



Líderes en  
Innovación y  
Transferencia  
Tecnológica



# Programa Interlaboratorio de Cementos de Uso General Informe técnico

Año 2022

**Preparó:** Matías Camueira

**Revisó:** Diego Calo

**Aprobó:** Damián Altgelt

**Estado:** FINAL – RECTIF. #1

**Fecha de emisión:** 23 / 01 / 2023

**Cantidad de hojas del informe:** 62 (sesenta y dos)

## ÍNDICE

<b>INFORME</b>	<b>4</b>
<b>1. Objetivo</b>	<b>4</b>
<b>2. Participantes</b>	<b>4</b>
2.1 Nómina	4
2.2 Identificación	6
<b>3. Materiales empleados</b>	<b>6</b>
<b>4. Preparación y distribución de las muestras de ensayo</b>	<b>6</b>
<b>5. Análisis estadístico y determinación del valor asignado y desviación estándar interlaboratorio</b>	<b>7</b>
<b>6. Resultados</b>	<b>8</b>
6.1. Análisis químico	8
6.1.1. Pérdida por calcinación	8
6.1.2. Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	10
6.1.3. Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	12
6.1.4. Óxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14
6.1.5. Óxido de calcio (CaO)	16
6.1.6. Óxido de magnesio (MgO)	18
6.1.7. Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	20
6.1.8. Cal libre (CaO)	22
6.1.9. Residuo insoluble	23
6.1.10. Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O)	25
6.1.11. Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	26
6.1.12. Cloruro (Cl)	28
6.1.13. Sulfuro	29
6.1.14. Calor de hidratación a 41 horas	29
6.1.15. Calor de hidratación a 7 días	30
6.2. Ensayos físicos	31
6.2.1. Densidad	31
6.2.2. Finura. Superficie específica por el método Blaine	32
6.2.3. Agua para pasta de consistencia normal	34
6.2.4. Tiempo de fraguado inicial	35
6.2.5. Expansión en autoclave	37
6.2.7. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 µm	38
6.2.8. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm (Tamizado bajo corriente de aire)	40
6.2.9. Granulometría por difracción láser	41
6.3. Ensayos mecánicos	43
6.3.1. Masa promedio de las probetas a 2 días	43
6.3.2. Masa promedio de las probetas a 7 días	44
6.3.3. Masa promedio de las probetas a 28 días	46
6.3.4. Resistencia a compresión a 2 días	47
6.3.5. Resistencia a compresión a 7 días	49
6.3.6. Resistencia a compresión a 28 días	50

<b>7. Conclusiones</b>	<b>52</b>
<b>8. Referencias bibliográficas</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO 3</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO 4</b>	<b>62</b>

## INFORME

### 1. Objetivo

Los ejercicios interlaboratorio permiten a los participantes evaluar su desempeño técnico y demostrar la confiabilidad y consistencia de sus resultados por comparación con los obtenidos por otros laboratorios sobre muestras semejantes, y determinar, cuando sea pertinente, la necesidad de adoptar mejoras en los procedimientos y métodos de ensayo, los insumos y el instrumental que utilizan, y la actuación técnica de sus operadores. Asimismo, proporcionan evidencia objetiva de su desempeño con fines de acreditación.

Usualmente, la participación en programas interlaboratorio forma parte del Sistema de Gestión de la Calidad de los participantes, y constituye una herramienta para promover la mejora integral de sus procesos, así como del conocimiento técnico-científico del material.

### 2. Participantes

#### 2.1 Nómina

En este ejercicio participaron 34 laboratorios (26 de Argentina, 2 de Brasil, 1 de Colombia, 1 de Paraguay y 4 de Uruguay), según el siguiente detalle:

- **Argentina**

**CEMENTOS AVELLANEDA S.A.**

Planta San Luis  
La Calera, Belgrano, Provincia de San Luis

**HOLCIM (ARGENTINA) S.A.**

Planta Malagueño  
Malagueño, Provincia de Córdoba

**CEMENTOS AVELLANEDA S.A.**

Planta San Jacinto  
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

**HOLCIM (ARGENTINA) S.A.**

Planta Puesto Viejo  
Puesto Viejo, Provincia de Jujuy

**CONTROL Y DESARROLLO DE  
HORMIGONES SA**

CDH SA  
Godoy Cruz, Provincia de Mendoza

**INSTITUTO DE MECÁNICA APLICADA Y  
ESTRUCTURAS (IMAE) - FCEIA - UNR**

Laboratorio de Tecnología de Materiales  
Rosario, Provincia de Santa Fe

**DIRECCIÓN PROVINCIAL DE VIALIDAD**

DPV Córdoba  
Córdoba, Provincia de Córdoba

**INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA  
INDUSTRIAL (INTI)**

Dir. Téc. Tecnología del Hormigón y  
Aglomerantes  
San Martín, Provincia de Buenos Aires

**HOLCIM (ARGENTINA) S.A.**

Centro de Desarrollo e Innovación CDi  
Laboratorio de Aplicaciones  
Malagueño, Provincia de Córdoba

**LOMA NEGRA C.I.A.S.A.**

Planta Barker  
Benito Juárez, Provincia de Buenos Aires

**HOLCIM (ARGENTINA) S.A.**

Planta Campana  
Campana, Provincia de Buenos Aires

**LOMA NEGRA C.I.A.S.A.**

Planta Catamarca  
El Alto, La Calera, Provincia de Catamarca

**HOLCIM (ARGENTINA) S.A.**

Planta Capdeville  
Capdeville, Las Heras, Provincia de Mendoza

**LOMA NEGRA C.I.A.S.A.**

Planta L'Amalí  
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

- **Argentina** (continuación)

**LOMA NEGRA C.I.A.S.A.**

Planta LomaSer  
Vicente Casares, Provincia de Buenos Aires

**LOMA NEGRA C.I.A.S.A.**

Planta Olavarría  
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

**LOMA NEGRA C.I.A.S.A.**

Planta Ramallo  
Ramallo, Provincia de Buenos Aires

**LOMA NEGRA C.I.A.S.A.**

Planta San Juan  
Rivadavia, Provincia de San Juan

**LOMA NEGRA C.I.A.S.A.**

Planta Zapala  
Zapala, Provincia de Neuquén

**PCR S.A.**

Planta Comodoro Rivadavia  
Comodoro Rivadavia, Provincia de Chubut

**PCR S.A.**

Planta Pico Truncado  
Pico Truncado, Provincia de Santa Cruz

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE  
LA PROV. DE BUENOS AIRES (UNICEN)**

Facultad de Ingeniería Olavarría  
Laboratorio de Materiales  
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA  
(UNLP)**

Unidad de Investigación y Desarrollo en  
Ingeniería Civil (UIDIC)  
La Plata, Provincia de Buenos Aires

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN  
(UNT)**

Laboratorio de ensayo de materiales  
San Miguel de Tucumán, Provincia e Tucumán

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL CONCORDIA  
(UTN-FRC)**

Laboratorio Tecnología del Hormigón  
Concordia, Provincia de Entre Ríos

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA**

Centro de Investigación, Desarrollo y  
Transferencia en Materiales y Calidad  
(CINTEMAC) - Laboratorio de Materiales  
Córdoba, Provincia de Córdoba

- **Brasil**

**GCP APPLIED TECHNOLOGIES**

GCP-Sorocaba  
Cajurú do Sul, Sorocaba, São Paulo

**INTERCEMENT BRASIL S.A.**

LCGIC - Laboratório Central Grupo Intercement  
Nova Santa Rita, Río Grande do Sul

- **Colombia**

**ULTRACEM S.A.S.**

Planta Galapa  
Galapa, Atlántico

- **Paraguay**

**INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA,  
NORMALIZACIÓN Y METROLOGÍA - INTN**

Departamento de Materiales de Construcción.  
Asunción

## • Uruguay

### **ANCAP - ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE COMBUSTIBLES, ALCOHOL Y PORTLAND**

Planta Paysandú  
Paysandú, Departamento de Paysandú

### **CEMENTOS ARTIGAS S.A.**

Planta Sayago  
Sayago, Departamento de Montevideo

### **ANCAP - ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE COMBUSTIBLES, ALCOHOL Y PORTLAND**

Planta Minas  
Minas, Departamento de Lavalleja

### **CIELO AZUL CEMENTOS Y CALIZAS SA**

Laboratorio de Planta Cielo Azul Cemento  
Departamento de Treinta y Tres

## 2.2 Identificación

Para referenciar en este informe los resultados aportados por cada participante, los laboratorios fueron identificados con una designación alfanumérica del tipo "Lab #". La misma fue establecida en forma aleatoria y con reserva de confidencialidad.

## 3. Materiales empleados

Se empleó un Cemento Portland Normal (CPN) categoría 40 de acuerdo con la norma IRAM 50.000 (1), de expedición a granel, provisto por una fábrica radicada en la República Argentina.

La muestra fue obtenida de un único lote de producción por el personal de la planta, y fue remitida a la sede de ICPA en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires como carga consolidada, sellada y protegida contra la acción de la humedad. La organización del programa interlaboratorio conserva en sus registros internos los datos relativos al origen, marca comercial, fecha y código de envasado del cemento, que no se detallan en este informe por razones de confidencialidad.

Para la evaluación de resistencias mecánicas con el procedimiento de ensayo definido en la IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) o ISO 679 (4) se empleó arena CEN Normesand EN según normas EN 196-1 (3) e IRAM 1633 (5). Esta arena fue provista por cada laboratorio, a excepción de aquellos que solicitaron su provisión a la Organización del programa interlaboratorio.

## 4. Preparación y distribución de las muestras de ensayo

En cada instancia y en todo momento, el material fue mantenido a resguardo por personal de ICPA en su sede de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en sus envases originales.

Durante su almacenamiento, el cemento fue dispuesto sobre una tarima de madera, en un ambiente seco, templado y al resguardo de la humedad, manteniendo una separación mínima de 10 cm con respecto al piso y los paramentos laterales.

La homogeneización del material se realizó de acuerdo con los lineamientos de la norma UNE EN 196-7 (6), con una instancia mecánica seguida por otra de tipo manual.

Para la homogenización mecánica se empleó un mezclador "por volteo" o "gravedad", limpio, seco y sin restos de material pulverulento, en un procedimiento secuencial de 2 etapas de accionamiento y un intervalo de reposo. Para asegurar la hermeticidad del tambor de homogeneizado se colocó un film de polietileno en la abertura de carga, firmemente ajustado al contorno. Para la homogenización manual, el material se dispuso sobre un film de polietileno de 200 µm de espesor nominal, y se emplearon palas de mano metálicas, limpias y secas.

El material de ensayo fue segregado en distintas muestras mediante llenado secuencial, obtenido de distintos puntos de la pila seleccionados al azar. Se utilizaron bolsas plásticas de 100 µm de

espesor nominal y recipientes plásticos rígidos como envases primarios y secundarios respectivamente, para su conservación y distribución hacia los respectivos participantes.

Cada muestra de ensayo fue compuesta por una submuestra de 7 kg de cemento para los ensayos físicos y mecánicos (identificada como "FM"), y otra adicional de 2 kg para los ensayos químicos (identificada como "Q"). Ambas submuestras se dispusieron en el interior de una bolsa plástica de 100 µm de espesor nominal, junto con las cargas de arena normalizada en el caso de los participantes que solicitaron su provisión, dentro de los recipientes herméticos de plástico rígido.

Para verificar las condiciones de homogeneidad y estabilidad de las muestras se efectuó un procedimiento de muestreo y ensayo de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 13528 (7). En los ANEXOS 3 y 4 se detalla el plan de muestreo, los ensayos realizados, los resultados obtenidos y las conclusiones.

De acuerdo con lo solicitado oportunamente por cada participante, las muestras fueron entregadas en la sede de ICPA a un representante del participante, o enviadas a través de un servicio de entrega a domicilio subcontratado por ICPA (FedEx o TNT Express by FedEx).

El período de ensayo para los participantes comenzó el 13 de junio de 2022, y el período de recepción de resultados se extendió hasta el 10 de octubre de 2022.

## 5. Análisis estadístico y determinación del valor asignado y desviación estándar interlaboratorio

El procedimiento de análisis estadístico de resultados se desarrolló de acuerdo con los criterios contemplados en la norma ISO 13528 (7), ejecutando, en resumen, los siguientes pasos:

- (a) Transcripción y análisis preliminar de los datos, segmentándolos en grupos de acuerdo con los métodos de ensayo utilizados por los participantes, e identificando en cada caso los resultados marcadamente apartados del resto.
- (b) Análisis de resultados para detección de casos de comportamiento multimodal.
- (c) Determinación del valor asignado y la desviación estándar interlaboratorio para cada determinación, adoptándose los mismos como la media robusta y el desvío estándar robusto de los datos, respectivamente, según el algoritmo A de la norma ISO 13528 (7).
- (d) Identificación de resultados "atípicos" en función a su apartamiento con respecto al valor asignado (Z-Score mayor a 3 -cálculo según Anexo 2-)

NOTA. Para las determinaciones en las que la cantidad de datos fue reducida, el valor asignado y la desviación estándar interlaboratorio fueron determinados, respectivamente, como la media aritmética y la desvío estándar de los resultados disponibles, luego de aplicar la prueba de Grubbs para detectar valores atípicos (según norma ISO 5725-2 (8)) con el siguiente criterio:

- Si el resultado de la prueba es menor o igual al valor crítico para un nivel de significancia del 5 %, el valor evaluado se acepta sin observaciones.
- Si el resultado de la prueba es mayor que el valor crítico relativo al nivel de significancia del 5 %, y es menor o igual al correspondiente al 2 % de nivel de significancia, el valor se considera "observado".
- Si el resultado de la prueba estadística es mayor que el valor crítico relativo al nivel de significancia del 2 %, el valor se considera "atípico" y se desestima para el cálculo de los estadísticos muestrales de la determinación en análisis.

- (e) Cálculo del coeficiente de variación y la incertidumbre de medida del valor asignado.
- (f) Cálculo del estadístico de desempeño Z-Score para cada resultado informado.
- (g) Representación gráfica de los resultados.



## 6. Resultados

Seguidamente se presentan los parámetros estadísticos calculados sobre los resultados informados para cada determinación, y los respectivos gráficos de análisis. Asimismo se incluyen histogramas de frecuencias con los resultados informados por los participantes, de tipo simple o con agrupación de datos para los métodos de ensayo predominantes, sin incluir los datos que se identificaron como marcadamente apartados del conjunto general según el inciso a) del punto 5 del presente informe.

En aquellas determinaciones en las que los participantes utilizaron métodos de ensayos distintos se ofrece además información desagregada respecto a los valores promedio, desvío estándar y coeficientes de variación de los resultados.

En el ANEXO 1 se incluye el detalle completo de los resultados informados por los participantes, mientras que en el ANEXO 2 se presentan los resultados del parámetro “z-value” calculado para cada participante y para cada determinación.

Este informe omite la indicación del método de ensayo que utilizó cada participante en cada determinación, dado que, en ciertos casos, ello podría inducir a la identificación de los participantes y así afectar el criterio de confidencialidad. Sin perjuicio de lo anterior, sí se incluye junto con los estadísticos generales de cada determinación una enumeración de los métodos referenciados por los participantes.

### 6.1. Análisis químico

#### 6.1.1. Pérdida por calcinación

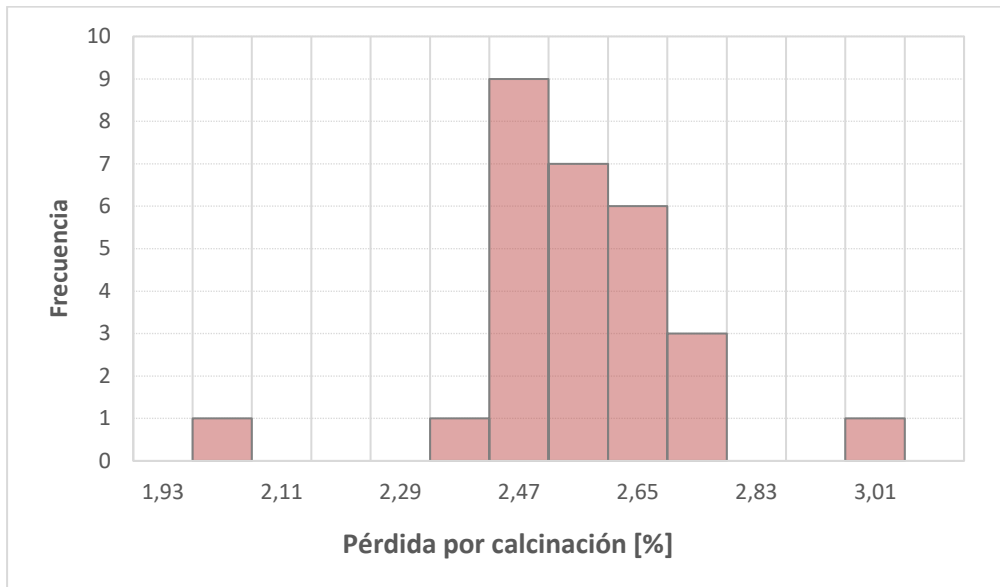
Cantidad de resultados	28 (*)	
Media aritmética	2,60	%
Máximo	3,02	
Mínimo	2,02	
Valor asignado ( $x_{pt}$ )	2,60	
Desviación estándar interlaboratorio ( $\sigma_{pt}$ )	0,11	
Coefficiente de Variación (CV)	4,3	
Incertidumbre del valor asignado ( $u(x_{pt})$ )	0,03	

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), Iram 1591-1 (10), ASTM C114 (11), NM18 / UNIT NM 18 (12), NP 48:89 (13).

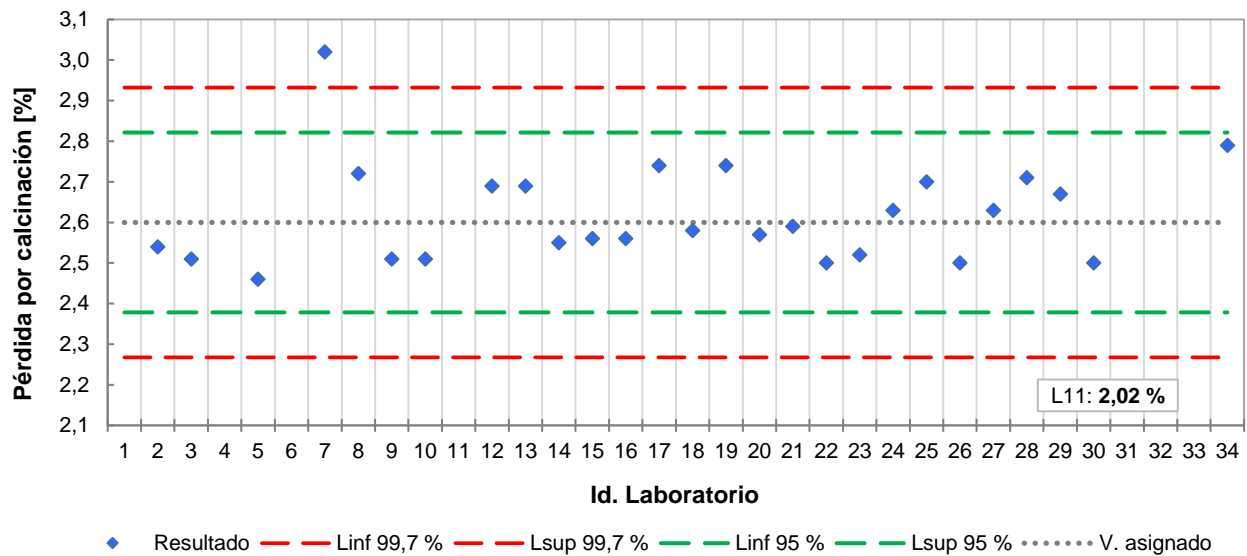
Valores “Atípicos”		
Laboratorio L07	3,02	%
Laboratorio L11	2,02	



**Gráfico Nº 1. Pérdida por calcinación. Histograma de frecuencias**



**Gráfico Nº 2. Pérdida por calcinación, en gramos por 100 gramos (%)**



### 6.1.2. Dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>)

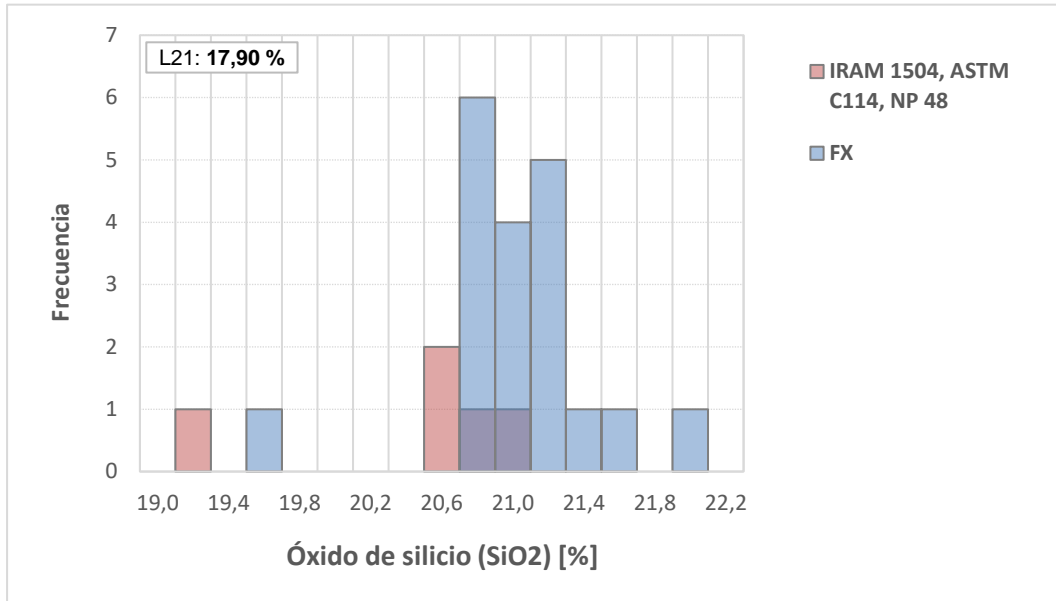
<b>Cantidad de resultados</b>	25 (*)	
<b>Media aritmética</b>	20,88	%
<b>Máximo</b>	22,01	
<b>Mínimo</b>	17,90	
<b>Valor asignado (x<sub>pt</sub>)</b>	21,04	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (σ<sub>pt</sub>)</b>	0,31	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	1,5	
<b>Incertidumbre del valor asignado (u(x<sub>pt</sub>))</b>	0,08	

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (11), NP 48 (13), IRAM 1714 (14), ISO 29581-2 / UNIT ISO 29581-2 (15), EN 196-2 (FX) (16), Fluorescencia de rayos X.

