



Líderes en
Innovación y
Transferencia
Tecnológica



Programa Interlaboratorio de Cementos de Uso General Informe técnico

Año 2025

Preparó: Matías Camueira

Revisó: Daiana Festa

Aprobó: Damián Altgelt

Estado: FINAL. Rec1 10/08/2026

Fecha de emisión: 6 / 08 / 2026

Cantidad de hojas del informe: sesenta y tres (63)

ÍNDICE

1. Objetivo	4
2. Participantes	4
2.1 Nómina	4
2.2 Identificación	6
3. Materiales empleados	6
4. Preparación y distribución de las muestras de ensayo	6
5. Análisis estadístico y determinación del valor asignado y desviación estándar interlaboratorio	7
6. Resultados	8
6.1. Análisis químico	8
6.1.1. Pérdida por calcinación	8
6.1.2. Dióxido de silicio (SiO_2)	10
6.1.3. Óxido de aluminio (Al_2O_3)	12
6.1.4. Óxido férrico (Fe_2O_3)	14
6.1.5. Óxido de calcio (CaO)	16
6.1.6. Óxido de magnesio (MgO)	18
6.1.7. Trióxido de azufre (SO_3)	20
6.1.8. Cal libre (CaO)	22
6.1.9. Residuo insoluble	23
6.1.10. Óxido de sodio (Na_2O)	25
6.1.11. Óxido de potasio (K_2O)	26
6.1.12. Cloruro (Cl^-)	28
6.1.13. Sulfuro	29
6.1.14. Calor de hidratación a 41 horas	30
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
6.2.6. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 μm	38
6.2.7. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 μm	40
6.2.8. 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
7. Conclusiones	52

8. Referencias bibliográficas	53
ANEXOS	55
ANEXO 1	55
ANEXO 2	58
ANEXO 3	62
ANEXO 4	63

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 32 laboratorios (24 de Argentina, 2 de Brasil, 1 de Paraguay y 5 de Uruguay), según el siguiente detalle:

- **Argentina**

CEMENTOS AVELLANEDA S.A.

Ingeniería de Control de Procesos.
Planta San Luis.
La Calera, Belgrano, Provincia de San Luis

CEMENTOS AVELLANEDA S.A.

Planta San Jacinto
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

CINTEMAC

Laboratorio de Materiales. Universidad
Tecnológica Nacional, F. Regional Córdoba
Córdoba, Provincia de Córdoba

DIRECCIÓN DE VIALIDAD DE CÓRDOBA

Dto. I Tecnología y Laboratorio
Córdoba, Provincia de Córdoba

**FACULTAD DE INGENIERÍA -
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**

Laboratorio de Materiales y Estructuras
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

**FACULTAD DE INGENIERÍA -
UNIVERSIDAD DEL CENTRO DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

Laboratorio de Materiales
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

**FACULTAD DE INGENIERÍA -
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**

UIDIC-CEMENTOS
La Plata, Provincia de Buenos Aires

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

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

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Campana
Campana, Provincia de Buenos Aires

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Capdeville
Capdeville, Las Heras, Provincia de Mendoza

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Malagueño
Malagueño, Provincia de Córdoba

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Puesto Viejo
Puesto Viejo, Provincia de Jujuy

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

Dirección Técnica Tecnología del Hormigón y
Aglomerantes
San Martín, Provincia de Buenos Aires

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

Planta Catamarca
El Alto, La Calera, Provincia de Catamarca

- **Argentina (continuación)**

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

Planta L'Amalí
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

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

MAPEI ARGENTINA S.A.

Laboratorio Concrete – CADD
Belén de Escobar, Provincia de Buenos Aires

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 DE TUCUMÁN

Laboratorio de Ensayos de Materiales
San Miguel de Tucumán, Tucumán

- **Brasil**

**GCP BRASIL INDUSTRIA E COMERCIO
DE PRODUTOS QUIMICOS**

Laboratorio R&D
Sorocaba, São Paulo

INTERCEMENT BRASIL S.A.

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

- **Paraguay**

ITAIPU BINACIONAL

Laboratorio de Tecnología del Hormigón de
ITAIPU - LTCI
Hernandarias, Provincia de Alto Paraná

- **Uruguay**

ANCAP

Planta Minas
Minas, Departamento de Lavalleja

ANCAP

Planta Paysandú
Paysandú, Departamento de Paysandú

CEMENTOS ARTIGAS S.A.

Planta Minas
Minas, Departamento de Lavalleja

INSTITUTO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Facultad de Ingeniería, Universidad de La
República.
Departamento de Montevideo

Cielo Azul Cementos y Calizas S.A.

Laboratorio Cielo Azul Cemento
La Pacífica, Treinta y Tres

NOTA: al momento de elaborar este informe, uno de los laboratorios inscriptos no envió sus resultados. Si bien se incluye en la nómina anterior, el laboratorio no recibió identificación en los términos del punto 2.2 de este informe.

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 Compuesto (CPC) 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.

Durante el proceso de homogenización la organización detectó la presencia de grumos de tamaños diversos, que en su mayoría se desarmaban con facilidad. De todas maneras, se consultó al proveedor del cemento, quien confirmó que no se habían registrado reclamos ni se habían detectado anomalías en el lote correspondiente, por lo que decidió continuar con la preparación de las muestras.

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, TNT Express by FedEx o DHL).

El período de ensayo para los participantes comenzó el 2 de marzo de 2026, y el período de recepción de resultados se extendió hasta el 22 de junio de 2026, a pedido de algunos de los participantes.

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

A continuación 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-Score” 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	23 (*)	
Media aritmética	6,13	%
Máximo	6,47	
Mínimo	5,97	
Valor asignado (x_{pt})	6,12	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,08	
Coeficiente de Variación (CV)	1,4	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,02	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), NM18 (11), ABNT NBR 17086-6 (12).

Valores “Atípicos”		
Laboratorio L16	6,47	%

Gráfico N° 1. Pérdida por calcinación. Histograma de frecuencias

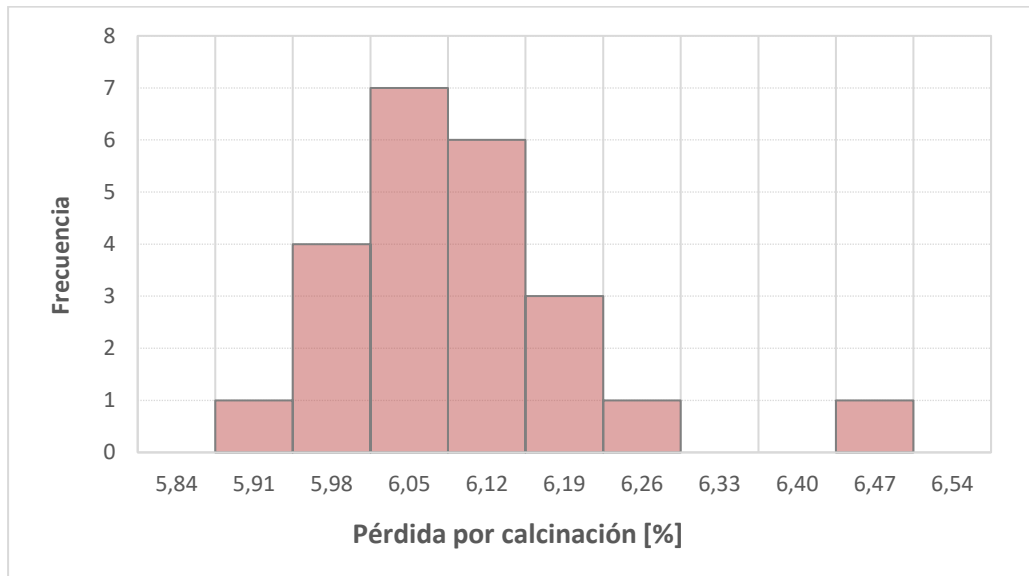
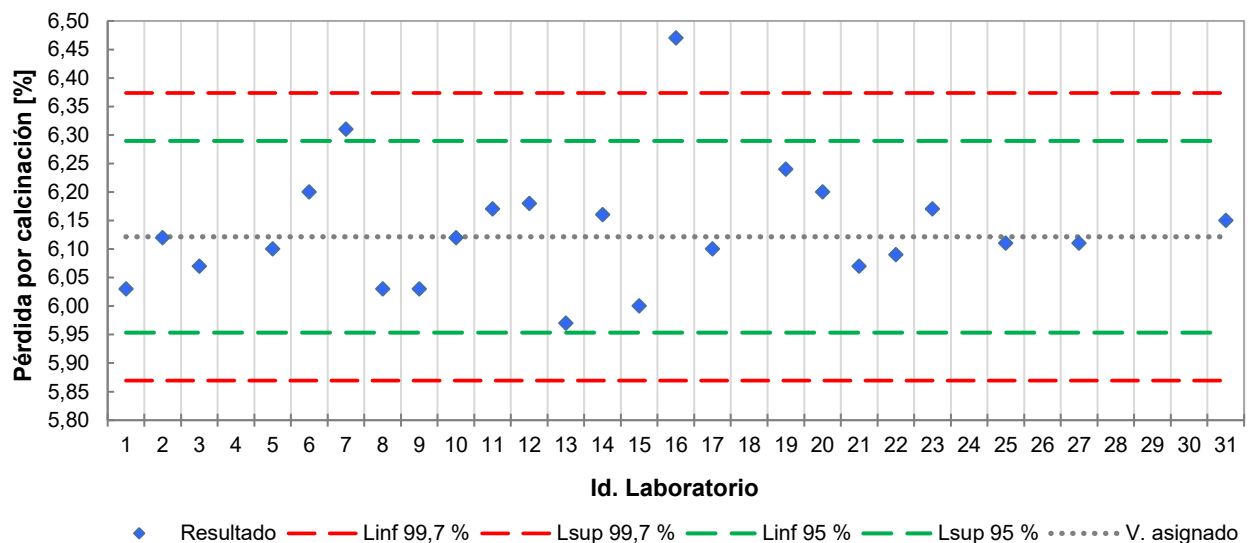


Gráfico N° 2. Pérdida por calcinación, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.2. Dióxido de silicio (SiO₂)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	22,71	%
Máximo	23,76	
Mínimo	16,51	
Valor asignado (x_{pt})	23,10	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,34	
Coeficiente de Variación (CV)	1,5	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,09	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), ABNT NBR 14656 (16), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	20,62	%
Laboratorio L19	22,00	
Laboratorio L25	16,51	

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	22,77 %	0,30 %	1,3 %	2
IRAM 1714, ISO 29581-2, EN 196-2 (FX), ABNT NBR 14656, Fluorescencia de rayos X	23,23 %	0,27 %	1,1 %	17

Gráfico N° 3. Dióxido de silicio. Histograma de frecuencias

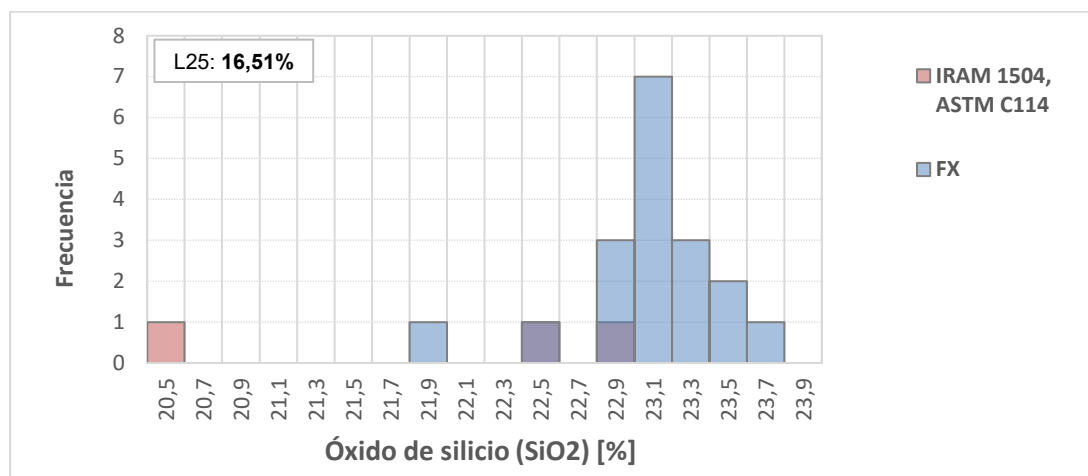
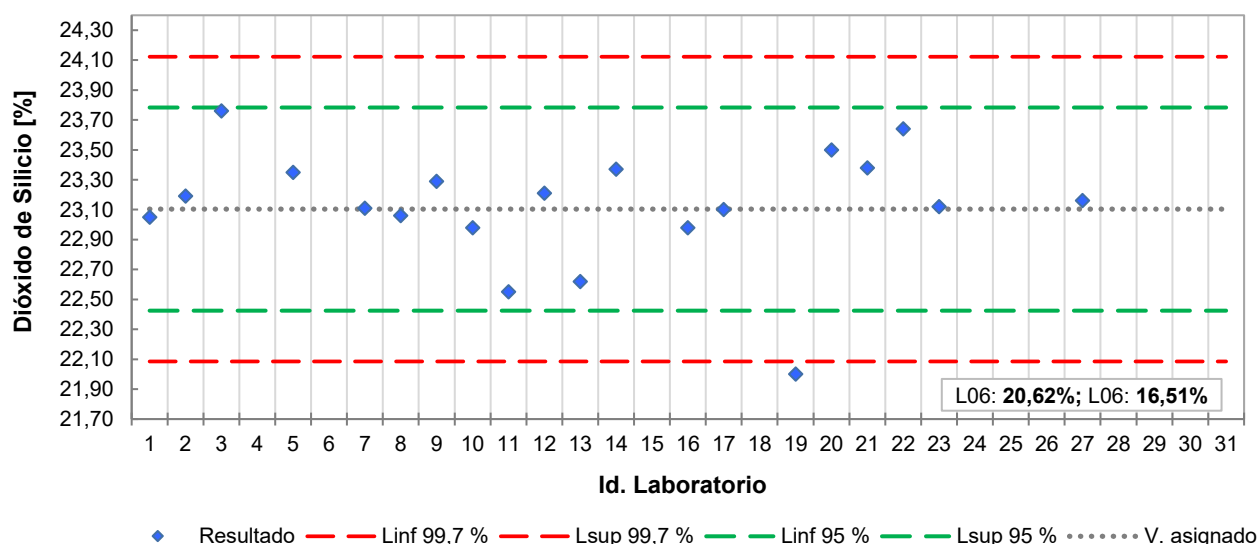


Gráfico N° 4. Dióxido de silicio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.3. Óxido de aluminio (Al_2O_3)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	4,52	%
Máximo	5,37	
Mínimo	3,00	
Valor asignado (x_{pt})	4,50	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,07	
Coeficiente de Variación (CV)	1,5	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,02	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), ABNT NBR 14656 (16), IRAM 1591-1 (17), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L03	5,23	%
Laboratorio L06	3,00	
Laboratorio L14	4,73	
Laboratorio L19	4,21	
Laboratorio L20	5,02	
Laboratorio L25	5,37	

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	4,53 %	0,06 %	1,4 %	2
IRAM 1714, ISO 29581-2, EN 196-2 (FX), ABNT NBR 14656, Fluorescencia de rayos X	4,49 %	0,04 %	0,9 %	14

Gráfico N° 5. Óxido de aluminio. Histograma de frecuencias

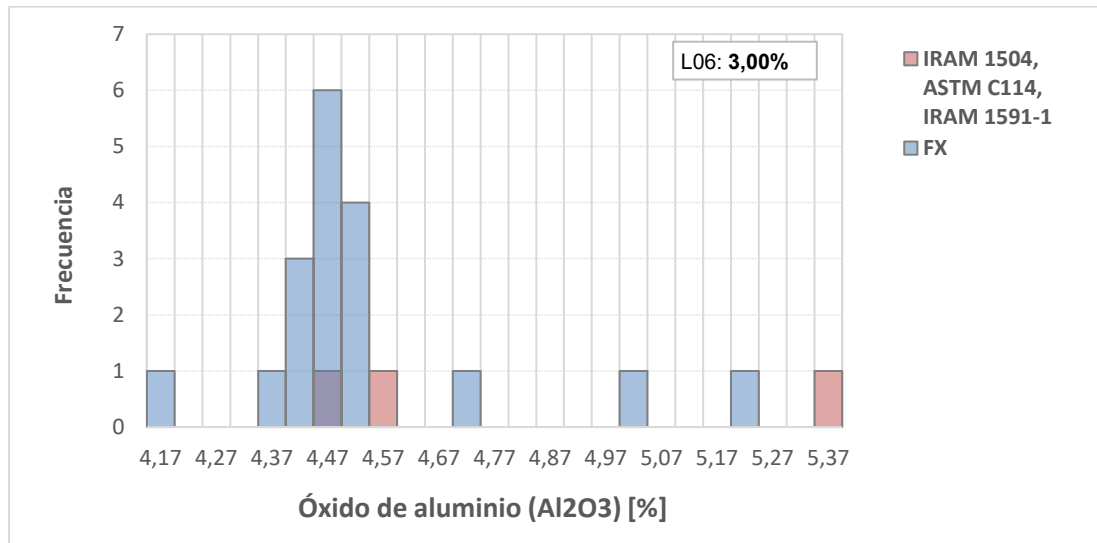
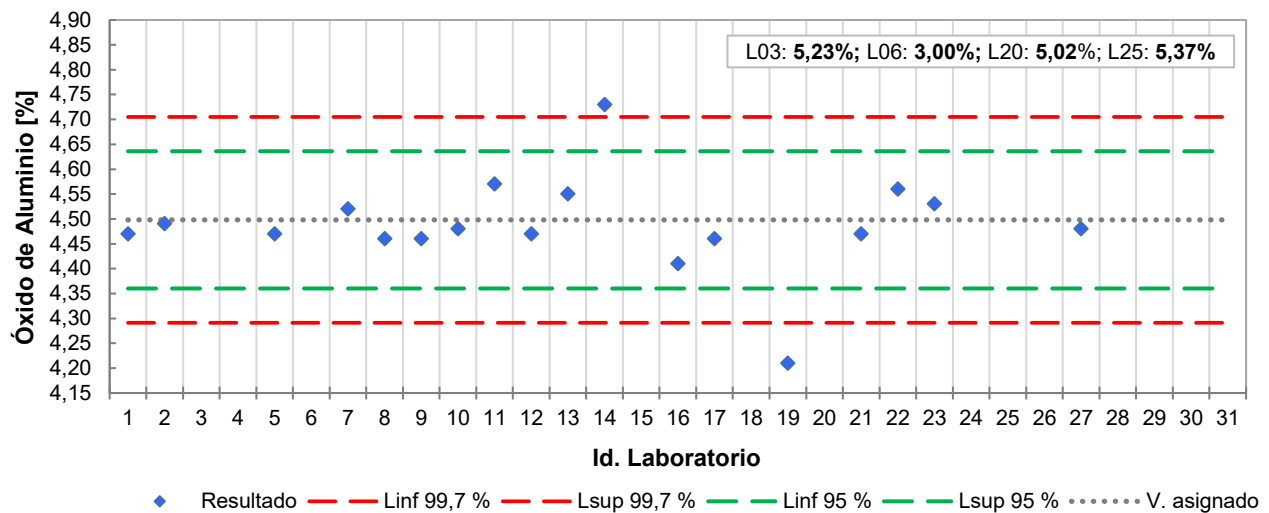


