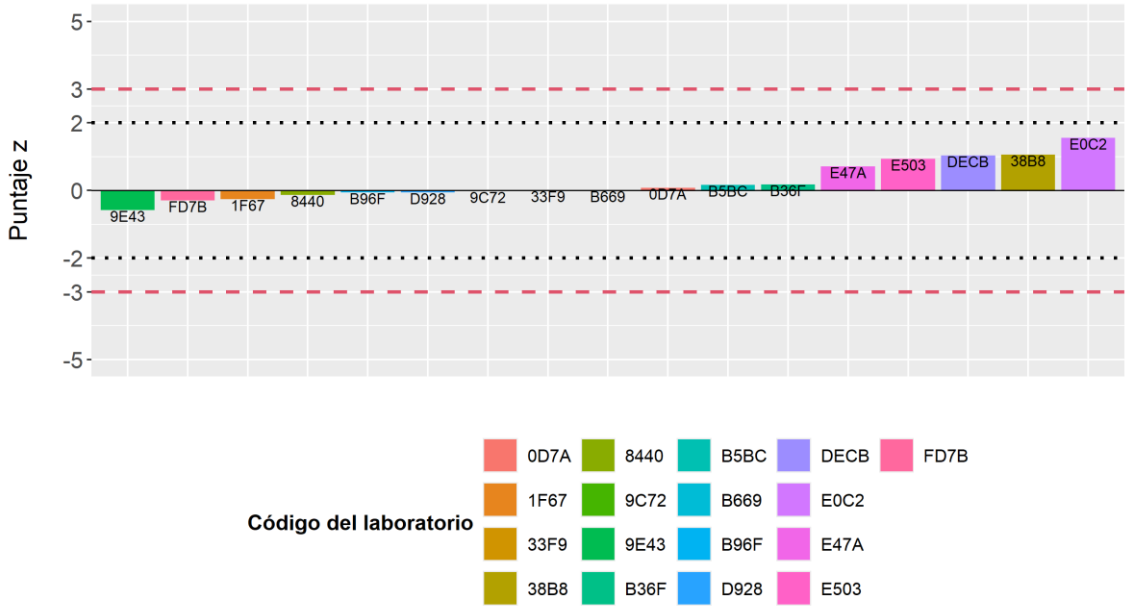

Gráfico 28. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
9E43	0,745	-0,58	Satisfactorio
FD7B	0,783	-0,30	Satisfactorio
1F67	0,788	-0,26	Satisfactorio
8440	0,806	-0,13	Satisfactorio
B96F	0,815	-0,06	Satisfactorio
D928	0,816	-0,06	Satisfactorio
9C72	0,821	-0,02	Satisfactorio
33F9	0,823	0,00	Satisfactorio
B669	0,824	0,00	Satisfactorio
0D7A	0,834	0,08	Satisfactorio
B5BC	0,847	0,17	Satisfactorio
B36F	0,848	0,18	Satisfactorio
E47A	0,920	0,71	Satisfactorio
E503	0,950	0,93	Satisfactorio
DECB	0,963	1,03	Satisfactorio

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
38B8	0,967	1,06	Satisfactorio
E0C2	1,035	1,56	Satisfactorio

Tabla 29. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

11.6.6 Arsénico

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Arsénico	0,925	0,150	0,335
Dispersión usada en la evaluación:		σ_{pt}' = 0,225	

