

# INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGÍA IBMETRO



## INFORME FINAL ENSAYO DE APTITUD

**EQ-0170**

### **“DETERMINACIÓN DE HIERRO” MATRIZ: MINERAL DE HIERRO**


DIRECCIÓN DE METROLOGÍA  
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA – DMIC

Gestión 2024

Elaborado por:	Julián Ernesto Morales Alarcón	Fecha:	2024-05-23
Revisado y aprobado por:	Jose Luis Gonzales Quino	Fecha:	2024-05-24
Información actualizada en:		Fecha:	2024-07-26


---

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

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 2 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>

## Índice

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	ORGANIZACIÓN .....	3
3.	UNIDAD DE COORDINACIÓN .....	3
4.	OBJETIVOS .....	4
5.	DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO.....	4
6.	VALORES DE REFERENCIA .....	4
7.	CONFIDENCIALIDAD .....	5
8.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO .....	6
9.	RESULTADOS .....	7
9.1.	Hierro en Mineral de Hierro .....	7
10.	LABORATORIOS PARTICIPANTES .....	9
11.	OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS ...	9
12.	CONCLUSIONES.....	10
13.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	10

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 3 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>

## 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 Metal Dore 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  
 La Paz, Av. Camacho N° 1488  
 Contacto: (+591) 72015382; (+591) 71543136  
[www.ibmetro.gob.bo](http://www.ibmetro.gob.bo)

## 3. UNIDAD DE COORDINACIÓN

### COMITÉ TÉCNICO – CIENTÍFICO

Lic. Julian Morales – Coordinador Técnico y Responsable estadístico del ensayo de aptitud

Lic. Jose Luis Gonzales – Supervisor de Metrología Química

Ing. Henry Paco Marino – Director de Metrología Industrial y Científica


### PERSONAL DE APOYO

Ing. Yamil Acho – Colaborador técnico

Lic. Jimena Torrez – Colaborador técnico

Lic. Gilda Cruz Ochoa - Colaborador Técnico

Lic. María Eugenia Marcelo Choqueticlla - Colaborador Técnico

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 4 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>

#### 4. OBJETIVOS

- Presentar los resultados de la evaluación del desempeño de los laboratorios participantes en el ensayo de aptitud EQ-0170 "DETERMINACIÓN DE HIERRO EN MINERAL DE HIERRO, MATRIZ: MINERAL DE HIERRO" que contempla los parámetros de Hierro siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma ISO/IEC 17043:2023.
- Proveer una herramienta objetiva para que los laboratorios participantes demuestren su competencia técnica ante entes acreditadores y demás partes interesadas.
- Promocionar a los Ensayos de Aptitud que organiza el IBMETRO como herramientas para el aseguramiento interno de la calidad de los organismos de evaluación de la conformidad nacionales.
- Fortalecer la infraestructura nacional de la calidad y la confianza de los usuarios de esta infraestructura.

#### 5. DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

<b>Matriz</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parámetros</b>
Mineral de Hierro	Muestra en sobre sellado	30 g	Hierro

**Tabla 1.** Descripción de los ítems de ensayo


Las muestras de Mineral de Hierro para el ítem de ensayo fueron proporcionadas por la empresa SERVICIOS INTEGRADOS DE LABORATORIO LABSIC SRL que derivó en un lote de este ítem de ensayo preparado en el Laboratorio de Química de IBMETRO La Paz.

#### 6. VALORES DE REFERENCIA

El valor asignado  $x_{pt}$  para el parámetro de Hierro se obtuvo a partir de la mediana de los resultados, calculada según la siguiente ecuación:

$$Mediana = \frac{X_{i_{n+1}}}{2} \quad \text{Si "n" es impar} \quad (1)$$

$$Mediana = \frac{\frac{X_{i_{\frac{n}{2}}} + X_{i_{\frac{n}{2}+1}}}{2}}{2} \quad \text{Si "n" es par} \quad (2)$$

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 5 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>

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

$$x_i = \frac{Valor_1 + Valor_2}{2} \quad (3)$$

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

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

$$\sigma_{pt} = MADe = 1,4826 * Me | x_i - Me_{x_i} | \quad (4)$$

Dónde:

$Me$ =valor de la mediana

$x_i$ =resultados de cada Laboratorio

$Me_{x_i}$ =mediana de los resultados de cada Laboratorio

La incertidumbre estándar de cada uno de los valores asignados ha sido estimada mediante la siguiente expresión:

$$u(x_{pt}) = \frac{1,25 * \sigma^*}{\sqrt{p}} \quad (5)$$


Siendo

$\sigma^*$  = desviación estandar robusta (MAD) obtenida mediante la ecuación 4

$p$  = Número de Laboratorios participantes en el parametro

## 7. 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 Unidad de Coordinación del ensayo.

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 6 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>

## 8. 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.

$$z_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sigma_{pt}} \quad (6)$$

Donde:

$x_{pt}$  = Valor asignado

$x_i$  = Resultado del participante "i"

$\sigma_{pt}$  = Desviación estándar para 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:

$$u(x_{pt}) > 0,3 * \sigma_{pt} \quad (7)$$

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

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 7 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>

$$z'_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{\sigma_{pt}^2 + u^2(x_{pt})}} \quad (8)$$

Donde:

$x_{pt}$  = Valor asignado

$x_i$  = Resultado del participante "i"

$\sigma_{pt}$  = Desviación estándar para 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  $k=2$ .


$$U(x_{pt}) = k * u(x_{pt}) \quad (9)$$

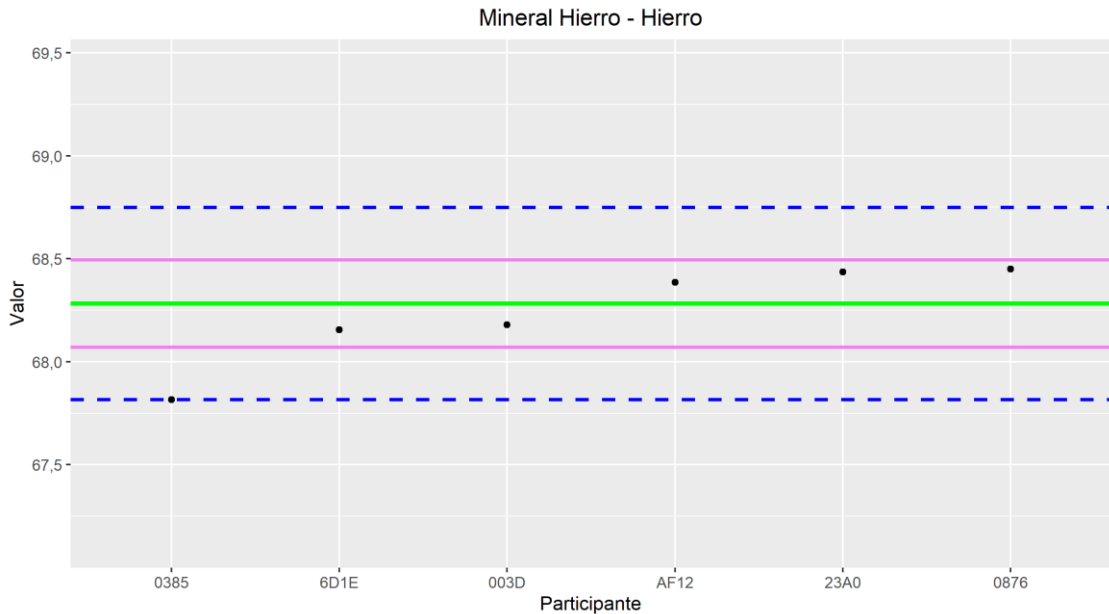
## 9. RESULTADOS

### 9.1. Hierro en Mineral de Hierro

Parámetro	Valor asignado		
	Valor (g/100g)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre Expandida (g/100g)
Hierro	68,28	0,21	0,23