Gráfico N° 6. Óxido de aluminio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.4. Óxido férrico (Fe_2O_3)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	3,73	%
Máximo	4,06	
Mínimo	3,25	
Valor asignado (x_{pt})	3,74	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,09	
Coeficiente de Variación (CV)	2,5	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,02	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), ABNT NBR 14656 (16), IRAM 1591-1 (17), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L03	4,06	%
Laboratorio L06	3,25	
Laboratorio L25	3,45	

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	3,80 %	0,17 %	4,5 %	2
IRAM 1714, ISO 29581-2, EN 196-2 (FX), ABNT NBR 14656, Fluorescencia de rayos X	3,75 %	0,08 %	2,2 %	17

Gráfico N° 7. Óxido férrico. Histograma de frecuencias

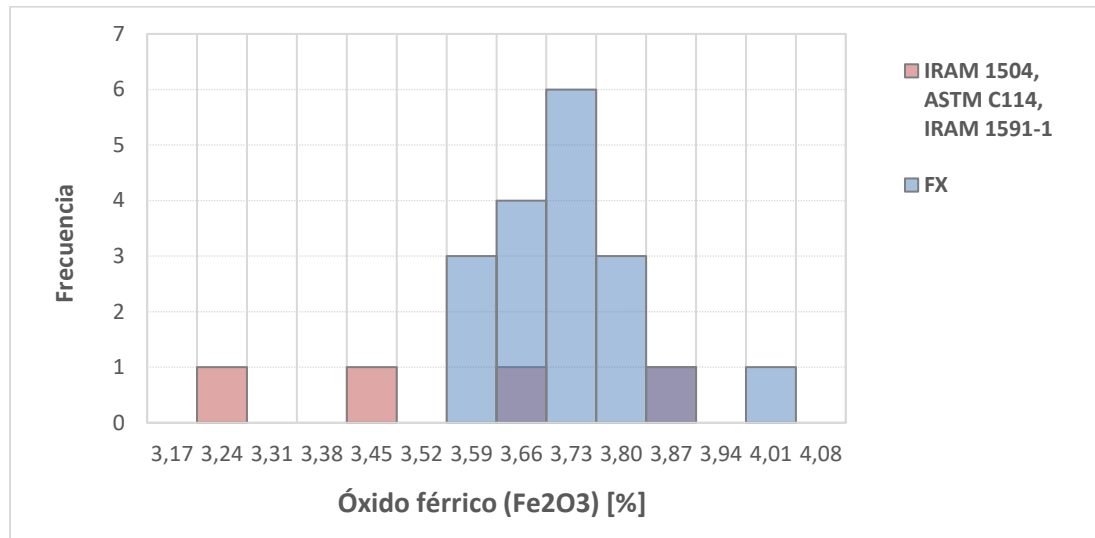
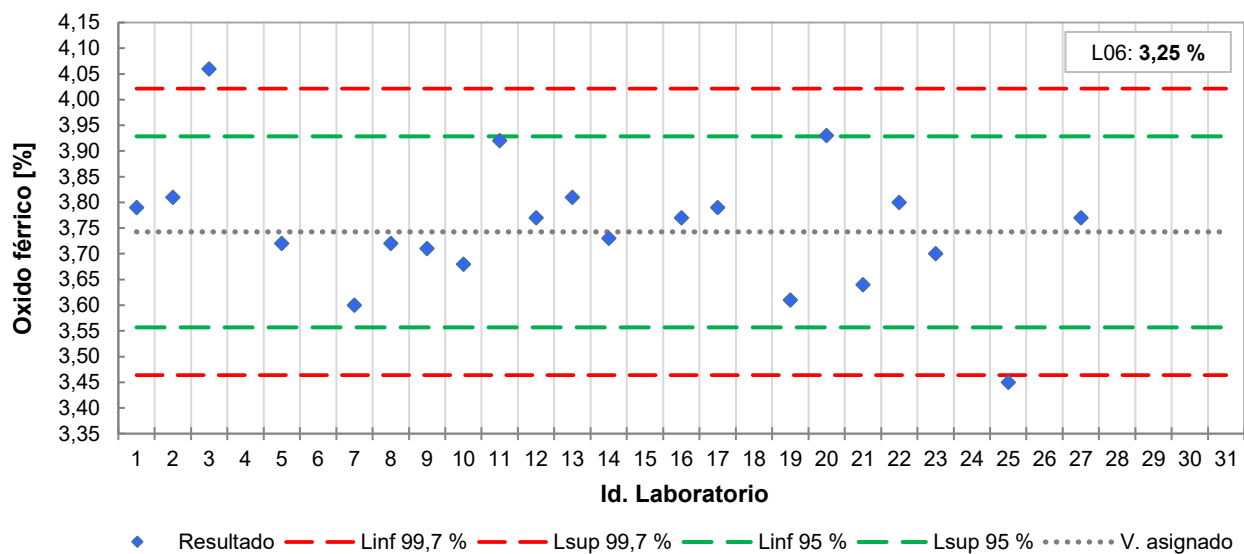


Gráfico N° 8. Óxido férrico, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.5. Óxido de calcio (CaO)

Cantidad de resultados	22 (*)	
Media aritmética	57,32	%
Máximo	59,44	
Mínimo	55,22	
Valor asignado (x_{pt})	57,30	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,26	
Coeficiente de Variación (CV)	0,4	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,07	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), ABNT NBR 14656 (16), IRAM 1591-1 (17), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L03	59,44	%
Laboratorio L11	58,75	
Laboratorio L19	55,22	

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	57,26 %	0,39 %	0,7 %	3
IRAM 1714, ISO 29581-2, EN 196-2 (FX), ABNT NBR 14656, Fluorescencia de rayos X	57,21 %	0,23 %	0,4 %	16

Gráfico N° 9. Óxido de calcio. Histograma de frecuencias

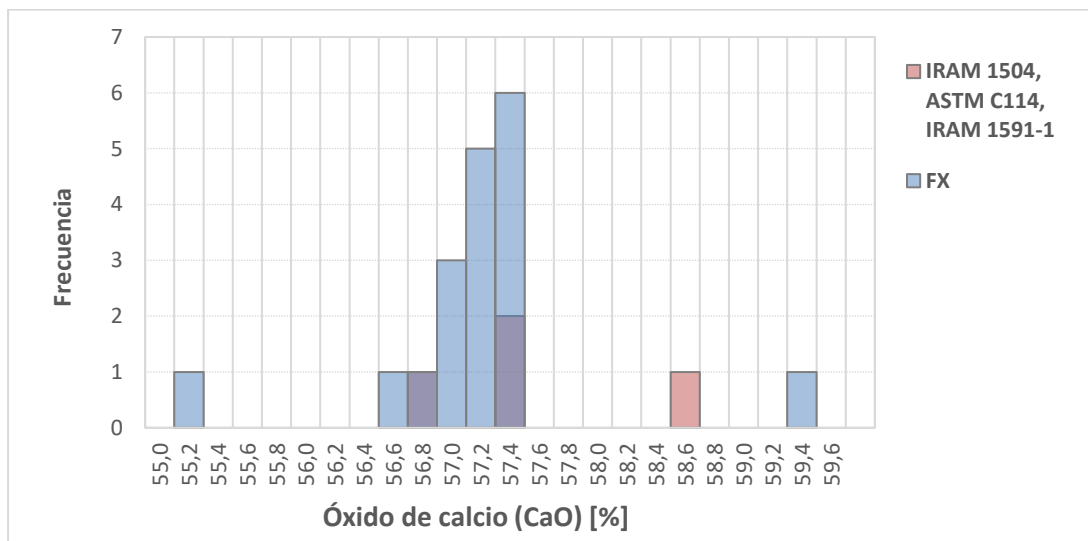
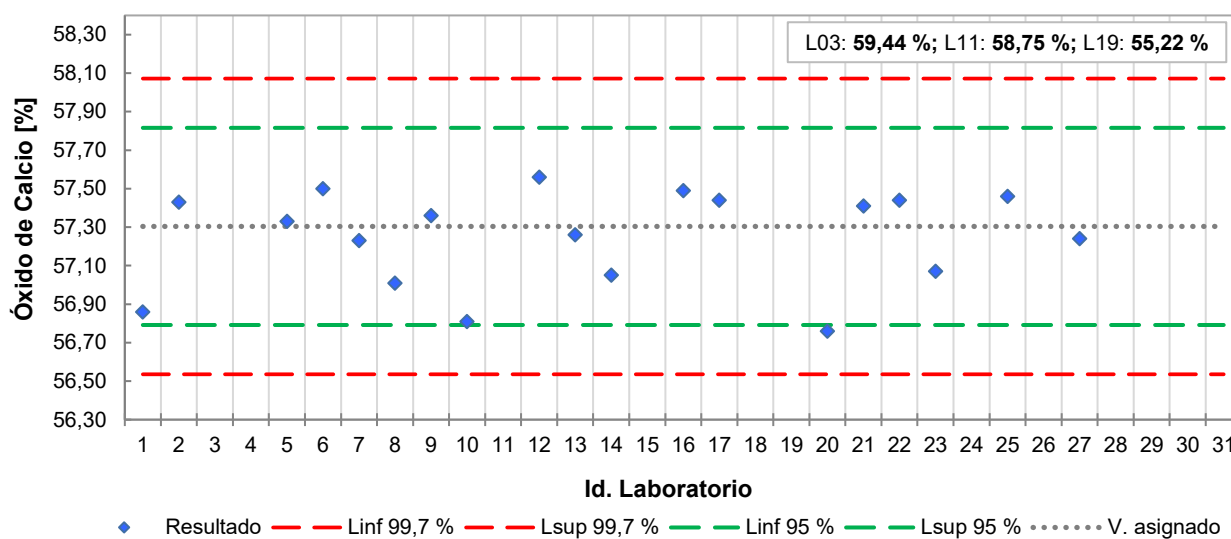


Gráfico N° 10. Óxido de calcio, en gramos por 100 gramos [%]



6.1.6. Óxido de magnesio (MgO)

Cantidad de resultados	21 (*)	
Media aritmética	0,81	%
Máximo	0,97	
Mínimo	0,73	
Valor asignado (x_{pt})	0,81	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,05	
Coeficiente de Variación (CV)	5,6	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	

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), ASTM C114 (10), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (15), ABNT NBR 14656 (16), IRAM 1591-1 (17), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L03	0,97	%
Laboratorio L06	4,35	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1504, EN 196-2 (quím.) ASTM C114	0,79 %	0,03 %	3,9 %	3
IRAM 1714, ISO 29581-2, EN 196-2 (FX), Fluorescencia de rayos X	0,80 %	0,05 %	5,7 %	17

Gráfico N° 11. Óxido de magnesio. Histograma de frecuencias.

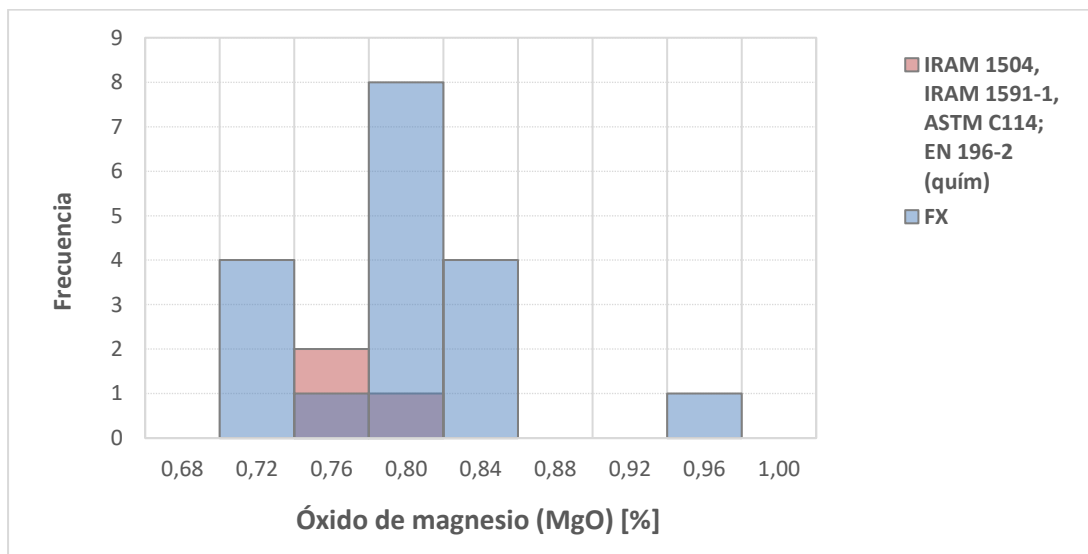
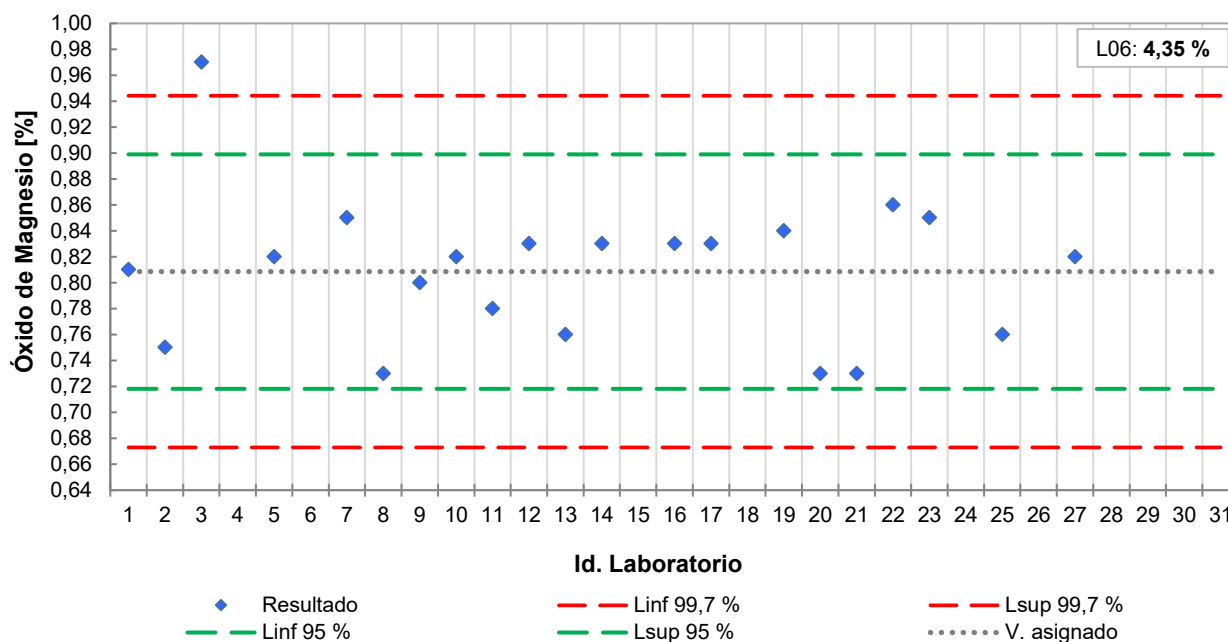


Gráfico N° 12. Óxido de magnesio, en gramos por 100 gramos [%]



6.1.7. Trióxido de azufre (SO₃)

a. Ensayos según normas IRAM 1504 (9) y ASTM C114 (10)

Cantidad de resultados	5 (*)	
Media aritmética	2,35	%
Máximo	2,37	
Mínimo	2,34	
Valor asignado (x_{pt})	2,36	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,06	
Coeficiente de Variación (CV)	2,5	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,03	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	1,50	%
Laboratorio L15	2,69	

b. Ensayos según normas IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14) y EN 196-2 (FX) (15), ABNT NBR 14656 (16) y Fluorescencia de rayos X.

Cantidad de resultados	18 (*)	
Media aritmética	2,38	%
Máximo	2,46	
Mínimo	2,30	
Valor asignado (x_{pt})	2,38	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,05	
Coeficiente de Variación (CV)	2,1	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L03	2,11	%
Laboratorio L13	2,80	

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

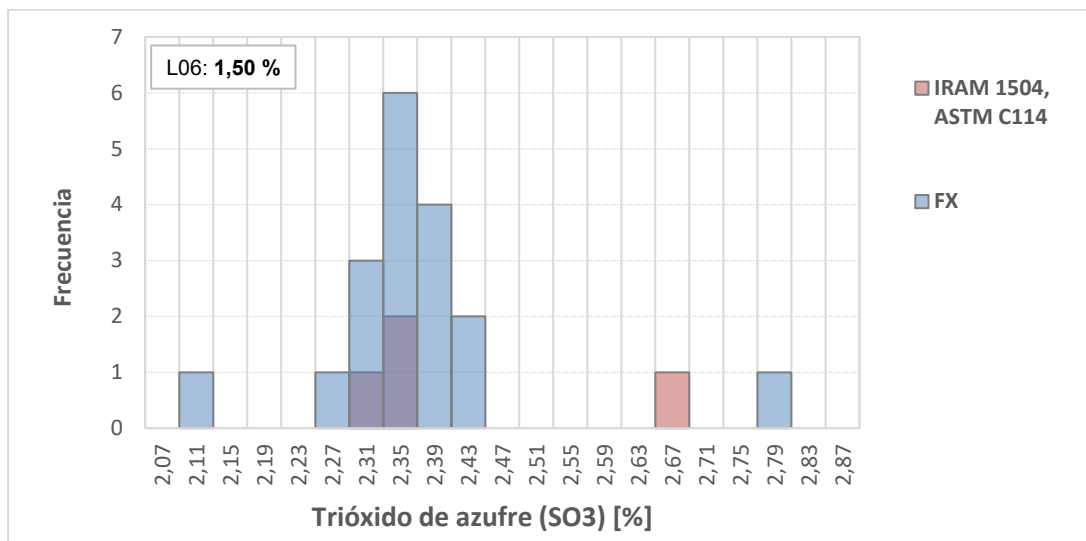


Gráfico N° 14. Trióxido de azufre, en gramos por 100 gramos (%). Normas IRAM 1504 (9) y ASTM C114 (10).