Tabla 30. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

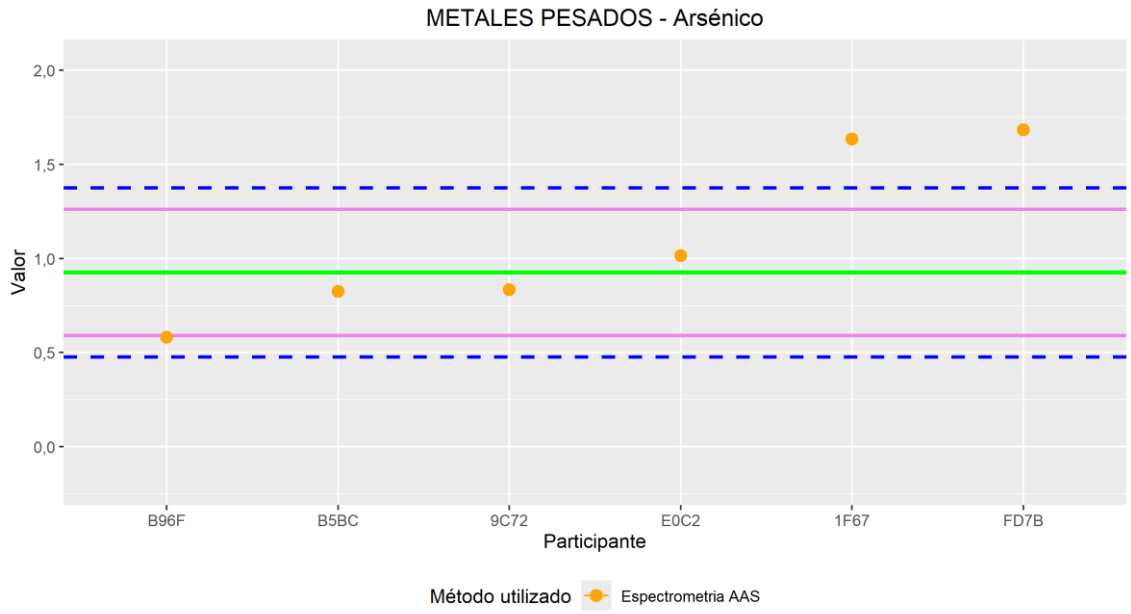

Gráfico 29. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

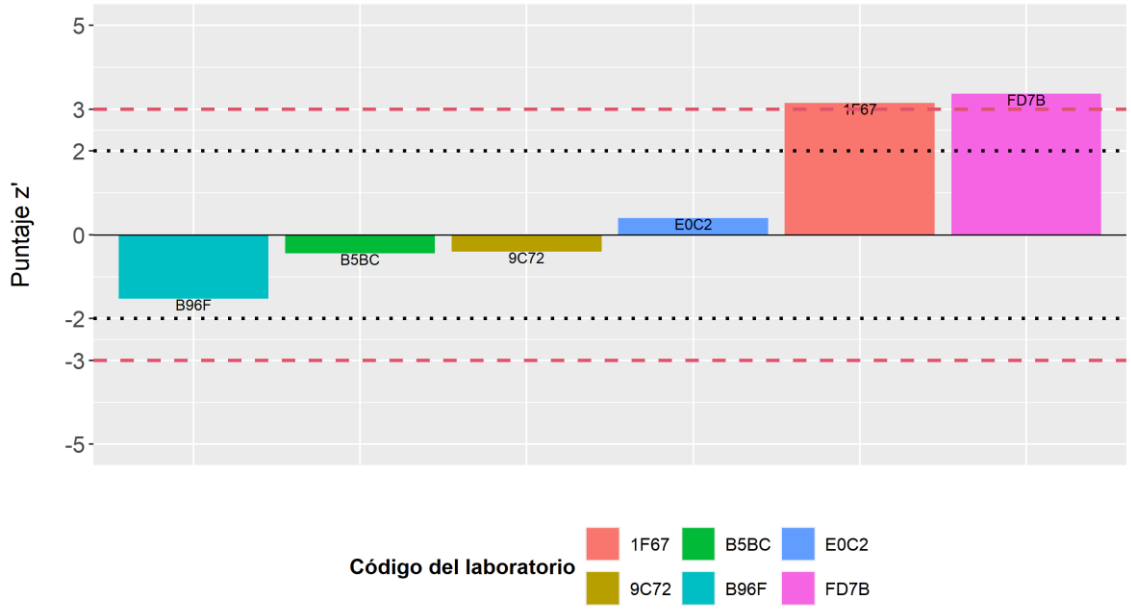

Gráfico 30. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
B96F	0,581	-1,53	Satisfactorio
B5BC	0,826	-0,44	Satisfactorio
9C72	0,835	-0,40	Satisfactorio
E0C2	1,015	0,40	Satisfactorio
1F67	1,633	3,15	Insatisfactorio
FD7B	1,683	3,37	Insatisfactorio