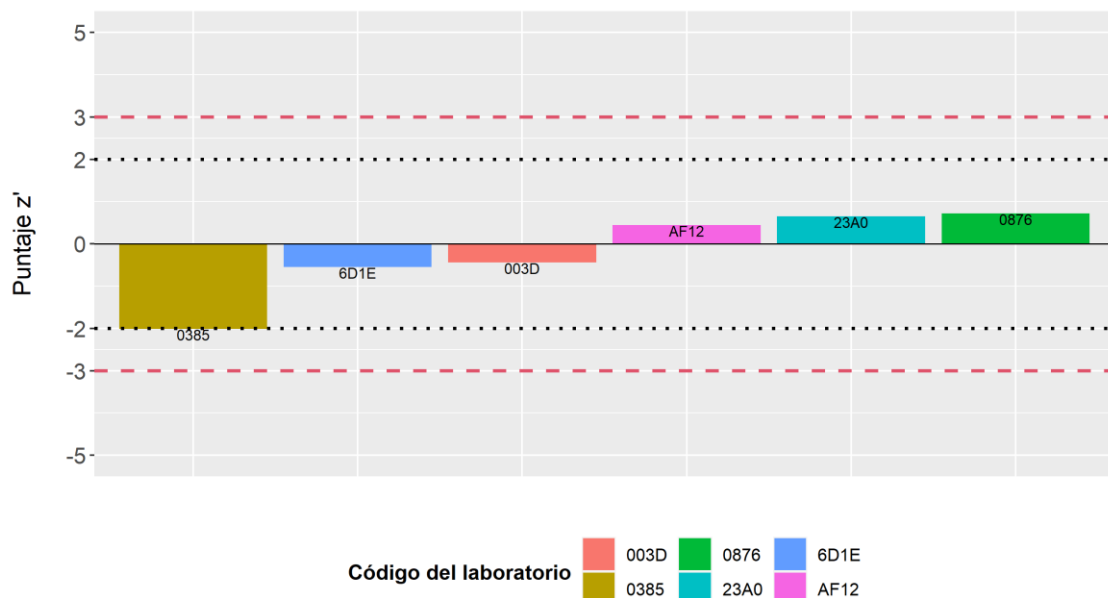
Tabla 2. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 8 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>



**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.



<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 9 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>

<b>Participante</b>	<b>Resultado reportado</b>	<b>Puntaje z'</b>	<b>Resultado de evaluación</b>
0385	67,815	-2,01	Cuestionable
6D1E	68,155	-0,55	Satisfactorio
003D	68,180	-0,44	Satisfactorio
AF12	68,385	0,44	Satisfactorio
23A0	68,435	0,65	Satisfactorio
0876	68,450	0,72	Satisfactorio

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

## 10. LABORATORIOS PARTICIPANTES


En este ensayo de aptitud se registró la participación de 4 laboratorios de diferentes departamentos de Bolivia. Es importante resaltar que la numeración de la tabla N° 4 es solamente un indicativo del número de laboratorios participantes en el presente Ensayo, no está asociada a los códigos de participación de los laboratorios.

<b>N°</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>
1	CONSULCORP S.R.L.	LA PAZ
2	EMPRESA MINERA CAVIQUI S.R.L.	LA PAZ
3	SERVICIOS INTEGRADOS DE LABORATORIO LABSIC SRL	LA PAZ
4	WELL DONE MINERALS	SANTA CRUZ

**Tabla 4. Participantes del Ensayo de Aptitud EQ-0170 Hierro en Mineral de Hierro.**

## 11. OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS

- Todos los laboratorios participantes recogieron los ítems de ensayo y reportaron sus resultados en las fechas establecidas en el Protocolo, ningún laboratorio participante reportó algún inconveniente con el estado de los ítems de ensayo una vez que llegaron a sus instalaciones.
- Ningún participante reportó 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.

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 10 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>

## 12. CONCLUSIONES

- Se utilizó el puntaje  $z'$  para la evaluación del desempeño, los cuales se calcularon según lo descrito en la sección 8 de este informe.
- Se logró brindar a los participantes una herramienta para evaluar su desempeño y demostrar su competencia técnica para realizar los ensayos de Hierro en Mineral de Hierro en el presente ensayo de aptitud.
- El diseño estadístico y los criterios de evaluación utilizados por el IBMETRO como proveedor fueron adecuados para el propósito del ensayo de aptitud.
- 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.


## 13. 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

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.01</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 11 de 11</b>	<b>Vigente desde: 2024-03-05</b>	<b>N° de Registro: 010/2024</b>

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 reimpressa en 1995.

ISO Guide 35:2017. "Reference Material – General and Statistical Principles for Certification"