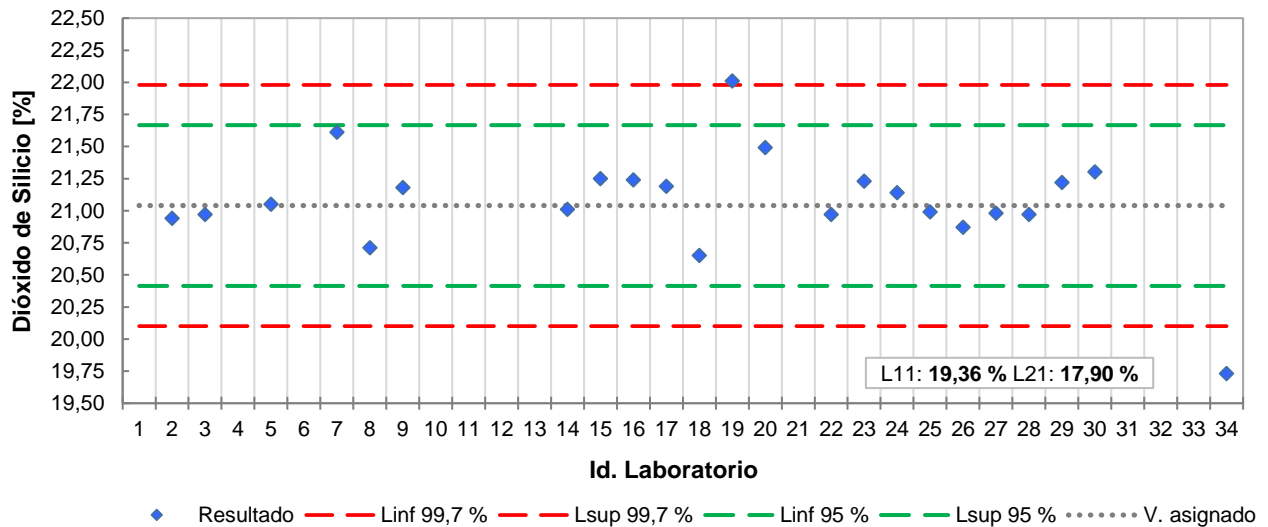
Valores "Atípicos"		
Laboratorio L11	19,36	%
Laboratorio L19	22,01	
Laboratorio L21	17,90	
Laboratorio L34	19,73	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114, NP 48	20,84 %	0,19 %	0,9 %	4
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	21,15 %	0,20 %	0,9 %	17

**Gráfico Nº 3.** Dióxido de silicio. Histograma de frecuencias



**Gráfico Nº 4.** Dióxido de silicio, en gramos por 100 gramos (%)



### 6.1.3. Óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ )

<b>Cantidad de resultados</b>	23 (*)	
<b>Media aritmética</b>	3,70	%
<b>Máximo</b>	4,64	
<b>Mínimo</b>	3,51	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	3,63	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,09	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	2,5	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,02	

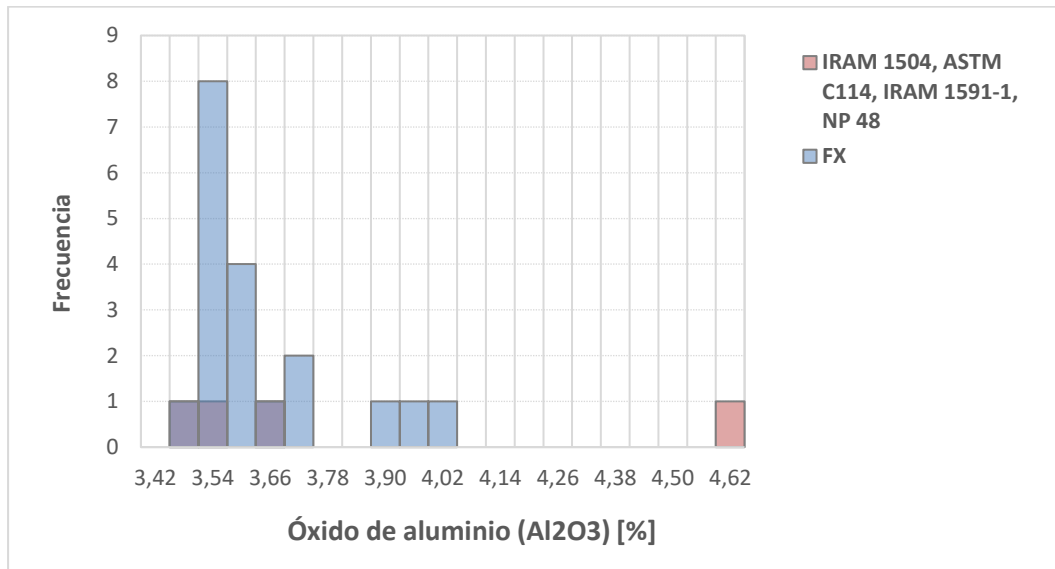
NOTA: Para el cálculo de los estadísticos anteriores no se consideraron los resultados marcadamente apartados del conjunto general (ver punto 5.a del presente informe).

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), NP 48 (13), IRAM 1714 (14), ISO 29581-2 / UNIT ISO 29581-2 (15), EN 196-2 (FX) (16), Fluorescencia de rayos X.

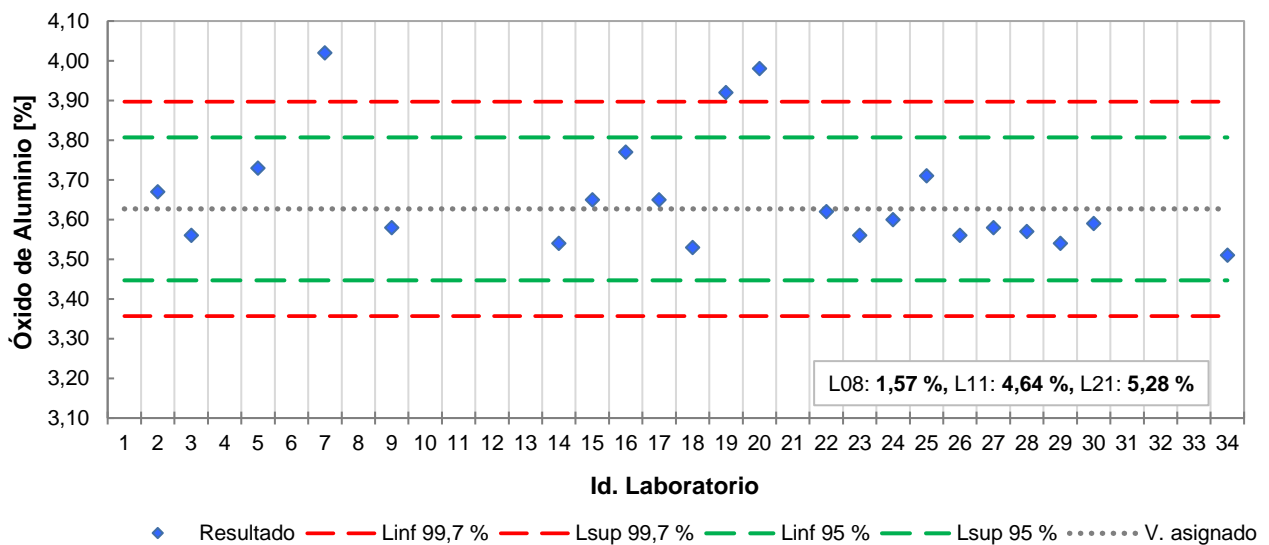
Valores "Atípicos"		
Laboratorio L07	4,02	%
Laboratorio L08	1,57	
Laboratorio L11	4,64	
Laboratorio L19	3,92	
Laboratorio L20	3,98	
Laboratorio L21	5,28	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114, IRAM 1591-1, NP 48	3,59 %	0,10 %	2,8 %	3
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	3,61 %	0,07 %	1,9 %	16

**Gráfico Nº 5. Óxido de aluminio. Histograma de frecuencias**



**Gráfico Nº 6. Óxido de aluminio, en gramos por 100 gramos (%)**



#### 6.1.4. Óxido férrico ( $Fe_2O_3$ )

<b>Cantidad de resultados</b>	24 (*)	
<b>Media aritmética</b>	3,71	%
<b>Máximo</b>	3,86	
<b>Mínimo</b>	3,50	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	3,72	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,08	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	2,2	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,02	

NOTA: Para el cálculo de los estadísticos anteriores no se consideraron los resultados marcadamente apartados del conjunto general (ver punto 5.a del presente informe).

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), NP 48 (13), IRAM 1714 (14), ISO 29581-2 / UNIT ISO 29581-2 (15), EN 196-2 (FX) (16), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L08	7,48	%

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114, IRAM 1591-1, NP 48	3,79 %	0,04 %	1,1 %	5
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	3,69 %	0,09 %	2,5 %	19

Gráfico Nº 7. Óxido férrico. Histograma de frecuencias

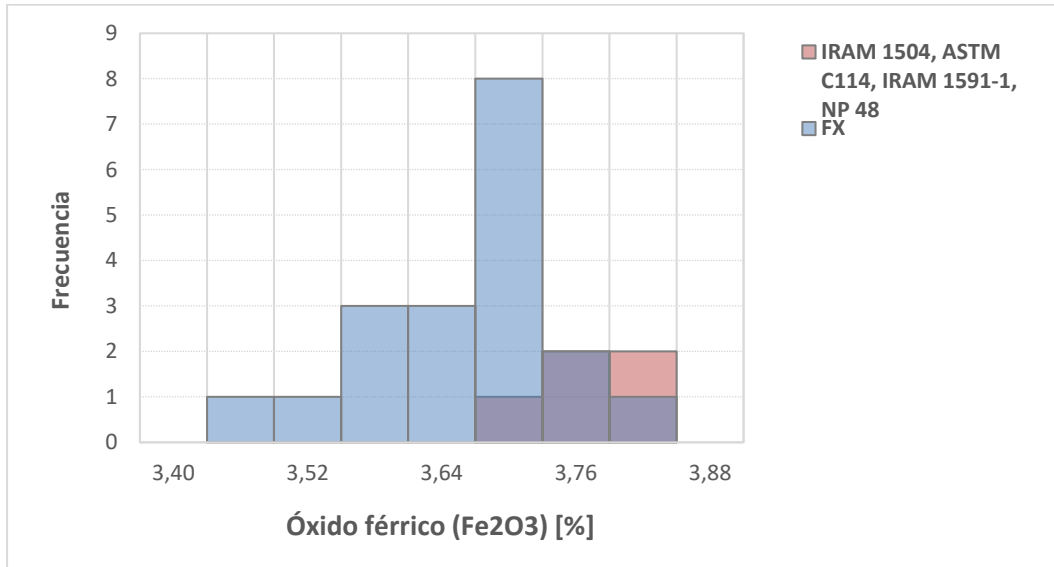
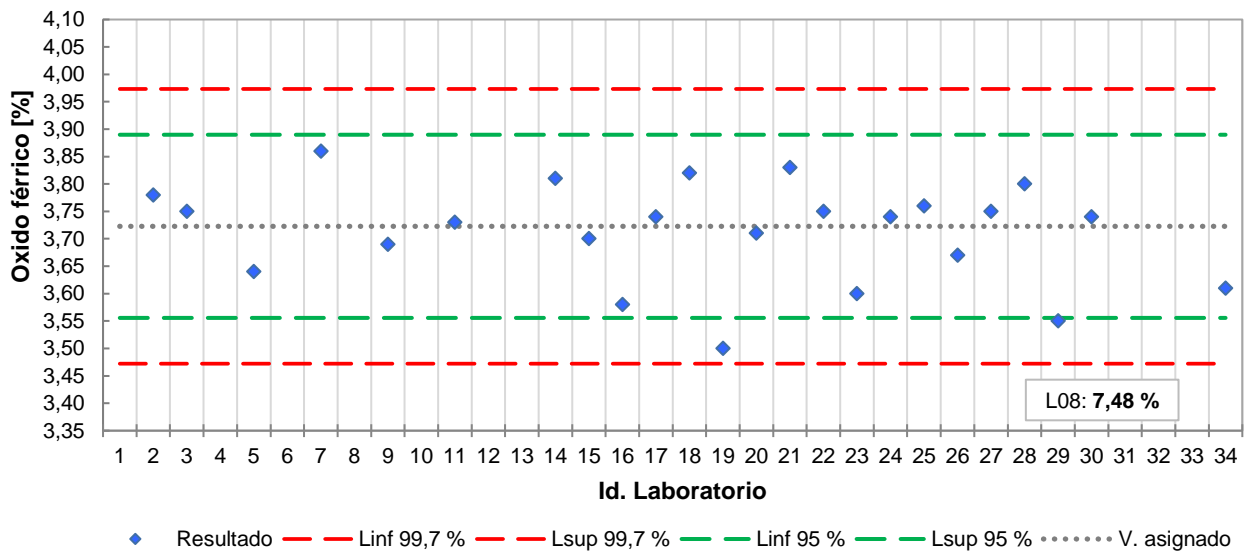


Gráfico Nº 8. Óxido férrico, en gramos por 100 gramos (%)





### 6.1.5. Óxido de calcio (CaO)

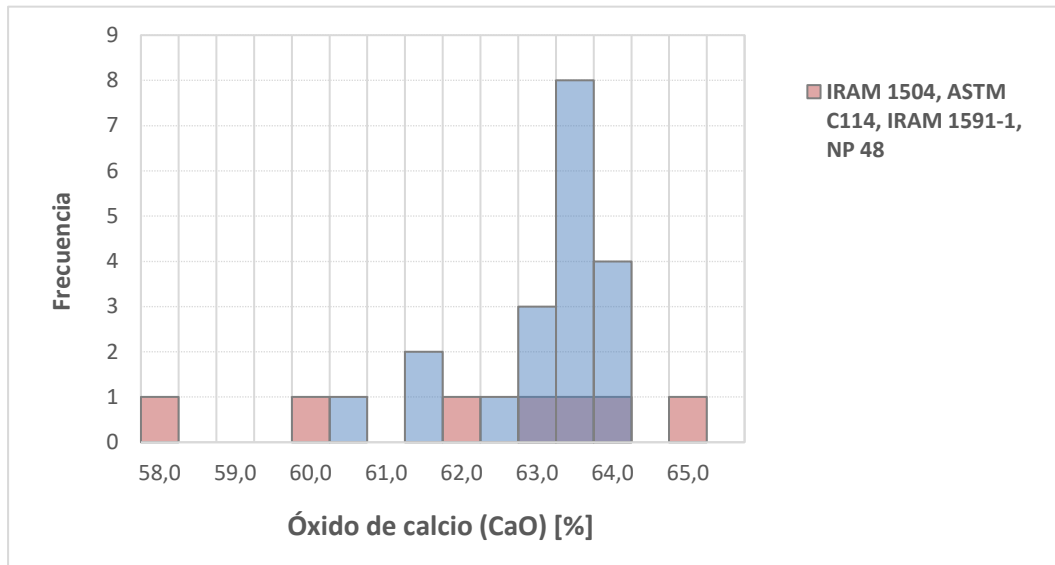
<b>Cantidad de resultados</b>	26 (*)	
<b>Media aritmética</b>	63,15	%
<b>Máximo</b>	65,31	
<b>Mínimo</b>	58,39	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	63,57	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,64	
<b>Coeficiente de Variación (CV)</b>	1,0	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,16	

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), NP 48 (13), IRAM 1714 (14), ISO 29581-2 / UNIT ISO 29581-2 (15), EN 196-2 (FX) (16), Fluorescencia de rayos X.

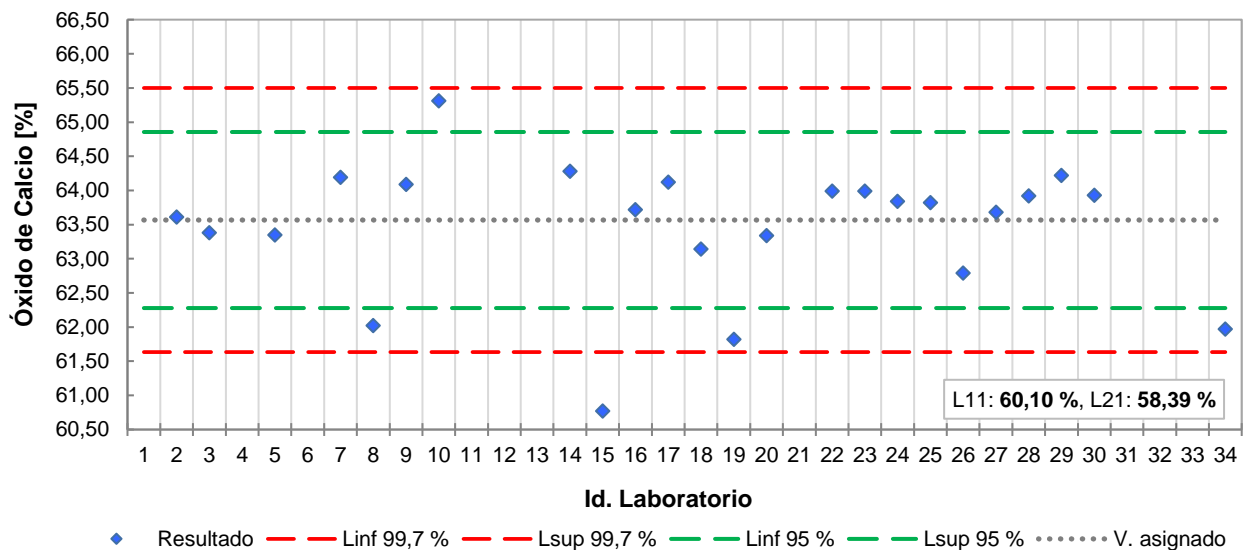
Valores "Atípicos"		
Laboratorio L11	60,10	%
Laboratorio L15	60,77	
Laboratorio L21	58,39	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114, IRAM 1591-1, NP 48	63,71 %	1,23 %	1,9 %	5
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	63,55 %	0,71 %	1,1 %	18

**Gráfico Nº 9. Óxido de calcio. Histograma de frecuencias**



**Gráfico Nº 10. Óxido de calcio, en gramos por 100 gramos [%]**



### 6.1.6. Óxido de magnesio (MgO)

<b>Cantidad de resultados</b>	25 (*)	
<b>Media aritmética</b>	0,83	%
<b>Máximo</b>	1,50	
<b>Mínimo</b>	0,64	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	0,76	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,08	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	11,2	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,02	

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), NP 48 (13), IRAM 1714 (14), ISO 29581-2 / UNIT ISO 29581-2 (15), EN 196-2 (FX) (16), IRAM 1692 (17), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L08	1,30	%
Laboratorio L11	1,50	
Laboratorio L21	1,47	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, IRAM 1692, IRAM 1591-1, ASTM C114, NP 48	0,77 %	0,14 %	17,7 %	4
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	0,75 %	0,07 %	9,9 %	18

Gráfico Nº 11. Óxido de magnesio. Histograma de frecuencias.

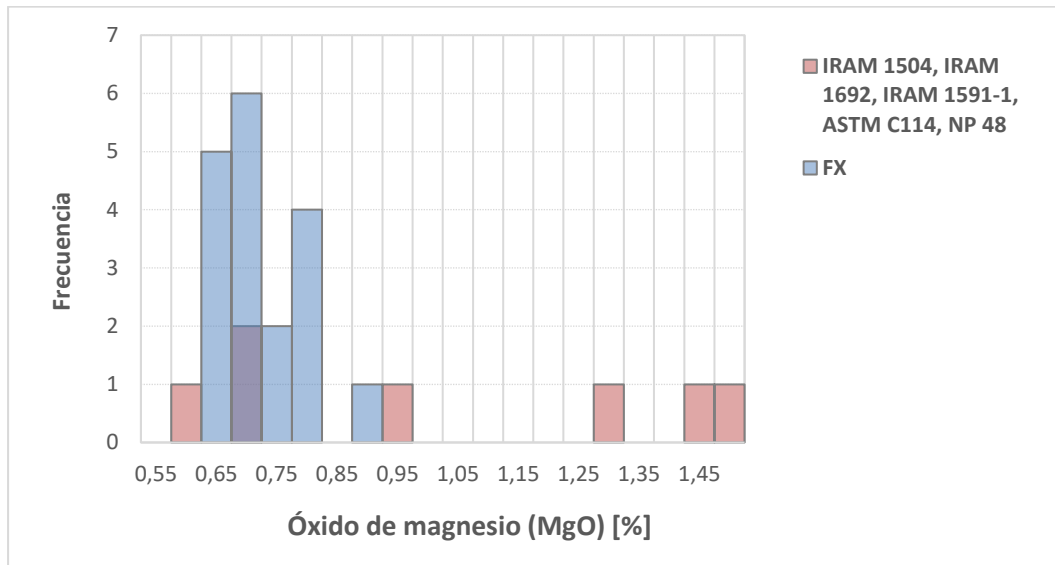
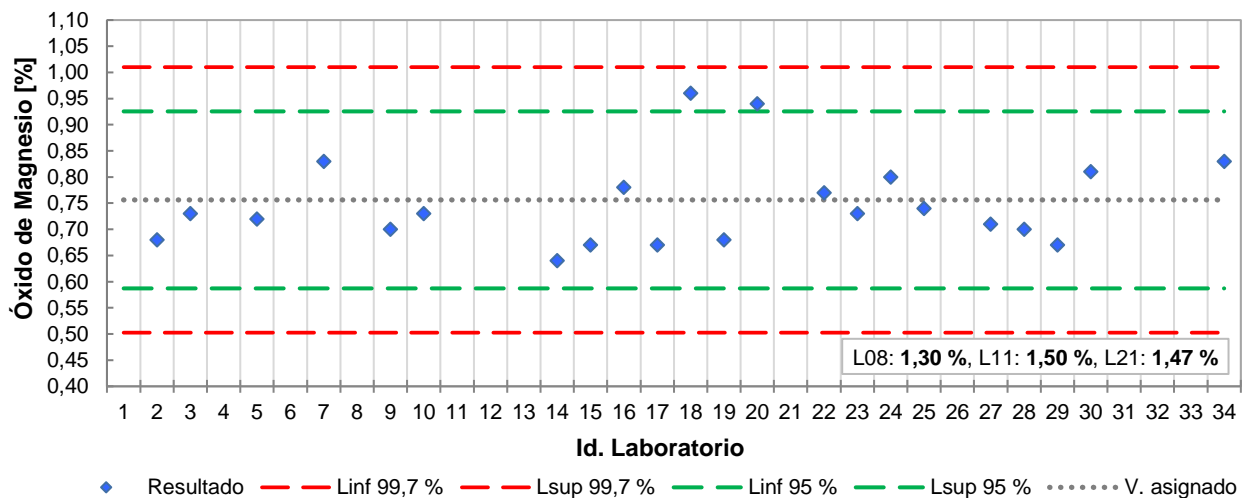


Gráfico Nº 12. Óxido de magnesio, en gramos por 100 gramos [%]



### 6.1.7. Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>)

<b>Cantidad de resultados</b>	27 (*)	
<b>Media aritmética</b>	2,56	%
<b>Máximo</b>	2,72	
<b>Mínimo</b>	1,83	
<b>Valor asignado (x<sub>pt</sub>)</b>	2,60	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (σ<sub>pt</sub>)</b>	0,07	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	2,7	
<b>Incertidumbre del valor asignado (u(x<sub>pt</sub>))</b>	0,02	

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (11), NP 48 (13), IRAM 1714 (14), ISO 29581-2 (15), EN 196-2 (FX) (16), UNIT NM 16 (18), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L11	2,22	%
Laboratorio L12	1,83	
Laboratorio L15	2,38	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114, NP 48	2,58 %	0,09 %	3,5 %	7
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	2,63 %	0,05 %	2,0 %	17

Gráfico N° 13. Trióxido de azufre. Histograma de frecuencias.