Tabla 31. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

11.6.7 Manganeso

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Manganeso	2,001	0,288	0,422
Dispersión usada en la evaluación:		$\sigma_{pt}{}'$ = 0,357	

Tabla 32. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

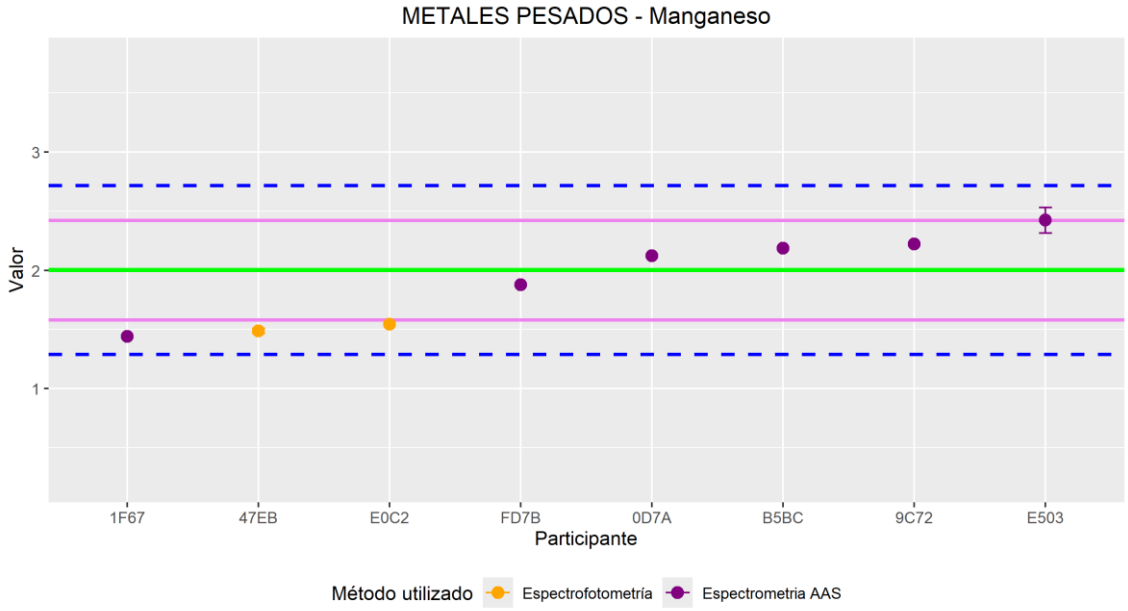

Gráfico 31. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

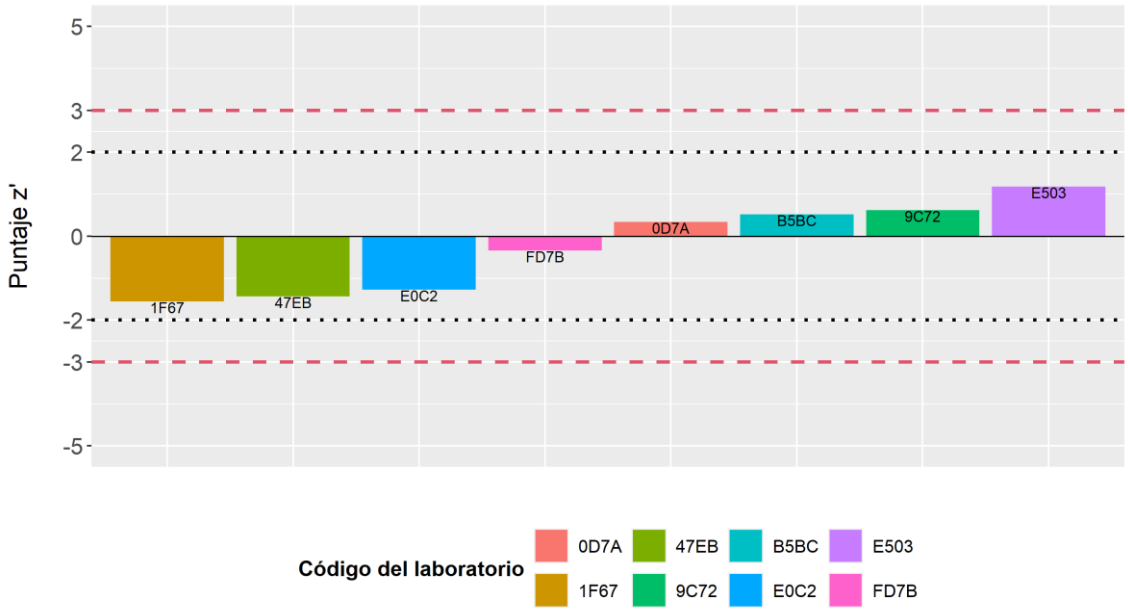

Gráfico 32. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
1F67	1,442	-1,56	Satisfactorio
47EB	1,487	-1,44	Satisfactorio
E0C2	1,545	-1,28	Satisfactorio
FD7B	1,878	-0,34	Satisfactorio
0D7A	2,124	0,34	Satisfactorio
B5BC	2,187	0,52	Satisfactorio
9C72	2,223	0,62	Satisfactorio
E503	2,423	1,18	Satisfactorio

Tabla 33. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

11.6.8 Zinc

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor mg/L	Dispersión (σ_{pt})	Incertidumbre U_{pt} mg/L
Zinc	1,279	0,197	0,150
Dispersión usada en la evaluación:		σ'_{pt} = 0,211	

