

INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGÍA  
IBMETRO



INFORME FINAL  
ENSAYO DE APTITUD

**EQ-0153**

**“ENSAYO DE ROTURA POR COMPRESIÓN”**

**MATRIZ: HORMIGÓN**

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA  
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA – DMIC

Año 2023

---

Elaborado por:	Yamil Acho Sarzuri	Fecha:	2024-01-08
Revisado por:	Jose Luis Gonzales Quino	Fecha:	2024-01-09

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 2 de 10</b>	<b>Vigente desde: 2023-04-10</b>	

## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	OBJETIVOS.....	3
3.	ORGANIZACIÓN.....	3
4.	UNIDAD DE COORDINACIÓN.....	4
5.	MATERIALES DE REFERENCIA - ITEMS DE ENSAYO.....	4
6.	VALORES DE REFERENCIA.....	5
7.	CONFIDENCIALIDAD.....	6
8.	EVALUACION DE DESEMPEÑO.....	6
9.	RESULTADOS.....	7
9.1.	Hormigon.....	7
10	LABORATORIOS PARTICIPANTES.....	9
11	CONCLUSIONES.....	9
12	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	10

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 3 de 10</b>	<b>Vigente desde: 2023-04-10</b>	

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Boliviano de Metrología a través de la Unidad de Metrología Química viene organizando rondas de Ensayo de Aptitud dirigida a apoyar a los laboratorios que realizan ensayos de rotura por compresión de hormigón, para mejorar las capacidades analíticas y de gestión en laboratorios bolivianos.

Cabe resaltar que para que un laboratorio se ha 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 los laboratorios 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. OBJETIVOS

- Determinar el desempeño de los laboratorios que realizan ensayos en la determinación de rotura por compresión en matriz de hormigón con la finalidad de mejorar la confiabilidad de sus resultados y contar con criterios objetivos para evaluar su capacidad técnica.
- Promover el uso regular de los ensayos de aptitud como una herramienta para el aseguramiento interno de la calidad en los laboratorios.
- Otorgar criterios objetivos para identificar problemas (por ejemplo, con el desempeño del personal o la calibración del instrumental) e iniciar acciones correctivas.
- Establecer el nivel de exactitud y el grado de comparación en métodos de ensayo y en forma similar, hacer seguimiento a métodos establecidos y proveer confianza adicional a los clientes de los laboratorios.

## 3. ORGANIZACIÓN



### **Unidad de Metrología Química - UMQ**

Dirección de Metrología Industrial y Científica - IBMETRO

La Paz, Av. Camacho casi esq. Bueno N° 1488

Tel/Fax (591-2) 2147945 – 2372046 int. 340

Celular corp. (+591) 72015382

Web: [www.ibmetro.gob.bo](http://www.ibmetro.gob.bo)

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 4 de 10</b>	<b>Vigente desde: 2023-04-10</b>	

#### 4. UNIDAD DE COORDINACIÓN

##### COMITÉ CIENTIFICO - TÉCNICO

Ing. Yamil Acho – Coordinador Técnico del ensayo de aptitud  
 Lic. Julian Morales – Responsable estadístico del ensayo de aptitud  
 Ing. Jose Luis Chura – Responsable de Laboratorio de Presión y Fuerza  
 Lic. Jose Luis Gonzales – Supervisor de Metrología Química  
 Ing. Henry Paco Mariño – Director de Metrologia Industrial y Científica

##### PERSONAL DE APOYO

Lic. Jimena Torrez – Colaborador Técnico  
 Lic. Gilda Cruz – Colaborador Técnico  
 Ing. Maria Gamboa – Colaborador Técnico

#### 5. MATERIALES DE REFERENCIA - ITEMS DE ENSAYO

Cada participante recibió el ítem de ensayo con las siguientes características descritos en la siguiente tabla:

Identificación	Matriz	Cantidad de muestra	Dimensiones de cada probeta	Parámetros
EQ-153	Hormigón	Cada analista recibirá 3 probetas	15 cm de diámetro 30 cm de altura	Rotura por compresión a 28 días

**Tabla 1. Descripciones del ítem de los ítems del Ensayo de Aptitud EQ-0153/2023 .**

Las muestras fueron preparadas en el Laboratorio Ready Mix El Alto, las muestras fueron fabricadas y conservadas de acuerdo a lo indicado en la Norma Boliviana NB 586 Hormigones – Fabricación y conservación de probetas.