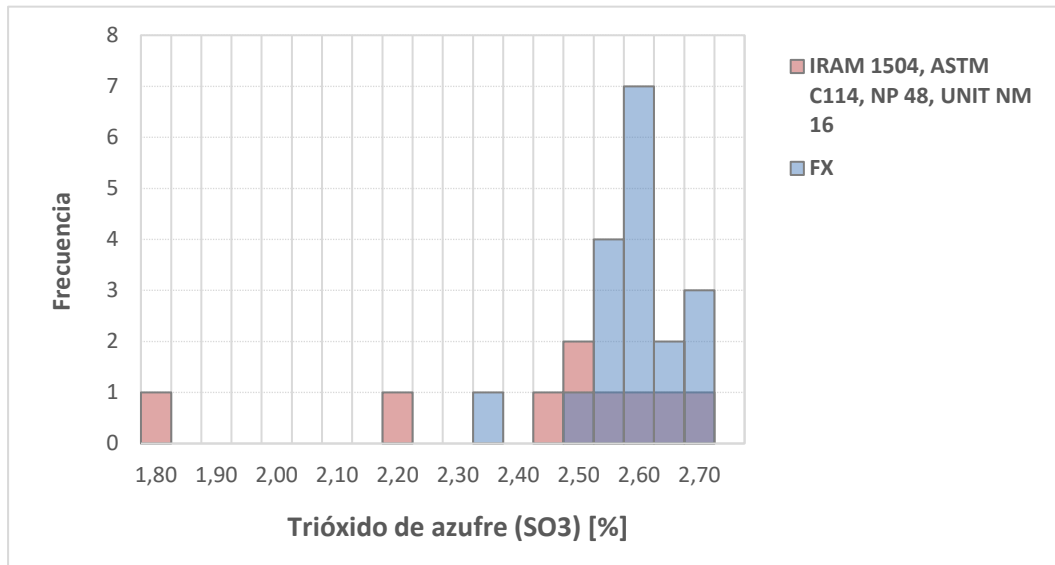
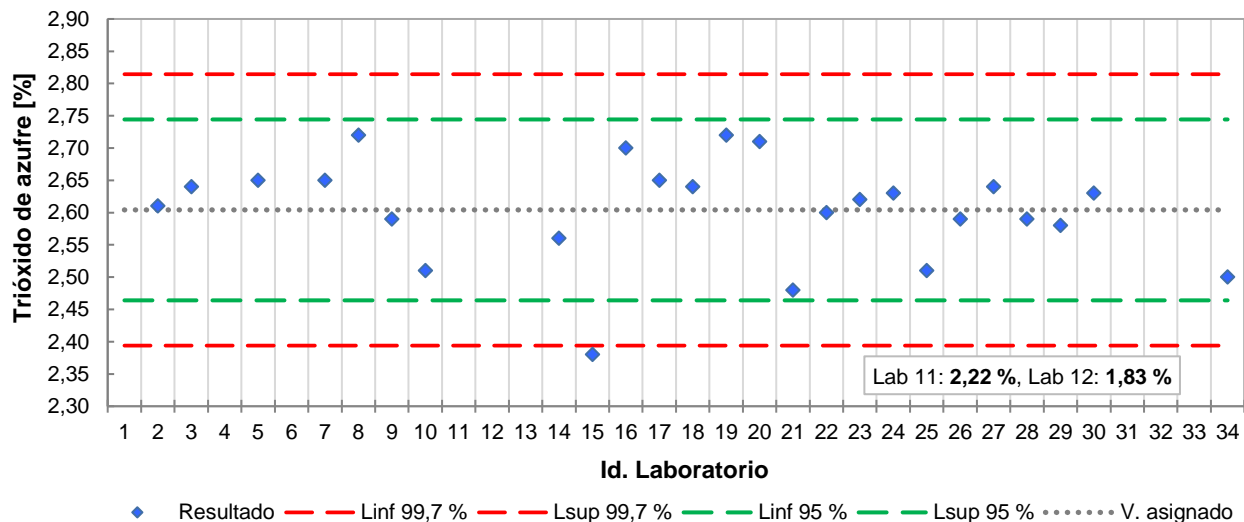


Gráfico N° 14. Trióxido de azufre, en gramos por 100 gramos (%)



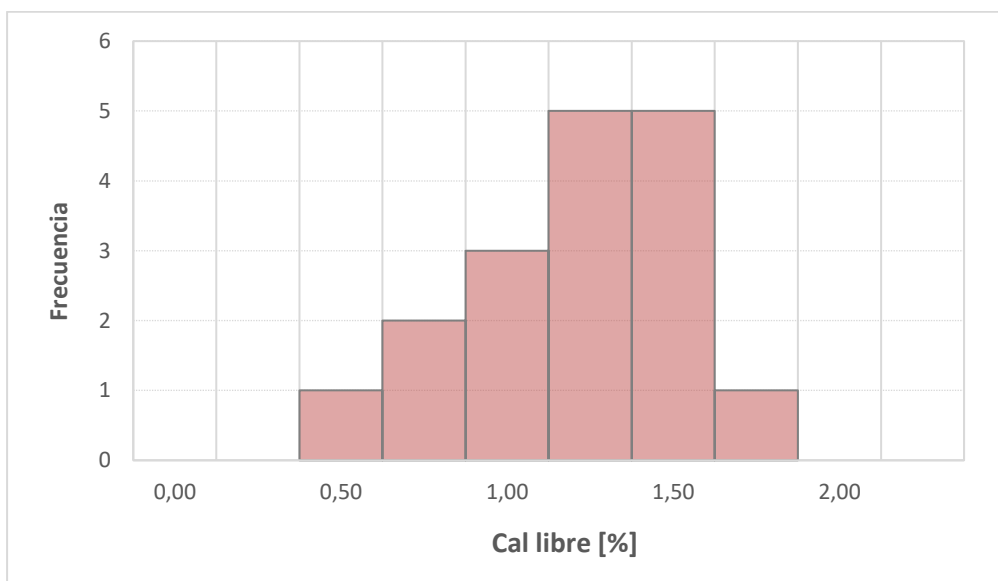
### 6.1.8. Cal libre (CaO)

<b>Cantidad de resultados</b>	17 (*)	
<b>Media aritmética</b>	1,29	
<b>Máximo</b>	1,75	
<b>Mínimo</b>	0,51	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	1,31	%
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,31	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	23,4	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,09	

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), EN 196-2 / BS EN 196-2 (Análisis vía química) (16), NM 12 (19), NM 13 / UNIT NM 13 (20), Difracción de rayos X.

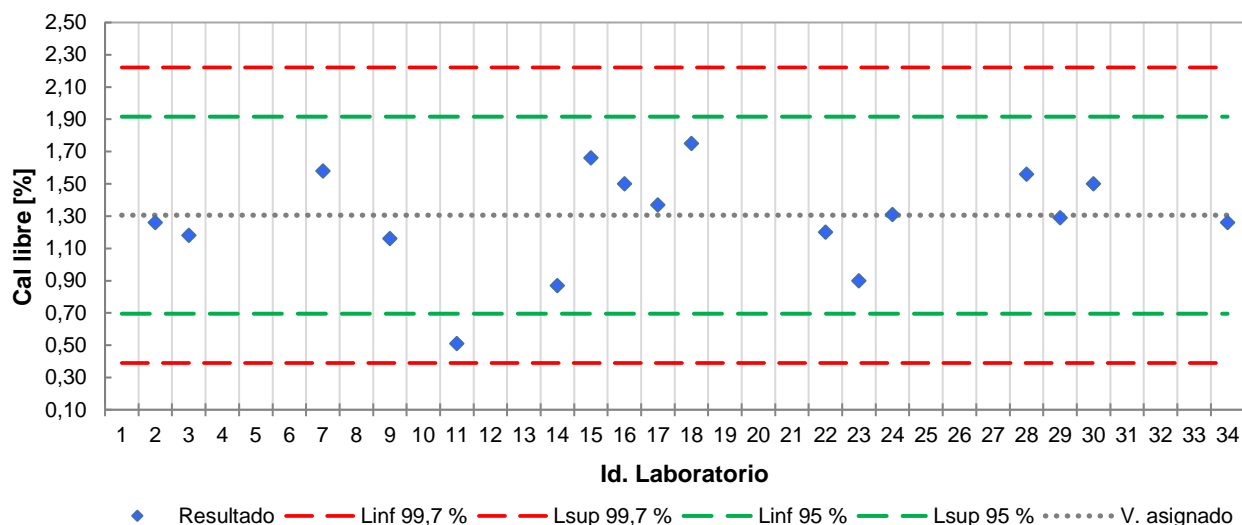
**Valores “Atípicos”: no detectados**

**Gráfico N° 15. Cal libre. Histograma de frecuencias.**





**Gráfico N° 16.** Cal libre, en gramos por 100 gramos (%)



### 6.1.9. Residuo insoluble

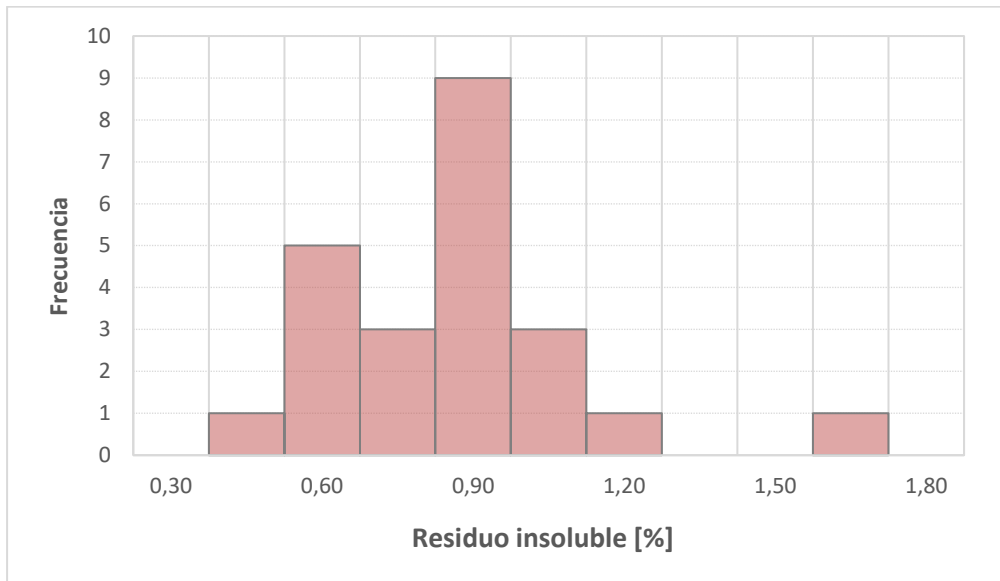
<b>Cantidad de resultados</b>	23 (*)	
<b>Media aritmética</b>	0,93	%
<b>Máximo</b>	1,73	
<b>Mínimo</b>	0,53	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	0,92	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,19	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	21,0	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,05	

NOTA: Para el cálculo de los estadísticos anteriores no se consideraron los resultados marcadamente apartados del conjunto general (ver punto 5.a del presente informe).

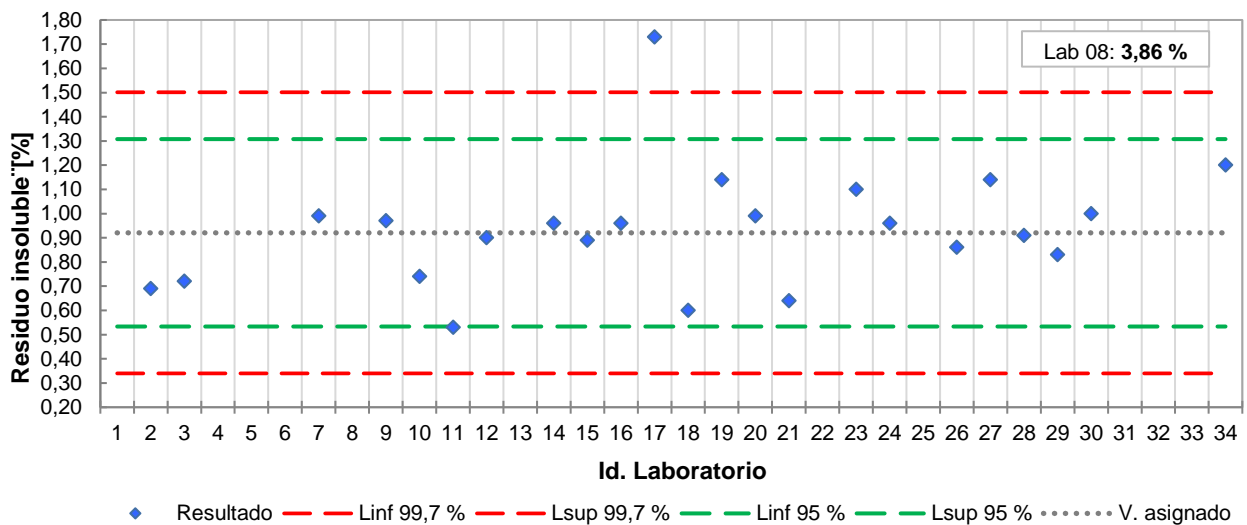
(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), NP 48 (13), NM 15 / UNIT NM 15 (21), Otro (procedimiento interno).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L08	3,86	%
Laboratorio L17	1,73	

**Gráfico Nº 17. Residuo insoluble. Histograma de frecuencias.**



**Gráfico Nº 18. Residuo insoluble, en gramos por 100 gramos (%)**



### 6.1.10. Óxido de sodio (Na<sub>2</sub>O)

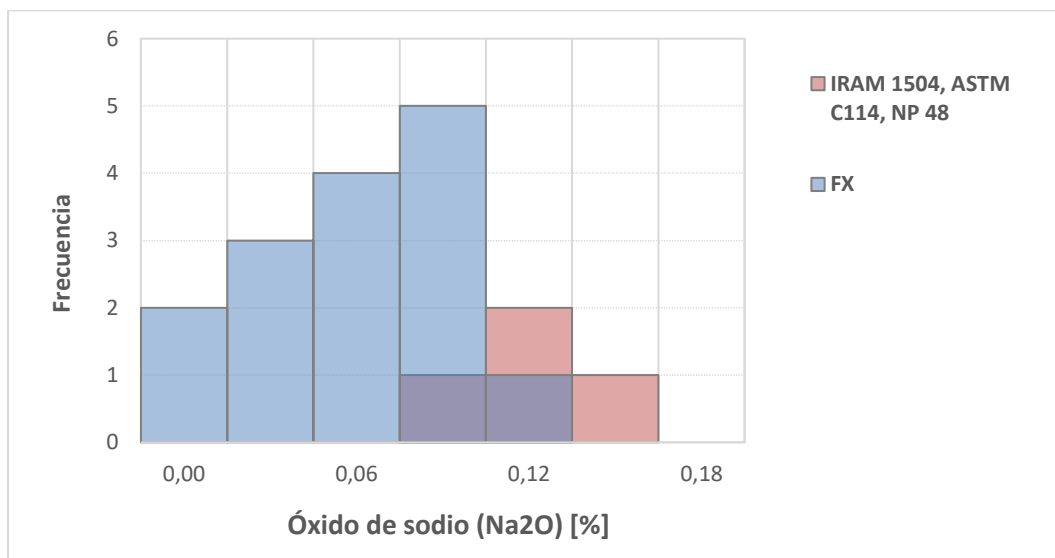
<b>Cantidad de resultados</b>	19 (*)	
<b>Media aritmética</b>	0,08	
<b>Máximo</b>	0,16	
<b>Mínimo</b>	0,00	
<b>Valor asignado (x<sub>pt</sub>)</b>	0,08	%
<b>Desviación estándar interlaboratorio (σ<sub>pt</sub>)</b>	0,04	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	51,8	
<b>Incertidumbre del valor asignado (u(x<sub>pt</sub>))</b>	0,01	

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (11), NP 48 (13), IRAM 1714 (14), ISO 29581-2 / UNIT ISO 29581-2 (15), EN 196-2 (FX) (16), Fluorescencia de rayos X.

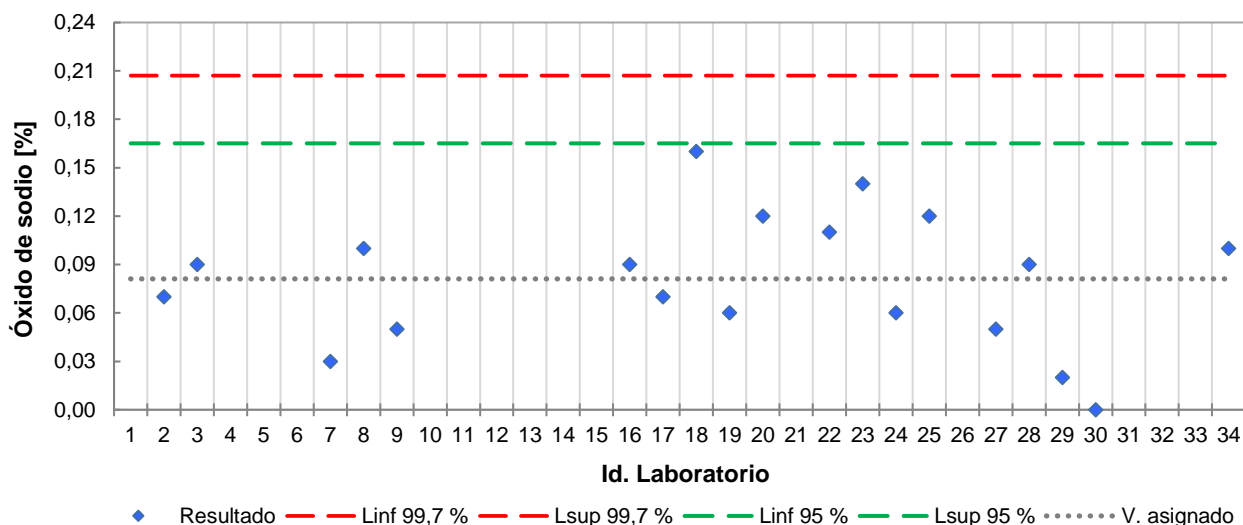
Valores "Atípicos": no detectados

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, ASTM C114, NP 48	0,13 %	0,03 %	20,1 %	4
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	0,07 %	0,04 %	53,0 %	15

Gráfico N° 19. Óxido de sodio. Histograma de frecuencias.



**Gráfico N° 20. Óxido de sodio, en gramos por 100 gramos (%)**



### 6.1.11. Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O)

<b>Cantidad de resultados</b>	23 (*)	
<b>Media aritmética</b>	1,07	
<b>Máximo</b>	1,47	
<b>Mínimo</b>	0,78	
<b>Valor asignado (x<sub>pt</sub>)</b>	1,07	%
<b>Desviación estándar interlaboratorio (σ<sub>pt</sub>)</b>	0,05	
<b>Coeficiente de Variación (CV)</b>	4,6	
<b>Incertidumbre del valor asignado (u(x<sub>pt</sub>))</b>	0,01	

(\*) Métodos de ensayo: ASTM C114 (11), NP 48 (13), IRAM 1714 (14), ISO 29581-2 / UNIT ISO 29581-2 (15), EN 196-2 (FX) (16), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L08	1,47	%
Laboratorio L20	0,78	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
ASTM C114, NP 48	1,03 %	0,03 %	2,8 %	3
EN 196-2 (FX), IRAM 1714,ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	1,07 %	0,04 %	4,1 %	18

Gráfico Nº 21. Óxido de potasio. Histograma de frecuencias.