Tabla 34. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

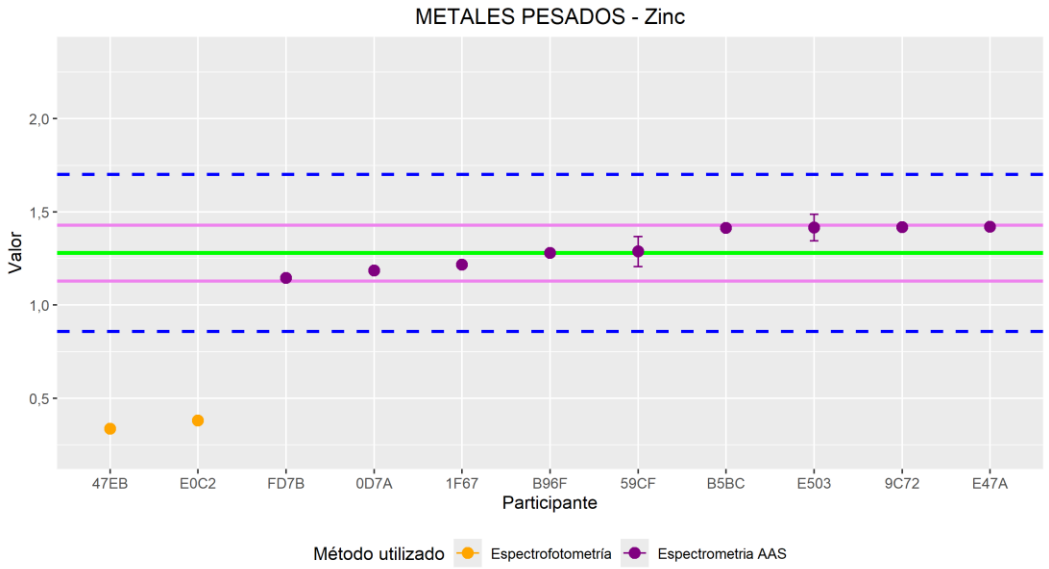

Gráfico 33. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

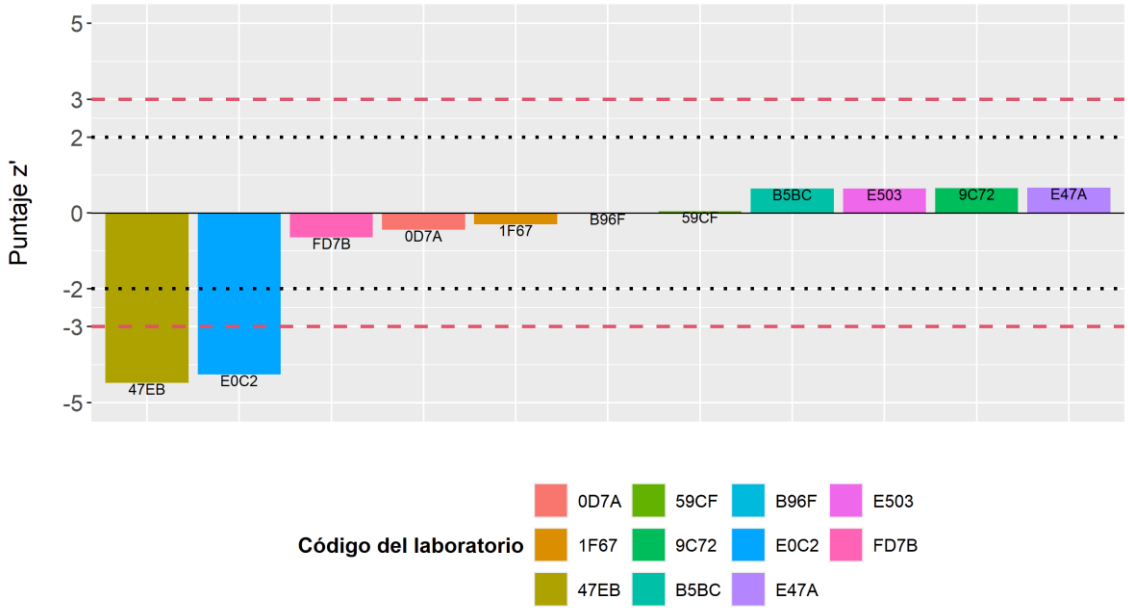

Gráfico 34. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, mg/L	Puntaje z	Resultado de evaluación
47EB	0,335	-4,48	Insatisfactorio
E0C2	0,380	-4,26	Insatisfactorio
FD7B	1,145	-0,64	Satisfactorio
0D7A	1,186	-0,44	Satisfactorio
1F67	1,216	-0,30	Satisfactorio
B96F	1,279	0,00	Satisfactorio
59CF	1,287	0,04	Satisfactorio
B5BC	1,413	0,64	Satisfactorio
E503	1,415	0,64	Satisfactorio
9C72	1,417	0,65	Satisfactorio
E47A	1,420	0,67	Satisfactorio

Tabla 35. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño

12. LABORATORIOS PARTICIPANTES

En este ensayo de aptitud se registró la participación de 22 laboratorios de diferentes departamentos de Bolivia. Es importante resaltar que la numeración de la Tabla 36 es solamente un indicativo del número de laboratorios participantes en el presente Ensayo, no está asociada a los códigos de participación de los laboratorios.

N°	INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO