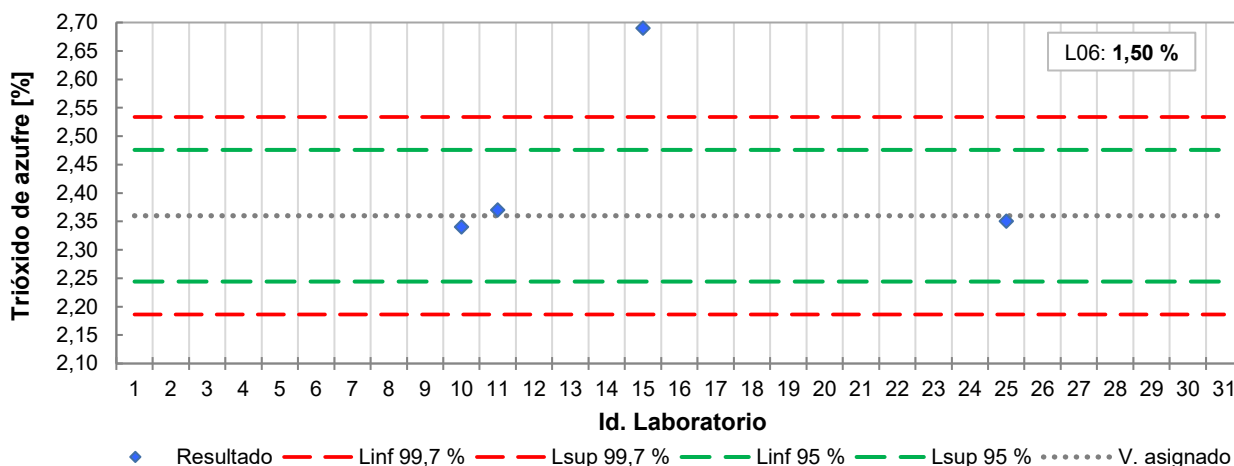
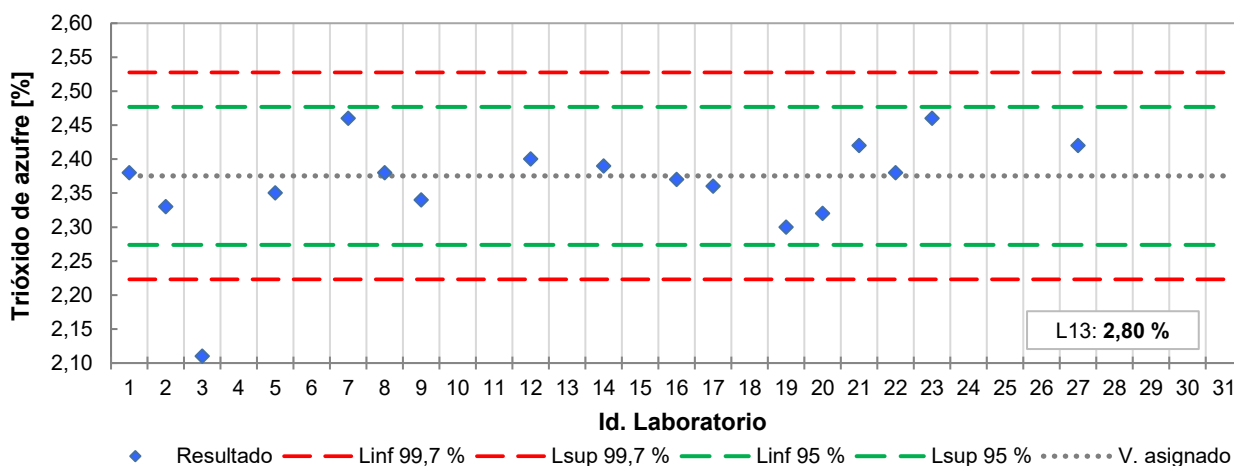


Gráfico N° 15. Trióxido de azufre, en gramos por 100 gramos (%). IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14) y EN 196-2 (FX) (15), ABNT NBR 14656 (16) y Fluorescencia de rayos X



6.1.8. Cal libre (CaO)

Cantidad de resultados	17 (*)	
Media aritmética	0,94	%
Máximo	1,20	
Mínimo	0,35	
Valor asignado (x_{pt})	1,01	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,11	
Coeficiente de Variación (CV)	11,2	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,03	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), EN 196-2 (15),
NM 12 (18), NM 13 (19), Difracción de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	0,46	%
Laboratorio L07	0,62	
Laboratorio L19	0,35	

Gráfico N° 16. Cal libre. Histograma de frecuencias.

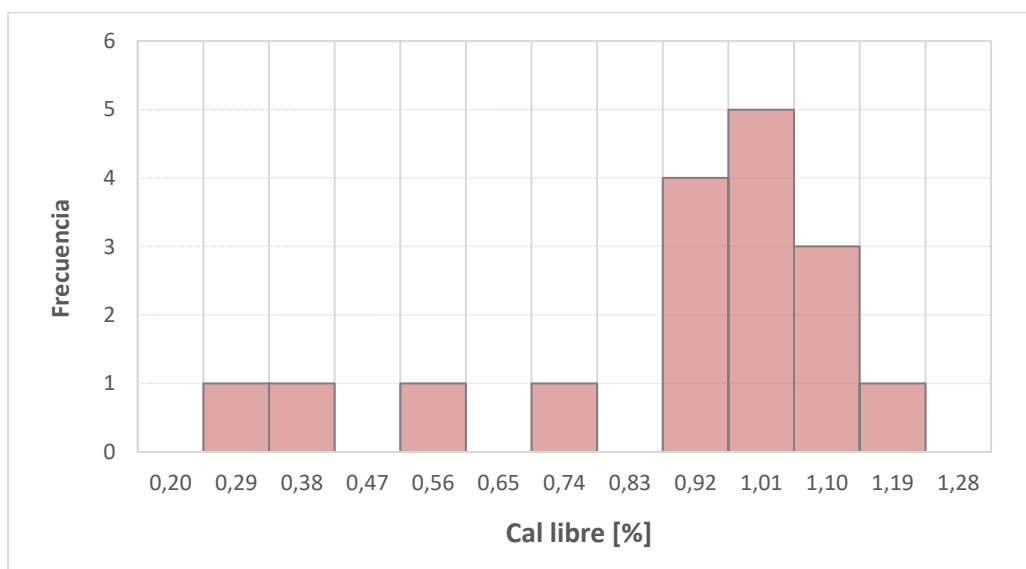
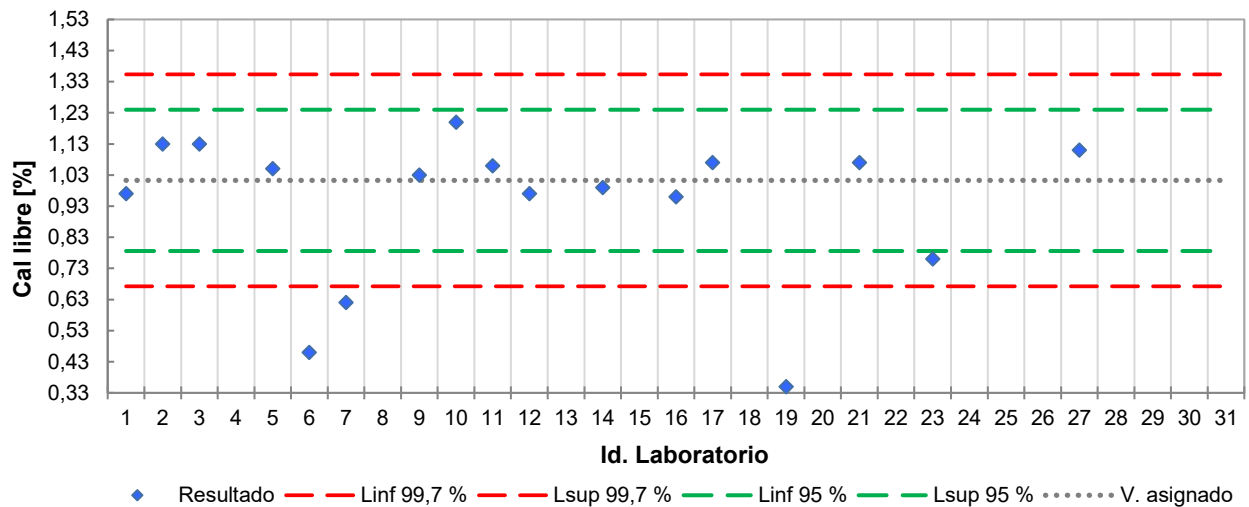


Gráfico N° 17. Cal libre, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.9. Residuo insoluble

Cantidad de resultados	23 (*)	
Media aritmética	7,69	%
Máximo	8,56	
Mínimo	3,80	
Valor asignado (x_{pt})	7,83	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,29	
Coefficiente de Variación (CV)	3,7	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,08	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), IRAM 1591-1 (17), NM 15 (20), NM 22 (21) y Fluorescencia de rayos X.

Valores “Atípicos”		
Laboratorio L06	3,80	%

Gráfico N° 18. Residuo insoluble. Histograma de frecuencias.

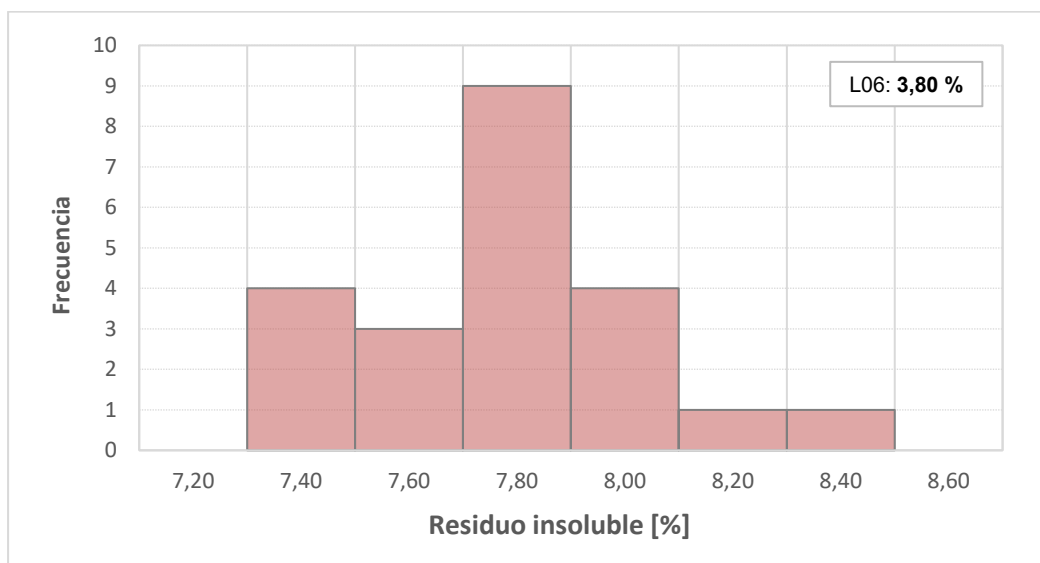
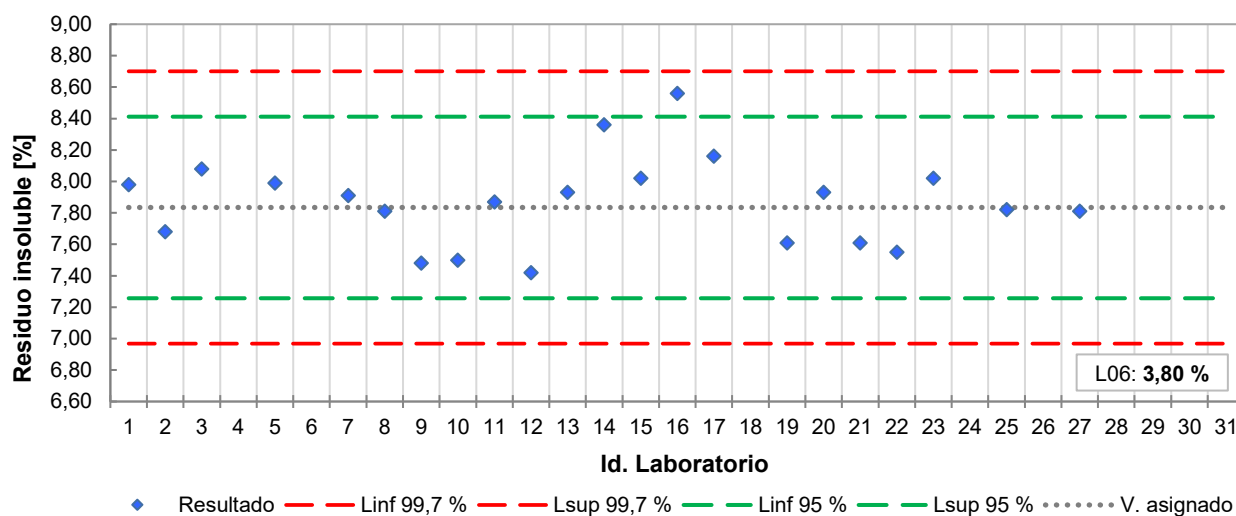


Gráfico N° 19. Residuo insoluble, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.10. Óxido de sodio (Na_2O)

Cantidad de resultados	20 (*)	
Media aritmética	0,20	%
Máximo	0,32	
Mínimo	0,12	
Valor asignado (x_{pt})	0,20	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,05	
Coeficiente de Variación (CV)	24,2	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), ABNT NBR 14656 (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	0,16 %	0,05 %	31,4 %	3
IRAM 1714, ISO 29581-2, EN 196-2 (FX), ABNT NBR 14656, Fluorescencia de rayos X	0,21 %	0,05 %	22,0 %	17

Gráfico N° 20. Óxido de sodio. Histograma de frecuencias.

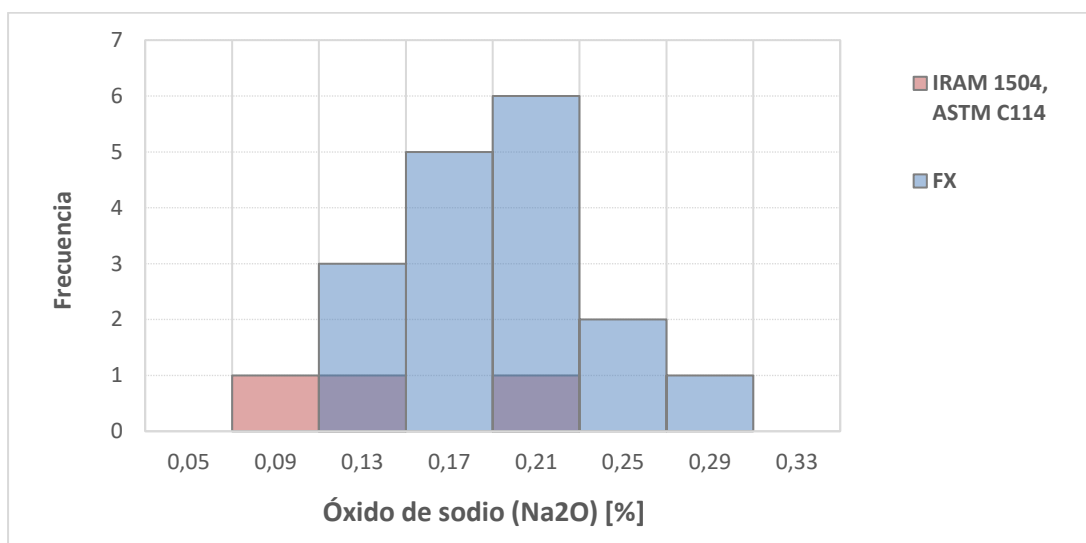
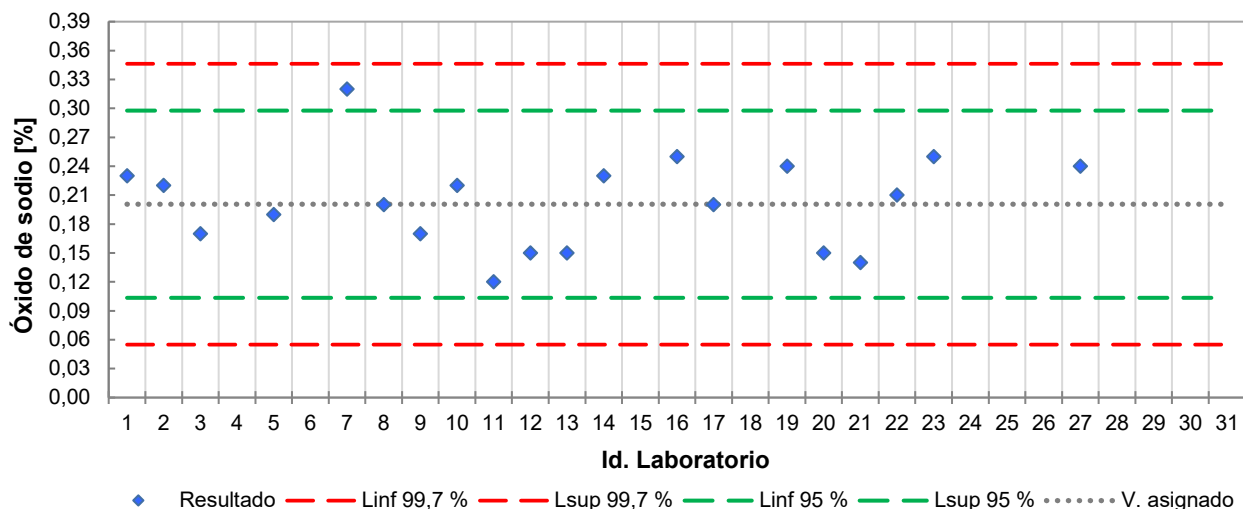


Gráfico N° 21. Óxido de sodio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.11. Óxido de potasio (K_2O)

Cantidad de resultados	20 (*)	
Media aritmética	1,13	%
Máximo	1,24	
Mínimo	0,22	
Valor asignado (x_{pt})	1,19	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,04	
Coeficiente de Variación (CV)	3,2	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), ASTM C114 (10), IRAM 1714 (13), ISO 29581-2 (14), EN 196-2 (FX) (15), ABNT NBR 14656 (16), Fluorescencia de rayos X.

Valores “Atípicos”		
Laboratorio L11	0,96	%
Laboratorio L16	0,22	

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	1,14 %	0,06 %	5,0 %	2
IRAM 1714, ISO 29581-2, EN 196-2 (FX), ABNT NBR 14656, Fluorescencia de rayos X	1,20 %	0,03 %	2,4 %	16

Gráfico N° 22. Óxido de potasio. Histograma de frecuencias.