**Figura 1: Probetas de hormigón conservadas en el Laboratorio Ready Mix El Alto.**

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 5 de 10</b>	<b>Vigente desde: 2023-04-10</b>	

## 6. VALORES DE REFERENCIA

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

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

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

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 (MAD), calculada de la siguiente manera:

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

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

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 6 de 10</b>	<b>Vigente desde: 2023-04-10</b>	

## 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.

## 8. EVALUACION DE 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.

$$z_i = \frac{y_i - y_{ref}}{\sigma_{pt}} \quad (6)$$

Donde:

$y_{ref}$  = Valor de referencia

$y_i$  = Resultado del laboratorio

$\sigma_{pt}$  = Estimador de la dispersión de los laboratorios

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:

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

Donde:

$y_{ref}$  = Valor de referencia

$y_i$  = Resultado del laboratorio

$\sigma_{pt}$  = Estimador de la dispersión de los laboratorios

$u(x_{pt})$  = Incertidumbre estándar del valor asignado

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

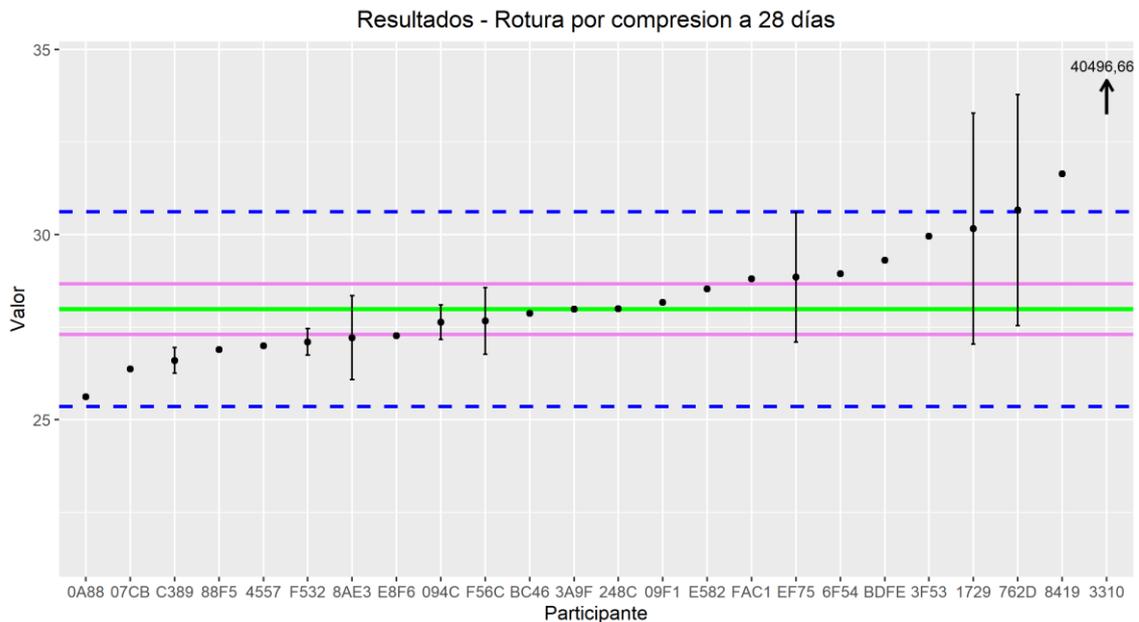
$$U(x_{pt}) = k * u(x_{pt}) \quad (9)$$

## 9. RESULTADOS

### 9.1. Hormigon

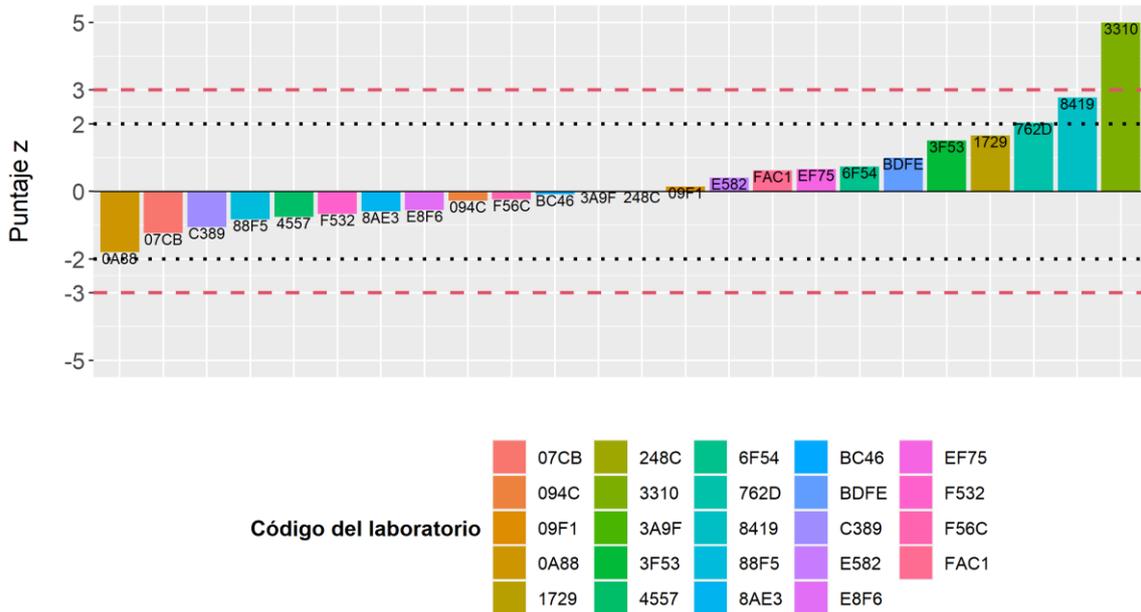
Parámetro	Valor asignado		
	Valor (MPa)	Dispersión ( $\sigma_{pt}$ )	Incertidumbre Expandida (MPa)
Rotura por compresión a 28 días	27,99	1,313	0,68