1	CIALAB - CENTRO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL & LABORATORIOS	La Paz
2	EMAPAV - PTAR VIACHA	La Paz
3	ENVIROLAB S.R.L.	Potosí
4	EPSAS S.A. LABORATORIO PTAR PUCHUKOLLO	La Paz
5	EQUIPETROL S.A.	Santa Cruz
6	GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ - GABINETE MUNICIPAL DE MONITOREO AMBIENTAL	La Paz
7	INSPECCIÓN Y LABORATORIO DE CALIDAD SGLAB S.R.L.	La Paz
8	INSTITUTO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL	La Paz
9	LABCOOPLAN	Santa Cruz
10	LABORATORIO ALQUIMIYALAB LTDA	La Paz
11	LABORATORIO AMBIENTAL 3RIOS LTDA	La Paz
12	LABORATORIO CENTRAL DE EPSAS - PACAJES	La Paz
13	LABORATORIO CENTRAL EPSAS S.A.	La Paz
14	LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD AGUAS RESIDUALES - SAGUAPAC	Santa Cruz
15	LABORATORIO DE ANÁLISIS Y CALIDAD-CNMCPTH - YPFB	Tarija
16	LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE (LMA - UAGRM)	Santa Cruz
17	LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE LA ESCUELA MILITAR DE INGENIERÍA – LAVEMI	La Paz
18	LABORATORIO QUIMICA - UATF	Potosí
19	LIMASOL SRL	Oruro
20	QUEBRACHO SRL	Santa Cruz
21	SERVICIOS AMBIENTALES BIÓTICA S.R.L.	Cochabamba
22	YPFB REFINACIÓN - UNIDAD DE LABORATORIO DE LA PLANTA DE AMONIACO Y UREA	Santa Cruz