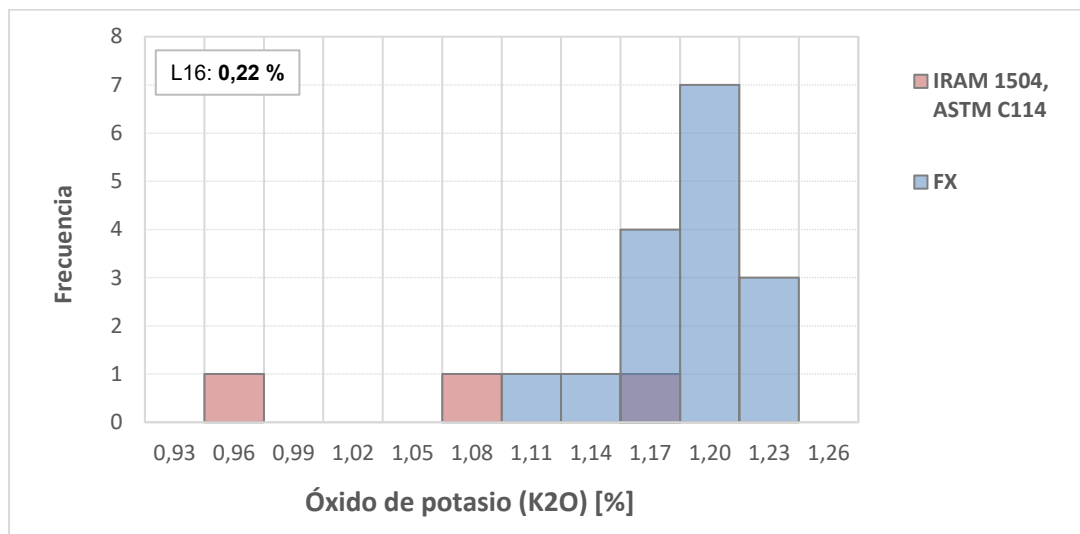
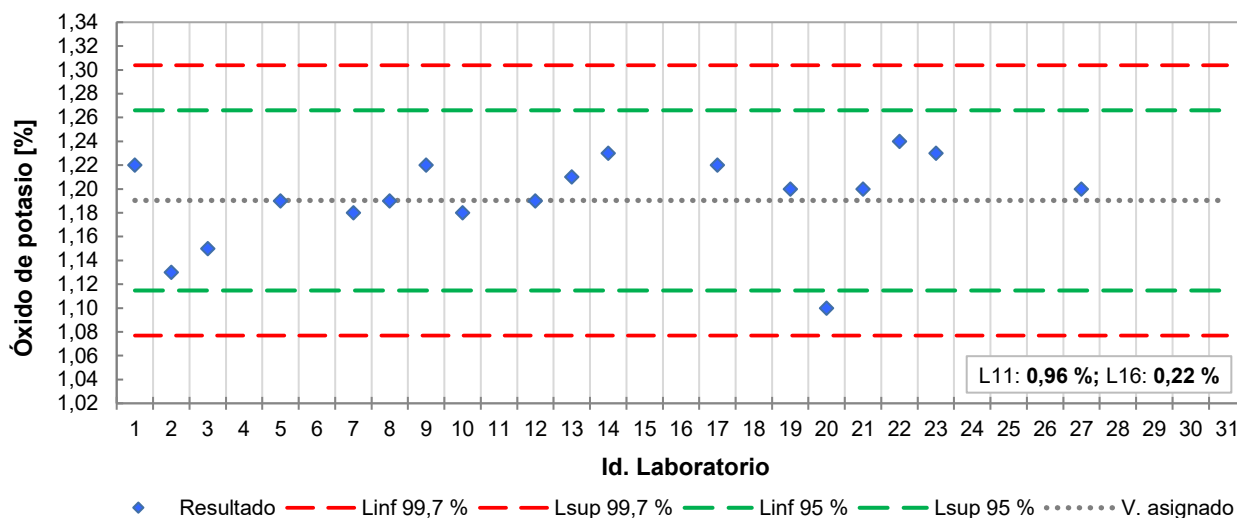


Gráfico N° 23. Óxido de potasio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.12. Cloruro (Cl⁻)

Cantidad de resultados	12 (*)	
Media aritmética	0,014	%
Máximo	0,056	
Mínimo	0,000	
Valor asignado (x_{pt})	0,010	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,004	
Coeficiente de Variación (CV)	41,7	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,002	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1504 (9), EN 196-2 (Análisis vía química) (15), IRAM 1591-1 (17), UNIT 1013 (22), Fluorescencia de rayos X, otro (procedimiento interno).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L05	0,030	%
Laboratorio L23	0,056	

Gráfico N° 24. Cloruros. Histograma de frecuencias.

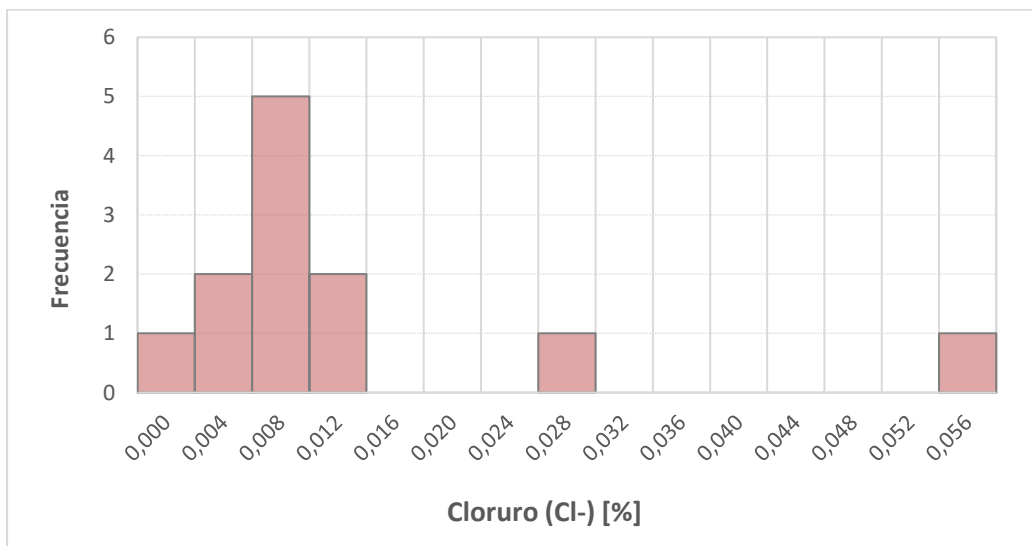
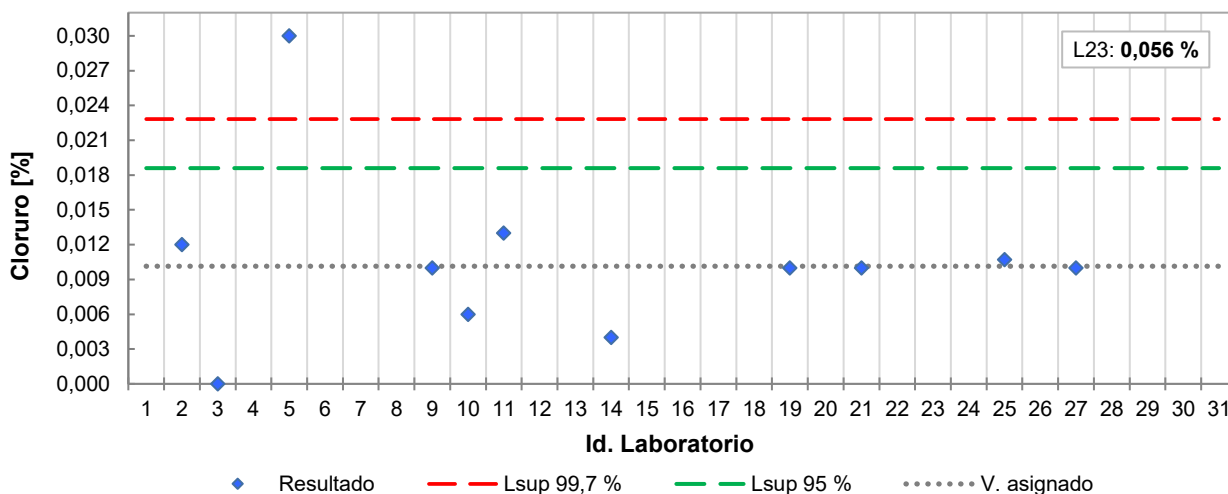


Gráfico N° 25. Cloruros, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.13. Sulfuro

Sólo cuatro participantes informaron un resultado para esta determinación.

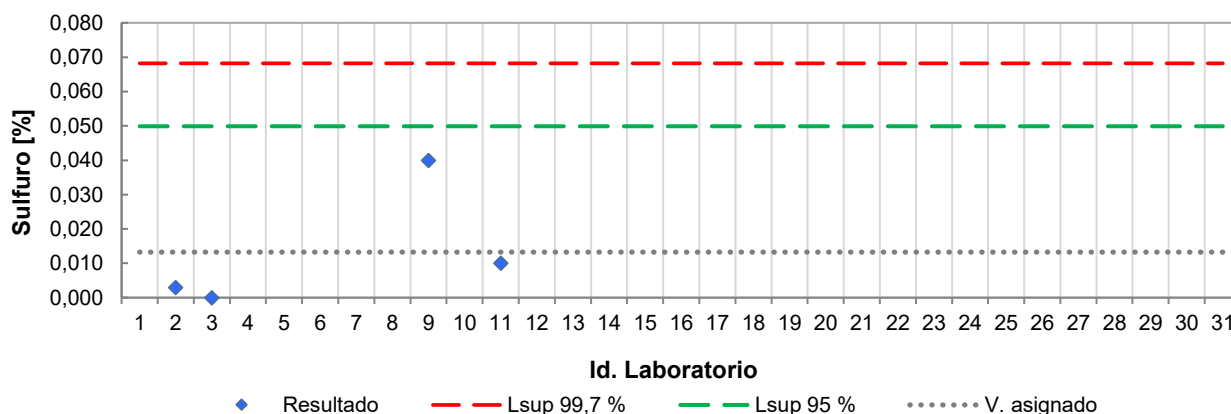
Cantidad de resultados	4 (*)	
Media aritmética	0,01	%
Máximo	0,04	
Mínimo	0,00	
Desviación estándar	0,02	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1591-1 (17), NM 19 (23) y otro (procedimiento interno).

Valores "Atípicos": no detectados

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

Gráfico N° 26. Sulfuro, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.14. Calor de hidratación a 41 horas

Sólo tres participantes informaron un resultado para esta determinación.

Cantidad de resultados	3 (*)	
Media aritmética	275,44	J/g
Máximo	291,00	
Mínimo	265,60	
Desviación estándar	13,63	

(*) Método de ensayo: IRAM 1852 (24).

No se presenta histograma de frecuencias por la baja cantidad de datos disponibles. A continuación se presentan los valores informados:

Id. Laboratorio	Resultado
Laboratorio L09	291,00 J/g
Laboratorio L14	265,60 J/g
Laboratorio L22	269,71 J/g

6.1.15. Calor de hidratación a 7 días

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

Id. Laboratorio	Resultado
Laboratorio L03	325,70 J/g
Laboratorio L12	314,03 J/g

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

6.2. Ensayos físicos

6.2.1. Densidad

Cantidad de resultados	28 (*)	
Media aritmética	3,05	g/cm ³
Máximo	3,12	
Mínimo	3,00	
Valor asignado (x_{pt})	3,05	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,03	
Coeficiente de Variación (CV)	1,0	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,007	g/cm ³

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1624 (25), NM 23 (26), ABNT NBR 16605 (27).

Valores “Atípicos”: no detectados

Gráfico N° 27. Densidad. Histograma de frecuencias.

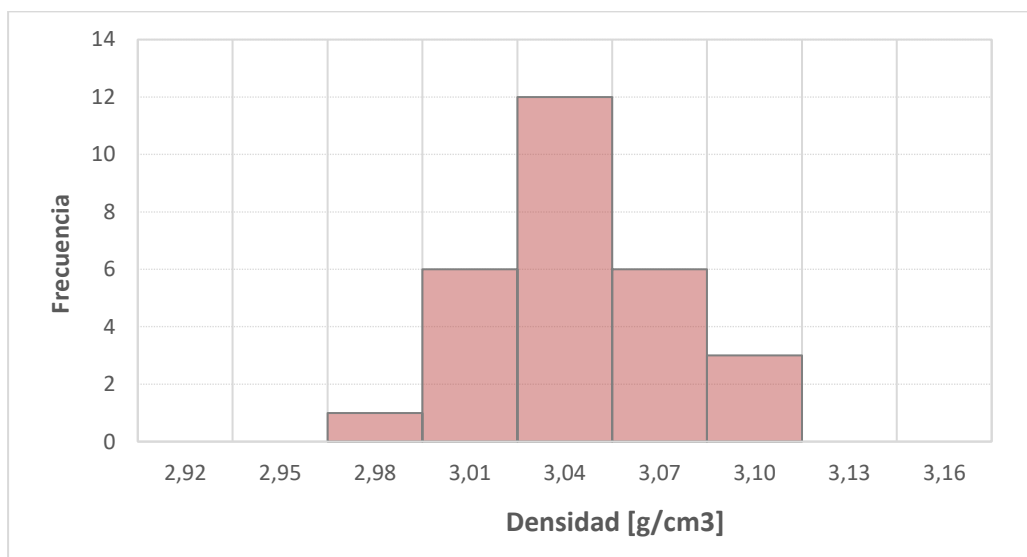
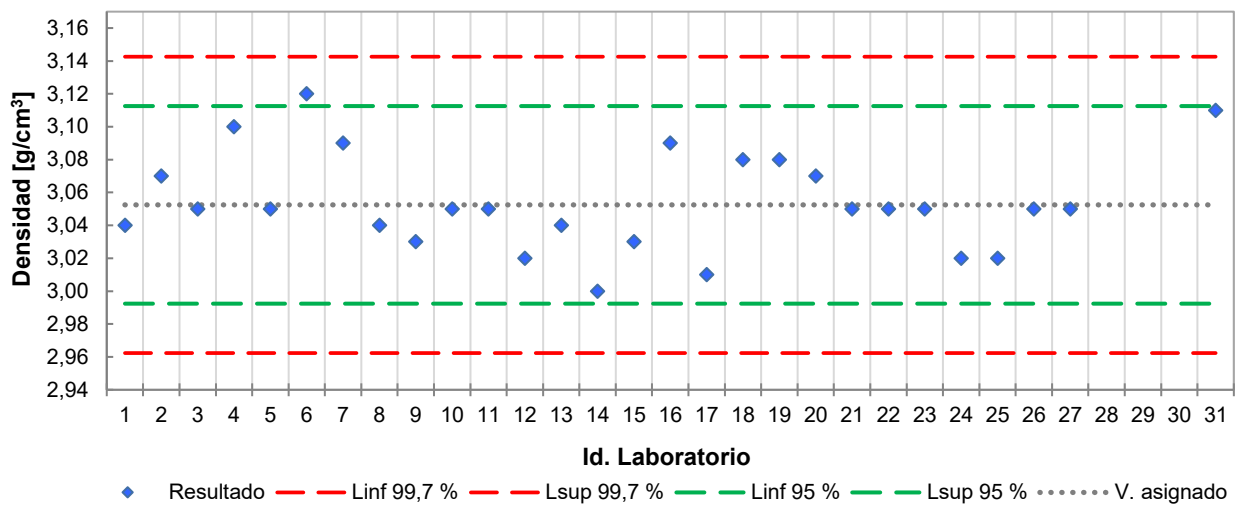


Gráfico N° 28. Densidad, en gramos por centímetro cúbico (g/cm³)



6.2.2. Finura. Superficie específica por el método Blaine

Cantidad de resultados	27 (*)	
Media aritmética	4044	cm ² /g
Máximo	4941	
Mínimo	3552	
Valor asignado (x_{pt})	3996	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	86	
Coefficiente de Variación (CV)	2,2	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	21	cm ² /g

(*) Métodos de ensayo: UNIT 1381 (28), IRAM 1623 (29), ABNT NBR 16372 (30).

Valores “Atípicos”		
Laboratorio L02	4941	cm ² /g
Laboratorio L03	4475	
Laboratorio L11	4270	
Laboratorio L26	3551	

Gráfico N° 29. Finura. Superficie específica por el método Blaine. Histograma de frecuencias.

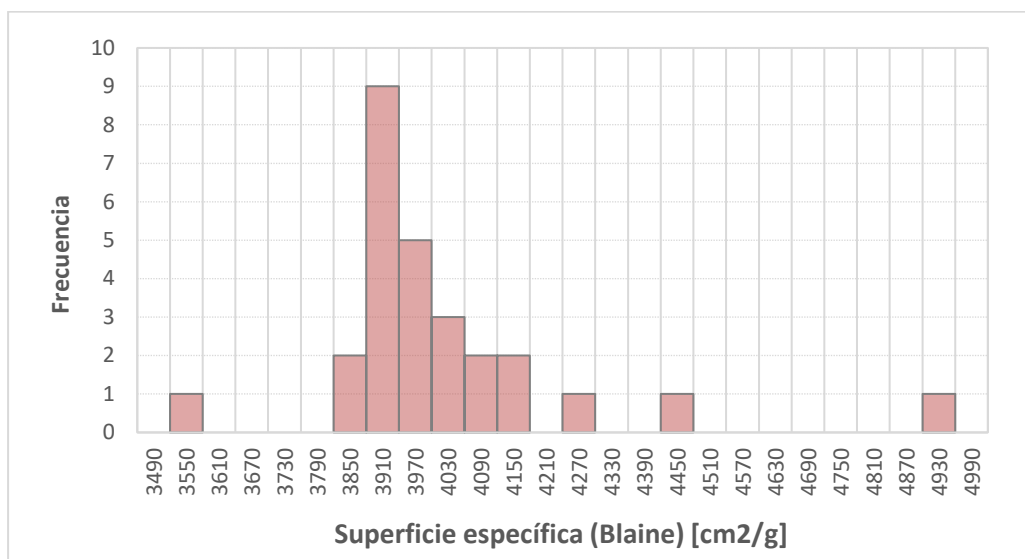
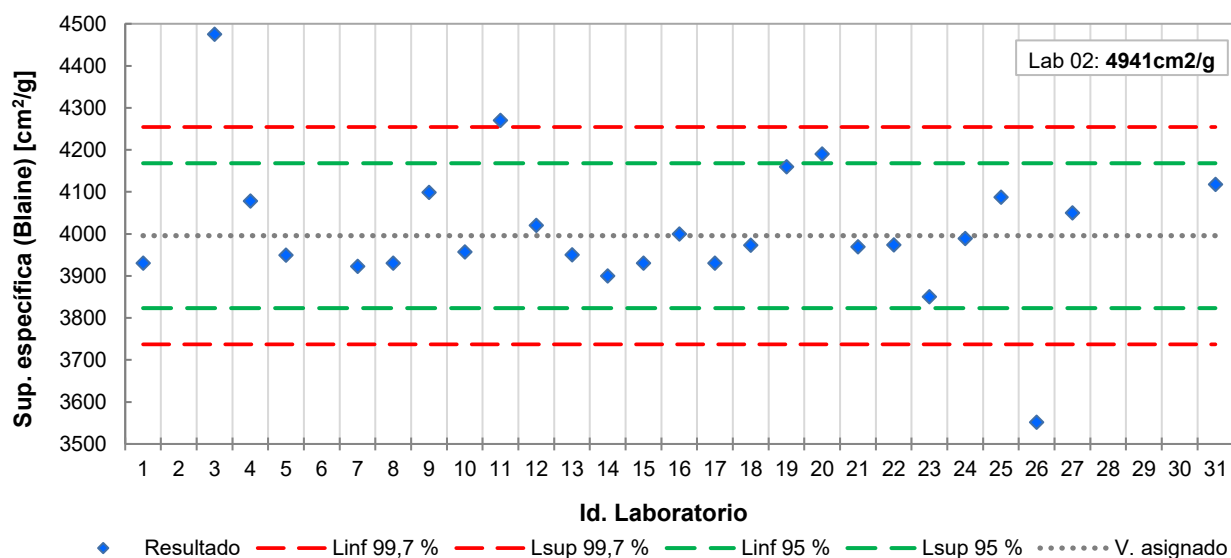


Gráfico N° 30. Finura. Superficie específica Blaine, en centímetros cuadrados por gramo (g/cm²).