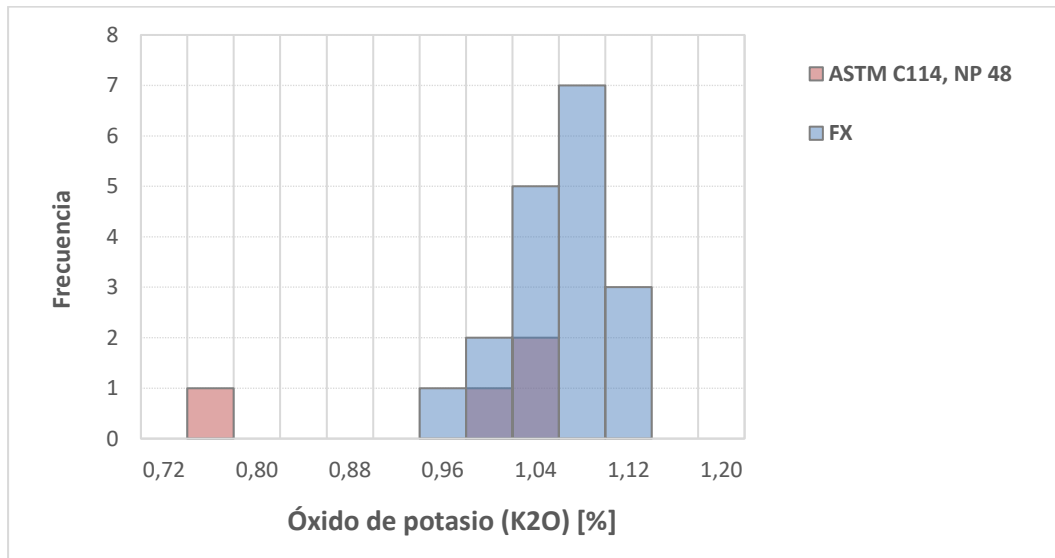
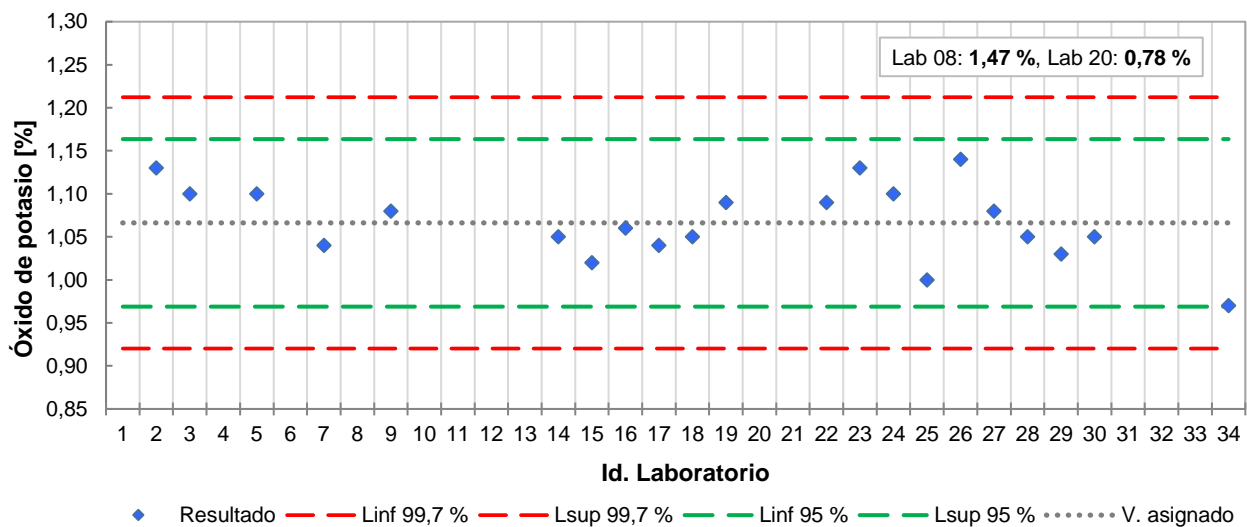


Gráfico Nº 22. Óxido de potasio, en gramos por 100 gramos (%)



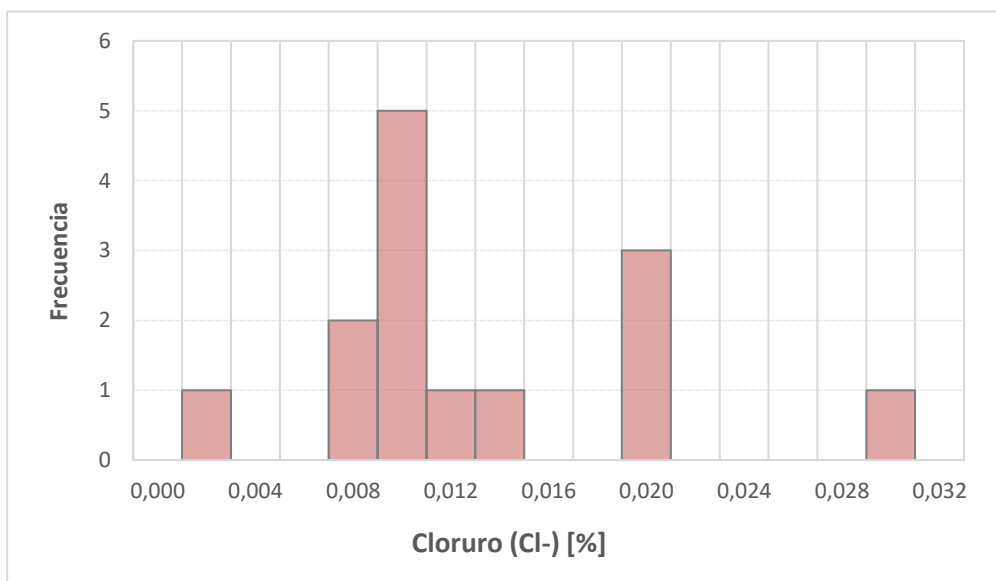
### 6.1.12. Cloruro (Cl<sup>-</sup>)

<b>Cantidad de resultados</b>	14 (*)	
<b>Media aritmética</b>	0,013	
<b>Máximo</b>	0,030	
<b>Mínimo</b>	0,003	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	0,011	%
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,002	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	22,3	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,001	

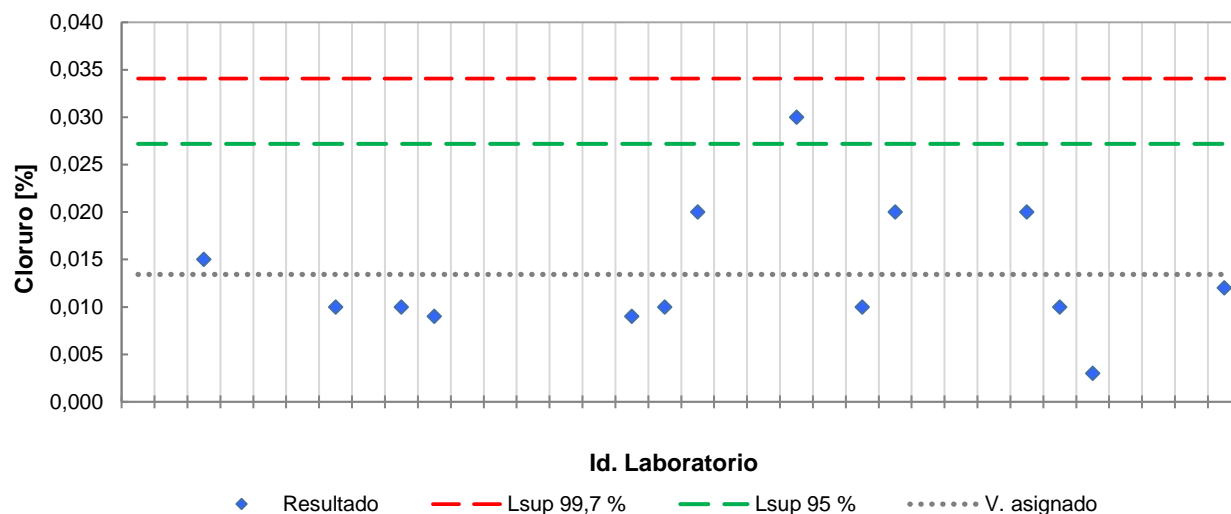
(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), IRAM 1591-1 (10), ASTM C114 (11), IRAM 1714 (14), EN 196-2 (Análisis vía química) (16), UNIT 1013 (22), Fluorescencia de rayos X.

**Valores “Atípicos”: no detectados**

**Gráfico N° 23.** Cloruros. Histograma de frecuencias.



**Gráfico Nº 24. Cloruros, en gramos por 100 gramos (%)**



### 6.1.13. Sulfuro

Sólo dos participantes informaron un resultado para esta determinación. A continuación se indican los valores informados.

Id. Laboratorio	Resultado
Laboratorio L07	0,000 %
Laboratorio L18	< 0,01 %

Nota: A los fines de preservar la identidad de los participantes, no se indican los métodos utilizados

### 6.1.14. Calor de hidratación a 41 horas

Cantidad de resultados	4 (*)	
<b>Media aritmética</b>	288,52	J/g
<b>Máximo</b>	310,00	
<b>Mínimo</b>	260,09	
<b>Desviación estándar</b>	22,03	
<b>Coeficiente de Variación (CV)</b>	7,6	%

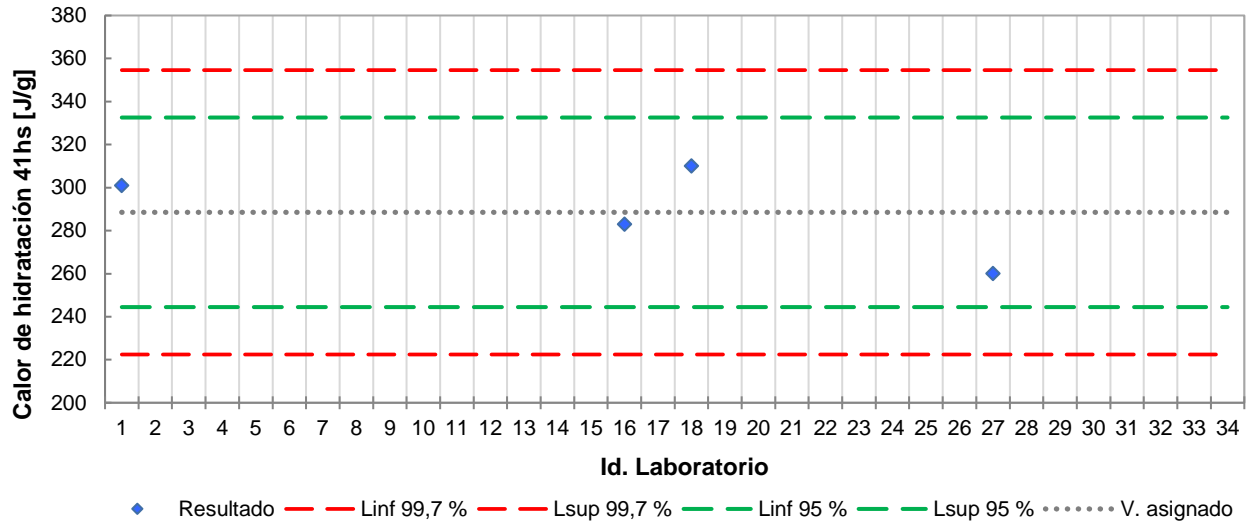
(\*) Método de ensayo: IRAM 1852 (23).

**Valores "Atípicos": no detectados**

No se presenta histograma de frecuencias por la baja cantidad de datos disponibles



**Gráfico N° 25. Calor de hidratación, en Joules por gramo (J/g)**



### 6.1.15. Calor de hidratación a 7 días

Sólo un participante informó un resultado para esta determinación, por lo que este informe prescinde de mayor análisis al respecto. En el ANEXO 1 se indica el resultado informado.

## 6.2. Ensayos físicos

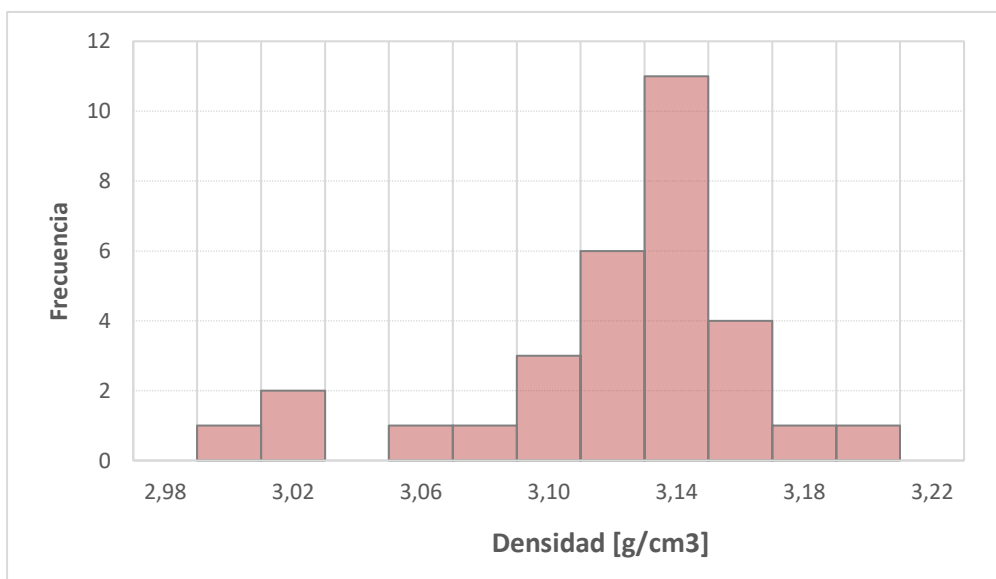
### 6.2.1. Densidad

<b>Cantidad de resultados</b>	31 (*)	
<b>Media aritmética</b>	3,13	g/cm <sup>3</sup>
<b>Máximo</b>	3,21	
<b>Mínimo</b>	3,01	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	3,13	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,03	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	0,9	%
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,01	g/cm <sup>3</sup>

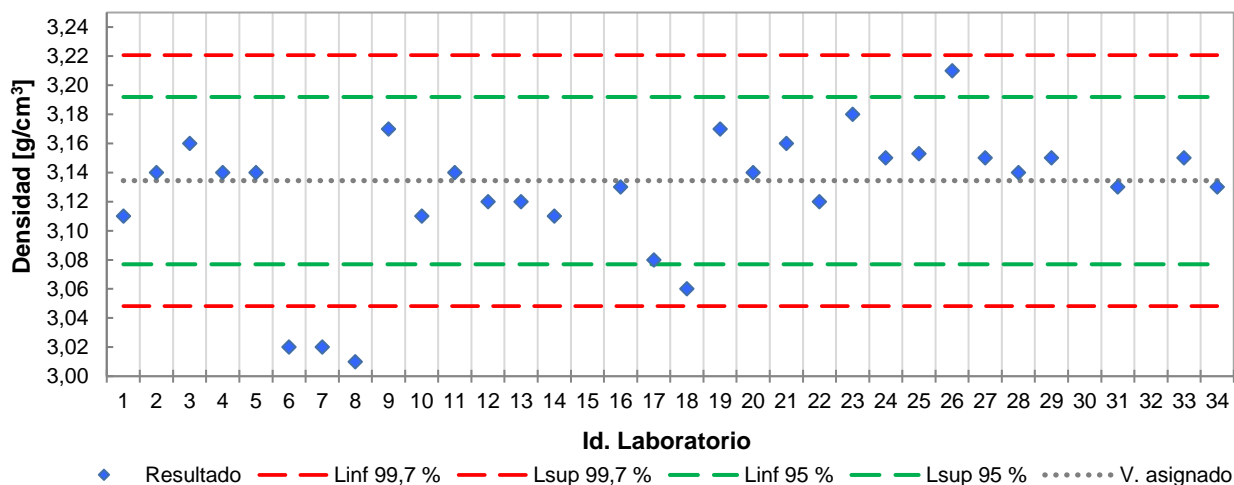
(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1624 (24), NM 23 / UNIT NM 23 (25), ABNT NBR 16605 (26).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	3,02	g/cm <sup>3</sup>
Laboratorio L07	3,02	
Laboratorio L08	3,01	

Gráfico N° 26. Densidad. Histograma de frecuencias.



**Gráfico N° 27. Densidad, en gramos por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>)**



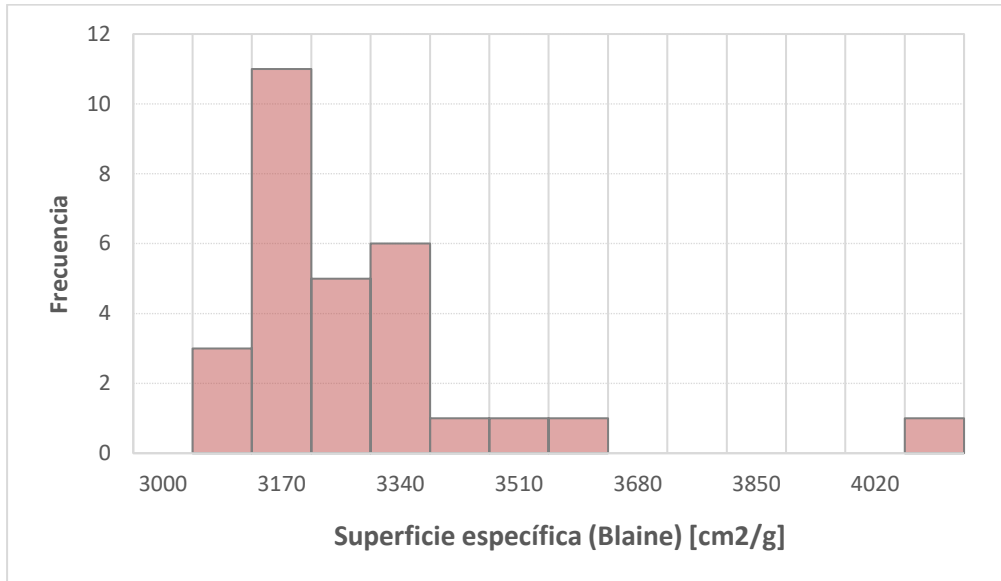
### 6.2.2. Finura. Superficie específica por el método Blaine

<b>Cantidad de resultados</b>	29 (*)	
<b>Media aritmética</b>	3317	cm <sup>2</sup> /g
<b>Máximo</b>	4115	
<b>Mínimo</b>	3110	
<b>Valor asignado (x<sub>pt</sub>)</b>	3280	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (σ<sub>pt</sub>)</b>	116	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	3,5	%
<b>Incertidumbre del valor asignado (u(x<sub>pt</sub>))</b>	27	cm <sup>2</sup> /g

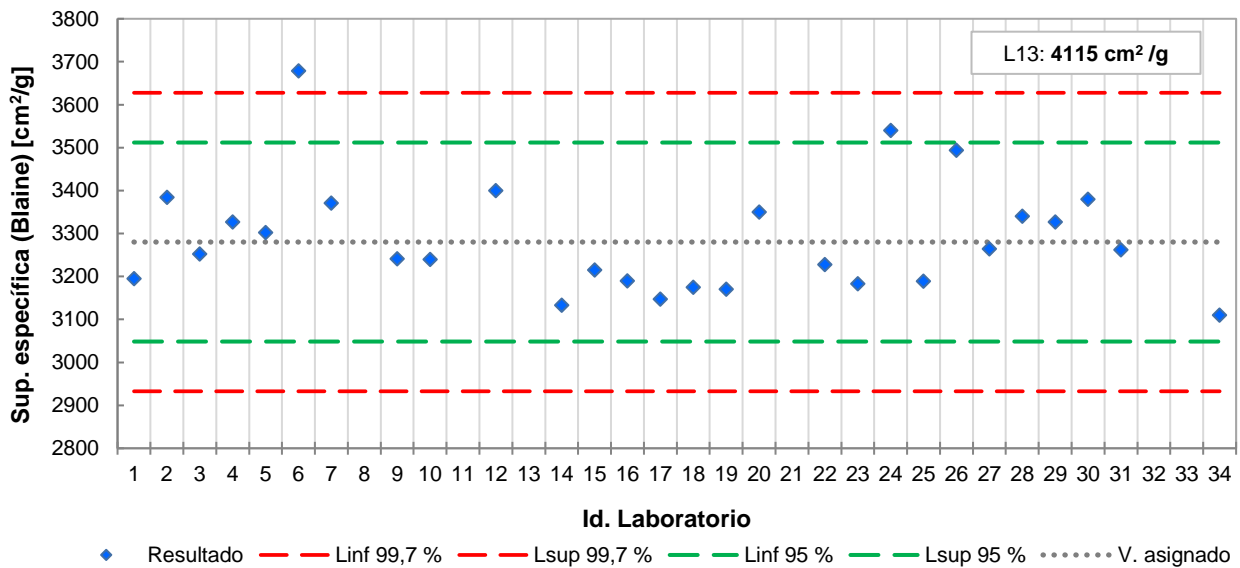
(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1623 (27), NM 76 / UNIT NM 76 (28), ABNT NBR 16372 (29), Otro (no especificado).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	3679	cm <sup>2</sup> /g
Laboratorio L13	4115	