Tabla 36. Participantes del Ensayo de Aptitud EEQ-003-2025 "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y METALES PESADOS EN AGUA RESIDUAL"

13. OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS

- Todos los laboratorios participantes recogieron los ítems de ensayo y reportaron sus resultados.

- No todos los participantes reportaron la incertidumbre estimada de sus mediciones, se recomienda a los participantes la implementación de la estimación de la incertidumbre de sus mediciones ya que la incertidumbre es un parámetro importante asociado al resultado de una medición, la cual caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser razonablemente atribuidos al mensurando.
- Los valores de referencia de los parámetros de pH y conductividad fueron asignados por IBMETRO.
- De los resultados reportados en los demás parámetros, los valores de referencia fueron asignados por consenso entre los participantes.

14. CONCLUSIONES

- Se utilizó el puntaje z o z' según fue adecuado, para la evaluación del desempeño, los cuales se calcularon según lo descrito en el punto 8 "evaluación de desempeño" de este informe.
- Se logró brindar a los participantes una herramienta para evaluar su desempeño y demostrar su competencia técnica para realizar los ensayos en determinación de parámetros proximales en Agua Superficial.
- El diseño estadístico y los criterios de evaluación utilizados por el IBMETRO como proveedor fueron adecuados para el propósito del ensayo de aptitud.
- Los participantes que presentan un desempeño insatisfactorio y cuestionable deben realizar un análisis crítico en la evaluación de sus resultados a fin identificar las posibles causas y tomar acciones correctivas según su sistema de calidad.
- Se recomienda, cuando sea posible, el uso de materiales de referencia certificados, uso de materiales de control de calidad, entre otros, según lo recomendado en la norma ISO/IEC 17025 para el aseguramiento de la calidad de las mediciones.
- Se sugiere en todos los casos, la validación del método de ensayo, la implementación de un procedimiento de control interno de calidad, el control metrológico de los equipos.
- Se recomienda realizar una evaluación del sesgo de las mediciones con el fin de tomar acciones de mejora que puedan ayudar a corregir los errores sistemáticos asociados a una medición.
- Se recomienda la participación rutinaria en Rondas de Ensayos de Aptitud con el fin de demostrar su mejora o para demostrar la permanencia de su buen desempeño. La Unidad de Metrología Química y el Comité Científico Técnico agradecen el interés y la colaboración de los participantes en la realización de este Ensayo de Aptitud.

15. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ISO/IEC 17043:2023. "Conformity assessment – General requirements for the competence of proficiency testing providers".

ISO 13528:2022. "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons"

NB/ISO/IEC 17025:2018. "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".

Thompson, M., Ellison, S. L., & Wood, R. (2006). The international harmonized protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 78(1), 145-196

Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML. Organización Internacional de Normalización, impresa en Suiza, ISBN 92-67-10188-9, primera edición, 1993. Corregida y reimpresa en 1995.

ISO 33405:2024. Reference materials – Approaches for characterization and assessment of homogeneity and stability.

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Environment Federation (WEF). (2024). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (24th ed.). Washington, DC: American Public Health Association.

IBMETRO

Firmado digitalmente por JOSE LUIS GONZALES QUINO
DN: dnQualifier=CI, CN=JOSE LUIS GONZALES QUINO, SERIALNUMBER=120353023, T=SUPERVISOR DE LA UNIDAD DE METROLOGIA QUIMICA, OU=DIRECCION DE METROLOGIA INDUSTRIAL Y CIENTIFICA, O=INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGIA, C=BO, OID.1.3.6.1.1.1.1.0=9224041, Description=Persona Juridica
Firma Simple
Razón: Estoy aprobando este documento
Ubicación:
Fecha: 2025.08.26 16:28:45-04'00'