6.2.3. Agua para pasta de consistencia normal

Cantidad de resultados	27 (*)	
Media aritmética	28,5	%
Máximo	30,0	
Mínimo	27,8	
Valor asignado (x_{pt})	28,3	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,34	
Coeficiente de Variación (CV)	1,2	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,1	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1612 (31), ABNT NBR 16606 (32), NM 43 (33), UNIT 1382 (34).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L01	29,5	%
Laboratorio L03	30,0	
Laboratorio L16	29,6	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
IRAM 1612, ABNT NBR 16606	28,3 %	0,4 %	1,3 %	20
NM 43, UNIT 1382	28,3 %	0,5 %	1,9 %	4

Gráfico N° 31. Agua para Pasta de Consistencia Normal. Histograma de frecuencias..

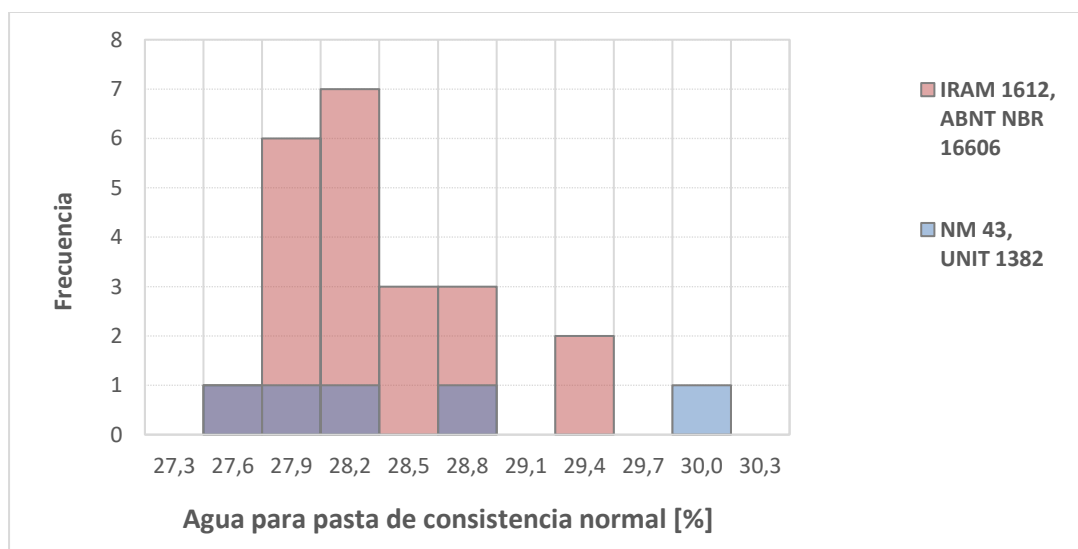
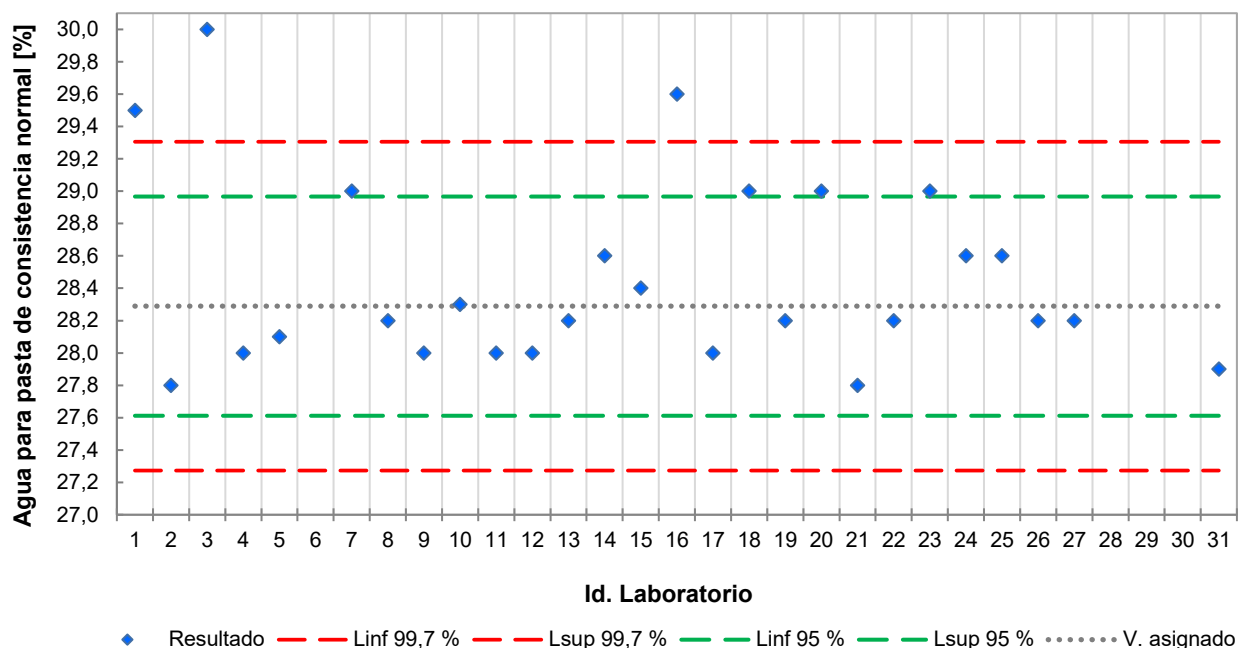


Gráfico N° 32. Agua para Pasta de Consistencia Normal, en gramos por 100 gramos (%)



6.2.4. Tiempo de fraguado inicial

Cantidad de resultados	27 (*)	
Media aritmética	162	min
Máximo	205	
Mínimo	118	
Valor asignado (x_{pt})	162	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	18	
Coeficiente de Variación (CV)	10,8	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	4	min

(*) Métodos de ensayo: UNIT 1382 (34), IRAM 1619 (35), ABNT NBR 16607 (36).

Valores “Atípicos”: no detectados

Gráfico N° 33. Tiempo de fraguado inicial. Histograma de frecuencias.

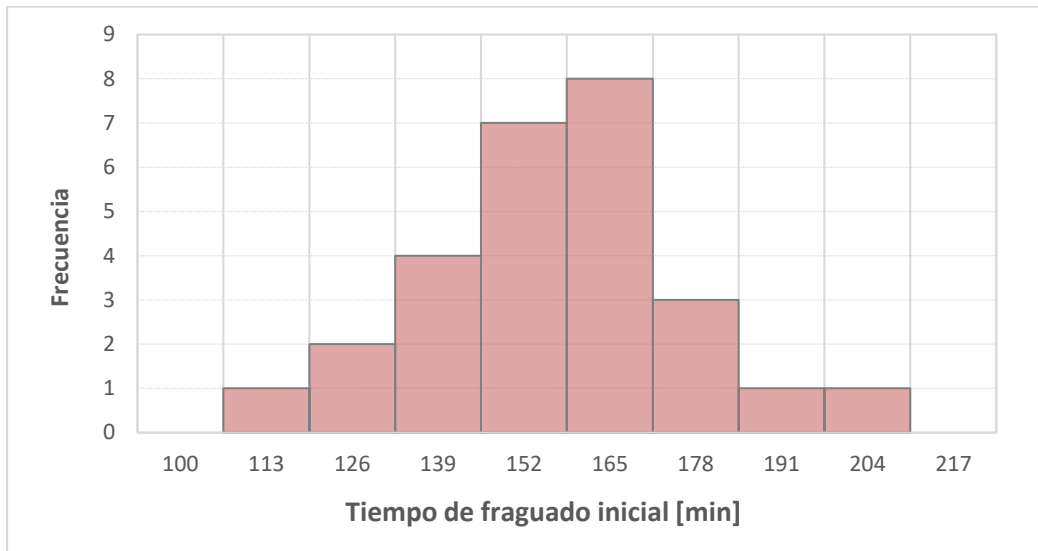
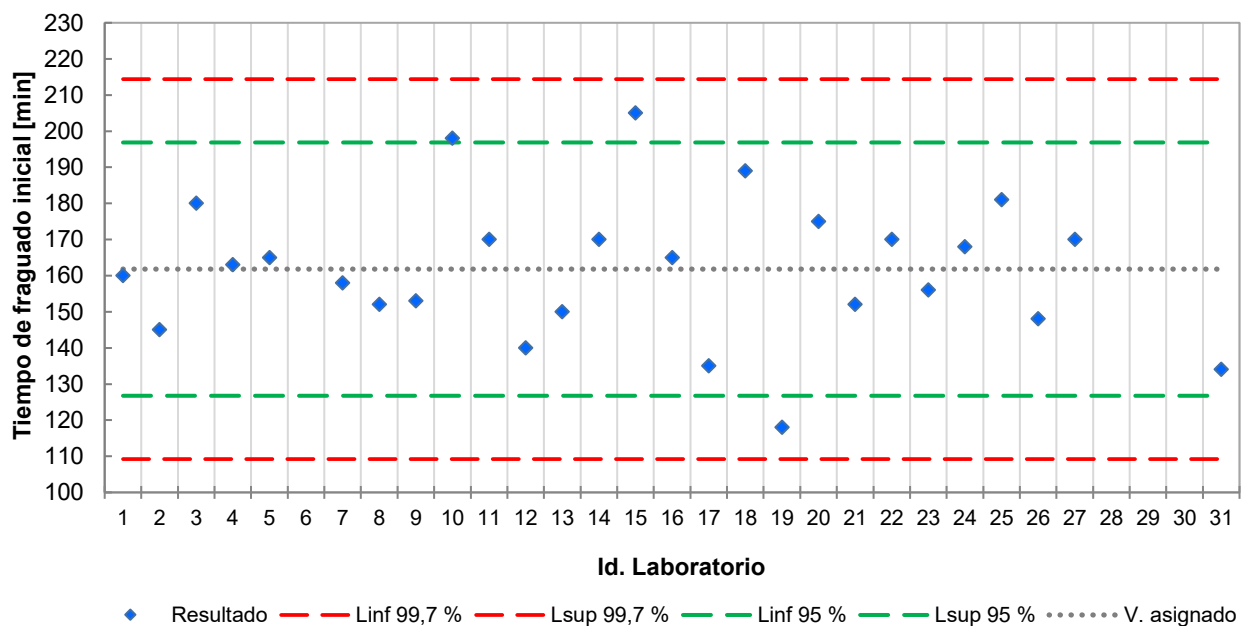


Gráfico N° 34. Tiempo de fraguado inicial, en minutos (min).



6.2.5. Expansión en autoclave

Cantidad de resultados	18 (*)	
Media aritmética	0,004	%
Máximo	0,180	
Mínimo	-0,050	
Valor asignado (x_{pt})	-0,003	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,023	
Coeficiente de Variación (CV)	(**)	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,007	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1620 (37), UNIT 514 (38).

(**) 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 L16	0,180	%

Gráfico N° 35. Expansión en autoclave. Histograma de frecuencias.

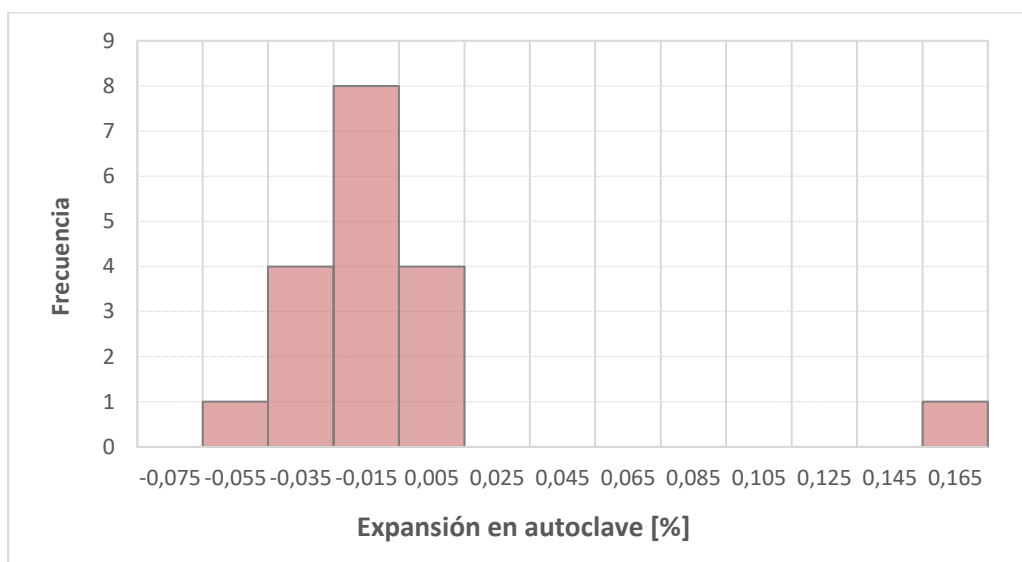
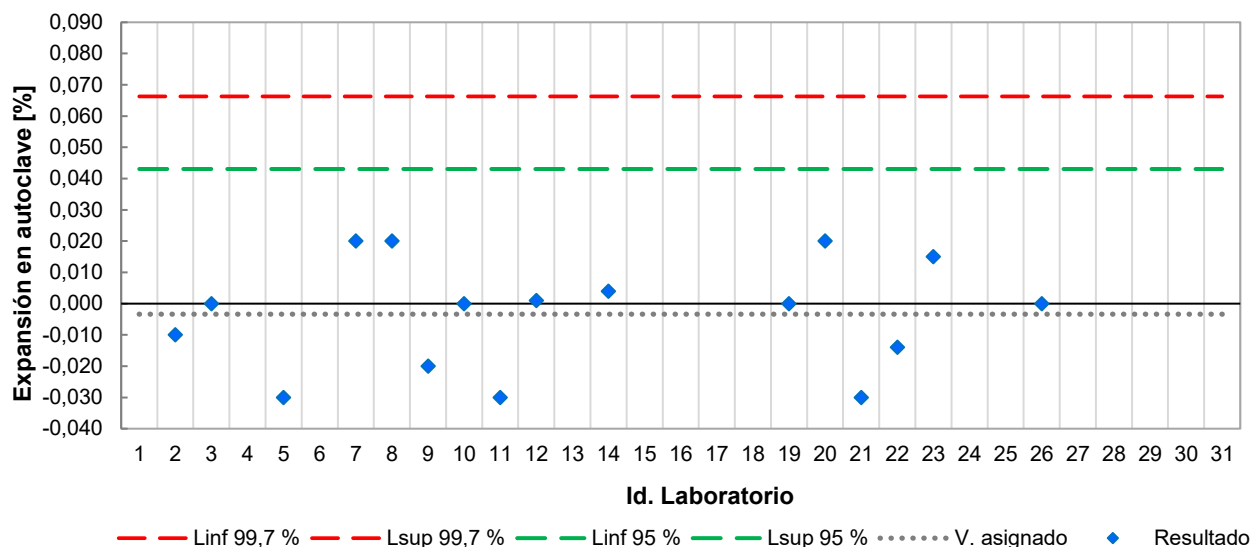


Gráfico N° 36. Expansión en autoclave, en por ciento (%)



6.2.6. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 μ m

Cantidad de resultados	26 (*)	
Media aritmética	0,5	%
Máximo	1,2	
Mínimo	0,1	
Valor asignado (x_{pt})	0,4	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,1	
Coefficiente de Variación (CV)	26,7	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,03	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1621 (39), UNIT 1064 (40), UNIT 327 (41), ABNT NBR 12826 (42), otros procedimientos en seco

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	1,2	%

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (sin considerar atípicos)			
Método	Promedio	Desvío Estándar	Cant. de resultados
IRAM 1621 (húmedo)	0,5 %	0,3 %	3
UNIT 1064	0,5 %	0,1 %	2
IRAM 1621 (seco), UNIT 327, ABNT NBR 12826 y otros procedimientos en seco	0,4 %	0,1 %	20

Gráfico N° 37. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 μ m. Histograma de frecuencias.

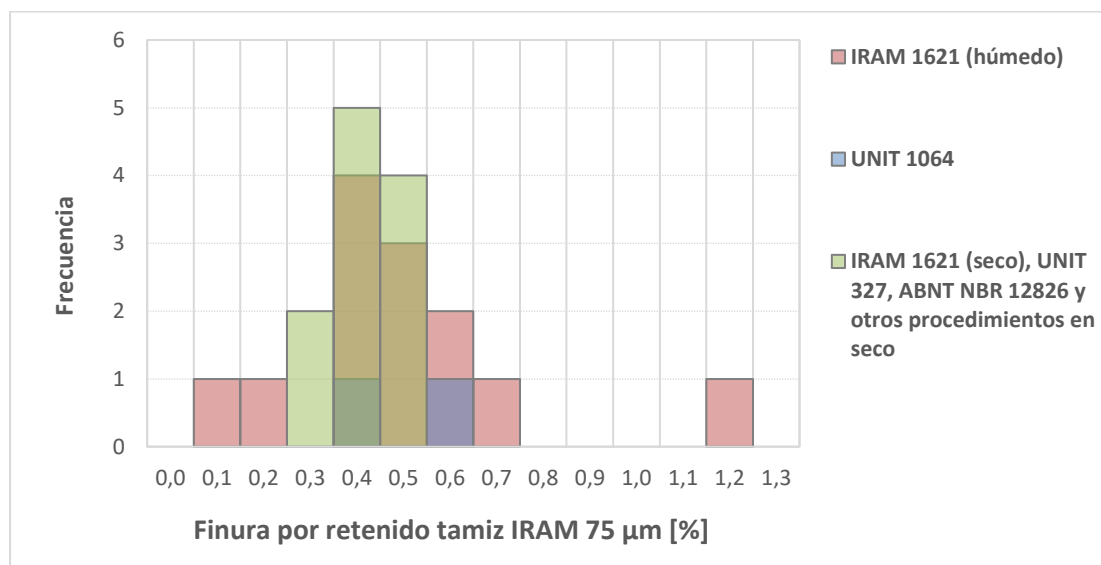
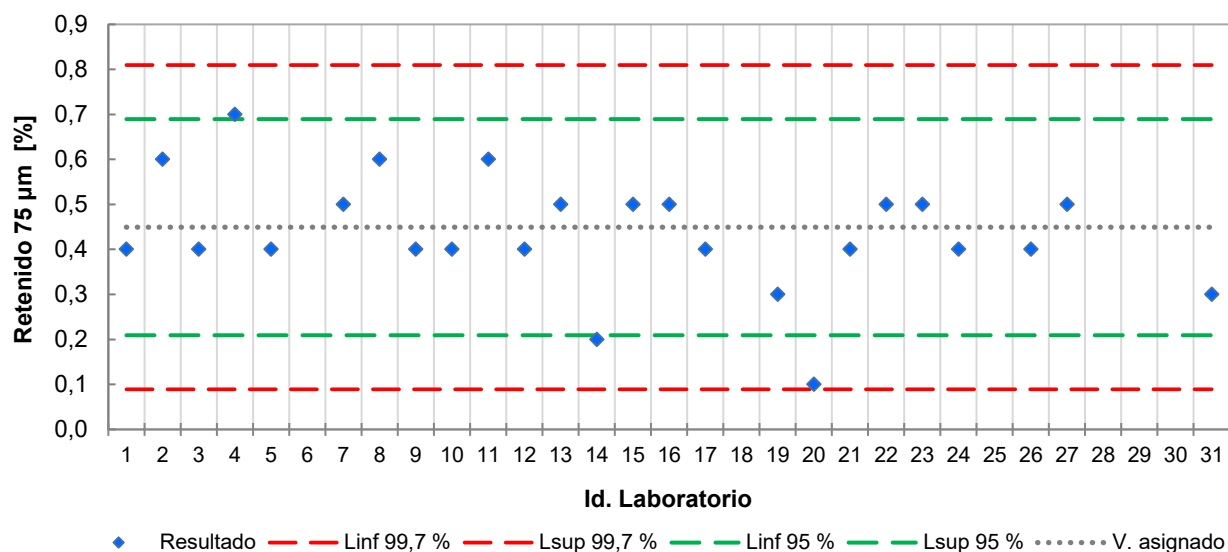


Gráfico N° 38. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 μ m, en por ciento.