**Gráfico N° 28.** Finura. Superficie específica por el método Blaine. Histograma de frecuencias.



**Gráfico N° 29.** Finura. Superficie específica Blaine, en centímetros cuadrados por gramo (g/cm²).



### 6.2.3. Agua para pasta de consistencia normal

#### a. Ensayos con normas IRAM 1612 (30), ABNT NBR (32) y NP 49 (33)

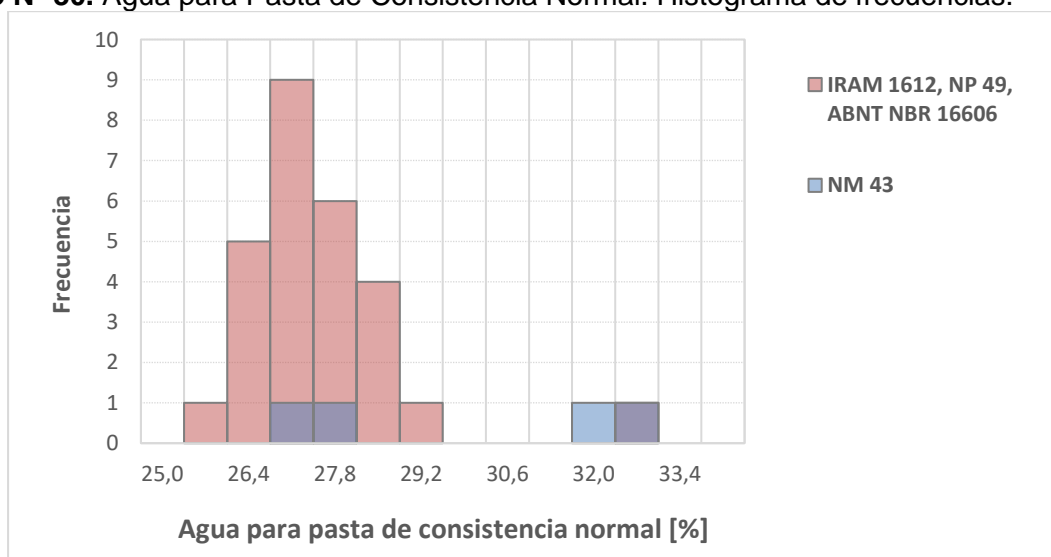
<b>Cantidad de resultados</b>	27 (*)	
<b>Media aritmética</b>	27,9	%
<b>Máximo</b>	33,0	
<b>Mínimo</b>	26,0	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	27,7	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,8	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	3,0%	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,2	

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L32	33,0	%

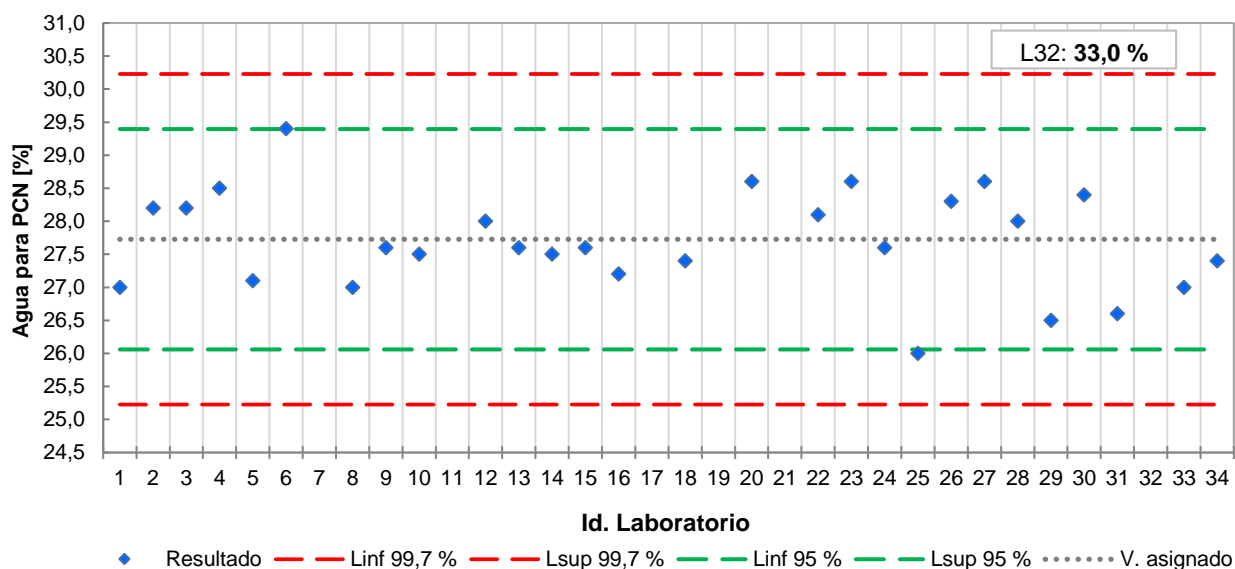
#### b. Ensayos con otros métodos:

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
			%		%		%
NM 43 / UNIT NM 43 (31)	4	28,2	%	30,3	%	2,8	%
		32,0					
		27,6					
		33,2					

**Gráfico N° 30.** Agua para Pasta de Consistencia Normal. Histograma de frecuencias.



**Gráfico N° 31.** Agua para Pasta de Consistencia Normal, en gramos por 100 gramos (%)



NOTA:

No se incluyen en el gráfico anterior los resultados obtenidos en ensayos según norma NM 43 / UNIT NM 43 (31)

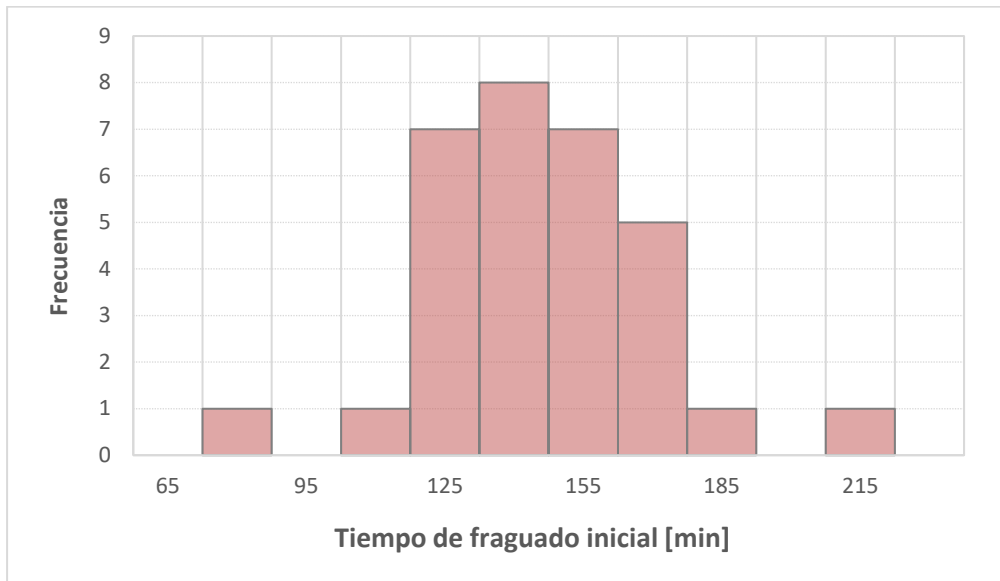
#### 6.2.4. Tiempo de fraguado inicial

<b>Cantidad de resultados</b>	31 (*)	
<b>Media aritmética</b>	153	min
<b>Máximo</b>	225	
<b>Mínimo</b>	90	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	153	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	19	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	12,7	%
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	4	min

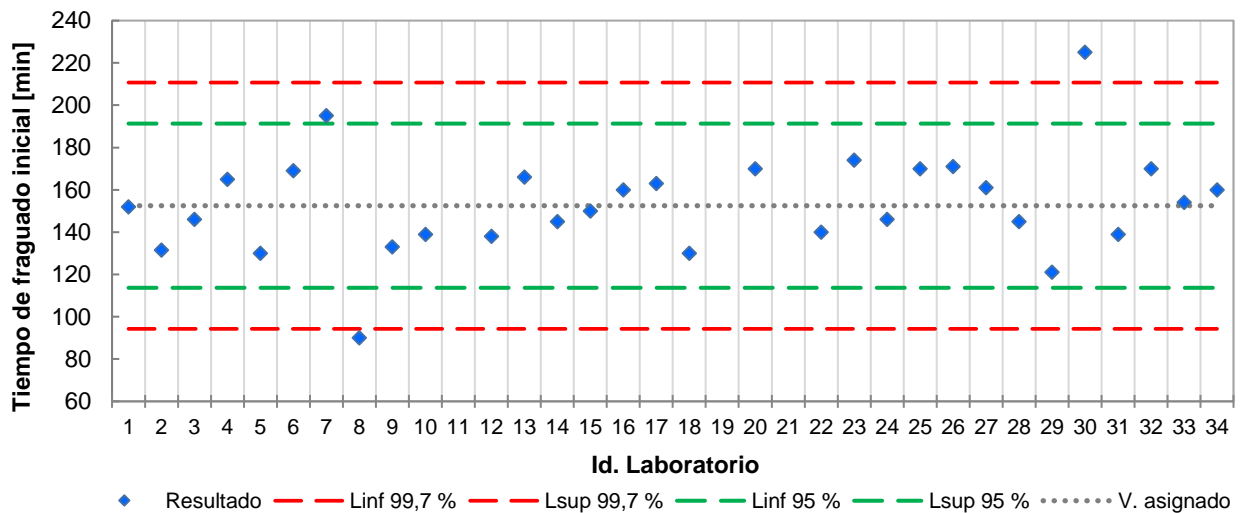
(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1619 (34), NM 65 / UNIT NM 65 (35), ABNT NBR 16607 (36), NP 50 (37).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L08	90	min
Laboratorio L30	225	

**Gráfico N° 32.** Tiempo de fraguado inicial. Histograma de frecuencias.



**Gráfico N° 33.** Tiempo de fraguado inicial, en minutos (min).



### 6.2.5. Expansión en autoclave

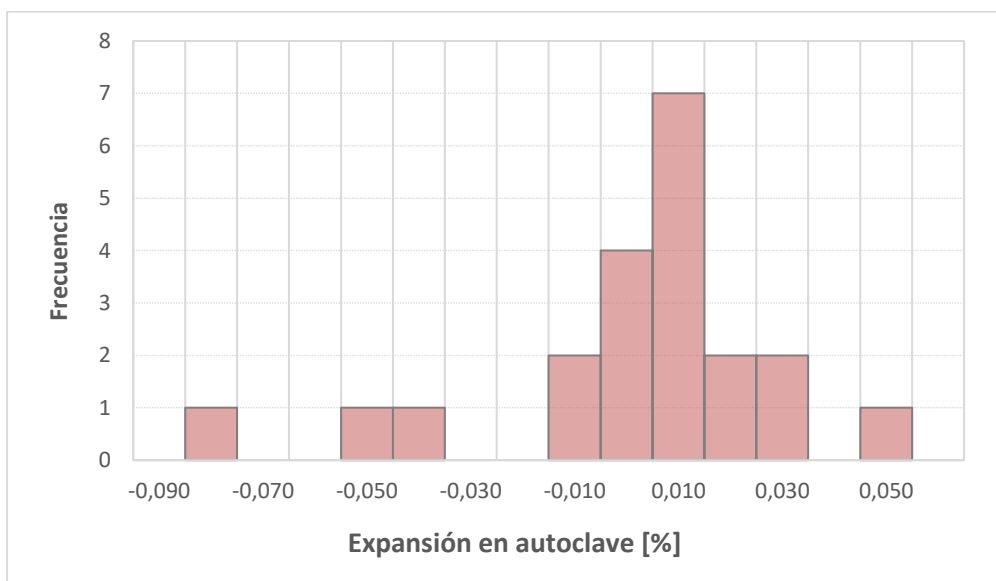
<b>Cantidad de resultados</b>	21 (*)	
<b>Media aritmética</b>	0,004	
<b>Máximo</b>	0,052	
<b>Mínimo</b>	-0,080	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	0,009	%
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,013	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	(**)	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,004	

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1620 (38), UNIT 514 (39).

(\*\*) Se omite el cálculo del coeficiente de variación en virtud de la magnitud del valor asignado y la desviación estándar interlaboratorio correspondientes a esta determinación.

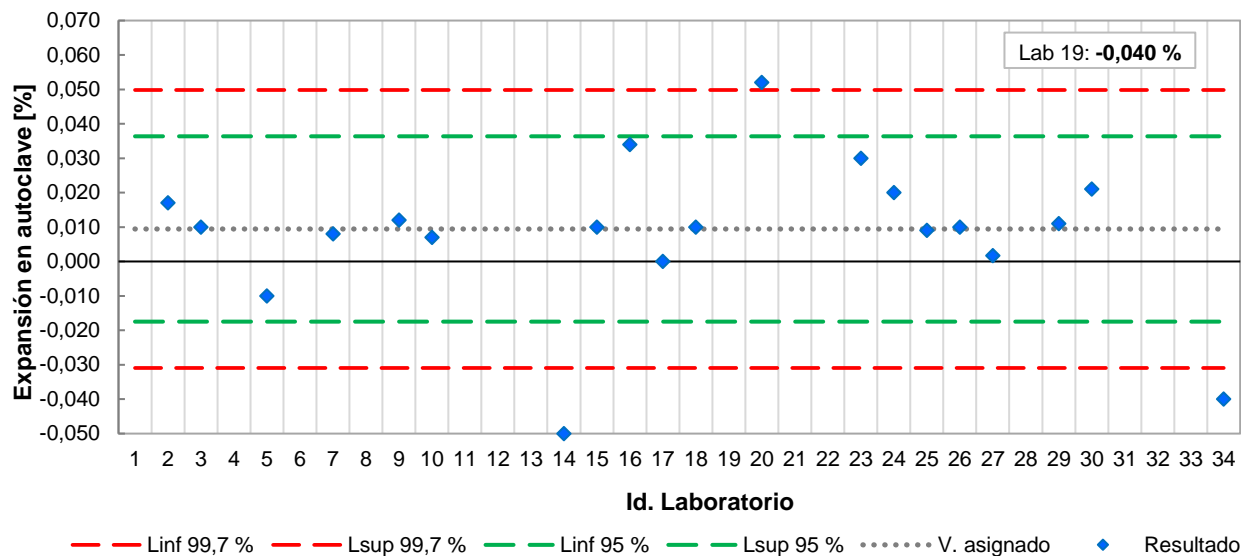
Valores "Atípicos"		
Laboratorio L14	-0,050	%
Laboratorio L19	-0,080	
Laboratorio L20	0,052	
Laboratorio L34	-0,040	

Gráfico N° 34. Expansión en autoclave. Histograma de frecuencias.





**Gráfico N° 35.** Expansión en autoclave, en por ciento (%)



**6.2.7. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 µm**

<b>Cantidad de resultados</b>	28 (*)	
<b>Media aritmética</b>	3,3	
<b>Máximo</b>	5,8	
<b>Mínimo</b>	2,6	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	3,3	%
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,5	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	14,0	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,1	

(\*) Métodos de ensayo: IRAM 1621 (40), UNIT 1064 (41), NP 55 (42), UNIT 327 (43), ABNT NBR 12826 (44), Otros (tamizador aerodinámico, IRAM 1623 (27) y procedimiento interno de tamizado vía seca).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L11	5,8	%

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1621, UNIT 1064, NP 55	3,4 %	0,4 %	12,4 %	11
UNIT 327, ABNT NBR 12826, Otros procedimientos de tamizado vía seca	3,1 %	0,4 %	12,8 %	16

Gráfico Nº 36. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 µm. Histograma de frecuencias.

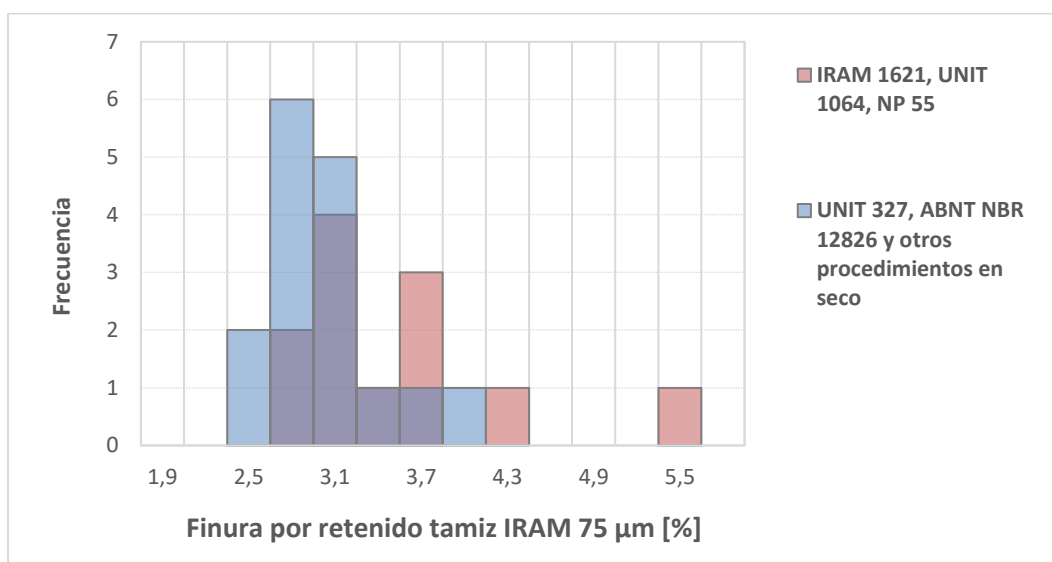
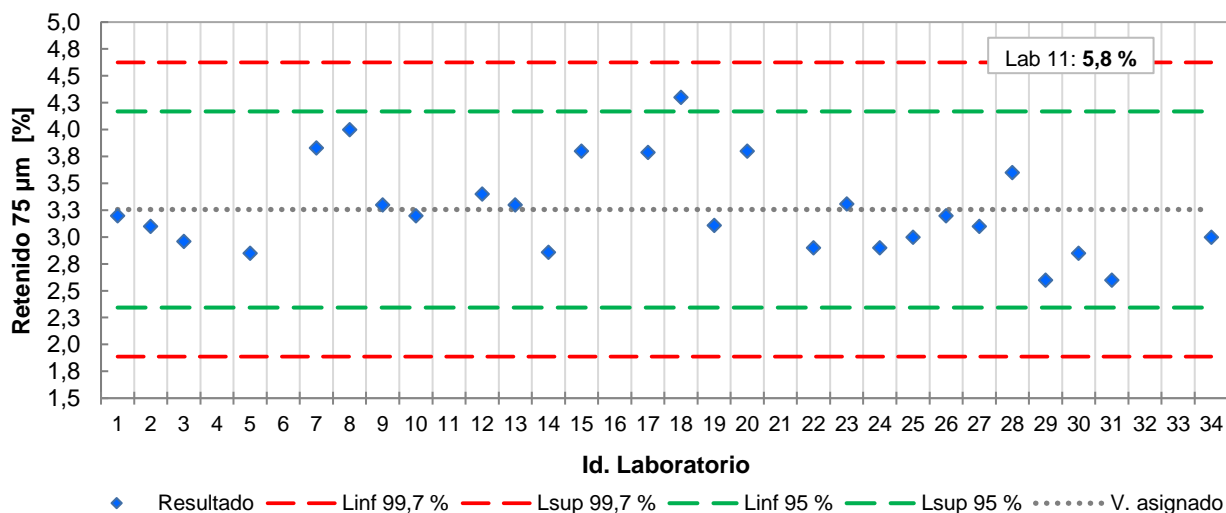


Gráfico Nº 37. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 µm, en por ciento (%).



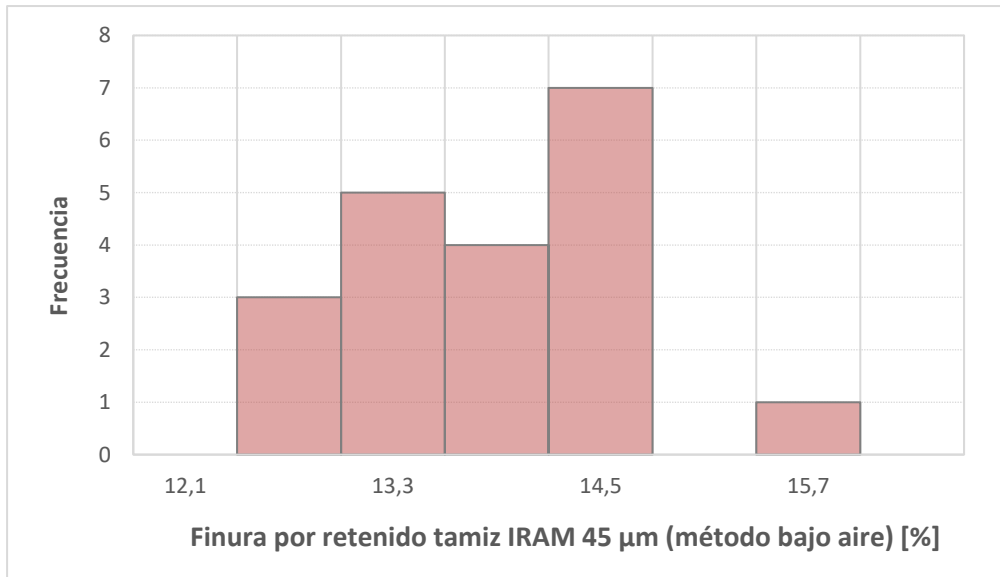
### 6.2.8. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm (Tamizado bajo corriente de aire)

Cantidad de resultados	20 (*)	
<b>Media aritmética</b>	14,1	%
<b>Máximo</b>	16,0	
<b>Mínimo</b>	12,9	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	14,1	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	0,9	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	6,1	
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,2	

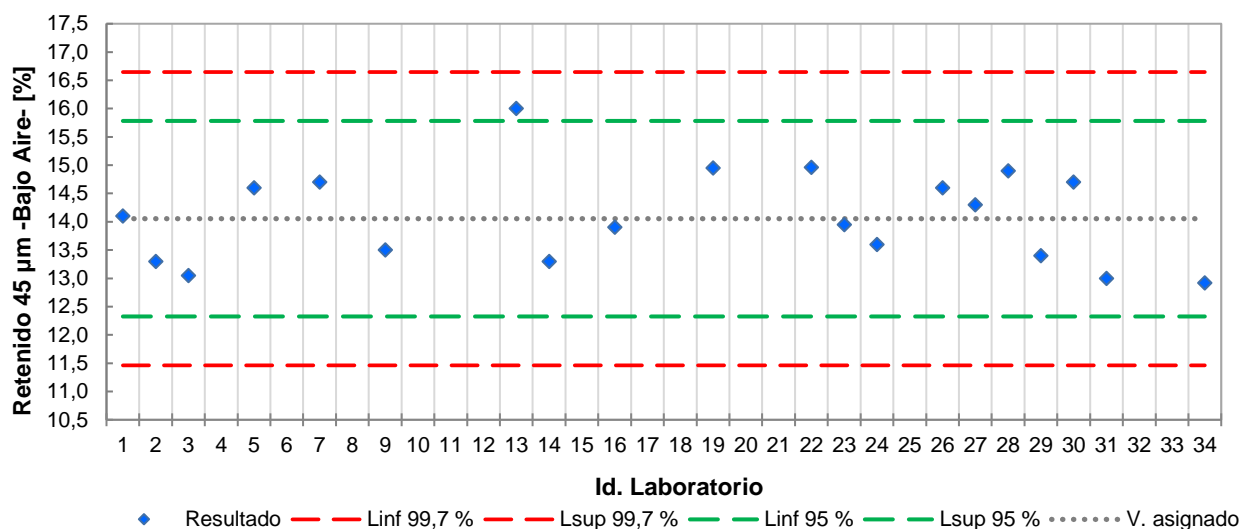
(\*) Métodos de ensayo: UNIT 327 (42), ABNT 12826 (44), ASTM C1891 (45), EN 196-6 (46), otros (tamizador aerodinámico, IRAM 1623 (27), procedimiento interno de tamizado vía seca).