**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 (MPa)	Puntaje z	Resultado de evaluación
0A88	25,617	-1,80	Satisfactorio
07CB	26,367	-1,23	Satisfactorio
C389	26,600	-1,06	Satisfactorio
88F5	26,897	-0,83	Satisfactorio
4557	27,000	-0,75	Satisfactorio
F532	27,100	-0,67	Satisfactorio
8AE3	27,217	-0,59	Satisfactorio
E8F6	27,270	-0,55	Satisfactorio
094C	27,633	-0,27	Satisfactorio
F56C	27,667	-0,24	Satisfactorio
BC46	27,867	-0,09	Satisfactorio
3A9F	27,986	0,00	Satisfactorio
248C	28,000	0,01	Satisfactorio
09F1	28,167	0,14	Satisfactorio
E582	28,527	0,41	Satisfactorio
FAC1	28,803	0,62	Satisfactorio
EF75	28,847	0,66	Satisfactorio

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 9 de 10</b>	<b>Vigente desde: 2023-04-10</b>	

<b>Participante</b>	<b>Resultado reportado (MPa)</b>	<b>Puntaje z</b>	<b>Resultado de evaluación</b>
6F54	28,943	0,73	Satisfactorio
BDFE	29,300	1,00	Satisfactorio
3F53	29,953	1,50	Satisfactorio
1729	30,157	1,65	Satisfactorio
762D	30,663	2,04	Cuestionable
8419	31,633	2,78	Cuestionable
3310	40496,667	30809,24	Insatisfactorio

**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 15 laboratorios de diferentes departamentos de Bolivia. Es importante resaltar que la información de la tabla N° 4 es solamente un indicativo del número de laboratorios participantes en el presente ensayo de aptitud, no está asociada a los códigos de participación de los laboratorios.

<b>EMPRESA</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>
ESFUERZO LAB (INGENIERIA Y SERVICIOS) S.R.L.	SANTA CRUZ
INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES	LA PAZ
LABOCAST S.R.L.	SANTA CRUZ
LABOMAC - CALIDAD EN INGENIERIA	LA PAZ
LABOMATGROUP SRL	LA PAZ
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES - SMGIR	LA PAZ
LABORATORIO E INGENIERIA GEO-TAMIZ S.R.L.	LA PAZ
LABORATORIO PLANTA VILIROCO	LA PAZ
LABORATORIO READY MIX COCHABAMBA	COCHABAMBA
LABORATORIO READY MIX LA PAZ	LA PAZ
LABORATORIO READY MIX SANTA CRUZ	SANTA CRUZ
LABORATORIO TECNICO DE CONSTRUCCIONES CIVILES	LA PAZ
PREFORTE PRETENSADOS Y HORMIGONES S.A.	SANTA CRUZ
PREFORTE PRETENSADOS Y HORMIGONES S.A.	COCHABAMBA
PREFORTE PRETENSADOS Y HORMIGONES S.A.	LA PAZ

**Tabla 4. Participantes del Ensayo de aptitud EQ-0153/2023.**

## 11 CONCLUSIONES

- Los valores de referencia fueron asignados por consenso mediante estadística robusta establecida en la Norma ISO 13528 " Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons".
- Se utilizó el índice z para la evaluación del desempeño, utilizando la Mediana de la Dispersión Absoluta como estadístico para medir la dispersión de los resultados reportados por los Laboratorios.

<b>DMIC-EA-PE-001/F06</b>	<b>FORMULARIO</b>	
<b>V.00</b>	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD</b>	
<b>Página 10 de 10</b>	<b>Vigente desde: 2023-04-10</b>	

- A pesar de que se observó que algunas probetas fueron entregadas con algún tipo de desportillamiento en los bordes o con alguna pequeña deformación, no se evidenció que esto haya afectado a las mediciones en general debido a que la mayoría de los laboratorios participaron de manera satisfactoria.
- Los Organismos 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 gestión de calidad.
- Se sugiere, en todos los casos, la implementación de un procedimiento de control interno de calidad, el control metrológico de los equipos y una calibración periódica de las máquinas utilizadas.
- Se recomienda la participación rutinaria en Rondas de Ensayos de Aptitud, de esta manera se podrá monitorear el estimador de la dispersión, con los procesos de mejora continua que se introduzcan en los laboratorios.

## **12 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

NB/ISO/IEC 17043:2023. "Evaluación de la Conformidad – Requisitos generales para los Ensayos de Aptitud".

ISO 13528 (2022). Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons

ILAC G13 (2007). Guidelines for the Requirement for the Competence of Providers Proficiency Testing Schemes.

ISO/IEC 17025 (2017). General requirements for the competence of calibration and testing laboratories.