6.2.7. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 μm

Cantidad de resultados	24 (*)	
Media aritmética	4,7	%
Máximo	11,6	
Mínimo	2,8	
Valor asignado (x_{pt})	4,3	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,4	
Coefficiente de Variación (CV)	9,9	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,1	

(*) Métodos de ensayo: UNIT 327 (41), ABNT 12826 (42), IRAM 1654-1 (43), otros procedimientos en seco.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L02	9,7	%
Laboratorio L04	11,6	
Laboratorio L11	2,8	

Gráfico N° 39. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 μm . Histograma de frecuencias.

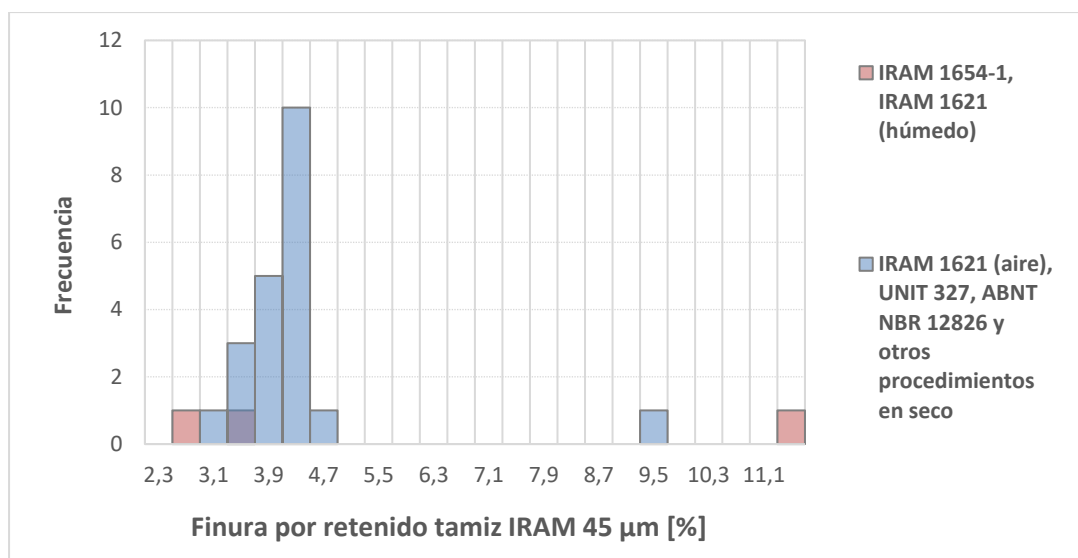
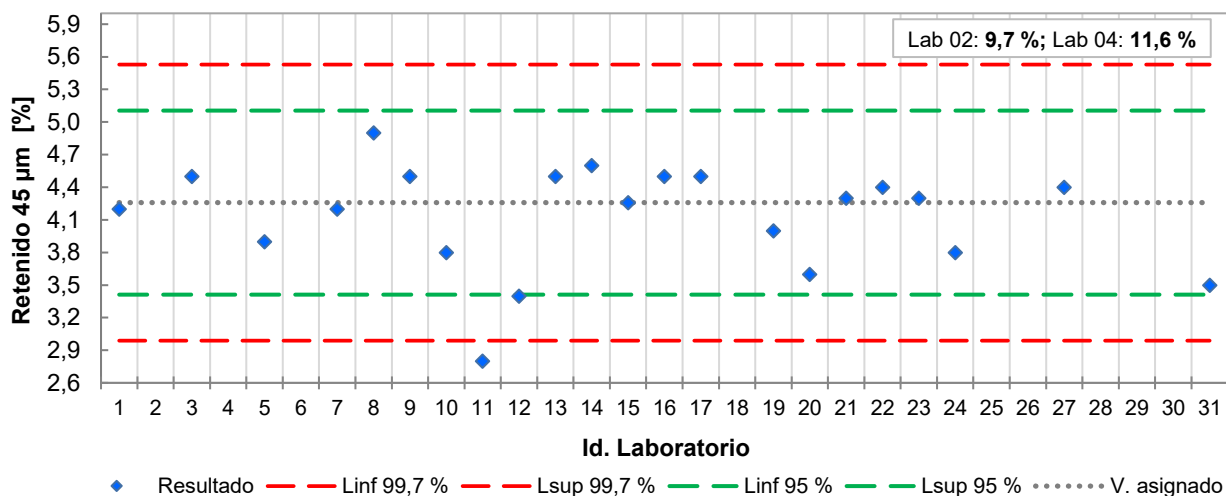


Gráfico N° 40. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm, en por ciento (%).



6.2.8. Granulometría por difracción láser

Esta determinación contó con la participación de 8 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	7,4	14,5	27,9	38,6	44,4	50,1	56,5	64,7	89,6	95,5	98,9	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
L04	8,8	12,3	21,3	27,6	31,6	34,9	40,0	48,4	81,1	90,0	97,2	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
L09	7,6	11,6	21,6	31,1	36,7	42,1	48,1	55,6	82,0	89,4	94,5	97,7	99,3	99,6	99,8	99,9	99,9
L11	3,8	5,7	11,7	18,5	23,2	28,2	34,1	41,8	70,1	79,6	87,8	94,1	98,0	99,0	99,6	99,9	99,9
L14	4,9	9,3	20,3	29,6	35,0	40,5	46,7	54,6	80,3	87,4	92,8	96,5	98,5	99,0	99,3	99,5	99,6
L19	11,6	18,4	29,5	38,4	43,5	48,4	53,7	60,5	85,1	92,0	96,6	99,1	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0
L23	-	12,3	22,4	-	36,1	-	51,8	-	83,2	87,3	-	-	96,0	99,1	99,1	-	99,6
L27	4,1	8,2	17,8	27,0	32,5	38,2	44,7	53,0	80,3	87,9	93,5	97,3	99,2	99,7	99,9	100,0	100,0

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

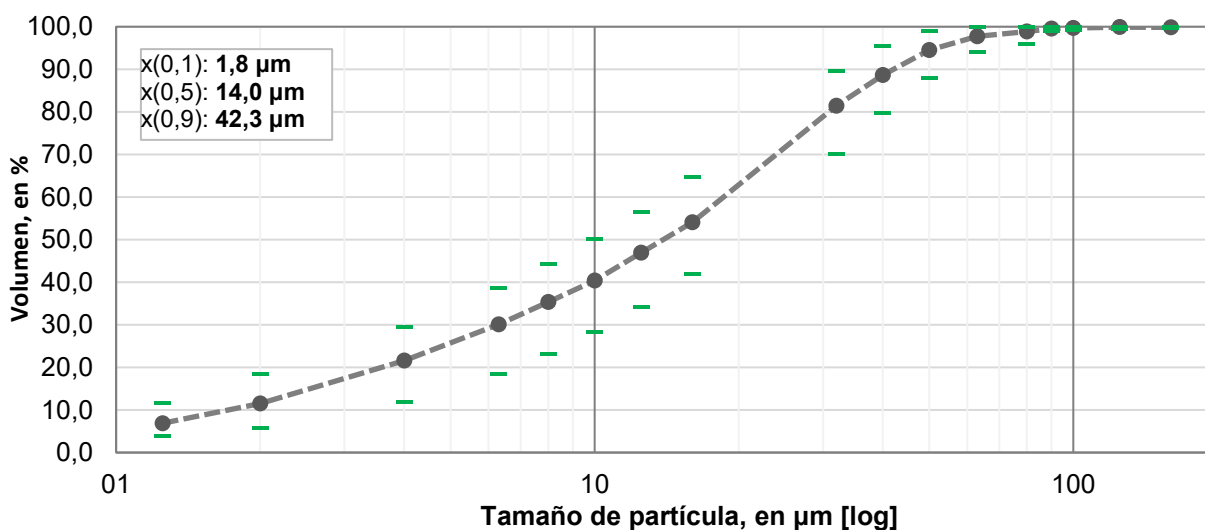
Id. Lab	Tamaño de partículas para percentiles 10, 50 y 90 %		
	X(0,1) en μm	X(0,5) en μm	X(0,9) en μm
L03	1,5	10,0	32,4
L04	1,5	16,7	40,0
L09	1,7	13,4	41,2
L11	3,5	20,0	53,6
L14	2,1	13,9	44,1
L19	1,1	10,7	37,3
L23	1,6	11,6	42,1
L27	2,4	14,7	43,2

Estadísticos generales:

Volumen acumulado por tamaño de partícula (en μm)																	
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 (%)																	
6,9	11,5	21,6	30,1	35,4	40,3	47,0	54,1	81,5	88,6	94,5	97,7	98,9	99,6	99,7	99,9	99,9	
Desviación Estándar (%)																	
2,8	3,9	5,6	7,0	6,8	7,6	7,4	7,5	5,5	4,6	3,7	2,0	1,4	0,5	0,3	0,2	0,2	
Tamaño de partículas para percentiles 10, 50 y 90 % (Estim)																	
X(0,1): 1,8 μm					X(0,5): 14,0 μm					X(0,9): 42,3 μm							

(*) Estadísticos determinados con resultados de 7 laboratorios.

Gráfico N° 41. 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

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

Cantidad de resultados	29 (*)	
Media aritmética	581,7	g
Máximo	596,4	
Mínimo	563,5	
Valor asignado (x_{pt})	581,8	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	6,6	
Coeficiente de Variación (CV)	1,1	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	1,5	g

Valores “Atípicos”: no detectados

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. Histograma de frecuencias.

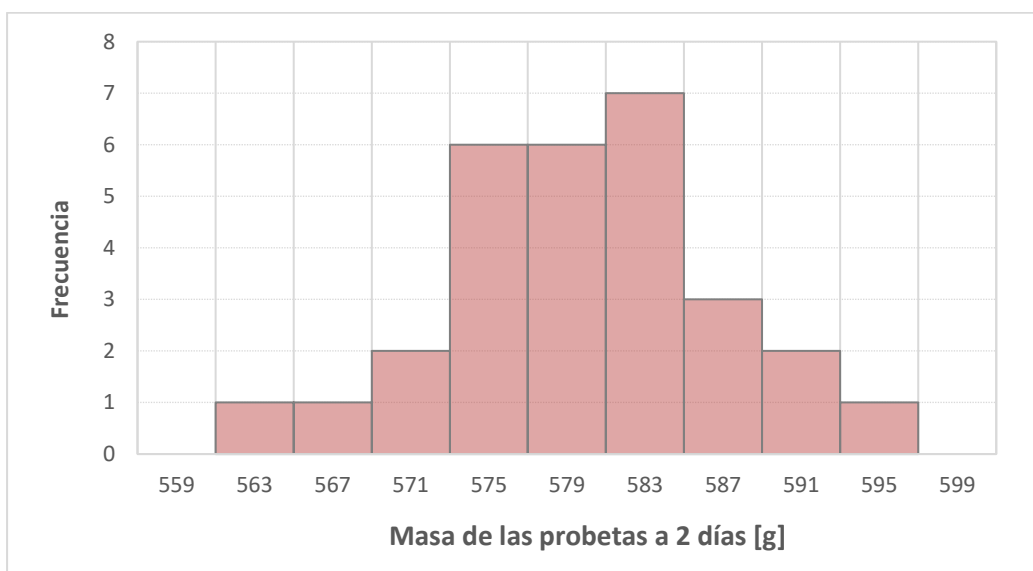
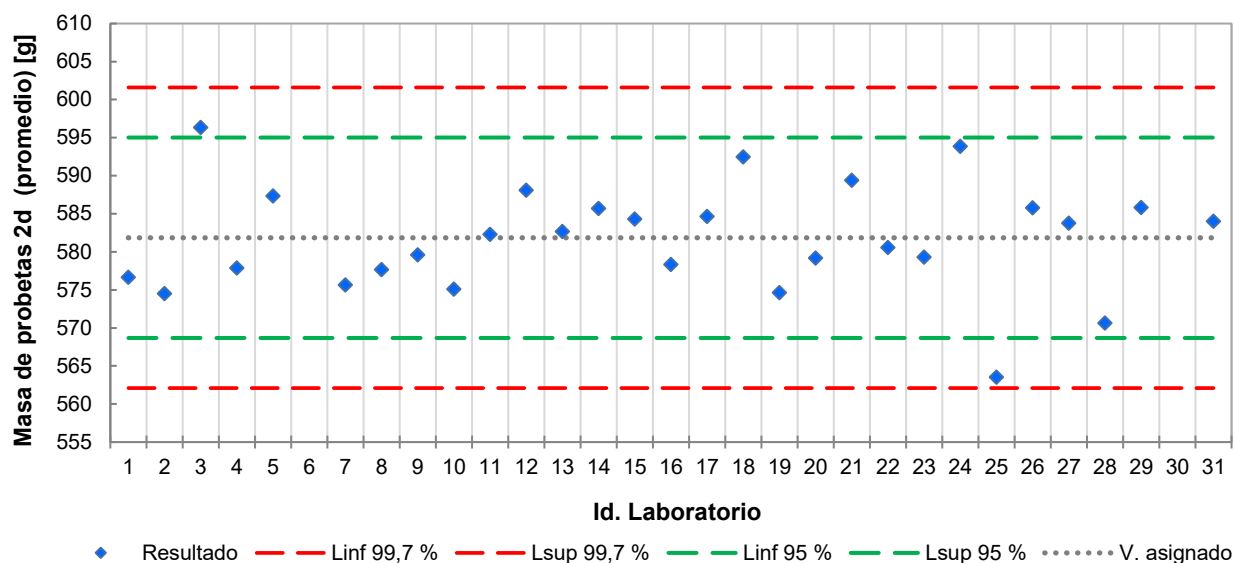


Gráfico N° 43. Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 2 días, en gramos (g).



6.3.2. Masa promedio de las probetas a 7 días

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

Cantidad de resultados	28 (*)	
Media aritmética	583,4	g
Máximo	598,8	
Mínimo	573,3	
Valor asignado (x_{pt})	582,8	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	5,9	
Coefficiente de Variación (CV)	1,0	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	1,39	g

Valores "Atípicos": no detectados

Gráfico N° 44. 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.

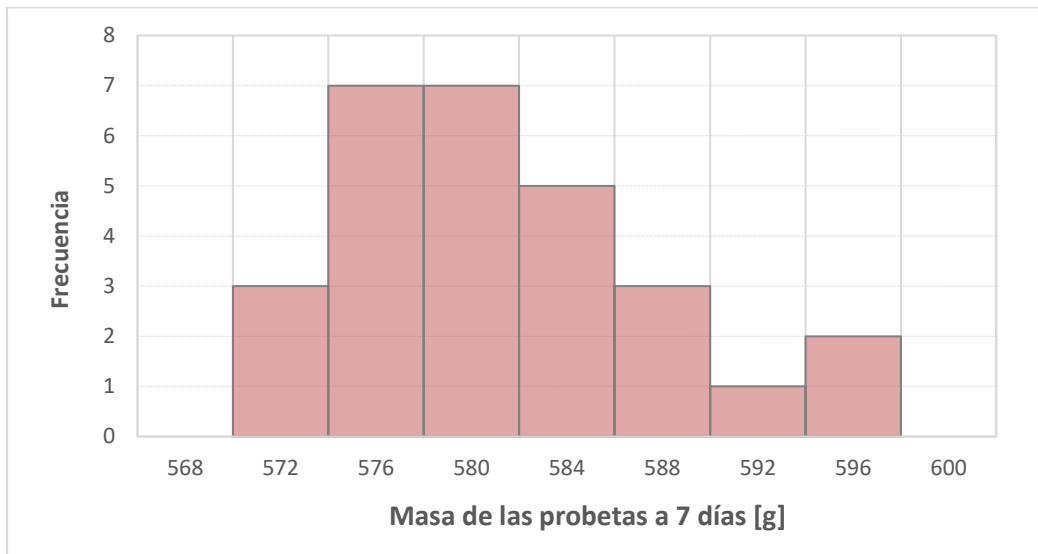
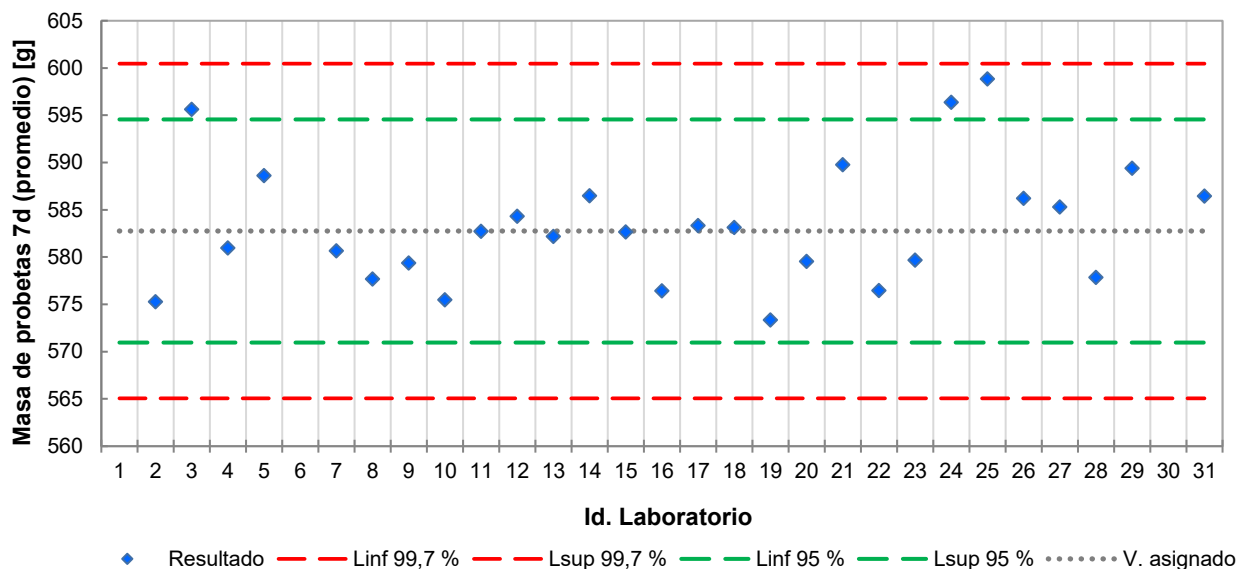


Gráfico N° 45. Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 7 días, en gramos (g).