Valores "Atípicos": no detectados

**Gráfico N° 38.** Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm (Tamizado bajo corriente de aire). Histograma de frecuencias.



**Gráfico N° 39.** Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm (Tamizado bajo corriente de aire), en por ciento (%).



### 6.2.9. Granulometría por difracción láser

Esta determinación contó con la participación de 7 laboratorios. A continuación se presentan los resultados informados por cada participante, el promedio general y una estimación del tamaño de partícula para los percentiles del 10 %, 50 % y 90 %.

#### Resultados individuales (\*):

Id. Lab	Volumen acumulado por tamaño de partícula (en µm), en %																
	1,25	2,0	4,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16	32	40	50	63	80	90	100	125	160
L03	9,3	13,4	22,7	31,2	36,8	42,5	48,6	55,9	76,8	82,8	88,0	92,4	95,7	96,9	97,7	98,9	99,6
L07	7,2	14,1	27,4	38,1	44,0	49,8	56,3	64,6	89,8	95,7	99,1	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
L13	5,4	8,8	16,6	22,9	27,1	31,0	35,8	42,3	65,3	73,2	81,1	87,3	93,1	95,3	96,8	99,1	99,9
L25	11,5	16,7	26,3	31,8	35,4	38,7	42,2	49,4	73,4	81,5	88,8	94,7	98,5	99,5	99,9	100,0	100,0
L28	3,2	6,2	14,4	23,0	28,4	34,1	40,5	48,6	74,1	81,8	88,3	93,7	97,5	98,7	99,4	100,0	100,0
L31	8,4	11,5	19,0	25,9	30,5	35,7	40,7	49,7	74,2	81,6	87,9	92,9	96,6	97,9	98,7	99,8	100,0
L34	2,7	8,7	17,9	21,8	26,7	32,6	39,5	47,9	74,1	82,3	89,3	94,8	98,5	99,4	99,8	100,0	100,0

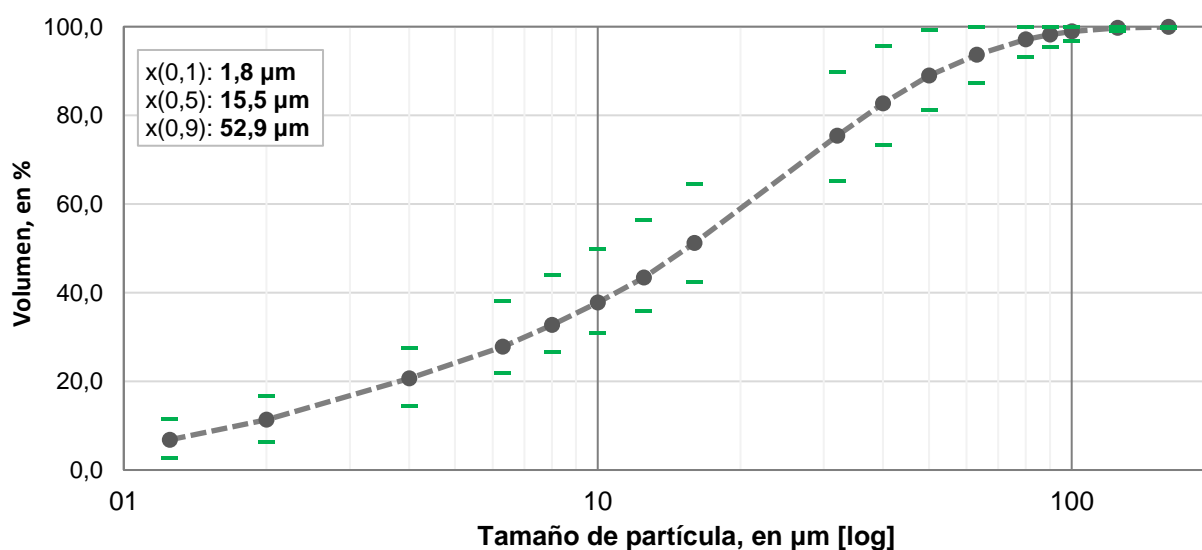
(\* Medios de suspensión empleados por los participantes: en líquido (alcohol etílico) y al aire (aerosol).

Id. Lab	Tamaño de partículas para percentiles 10, 50 y 90 %		
	X(0,1) en $\mu\text{m}$	X(0,5) en $\mu\text{m}$	X(0,9) en $\mu\text{m}$
L03	1,37	13,09	55,17
L07	1,37	10,08	32,22
L13	2,28	20,60	69,60
L25	1,01	16,31	52,25
L28	2,90	16,70	53,40
L31	1,59	16,16	54,56
L34	2,20	17,00	51,45

### Estadísticos generales:

Volumen acumulado por tamaño de partícula (en $\mu\text{m}$ )																	
1,25	2,0	4,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16	32	40	50	63	80	90	100	125	160	
Promedio (%)																	
6,8	11,4	20,6	27,8	32,7	37,8	43,4	51,2	75,4	82,7	88,9	93,7	97,1	98,2	98,9	99,7	99,9	
Desviación Estándar (%)																	
3,2	3,7	5,0	6,1	6,4	6,6	6,9	7,1	7,3	6,6	5,3	3,8	2,3	1,7	1,2	0,5	0,1	
Tamaño de partículas para percentiles 10, 50 y 90 % (Estim)																	
<b>X(0,1): 1,8 <math>\mu\text{m}</math></b>					<b>X(0,5): 15,5 <math>\mu\text{m}</math></b>					<b>X(0,9): 52,9 <math>\mu\text{m}</math></b>							

**Gráfico N° 40.** Granulometría por difracción láser, en % respecto a volúmenes acumulados



NOTA. Las marcas en verde denotan los valores máximo y mínimo entre los informados por los participantes para cada tamaño de partícula.

### 6.3. Ensayos mecánicos

#### 6.3.1. Masa promedio de las probetas a 2 días

##### a. Probetas moldeadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

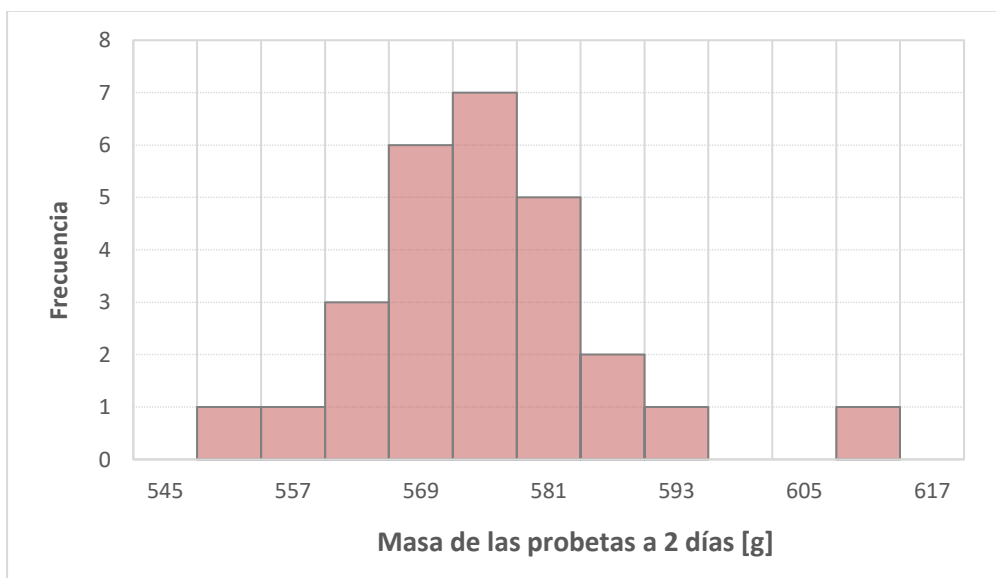
<b>Cantidad de resultados</b>	27 (*)	
<b>Media aritmética</b>	577,5	g
<b>Máximo</b>	612,1	
<b>Mínimo</b>	556,0	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	577,2	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	8,2	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	1,4	%
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	2,0	g

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L07	612,1	g

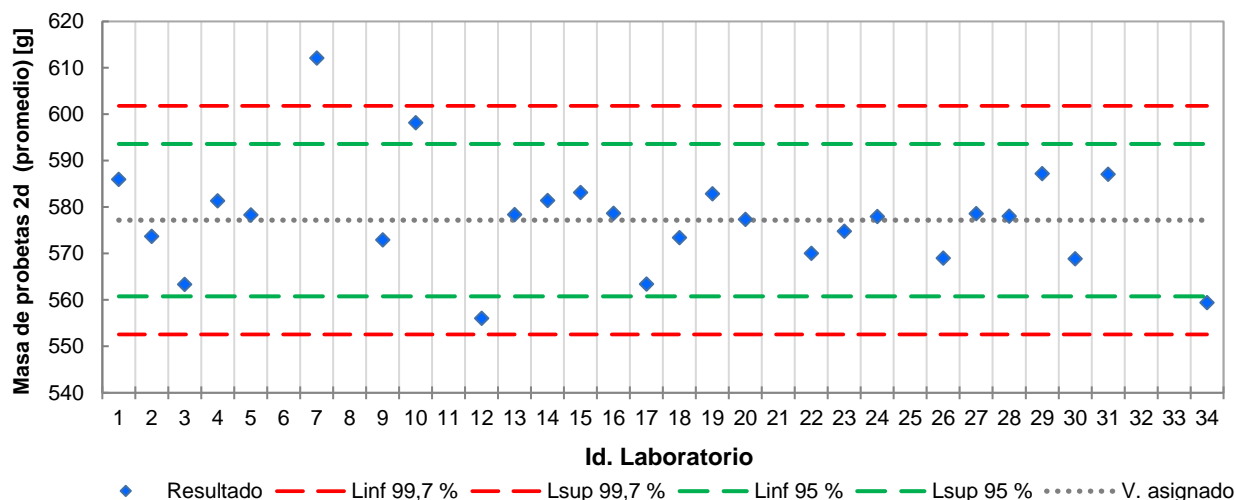
##### b. Probetas moldeadas con otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
ASTM C109 (47)	1	275,4	g	-	g	-	g

**Gráfico Nº 41.** Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 2 días. Histograma de frecuencias.



**Gráfico N° 42.** Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 2 días, en gramos (g).



### 6.3.2. Masa promedio de las probetas a 7 días

#### a. Probetas moldeadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

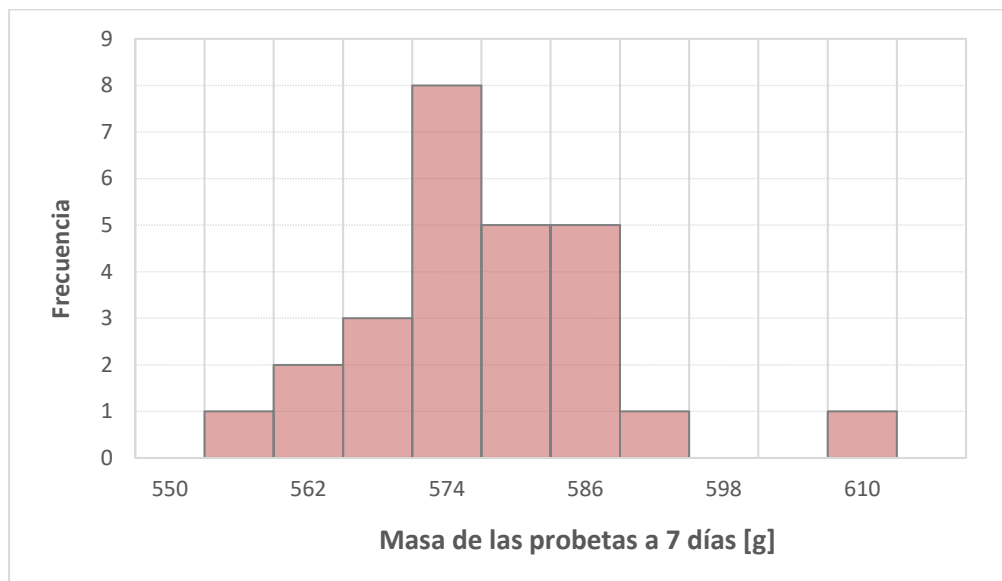
<b>Cantidad de resultados</b>	26 (*)	
<b>Media aritmética</b>	580,1	g
<b>Máximo</b>	613,6	
<b>Mínimo</b>	559,1	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	579,6	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	8,6	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	1,5	%
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	2,1	g

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L07	613,6	g

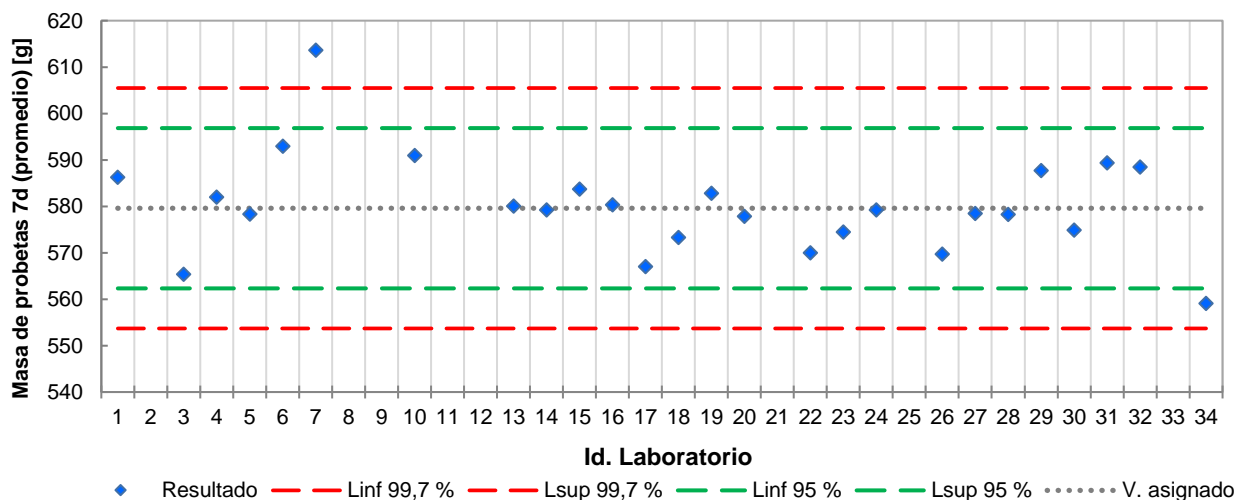
#### b. Probetas moldeadas con otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
		g	g	g	g		
ASTM C109 (47)	1	277,0	g	-	g	-	g

**Gráfico Nº 43.** Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 7 días. Histograma de frecuencias.



**Gráfico Nº 44.** Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 7 días, en gramos (g)





### 6.3.3. Masa promedio de las probetas a 28 días

#### a. Probetas moldeadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

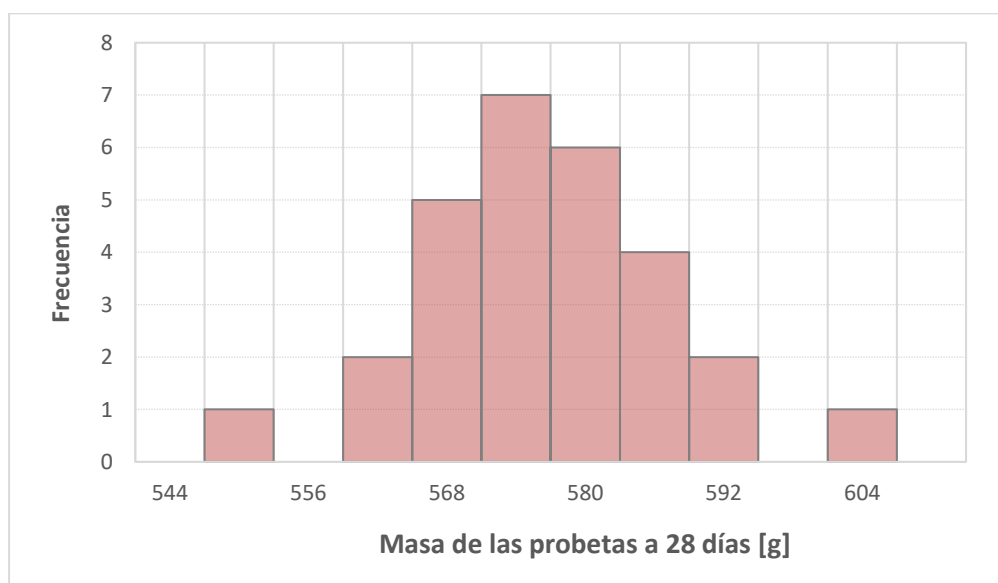
Cantidad de resultados	28 (*)	
Media aritmética	579,3	g
Máximo	609,9	
Mínimo	553,7	
Valor asignado ( $x_{pt}$ )	579,2	
Desviación estándar interlaboratorio ( $\sigma_{pt}$ )	10,1	
Coeficiente de Variación (CV)	1,7	%
Incertidumbre del valor asignado ( $u(x_{pt})$ )	2,38	g

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L07	609,9	g

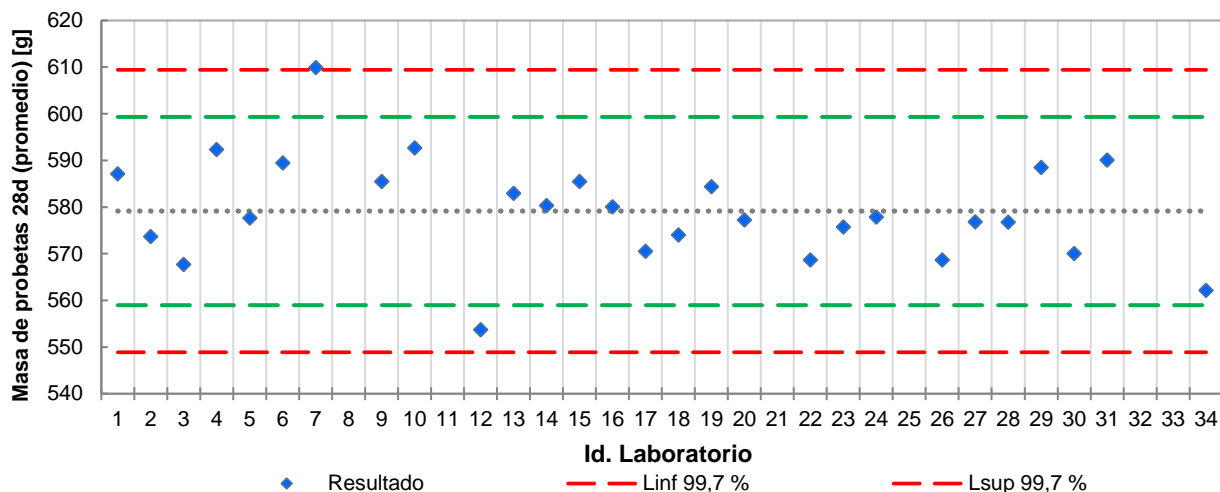
#### b. Probetas moldeadas con otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
ASTM C109 (47)	1	276,9	g	-	g	-	g

**Gráfico Nº 45.** Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 28 días. Histograma de frecuencias.



**Gráfico N° 46.** Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 28 días, en gramos (g)



#### 6.3.4. Resistencia a compresión a 2 días

##### a. Ensayos según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

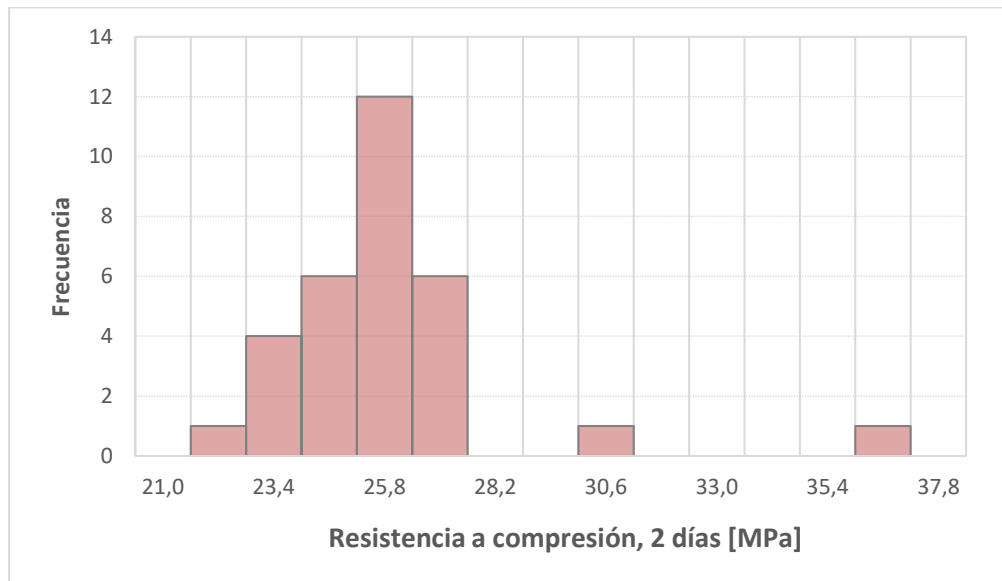
<b>Cantidad de resultados</b>	31 (*)	
<b>Media aritmética</b>	26,4	MPa
<b>Máximo</b>	37,0	
<b>Mínimo</b>	22,7	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	26,1	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	1,5	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	5,8	%
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,3	MPa

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L07	30,8	MPa
Laboratorio L08	37,0	

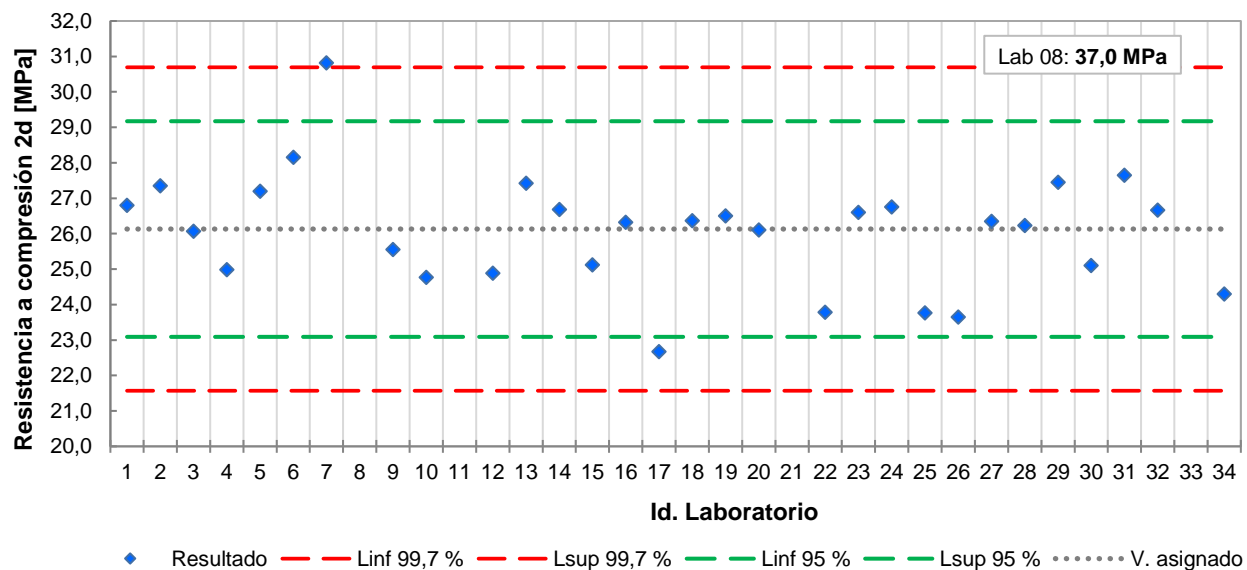
##### b. Ensayos según otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
		Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
ASTM C109 (47)	1	21,2	MPa	-	MPa	-	MPa

**Gráfico Nº 47.** Resistencia a compresión a 2 días. Histograma de frecuencias.



**Gráfico Nº 48.** Resistencia a compresión a 2 días según método de ensayo IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), en Megapascal (MPa).



NOTA. Los resultados obtenidos en ensayos según la norma ASTM C109 (47) no se incluyen en el gráfico anterior por corresponder a un método distinto al de las IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4).

### 6.3.5. Resistencia a compresión a 7 días

#### a. Ensayos según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

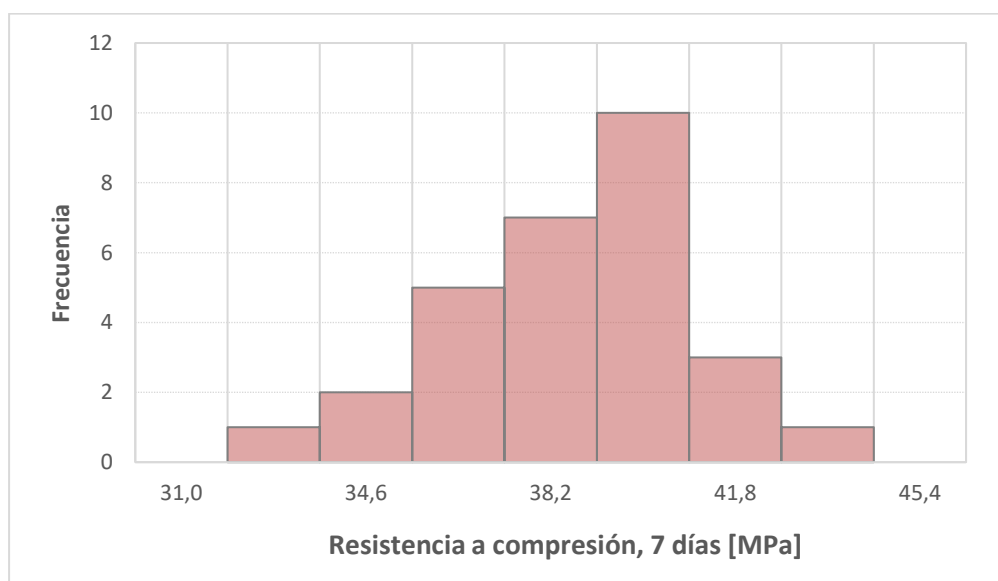
<b>Cantidad de resultados</b>	29 (*)	
<b>Media aritmética</b>	39,5	MPa
<b>Máximo</b>	43,6	
<b>Mínimo</b>	33,0	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	39,6	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	2,4	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	6,0	%
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,5	MPa

Valores "Atípicos": no detectados

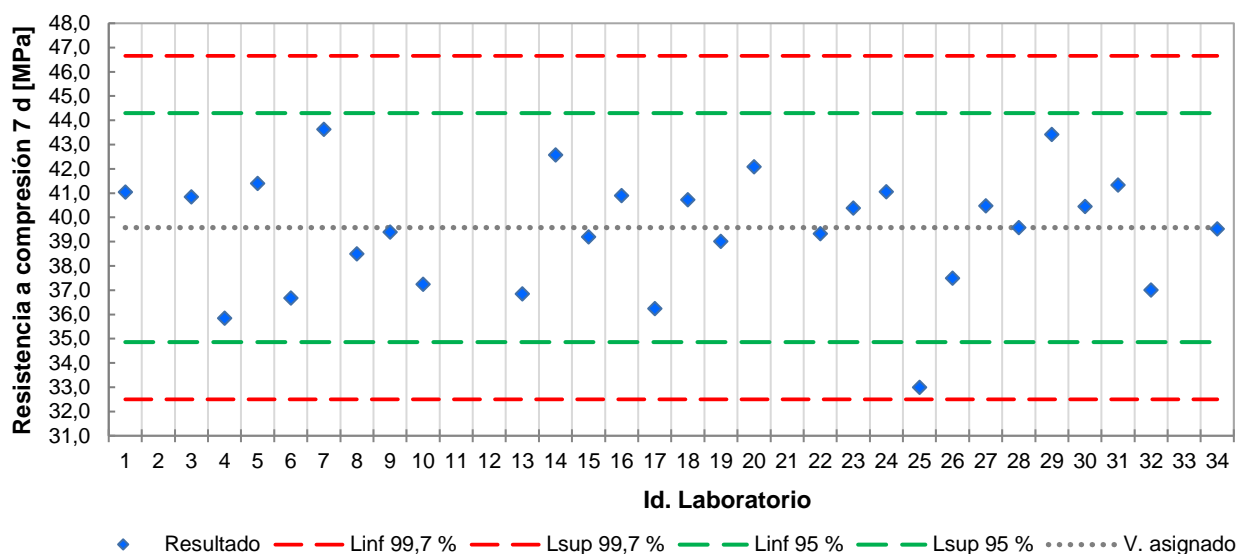
#### b. Ensayos según otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
		Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
ASTM C109 (47)	1	35,4	MPa	-	MPa	-	MPa

Gráfico N° 49. Resistencia a compresión a 7 días. Histograma de frecuencias.



**Gráfico N° 50.** Resistencia a compresión a 7 días según método de ensayo IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), en Megapascal (MPa).



NOTA. Los resultados obtenidos en ensayos según la norma ASTM C109 (47) no se incluyen en el gráfico anterior por corresponder a un método distinto al de las IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4).

### 6.3.6. Resistencia a compresión a 28 días

#### a. Ensayos según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4)

<b>Cantidad de resultados</b>	31 (*)	
<b>Media aritmética</b>	48,7	MPa
<b>Máximo</b>	59,3	
<b>Mínimo</b>	41,7	
<b>Valor asignado (<math>x_{pt}</math>)</b>	49,0	
<b>Desviación estándar interlaboratorio (<math>\sigma_{pt}</math>)</b>	1,9	
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	3,9	%
<b>Incertidumbre del valor asignado (<math>u(x_{pt})</math>)</b>	0,4	MPa

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L25	41,7	MPa
Laboratorio L32	59,3	

## b. Ensayos según otros métodos

Método utilizado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
		MPa	MPa	-	MPa	-	MPa
ASTM C109 (47)	1	47,5	MPa	-	MPa	-	MPa

Gráfico Nº 51. Resistencia a compresión a 28 días. Histograma de frecuencias.

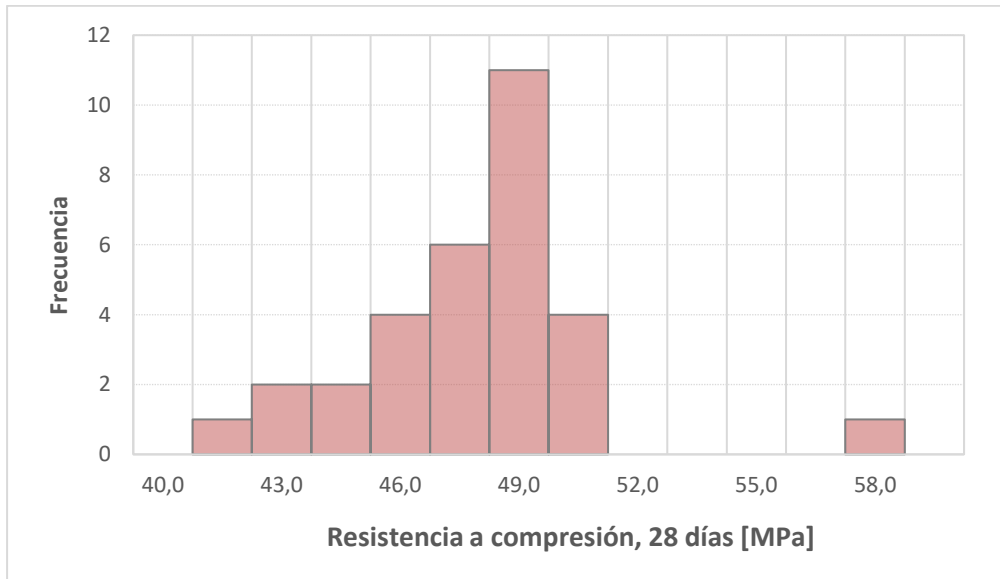
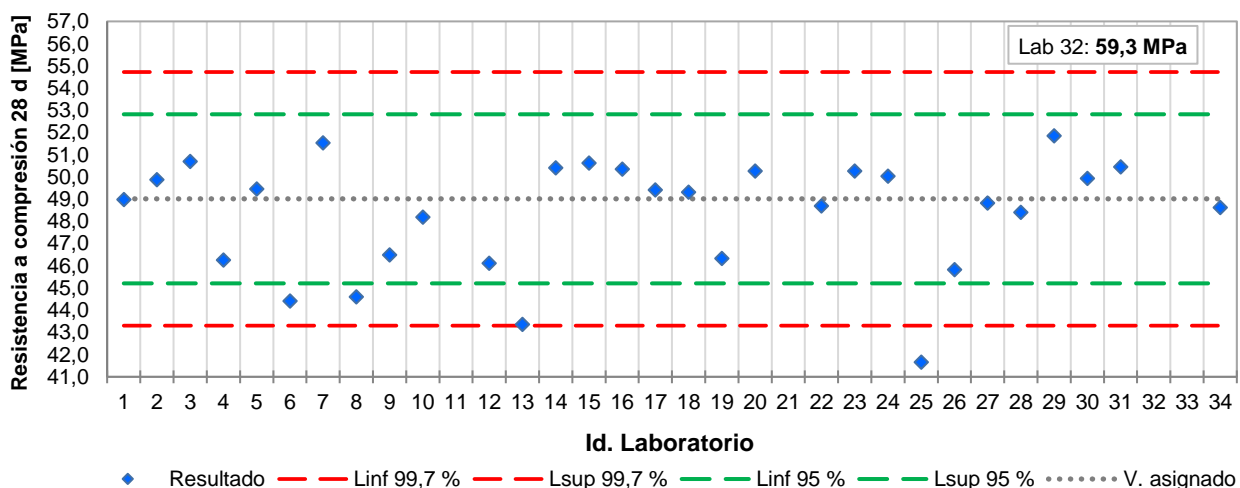


Gráfico Nº 52. Resistencia a compresión a 28 días según método de ensayo IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), en Megapascal (MPa).



NOTA. Los resultados obtenidos en ensayos según la norma ASTM C109 (47) no se incluyen en el gráfico anterior por corresponder a un método distinto al de las IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4).

## 7. Conclusiones

Sobre un total de 660 resultados informados por los participantes para las 29 determinaciones incluidas en el alcance de este programa interlaboratorio, el 88,4 % fueron calificados con un valor de z-score comprendido entre 2,0 y -2,0, demostrando un desempeño satisfactorio de la mayoría de los participantes. En tanto, el 4,5 % de los resultados corresponden a casos de desempeño “dudoso” ( $2,0 < |z| < 3,0$ ), y el 7,1 % a casos de desempeño no satisfactorio ( $|z| > 3,0$ ).

Por otra parte, el 35,3 % de los participantes obtuvo una calificación “satisfactoria” ( $|z| < 2,0$ ) en todas las determinaciones en los que participaron.

## 8. Referencias bibliográficas

- (1) Norma IRAM 50000. Cemento. Cemento para uso general. Composición, características, evaluación de la conformidad y condiciones de recepción.
- (2) Norma IRAM 1622. Cemento portland. Determinación de resistencias mecánicas.
- (3) Norma EN 196-1. Methods of testing cement – Part 1. Determination of strength.
- (4) Norma ISO 679. Test methods. Determination of strength.
- (5) Norma IRAM 1633. Arena normalizada.
- (6) Norma UNE EN 196-7. Métodos de ensayo de cementos. Parte 7: Métodos de toma y preparación de muestras de cemento.
- (7) Norma ISO 13528. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. Second Edition. 2015.
- (8) Norma ISO 5725-2. Exactitud (Veracidad y precisión) de métodos de medición y resultados. Parte 2: Método básico para la determinación de repetibilidad y reproducibilidad de un método estándar de medición.
- (9) Norma IRAM 1504. Cemento Portland. Análisis químico.
- (10) Norma IRAM 1591-1. Cementos. Métodos de ensayo. Parte I: Análisis químico por vía húmeda.
- (11) Norma ASTM C114. Estándar test methods for chemical analysis of hydraulic cement.
- (12) Norma NM 18:04. Cemento. Análisis químico. Determinación de la pérdida por calcinación.
- (13) Norma NP 48:89. Cementos. Análisis Químico.
- (14) Norma IRAM 1714. Conglomerantes hidráulicos y sus adiciones. Análisis químico por espectrometría de fluorescencia de rayos X.
- (15) Norma ISO 29581-2. Methods of testing cement. Chemical analysis of cement. Part 2: analysis by x-ray fluorescence.
- (16) Norma EN 196-2. Methods of testing cement. Part 2: Chemical analysis of cement.
- (17) Norma IRAM 1692. Cementos. Métodos rápidos de análisis químico.
- (18) Norma UNIT NM 16. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación de trióxido de azufre.
- (19) Norma NM 12. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación de óxido de calcio libre.
- (20) Norma NM 13. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del óxido de calcio libre con etilenglicol.
- (21) Norma NM 15. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del residuo insoluble.
- (22) Norma UNIT 1013. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del contenido de cloruro.
- (23) Norma IRAM 1852. Cementos. Determinación del calor de hidratación. Método del calorímetro de Langavant.

- (24) Norma IRAM 1624. Cemento. Método de ensayo para la determinación de la densidad.
- (25) Norma NM 23. Cemento Portland. Método de determinación de la densidad absoluta.
- (26) Norma ABNT NBR 16605. Cemento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica
- (27) Norma IRAM 1623. Cemento portland. Método de ensayo de finura por tamizado seco y por determinación de la superficie específica por permeabilidad al aire (método de Blaine).
- (28) Norma NM 76. Cemento Portland. Determinación de la finura mediante la permeabilidad al aire (método de Blaine).
- (29) Norma ABNT NBR 16372. Cemento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
- (30) Norma IRAM 1612. Cemento. Método de ensayo para la determinación de la consistencia normal.
- (31) Norma NM 43. Cemento Portland. Determinación de la pasta de consistencia normal.
- (32) Norma ABNT NBR 16606. Cemento Portland - Determinação da pasta de consistência normal
- (33) Norma NP 49. Cemento Portland. Método de la determinación de la consistencia normal.
- (34) Norma IRAM 1619. Cemento. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado.
- (35) Norma NM 65. Cemento Portland. Determinación del tiempo de fraguado.
- (36) Norma ABNT NBR 16607. Cemento Portland - Determinação dos tempos de pega
- (37) Norma NP 50. Cemento Portland. Método de determinación del tiempo de fraguado.
- (38) Norma IRAM 1620. Cemento. Método de ensayo de la expansión en autoclave.
- (39) UNIT 514. Cemento - Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen
- (40) Norma IRAM 1621. Cemento portland. Método de ensayo de finura por tamizado húmedo.
- (41) Norma UNIT 1064. Cementos. Método de determinación de la finura por tamizado húmedo con tamiz 75  $\mu\text{m}$ .
- (42) Norma UNIT 327. Cemento Portland. Determinación de la finura por medio de tamizado seco.
- (43) Norma NP 55. Cemento. Determinación de la finura de molido de aglomerantes hidráulicos.
- (44) Norma ABNT NBR 12826. Cemento Portland e outros materiais em pó — Determinação do índice de finura por meio de peneirador aerodinâmico.
- (45) ASTM C 1891. Estándar Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by Air Jet Sieving at 45- $\mu\text{m}$  (No. 325)
- (46) Norma EN 196-6. Métodos de ensayo de cementos. Parte 6: Determinación de la finura.
- (47) ASTM C109. Estándar Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens)



**Damián M. Altgelt**  
Director Ejecutivo ICPA



## ANEXOS

### ANEXO 1

Tabla resumen de resultados informados por los participantes

Id. Lab	PPC (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Cal libre (%)	Res Ins. (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Cl <sup>-</sup> (%)	S <sup>-</sup> (%)
L01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L02	2,54	20,94	3,67	3,78	63,61	0,68	2,61	1,26	0,69	0,07	1,13	-	-
L03	2,51	20,97	3,56	3,75	63,38	0,73	2,64	1,18	0,72	0,09	1,10	0,02	-
L04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L05	2,46	21,05	3,73	3,64	63,35	0,72	2,65	-	-	-	1,10	-	-
L06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L07	3,02	21,61	4,02	3,86	64,19	0,83	2,65	1,58	0,99	0,03	1,04	0,01	0,00
L08	2,72	20,71	1,57	7,48	62,02	1,30	2,72	-	3,86	0,10	1,47	-	-
L09	2,51	21,18	3,58	3,69	64,09	0,70	2,59	1,16	0,97	0,05	1,08	0,01	-
L10	2,51	-	-	-	65,31	0,73	2,51	-	0,74	-	-	0,01	-
L11	2,02	19,36	4,64	3,73	60,10	1,50	2,22	0,51	0,53	-	-	-	-
L12	2,69	-	-	-	-	-	1,83	-	0,90	-	-	-	-
L13	2,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L14	2,55	21,01	3,54	3,81	64,28	0,64	2,56	0,87	0,96	-	1,05	-	-
L15	2,56	21,25	3,65	3,70	60,77	0,67	2,38	1,66	0,89	-	1,02	-	-
L16	2,56	21,24	3,77	3,58	63,72	0,78	2,70	1,50	0,96	0,09	1,06	0,01	-
L17	2,74	21,19	3,65	3,74	64,12	0,67	2,65	1,37	1,73	0,07	1,04	0,01	-
L18	2,58	20,65	3,53	3,82	63,14	0,96	2,64	1,75	0,60	0,16	1,05	0,02	< 0,01
L19	2,74	22,01	3,92	3,50	61,82	0,68	2,72	-	1,14	0,06	1,09	-	-
L20	2,57	21,49	3,98	3,71	63,34	0,94	2,71	-	0,99	0,12	0,78	-	-
L21	2,59	17,90	5,28	3,83	58,39	1,47	2,48	-	0,64	-	-	0,03	-
L22	2,50	20,97	3,62	3,75	63,99	0,77	2,60	1,20	-	0,11	1,09	-	-
L23	2,52	21,23	3,56	3,60	63,99	0,73	2,62	0,90	1,10	0,14	1,13	0,01	-
L24	2,63	21,14	3,60	3,74	63,84	0,80	2,63	1,31	0,96	0,06	1,10	0,02	-
L25	2,70	20,99	3,71	3,76	63,82	0,74	2,51	-	-	0,12	1,00	-	-
L26	2,50	20,87	3,56	3,67	62,79	-	2,59	-	0,86	-	1,14	-	-
L27	2,63	20,98	3,58	3,75	63,68	0,71	2,64	-	1,14	0,05	1,08	-	-
L28	2,71	20,97	3,57	3,80	63,92	0,70	2,59	1,56	0,91	0,09	1,05	0,02	-
L29	2,67	21,22	3,54	3,55	64,22	0,67	2,58	1,29	0,83	0,02	1,03	0,01	-
L30	2,50	21,30	3,59	3,74	63,93	0,81	2,63	1,50	1,00	0,00	1,05	0,00	-
L31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L34	2,79	19,73	3,51	3,61	61,97	0,83	2,50	1,26	1,20	0,10	0,97	0,01	-

### ANEXO 1 (Continuación)

**Tabla resumen de resultados informados por los participantes**

<b>Id. Lab</b>	<b>Calor de hidratación a 41 horas (J/g)</b>	<b>Calor de hidratación a 7 días (J/g)</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Superficie Esp. Blaine (cm<sup>2</sup>/g)</b>	<b>Agua para Pasta de Consistencia Normal (%)</b>	<b>Tiempo fraguado inicial (min)</b>	<b>Expansión en Autoclave (%)</b>
L01	301,00	-	3,11	3195	27,0	152	-
L02	-	-	3,14	3384	28,2	132	0,017
L03	-	312,99	3,16	3252	28,2	146	0,010
L04	-	-	3,14	3327	28,5	165	-
L05	-	-	3,14	3302	27,1	130	-0,010
L06	-	-	3,02	3679	29,4	169	-
L07	-	-	3,02	3371	32,0	195	0,008
L08	-	-	3,01	-	27,0	90	-
L09	-	-	3,17	3241	27,6	133	0,012
L10	-	-	3,11	3240	27,5	139	0,007
L11	-	-	3,14	-	-	-	-
L12	-	-	3,12	3400	28,0	138	-
L13	-	-	3,12	4115	27,6	166	-
L14	-	-	3,11	3133	27,5	145	-0,050
L15	-	-	-	3215	27,6	150	0,010
L16	283,00	-	3,13	3190	27,2	160	0,034
L17	-	-	3,08	3147	33,2	163	0,000
L18	310,00	-	3,06	3175	27,4	130	0,010
L19	-	-	3,17	3170	-	-	-0,080
L20	-	-	3,14	3350	28,6	170	0,052
L21	-	-	3,16	-	-	-	-
L22	-	-	3,12	3228	28,1	140	-
L23	-	-	3,18	3183	28,6	174	0,030
L24	-	-	3,15	3540	27,6	146	0,020
L25	-	-	3,15	3189	26,0	170	0,009
L26	-	-	3,21	3494	28,3	171	0,010
L27	260,09	-	3,15	3264	28,6	161	0,002
L28	-	-	3,14	3340	28,0	145	-
L29	-	-	3,15	3327	26,5	121	0,011
L30	-	-	-	3380	28,4	225	0,021
L31	-	-	3,13	3262	26,6	139	-
L32	-	-	-	-	33,0	170	-
L33	-	-	3,15	-	27,0	154	-
L34	-	-	3,13	3110	27,4	160	-0,040

NOTA. Los resultados de distribución granulométrica por difracción láser se detallan en el punto 6.2.10.