6.3.3. Masa promedio de las probetas a 28 días

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

Cantidad de resultados	29 (*)	
Media aritmética	584,1	g
Máximo	609,6	
Mínimo	569,5	
Valor asignado (x_{pt})	583,5	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	7,8	
Coeficiente de Variación (CV)	1,3	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	1,81	g

Valores “Atípicos”		
Laboratorio L18	609,6	g

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. Histograma de frecuencias.

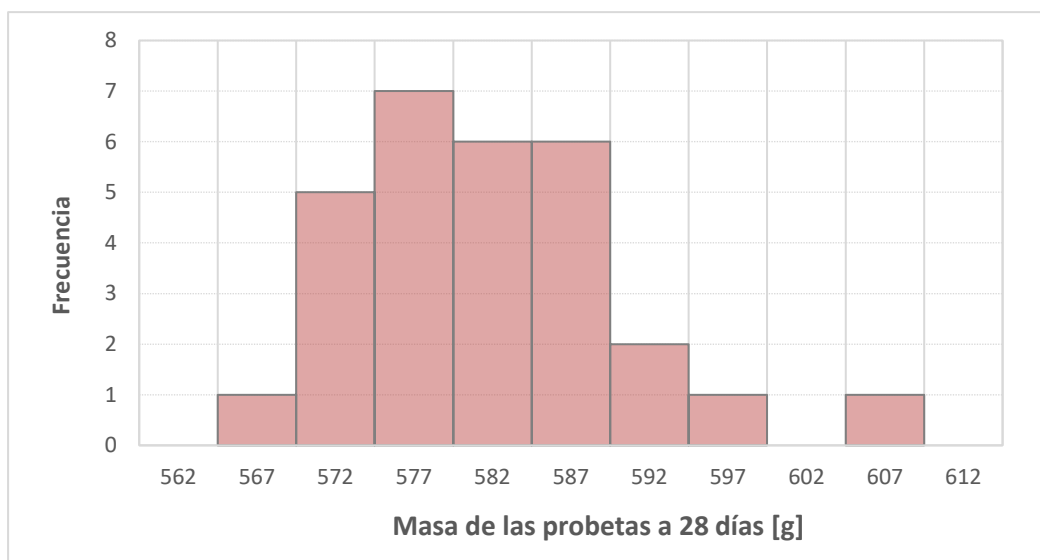
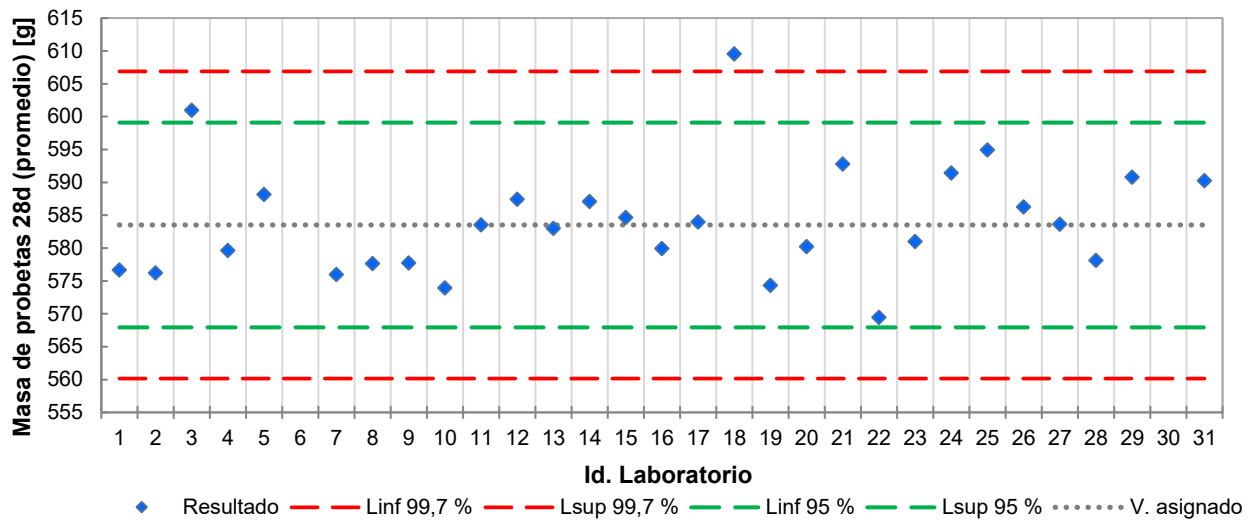


Gráfico N° 47. Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), a 28 días, en gramos (g)



6.3.4. Resistencia a compresión a 2 días

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

Cantidad de resultados	30	
Media aritmética	23,3	MPa
Máximo	26,8	
Mínimo	17,6	
Valor asignado (x_{pt})	23,6	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	1,2	
Coeficiente de Variación (CV)	5,0	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,3	MPa

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L30	17,6	MPa

Gráfico N° 48. Resistencia a compresión a 2 días, ensayado según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4). Histograma de frecuencias.

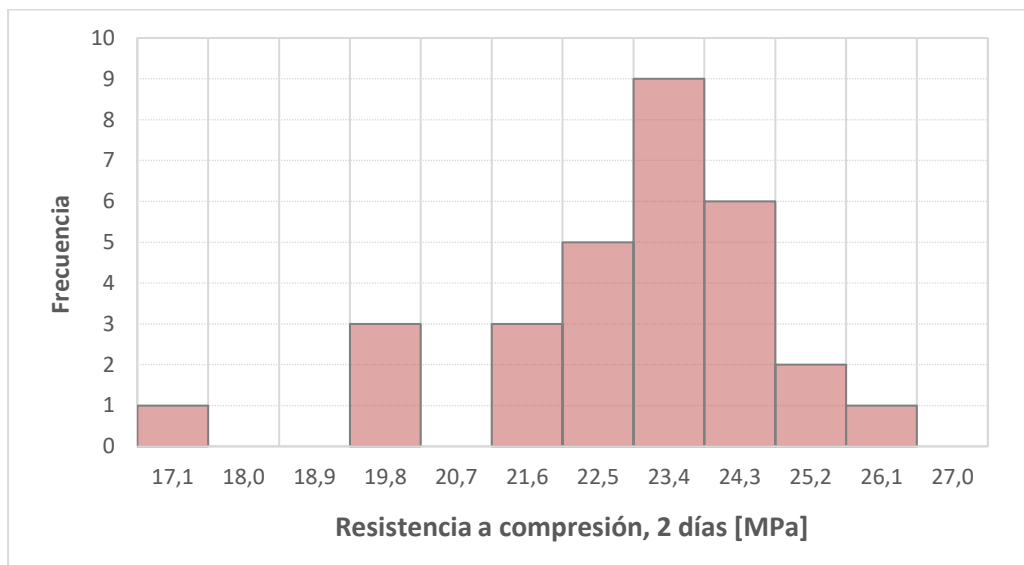
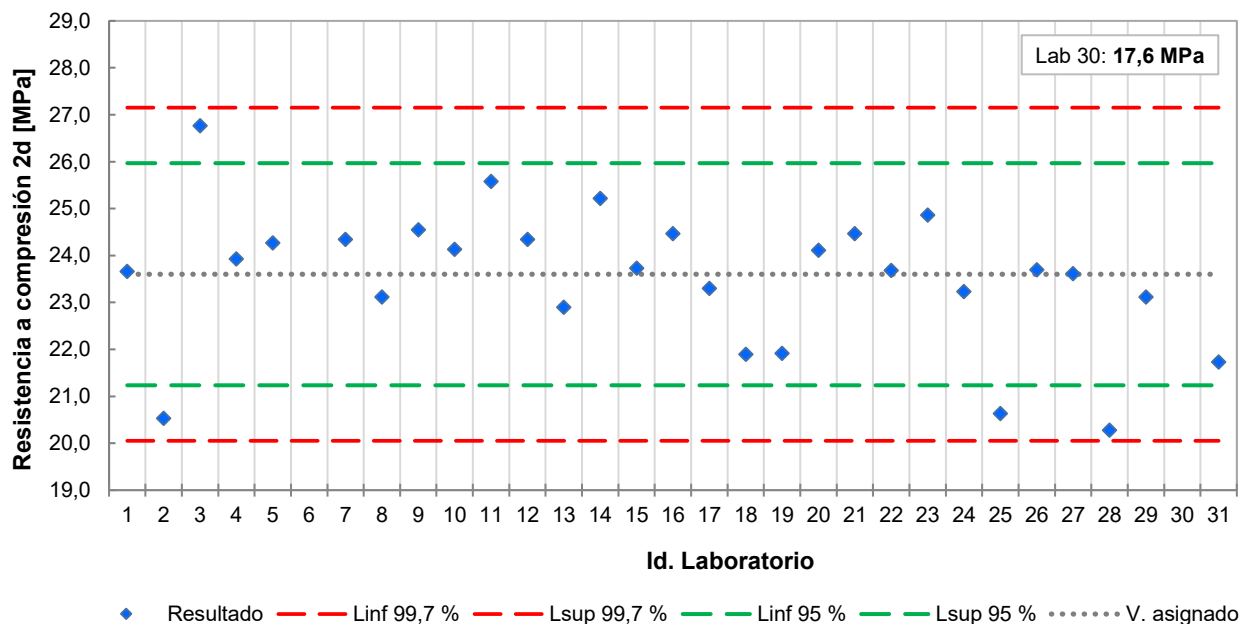


Gráfico N° 49. Resistencia a compresión a 2 días según método de ensayo IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), en Megapascal (MPa).



6.3.5. Resistencia a compresión a 7 días

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

Cantidad de resultados	28 (*)	
Media aritmética	38,4	MPa
Máximo	44,2	
Mínimo	33,7	
Valor asignado (x_{pt})	38,3	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	2,8	
Coeficiente de Variación (CV)	7,4	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,7	MPa

(*) Nota: Un resultado fue descartado durante el análisis, previo a la determinación de los estadísticos, debido a que difería de la media del laboratorio en más de $\pm 10\%$

Valores "Atípicos": no detectados

Gráfico N° 50. Resistencia a compresión a 7 días, ensayado según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4). Histograma de frecuencias.

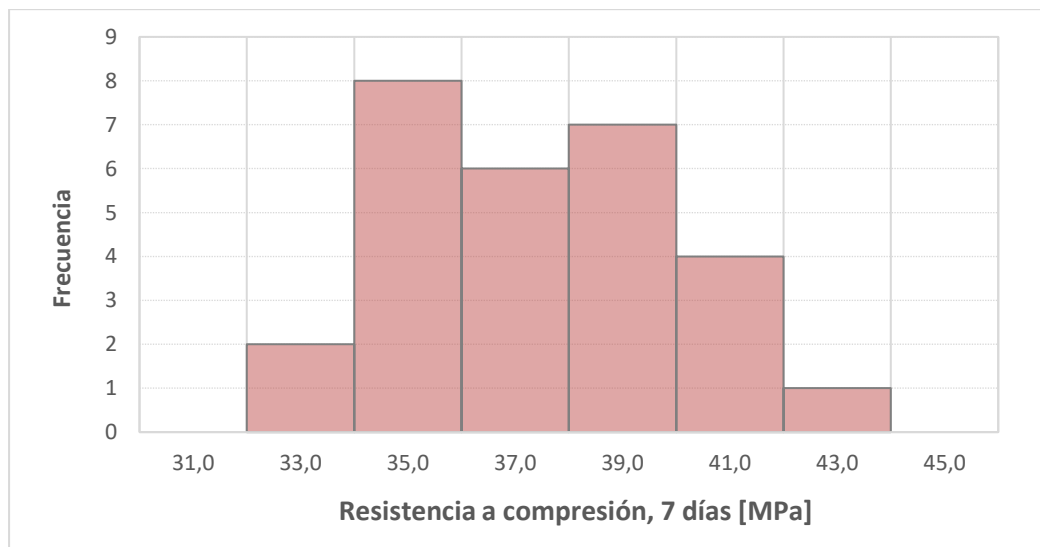
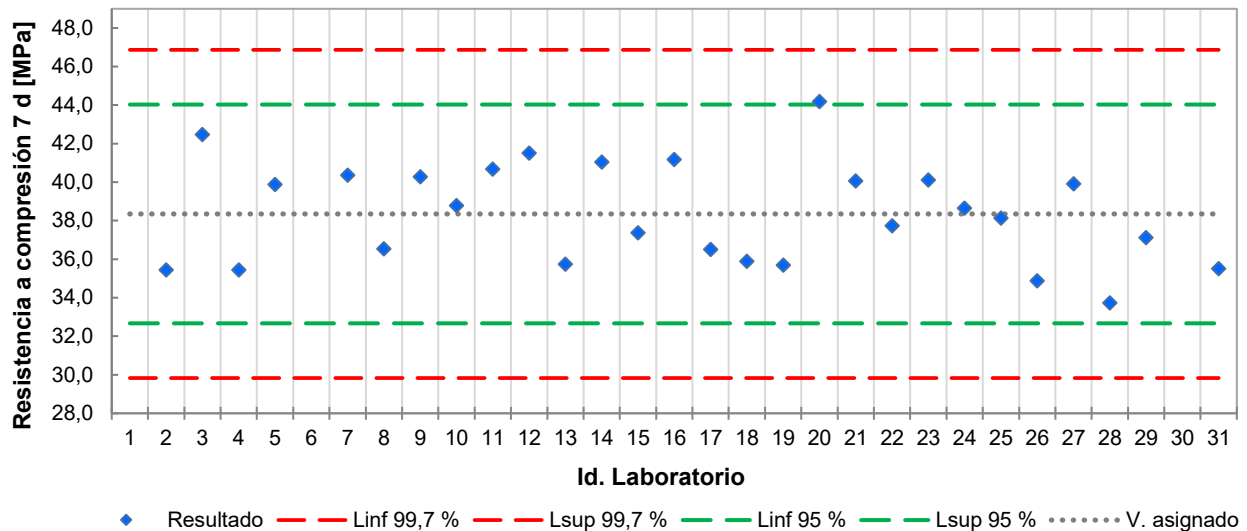


Gráfico N° 51. Resistencia a compresión a 7 días según método de ensayo IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), en Megapascal (MPa).



6.3.6. Resistencia a compresión a 28 días

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

Cantidad de resultados	30 (*)	
Media aritmética	54,5	MPa
Máximo	60,9	
Mínimo	39,9	
Valor asignado (x_{pt})	55,0	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	4,1	
Coeficiente de Variación (CV)	7,4	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,9	MPa

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L30	39,9	MPa

Gráfico N° 52. Resistencia a compresión a 28 días, ensayado según normas IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4). Histograma de frecuencias.

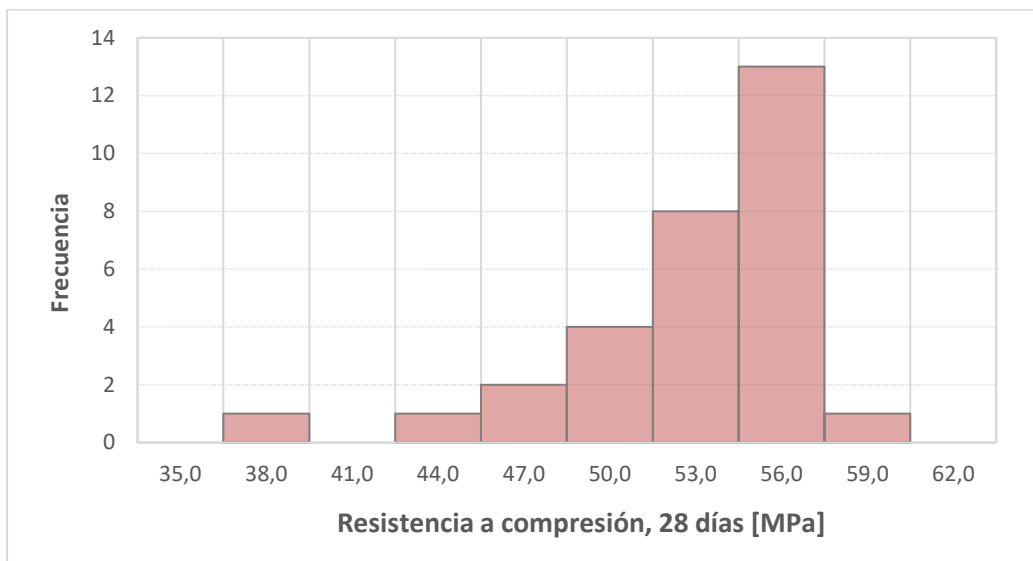
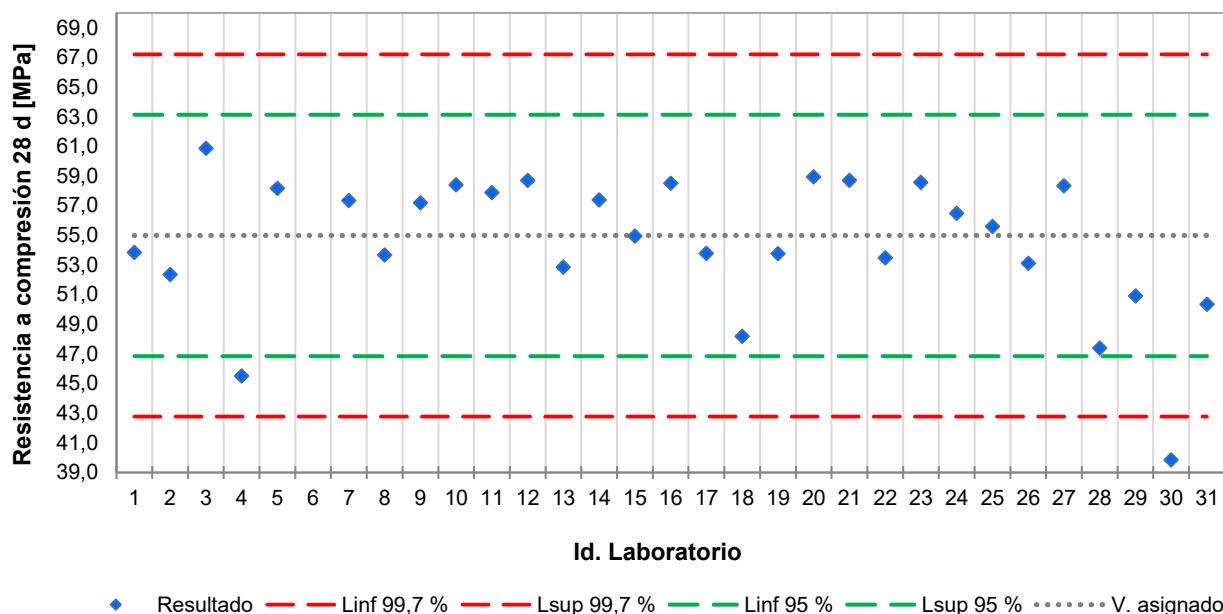


Gráfico N° 53. Resistencia a compresión a 28 días según método de ensayo IRAM 1622 (2), EN 196-1 (3) e ISO 679 (4), en Megapascal (MPa).