**ANEXO 1 (Continuación)**

**Tabla resumen de resultados informados por los participantes**

<b>Id. Lab</b>	<b>Retenido 75 µm (%)</b>	<b>Retenido 45 µm (A) (%)</b>	<b>Masa de probetas a 2 días (g)</b>	<b>Masa de probetas a 7 días (g)</b>	<b>Masa de probetas a 28 días (g)</b>	<b>Resist. Comp. 2 d (MPa)</b>	<b>Resist. Comp. 7 d (MPa)</b>	<b>Resist. Comp. 28 d (MPa)</b>
L01	3,2	14,1	586,0	586,2	587,1	26,8	41,1	49,0
L02	3,1	13,3	573,7	-	573,7	27,4	-	49,9
L03	3,0	13,1	563,3	565,3	567,7	26,1	40,8	50,7
L04	-	-	581,3	582,0	592,3	25,0	35,9	46,3
L05	2,9	14,6	578,3	578,3	577,7	27,2	41,4	49,5
L06	-	-	-	593,0	589,4	28,2	36,7	44,4
L07	3,8	14,7	612,1	613,6	609,9	30,8	43,6	51,5
L08	4,0	-	-	-	-	37,0	38,5	44,6
L09	3,3	13,5	572,9	-	585,4	25,6	39,4	46,5
L10	3,2	-	598,2	591,0	592,6	24,8	37,3	48,2
L11	5,8	-	-	-	-	-	-	-
L12	3,4	-	556,0	-	553,7	24,9	-	46,1
L13	3,3	16,0	578,4	580,0	582,9	27,4	36,9	43,4
L14	2,9	13,3	581,4	579,2	580,3	26,7	42,6	50,4
L15	3,8	-	583,1	583,7	585,4	25,1	39,2	50,6
L16	-	13,9	578,7	580,3	580,1	26,3	40,9	50,4
L17	3,8	-	563,4	567,0	570,5	22,7	36,3	49,4
L18	4,3	-	573,4	573,3	574,0	26,4	40,7	49,3
L19	3,1	15,0	582,8	582,8	584,4	26,5	39,0	46,3
L20	3,8	-	577,3	577,8	577,2	26,1	42,1	50,3
L21	-	-	-	-	-	-	-	-
L22	2,9	15,0	570,0	570,0	568,7	23,8	39,3	48,7
L23	3,3	14,0	574,8	574,4	575,7	26,6	40,4	50,3
L24	2,9	13,6	577,9	579,2	577,9	26,8	41,1	50,0
L25	3,0	-	-	-	-	23,8	33,0	41,7
L26	3,2	14,6	569,0	569,7	568,7	23,7	37,5	45,8
L27	3,1	14,3	578,6	578,5	576,8	26,4	40,5	48,8
L28	3,6	14,9	578,0	578,3	576,8	26,2	39,6	48,4
L29	2,6	13,4	587,2	587,7	588,5	27,5	43,4	51,9
L30	2,9	14,7	568,9	574,9	570,0	25,1	40,5	49,9
L31	2,6	13,0	587,0	589,3	590,1	27,7	41,3	50,5
L32	-	-	-	588,4	-	26,7	37,0	59,3
L33	-	-	275,4	277,0	276,9	21,2	35,4	47,5
L34	3,0	12,9	559,4	559,1	562,1	24,3	39,5	48,6



**Damián M. Altgelt**  
Director Ejecutivo

## ANEXO 2

### Z-score para los laboratorios participantes

Para la evaluación de los resultados informados por los participantes se empleó el criterio del parámetro “z-value” definido de la siguiente manera, de acuerdo con el punto 9.4 de la norma ISO 13528:2015:

$$z_i = \frac{x_i - X_{\text{ref}}}{S}$$

Donde,

$x_i$ : resultado de ensayo para la determinación de análisis, del participante “i”

$X_{\text{ref}}$ : valor asignado para la determinación de análisis en este estudio interlaboratorio, calculado según se indica en 5.1.

S: desviación estándar para la determinación de análisis en este estudio interlaboratorio, calculado según se indica en 5.1.

De acuerdo con la norma ISO 13528 (7), el parámetro “z-value” puede ser interpretado con el siguiente criterio:

Para  $|z| < 2,0$  Desempeño “aceptable”

Para  $2,0 < |z| < 3,0$  Desempeño “cuestionable”

Para  $|z| \geq 3,0$  Desempeño “no satisfactorio”

Los valores del parámetro “z” calculados se indican a continuación.

## ANEXO 2 (Continuación)

Tabla resumen del parámetro “z”, por participante y determinación

Id. Lab	PPC	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Cal libre	Res Ins.	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cl <sup>-</sup>	S <sup>-</sup>
L01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L02	-0,54	-0,32	0,48	0,69	0,07	-0,90	0,08	-0,15	-1,19	-0,26	1,31	-	-
L03	-0,81	-0,22	-0,74	0,33	-0,29	-0,31	0,51	-0,41	-1,04	0,21	0,69	0,23	-
L04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L05	-1,26	0,03	1,15	-0,99	-0,34	-0,43	0,65	-	-	-	0,69	-	-
L06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L07	3,79	1,82	4,37	1,64	0,97	0,87	0,65	0,90	0,36	-1,22	-0,54	-0,50	ND*
L08	1,08	-1,05	-22,85	44,99	-2,40	6,43	1,65	-	15,18	0,45	8,30	-	-
L09	-0,81	0,45	-0,52	-0,39	0,81	-0,67	-0,20	-0,48	0,26	-0,74	0,28	-0,50	-
L10	-0,81	-	-	-	2,71	-0,31	-1,34	-	-0,93	-	-	-0,64	-
L11	-5,23	-5,37	11,26	0,09	-5,38	8,79	-5,48	-2,61	-2,02	-	-	-	-
L12	0,81	-	-	-	-	-	-11,05	-	-0,11	-	-	-	-
L13	0,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L14	-0,45	-0,10	-0,96	1,04	1,11	-1,38	-0,63	-1,43	0,20	-	-0,33	-	-
L15	-0,36	0,67	0,26	-0,27	-4,34	-1,02	-3,20	1,16	-0,16	-	-0,95	-	-
L16	-0,36	0,64	1,59	-1,71	0,24	0,28	1,37	0,64	0,20	0,21	-0,13	-0,64	-
L17	1,26	0,48	0,26	0,21	0,86	-1,02	0,65	0,21	4,18	-0,26	-0,54	-0,50	-
L18	-0,18	-1,25	-1,08	1,16	-0,66	2,41	0,51	1,46	-1,66	1,88	-0,33	0,96	ND*
L19	1,26	3,10	3,26	-2,67	-2,71	-0,90	1,65	-	1,13	-0,50	0,49	-	-
L20	-0,27	1,44	3,92	-0,15	-0,35	2,17	1,51	-	0,36	0,93	-5,88	-	-
L21	-0,09	-10,03	18,37	1,28	-8,03	8,44	-1,77	-	-1,45	-	-	2,41	-
L22	-0,90	-0,22	-0,08	0,33	0,66	0,16	-0,06	-0,35	-	0,69	0,49	-	-
L23	-0,72	0,61	-0,74	-1,47	0,66	-0,31	0,23	-1,33	0,93	1,40	1,31	-0,50	-
L24	0,27	0,32	-0,30	0,21	0,42	0,52	0,37	0,01	0,20	-0,50	0,69	0,96	-
L25	0,90	-0,16	0,92	0,45	0,39	-0,19	-1,34	-	-	0,93	-1,36	-	-
L26	-0,90	-0,54	-0,74	-0,63	-1,21	-	-0,20	-	-0,31	-	1,52	-	-
L27	0,27	-0,19	-0,52	0,33	0,18	-0,55	0,51	-	1,13	-0,74	0,28	-	-
L28	0,99	-0,22	-0,63	0,92	0,55	-0,67	-0,20	0,83	-0,05	0,21	-0,33	0,96	-
L29	0,63	0,57	-0,96	-2,07	1,01	-1,02	-0,35	-0,05	-0,47	-1,46	-0,74	-0,50	-
L30	-0,90	0,83	-0,41	0,21	0,56	0,64	0,37	0,64	0,41	-1,93	-0,33	-1,52	-
L31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L34	1,72	-4,18	-1,30	-1,35	-2,48	0,87	-1,49	-0,15	1,44	0,45	-1,98	-0,21	-

(\*) No determinado. Se omite el cálculo del parámetro Z por la baja cantidad de resultados en la determinación o método utilizado.

## ANEXO 2 (Continuación)

Tabla resumen del parámetro “z”, por participante y determinación

Id. Lab	Calor de hidratación a 41 horas	Calor de hidratación a 7 días	Densidad	Superficie Específica Blaine	Agua para Pasta de Consistencia Normal	Tiempo de fraguado inicial	Expansión en Autoclave
L01	0,57	-	-0,85	-0,74	-0,87	-0,03	-
L02	-	-	0,19	0,90	0,57	-1,08	0,56
L03	-	ND*	0,89	-0,24	-0,74	-0,34	0,04
L04	-	-	0,19	0,40	0,93	0,64	-
L05	-	-	0,19	0,19	-0,75	-1,16	-1,44
L06	-	-	-3,98	3,44	2,01	0,85	-
L07	-	-	-3,98	0,78	0,63	2,19	-0,11
L08	-	-	-4,33	-	-0,87	-3,22	-
L09	-	-	1,24	-0,34	-0,15	-1,00	0,19
L10	-	-	-0,85	-0,35	-0,27	-0,70	-0,18
L11	-	-	0,19	-	-	-	-
L12	-	-	-0,50	1,03	0,33	-0,75	-
L13	-	-	-0,50	7,21	-0,15	0,70	-
L14	-	-	-0,85	-1,27	-0,27	-0,39	-4,42
L15	-	-	-	-0,56	-0,96	-0,13	0,04
L16	-0,25	-	-0,15	-0,78	-0,63	0,39	1,82
L17	-	-	-1,89	-1,15	1,07	0,54	-0,70
L18	0,97	-	-2,59	-0,91	-0,39	-1,16	0,04
L19	-	-	1,24	-0,95	-	-	-6,64
L20	-	-	0,19	0,60	1,05	0,90	3,16
L21	-	-	0,89	-	-	-	-
L22	-	-	-0,50	-0,45	0,45	-0,64	-
L23	-	-	1,58	-0,84	1,05	1,11	1,53
L24	-	-	0,54	2,24	-0,15	-0,34	0,78
L25	-	-	0,65	-0,79	-2,07	0,90	-0,03
L26	-	-	2,63	1,85	0,69	0,95	0,04
L27	-1,29	-	0,54	-0,14	1,05	0,44	-0,57
L28	-	-	0,19	0,52	0,33	-0,39	-
L29	-	-	0,54	0,40	-1,47	-1,62	0,12
L30	-	-	-	0,86	0,81	3,74	0,86
L31	-	-	-0,15	-0,16	-1,35	-0,70	-
L32	-	-	-	-	6,32	0,90	-
L33	-	-	0,54	-	-0,87	0,08	-
L34	-	-	-0,15	-1,47	-0,39	0,39	-3,67

(\*) No determinado. Se omite el cálculo del parámetro Z por la baja cantidad de resultados en la determinación o método utilizado

**ANEXO 2 (Continuación)**

**Tabla resumen del parámetro “z”, por participante y determinación**

Id. Lab	Retenido 75 µm	Retenido 45 µm (A)	Masa de probetas 2 días	Masa de probetas 7 días	Masa de probetas 28 días	Resist. Compres. 2 d	Resist. Compres. 8 d	Resist. Compres. 28 d
L01	-0,12	0,05	1,07	0,77	0,79	0,44	0,62	-0,02
L02	-0,34	-0,87	-0,43	-	-0,54	0,80	-	0,46
L03	-0,65	-1,16	-1,69	-1,65	-1,14	-0,04	0,54	0,88
L04	-	-	0,50	0,28	1,31	-0,75	-1,58	-1,44
L05	-0,89	0,63	0,14	-0,15	-0,15	0,70	0,77	0,24
L06	-	-	-	1,55	1,02	1,33	-1,23	-2,42
L07	1,26	0,75	4,26	3,94	3,04	3,08	1,72	1,33
L08	1,63	-	-	-	-	7,15	-0,46	-2,32
L09	0,10	-0,64	-0,52	-	0,62	-0,38	-0,08	-1,32
L10	-0,12	-	2,55	1,32	1,34	-0,90	-0,99	-0,43
L11	5,53	-	-	-	-	-	-	-
L12	0,32	-	-2,58	-	-2,53	-0,82	-	-1,52
L13	0,10	2,25	0,14	0,05	0,37	0,85	-1,16	-2,97
L14	-0,87	-0,87	0,51	-0,04	0,12	0,36	1,27	0,74
L15	1,19	-	0,72	0,48	0,62	-0,67	-0,16	0,85
L16	-	-0,18	0,18	0,09	0,09	0,12	0,56	0,70
L17	1,17	-	-1,68	-1,46	-0,86	-2,28	-1,41	0,21
L18	2,29	-	-0,46	-0,73	-0,51	0,15	0,49	0,16
L19	-0,32	1,04	0,69	0,37	0,52	0,24	-0,24	-1,41
L20	1,19	-	0,02	-0,20	-0,19	-0,02	1,06	0,66
L21	-	-	-	-	-	-	-	-
L22	-0,78	1,05	-0,88	-1,11	-1,04	-1,54	-0,10	-0,16
L23	0,12	-0,12	-0,30	-0,60	-0,34	0,31	0,34	0,66
L24	-0,78	-0,53	0,09	-0,04	-0,13	0,41	0,63	0,54
L25	-0,56	-	-	-	-	-1,55	-2,79	-3,86
L26	-0,12	0,63	-1,00	-1,15	-1,04	-1,63	-0,88	-1,67
L27	-0,34	0,28	0,17	-0,13	-0,23	0,14	0,38	-0,09
L28	0,75	0,98	0,10	-0,15	-0,24	0,07	0,00	-0,31
L29	-1,44	-0,76	1,22	0,94	0,92	0,87	1,63	1,49
L30	-0,89	0,75	-1,01	-0,55	-0,90	-0,68	0,37	0,48
L31	-1,44	-1,22	1,20	1,13	1,08	1,00	0,74	0,76
L32	-	-	-	1,02	-	0,35	-1,09	5,39
L33	-	-	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*
L34	-0,56	-1,31	-2,17	-2,37	-1,69	-1,20	-0,02	-0,20

(\*) No determinado. Se omite el cálculo del parámetro Z por la baja cantidad de resultados en la determinación o método utilizado



**Damián M. Altgelt**  
Director Ejecutivo ICPA

## ANEXO 3

### Análisis de homogeneidad de las muestras

Para evaluar la hipótesis de homogeneidad de las muestras enviadas a los participantes se estableció un procedimiento de muestreo en base a lo indicado en la norma ISO 13528 (7), utilizando como parámetro de análisis (mensurando) la distribución de tamaño de partículas por espectroscopía de difracción láser.

El estudio se efectuó a partir de porciones de material procedentes de 7 pares de muestras de ensayo preparadas para ser distribuidas con los participantes. Las muestras fueron entregadas al laboratorio de ensayo<sup>1</sup>, siendo identificadas como "MH1", "MH2", "MH3", "MH4", "MH5", "MH6" y "MH7".


El análisis de cada muestra se efectuó por duplicado. Los ensayos fueron realizados con un equipo analizador por difracción láser *Malvern*, modelo *MasterSizer 2000E*, con una unidad de dispersión en seco *Sirocco 2000M*. La curva obtenida por el equipo de cada alícuota corresponde al promedio de tres mediciones. Para todas las muestras se utilizó un Índice de Refracción (IR) de 1,68.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los percentiles 10 % [D (v,0,1)], 50 % [D (v,0,5)] y 90 % [D (v,0,9)] relativos al tamaño de partícula, para cada determinación. Para cada muestra se aplicó la prueba de Cochran para analizar la varianza de los resultados de los grupos correspondientes a cada percentil, antes del análisis de conformidad de los resultados con el criterio de aceptación de la hipótesis de homogeneidad que establece la norma ISO 13528 (7).

Muestras	MH1		MH2		MH3		MH4		MH5		MH6		MH7	
Submuestras	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2	#1	#2
D (v, 0.1)	2,09	2,03	1,51	1,96	2,41	2,29	2,52	2,36	2,13	2,02	2,12	2,39	2,21	2,39
D (v, 0.5)	24,40	22,31	33,12	24,44	22,51	24,28	23,19	23,94	24,62	24,42	27,76	24,97	23,86	23,33
D (v, 0.9)	76,01	74,15	77,73	79,57	75,80	80,96	71,86	79,19	80,40	75,38	82,33	78,08	88,66	75,59

NOTA. Todos los valores están expresados en  $\mu\text{m}$ .

Según el criterio del Anexo B de la ISO 13528 (7) se verifica la condición de homogeneidad para  $\sigma_{ij}$  asumido igual a 0,75 %, 3,75 % y 11,75 % para D (v,0.1), D (v,0.5) y D (v,0.9) respectivamente.



**Damián M. Altgelt**  
Director Ejecutivo ICPA

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Laboratorio de micropartículas y planta piloto de aeroclasificadores. Informe técnico N° 0041 de fecha 15 de junio de 2022.



## ANEXO 4

### Análisis de estabilidad de las muestras

Para evaluar la hipótesis de estabilidad de las muestras se estableció un procedimiento de muestreo en base a lo indicado en la norma ISO 13528 (7), utilizando como parámetro de análisis (mensurando) a la pérdida por calcinación del cemento.

El estudio se efectuó a partir de porciones de material procedentes de 6 de las muestras de ensayo preparadas para los participantes. Las primera porción fue obtenida de 3 muestras seleccionadas al azar entre las enviadas a los participantes, mientras que la segunda porción se obtuvo de otras tres muestras remanentes (preparadas en idénticas condiciones que las enviadas a los participantes, pero conservadas en ICPA), luego de 90 días de la fecha de preparación y envío de las muestras a los participantes. Cada porción fue distribuida en 6 recipientes independientes, que fueron enviadas al laboratorio designado<sup>2</sup> para su ensayo.

Se asignaron las siguientes identificaciones a las muestras: “ME 1-1”, “ME 1-2”, “ME 2-1”, “ME 2-2”, “ME 3-1” Y “ME 3-2” para la primera porción, y “ME 4-1”, “ME 4-2”, “ME 5-1”, “ME 5-2”, “ME 6-1” Y “ME 6-2” para la segunda.

El método de ensayo empleado fue el descrito en el apartado 11 de la norma IRAM 1504 (9). En la siguiente tabla se presentan los resultados informados por el laboratorio.

	E01 (junio 2022)			E02 (septiembre 2022)		
	Determ #1	Determ #2	Promedio	Determ #1	Determ #2	Promedio
Submuestra 01	2,56	2,55	<b>2,56</b>	2,6	2,59	<b>2,60</b>
Submuestra 02	2,59	2,57	<b>2,58</b>	2,58	2,62	<b>2,60</b>
Submuestra 03	2,57	2,55	<b>2,56</b>	2,58	2,56	<b>2,57</b>

NOTA: Todos los valores están expresados en %.

Según el criterio del Anexo B de la ISO 13528 (7) se verifica la condición de estabilidad, para  $\sigma_{pt}$  asumido igual a 0,10 g / 100 g (desvío estándar robusto según algoritmo A de la ISO 13528 (7) de los datos obtenidos en este programa interlaboratorio de cementos ICPA), y considerando una incertidumbre expandida del método de ensayo de 0,1 g / 100 g.



**Damián M. Altgelt**  
Director Ejecutivo ICPA

<sup>2</sup> INTI. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Departamento Desempeño y Control de Aglomerantes – Dirección Técnica Tecnología del Hormigón y Aglomerantes – Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura. Av. General Paz 5445 – Parque Tecnológico Miguelete – Edificio 33. (OT 224-2359).