7. Conclusiones

Este Interlaboratorio de Cementos de Uso General 2025 contó con la participación de 32 laboratorios de la región (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay), permitiendo obtener una muestra representativa del desempeño técnico regional en ensayos químicos, físicos y mecánicos sobre cementos.

De la evaluación estadística sobre un total de 618 resultados informados por los participantes distribuidos en las 29 determinaciones incluidas en el alcance de este programa, se destaca que:

- El 87,0% de los resultados evaluados obtuvieron una calificación de desempeño satisfactorio ($|z| < 2,0$), lo que confirma un elevado nivel de consistencia y confiabilidad analítica global entre los participantes.
- El 5,6% de las determinaciones se ubicaron en la zona de desempeño dudoso ($2,0 < |z| < 3,0$), mientras que el 7,4 % se identificaron como no satisfactorios o atípicos ($|z| > 3,0$).
- El 25,8 % de los laboratorios participantes alcanzaron una calificación satisfactoria ($|z| < 2,0$) en la totalidad de las determinaciones en los que informaron resultados.

En lo que respecta a ensayos químicos, las determinaciones realizadas por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X mostraron coeficientes de variación más acotados (CV menores a 1,5% en las determinaciones de SiO_2 , Al_2O_3 y CaO , por ejemplo). En otras determinaciones, como Cloruros y Cal libre, se observó una mayor dispersión atribuible a las bajas concentraciones presentes en la muestra y a la diversidad de técnicas utilizadas.

Al igual que en otros ejercicios interlaboratorios, las determinaciones de Densidad y Finura por permeabilidad al aire demostraron una notable repetibilidad y reproducibilidad entre laboratorios, con coeficientes de variación bajos, del 1,0 % y 2,2 % respectivamente. Por otro lado, en la evaluación de Resistencias a Compresión, el coeficiente de variación interlaboratorio se mantuvo en valores acordes al estado del arte (5,0 % a 2 días, y 7,4 % a 7 y 28 días).

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.
- (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 ASTM C114. Estándar test methods for chemical analysis of hydraulic cement.
- (11) Norma NM 18:04. Cemento. Análisis químico. Determinación de la pérdida por calcinación.
- (12) Norma ABNT NBR 17086-6. Cimento Portland — Análise química Parte 6: Determinação da perda ao fogo.
- (13) Norma IRAM 1714. Conglomerantes hidráulicos y sus adiciones. Análisis químico por espectrometría de fluorescencia de rayos X.
- (14) Norma ISO 29581-2. Methods of testing cement. Chemical analysis of cement. Part 2: analysis by x-ray fluorescence.
- (15) Norma EN 196-2. Methods of testing cement. Part 2: Chemical analysis of cement.
- (16) Norma. ABNT NBR 14656. Cimento Portland e matérias-primas - Análise química por espectrometria de raios X - Métodos de ensaio
- (17) Norma IRAM 1591-1. Cementos. Métodos de ensayo. Parte I: Análisis químico por vía húmeda.
- (18) Norma NM 12. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación de óxido de calcio libre.
- (19) Norma NM 13. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del óxido de calcio libre con etilenglicol.
- (20) Norma NM 15. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del residuo insoluble.
- (21) Norma NM 22. Cemento Portland con adiciones de materiales puzolánicos - Análisis químico - Método de arbitraje
- (22) Norma UNIT 1013. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del contenido de cloruro.
- (23) Norma NM 19. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación de azufre en la forma de sulfuro.
- (24) Norma IRAM 1852. Cementos. Determinación del calor de hidratación. Método del calorímetro de Langavant.
- (25) Norma IRAM 1624. Cemento. Método de ensayo para la determinación de la densidad.
- (26) Norma NM 23. Cemento Portland. Método de determinación de la densidad absoluta.
- (27) Norma ABNT NBR 16605. Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica
- (28) Norma UNIT 1381. Cementos - Métodos de ensayo - Determinación de la permeabilidad al aire (Método de Blaine).

- (29) 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).
- (30) Norma ABNT NBR 16372. Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)
- (31) Norma IRAM 1612. Cemento. Método de ensayo para la determinación de la consistencia normal.
- (32) Norma ABNT NBR 16606. Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal
- (33) Norma NM 43. Cemento Portland. Determinación de la pasta de consistencia normal.
- (34) UNIT 1382. Cementos - Métodos de ensayo - Determinación de consistencia normal y tiempo de fraguado.
- (35) Norma IRAM 1619. Cemento. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado.
- (36) Norma ABNT NBR 16607. Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega
- (37) Norma IRAM 1620. Cemento. Método de ensayo de la expansión en autoclave.
- (38) UNIT 514. Cemento - Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen
- (39) Norma IRAM 1621. Cemento portland. Método de ensayo de finura por tamizado húmedo.
- (40) Norma UNIT 1064. Cementos. Método de determinación de la finura por tamizado húmedo con tamiz 75 μ m.
- (41) Norma UNIT 327. Cemento Portland. Determinación de la finura por medio de tamizado seco.
- (42) Norma ABNT NBR 12826. Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação do índice de finura por meio de peneirador aerodinâmico.
- (43) Norma IRAM 1654-1. Puzzolanas y cenizas volantes silíceas. Parte 1 - Métodos de ensayo físicos.



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla resumen de resultados informados por los participantes

Id. Lab	PPC (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Cal libre (%)	Res Ins. (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Cl ⁻ (%)	S ⁻ (%)
L01	6,03	23,05	4,47	3,79	56,86	0,81	2,38	0,97	7,98	0,23	1,22	-	-
L02	6,12	23,19	4,49	3,81	57,43	0,75	2,33	1,13	7,68	0,22	1,13	0,012	0,00
L03	6,07	23,76	5,23	4,06	59,44	0,97	2,11	1,13	8,08	0,17	1,15	0,000	0,00
L04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L05	6,10	23,35	4,47	3,72	57,33	0,82	2,35	1,05	7,99	0,19	1,19	0,030	-
L06	6,20	20,62	3,00	3,25	57,50	4,35	1,50	0,46	3,80	-	-	-	-
L07	6,31	23,11	4,52	3,60	57,23	0,85	2,46	0,62	7,91	0,32	1,18	-	-
L08	6,03	23,06	4,46	3,72	57,01	0,73	2,38	-	7,81	0,20	1,19	-	-
L09	6,03	23,29	4,46	3,71	57,36	0,80	2,34	1,03	7,48	0,17	1,22	0,010	0,04
L10	6,12	22,98	4,48	3,68	56,81	0,82	2,34	1,20	7,50	0,22	1,18	0,006	-
L11	6,17	22,55	4,57	3,92	58,75	0,78	2,37	1,06	7,87	0,12	0,96	0,013	<0,01
L12	6,18	23,21	4,47	3,77	57,56	0,83	2,40	0,97	7,42	0,15	1,19	-	-
L13	5,97	22,62	4,55	3,81	57,26	0,76	2,80	-	7,93	0,15	1,21	-	-
L14	6,16	23,37	4,73	3,73	57,05	0,83	2,39	0,99	8,36	0,23	1,23	0,004	-
L15	6,00	-	-	-	-	-	2,69	-	8,02	-	-	-	-
L16	6,47	22,98	4,41	3,77	57,49	0,83	2,37	0,96	8,56	0,25	0,22	-	-
L17	6,10	23,10	4,46	3,79	57,44	0,83	2,36	1,07	8,16	0,20	1,22	-	-
L18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L19	6,24	22,00	4,21	3,61	55,22	0,84	2,30	0,35	7,61	0,24	1,20	0,010	-
L20	6,20	23,50	5,02	3,93	56,76	0,73	2,32	-	7,93	0,15	1,10	-	-
L21	6,07	23,38	4,47	3,64	57,41	0,73	2,42	1,07	7,61	0,14	1,20	0,010	-
L22	6,09	23,64	4,56	3,80	57,44	0,86	2,38	-	7,55	0,21	1,24	-	-
L23	6,17	23,12	4,53	3,70	57,07	0,85	2,46	0,76	8,02	0,25	1,23	0,056	-
L24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L25	6,11	16,51	5,37	3,45	57,46	0,76	2,35	-	7,82	-	-	0,011	-
L26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L27	6,11	23,16	4,48	3,77	57,24	0,82	2,42	1,11	7,81	0,24	1,20	0,010	-
L28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L31	6,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO 1 (Continuación)

Tabla resumen de resultados informados por los participantes

Id. Lab	Calor de hidratación a 41 horas (J/g)	Calor de hidratación a 7 días (J/g)	Densidad (g/cm³)	Superficie Esp. Blaine (cm²/g)	Agua para Pasta de Consistencia Normal (%)	Tiempo fraguado inicial (min)	Expansión en Autoclave (%)
L01	-	-	3,04	3930	29,5	160	-0,050
L02	-	-	3,07	4941	27,8	145	-0,010
L03	-	325,70	3,05	4475	30,0	180	0,000
L04	-	-	3,10	4078	28,0	163	-
L05	-	-	3,05	3949	28,1	165	-0,030
L06	-	-	3,12	-	-	-	-
L07	-	-	3,09	3923	29,0	158	0,020
L08	-	-	3,04	3930	28,2	152	0,020
L09	291,00	-	3,03	4099	28,0	153	-0,020
L10	-	-	3,05	3957	28,3	198	0,000
L11	-	-	3,05	4270	28,0	170	-0,030
L12	-	314,03	3,02	4020	28,0	140	0,001
L13	-	-	3,04	3950	28,2	150	-
L14	265,60	-	3,00	3900	28,6	170	0,004
L15	-	-	3,03	3930	28,4	205	-
L16	-	-	3,09	4000	29,6	165	0,180
L17	-	-	3,01	3930	28,0	135	-
L18	-	-	3,08	3973	29,0	189	-
L19	-	-	3,08	4160	28,2	118	0,000
L20	-	-	3,07	4190	29,0	175	0,020
L21	-	-	3,05	3969	27,8	152	-0,030
L22	269,71	-	3,05	3974	28,2	170	-0,014
L23	-	-	3,05	3850	29,0	156	0,015
L24	-	-	3,02	3989	28,6	168	-
L25	-	-	3,02	4087	28,6	181	-
L26	-	-	3,05	3552	28,2	148	0,000
L27	-	-	3,05	4050	28,2	170	-
L28	-	-	-	-	-	-	-
L29	-	-	-	-	-	-	-
L30	-	-	-	-	-	-	-
L31	-	-	3,11	4118	27,90	134,00	-

ANEXO 1 (Continuación)

Tabla resumen de resultados informados por los participantes

Id. Lab	Retenido 75 μ m (%)	Retenido 45 μ m (%)	Masa de probetas a 2 días (g)	Masa de probetas a 7 días (g)	Masa de probetas a 28 días (g)	Resist. Comp. 2 d (MPa)	Resist. Comp. 7 d (MPa)	Resist. Comp. 28 d (MPa)
L01	0,4	4,2	576,7	-	576,7	23,7	-	53,9
L02	0,6	9,7	574,5	575,3	576,2	20,5	35,5	52,4
L03	0,4	4,5	596,4	595,6	601,0	26,8	42,5	60,9
L04	0,7	11,6	577,9	581,0	579,7	23,9	35,4	45,5
L05	0,4	3,9	587,3	588,6	588,2	24,3	39,9	58,2
L06	1,2	-	-	-	-	-	-	-
L07	0,5	4,2	575,7	580,7	576,0	24,4	40,4	57,4
L08	0,6	4,9	577,7	577,7	577,7	23,1	36,6	53,7
L09	0,4	4,5	579,6	579,4	577,8	24,6	40,3	57,2
L10	0,4	3,8	575,1	575,5	574,0	24,1	38,8	58,4
L11	0,6	2,8	582,3	582,7	583,5	25,6	40,7	57,9
L12	0,4	3,4	588,1	584,3	587,5	24,4	41,5	58,7
L13	0,5	4,5	582,7	582,2	583,0	22,9	35,8	52,9
L14	0,2	4,6	585,7	586,5	587,1	25,2	41,1	57,4
L15	0,5	4,3	584,3	582,7	584,7	23,7	37,4	55,0
L16	0,5	4,5	578,4	576,4	579,9	24,5	41,2	58,5
L17	0,4	4,5	584,7	583,3	584,0	23,3	36,5	53,8
L18	-	-	592,5	583,1	609,6	21,9	35,9	48,2
L19	0,3	4,0	574,7	573,3	574,3	21,9	35,7	53,8
L20	0,1	3,6	579,2	579,5	580,3	24,1	44,2	59,0
L21	0,4	4,3	589,4	589,8	592,8	24,5	40,1	58,7
L22	0,5	4,4	580,6	576,5	569,5	23,7	37,7	53,5
L23	0,5	4,3	579,3	579,7	581,0	24,9	40,1	58,6
L24	0,4	3,8	593,9	596,4	591,4	23,2	38,7	56,5
L25	-	-	563,5	598,8	594,9	20,6	38,1	55,6
L26	0,4	-	585,8	586,2	586,3	23,7	34,9	53,1
L27	0,5	4,4	583,8	585,3	583,7	23,6	39,9	58,3
L28	-	-	570,7	577,8	578,1	20,3	33,7	47,4
L29	-	-	585,8	589,4	590,8	23,1	37,1	50,9
L30	-	-	-	-	-	17,6	-	39,9
L31	0,30	3,50	584,0	586,4	590,3	21,7	35,5	50,4

NOTA. Los resultados de distribución granulométrica por difracción láser se detallan en el punto 6.2.8.



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 lo indicado en la norma ISO 13528:

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

Donde,

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

X_{ref} : valor asignado para la determinación de análisis en este estudio interlaboratorio, calculado según se indica en 5.c.

S : desviación estándar para la determinación de análisis en este estudio interlaboratorio, calculado según se indica en 5.c.

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-Score”, por participante y determinación

Id. Lab	PPC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cal libre	Res Ins.	Na ₂ O	K ₂ O	Cl ⁻	S ⁻
L01	-1,09	-0,16	-0,41	0,51	-1,73	0,03	0,09	-0,38	0,50	0,61	0,78	-	-
L02	-0,02	0,25	-0,12	0,73	0,49	-1,30	-0,89	1,03	-0,53	0,40	-1,60	0,44	-0,56
L03	-0,61	1,93	10,61	3,42	8,34	3,57	-5,23	1,03	0,85	-0,63	-1,07	-2,40	-0,72
L04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L05	-0,26	0,72	-0,41	-0,24	0,10	0,25	-0,50	0,33	0,54	-0,22	-0,01	4,70	-
L06	0,93	-7,32	-21,72	-5,30	0,77	78,34	-14,85	-4,87	-13,97	-	-	-	-
L07	2,24	0,02	0,32	-1,53	-0,29	0,92	1,67	-3,46	0,26	2,46	-0,27	-	-
L08	-1,09	-0,13	-0,55	-0,24	-1,15	-1,74	0,09	-	-0,08	-0,01	-0,01	-	-
L09	-1,09	0,55	-0,55	-0,35	0,22	-0,19	-0,70	0,15	-1,23	-0,63	0,78	-0,03	1,46
L10	-0,02	-0,37	-0,26	-0,67	-1,93	0,25	-0,35	1,65	-1,16	0,40	-0,27	-0,98	-
L11	0,58	-1,63	1,04	1,91	5,65	-0,63	0,17	0,41	0,12	-1,66	-6,09	0,68	-0,18
L12	0,70	0,31	-0,41	0,29	1,00	0,47	0,49	-0,38	-1,44	-1,04	-0,01	-	-
L13	-1,80	-1,43	0,75	0,73	-0,17	-1,07	8,37	-	0,33	-1,04	0,52	-	-
L14	0,46	0,78	3,36	-0,14	-0,99	0,47	0,29	-0,20	1,82	0,61	1,05	-1,45	-
L15	-1,45	-	-	-	-	-	5,70	-	0,64	-	-	-	-
L16	4,15	-0,37	-1,28	0,29	0,73	0,47	-0,11	-0,47	2,51	1,02	-25,65	-	-
L17	-0,26	-0,01	-0,55	0,51	0,53	0,47	-0,30	0,50	1,13	-0,01	0,78	-	-
L18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L19	1,41	-3,25	-4,18	-1,43	-8,14	0,70	-1,49	-5,84	-0,78	0,81	0,25	-0,03	-
L20	0,93	1,17	7,57	2,02	-2,12	-1,74	-1,09	-	0,33	-1,04	-2,39	-	-
L21	-0,61	0,81	-0,41	-1,10	0,41	-1,74	0,88	0,50	-0,78	-1,25	0,25	-0,03	-
L22	-0,38	1,58	0,90	0,62	0,53	1,14	0,09	-	-0,99	0,19	1,31	-	-
L23	0,58	0,05	0,46	-0,46	-0,91	0,92	1,67	-2,23	0,64	1,02	1,05	10,84	-
L24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L25	-0,14	-19,42	12,64	-3,15	0,61	-1,07	-0,17	-	-0,05	-	-	0,13	-
L26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L27	-0,14	0,17	-0,26	0,29	-0,25	0,25	0,88	0,85	-0,08	0,81	0,25	-0,03	-
L28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L31	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO 2 (Continuación)

Tabla resumen del parámetro “Z-Score”, 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	-	-	-0,41	-0,76	3,57	-0,10	-2,01
L02	-	-	0,58	10,97	-1,44	-0,96	-0,29
L03	-	0,71	-0,08	5,56	5,05	1,04	0,15
L04	-	-	1,58	0,95	-0,85	0,07	-
L05	-	-	-0,08	-0,54	-0,56	0,18	-1,15
L06	-	-	2,25	-	-	-	-
L07	-	-	1,25	-0,84	2,10	-0,22	1,01
L08	-	-	-0,41	-0,76	-0,26	-0,56	1,01
L09	1,14	-	-0,75	1,20	-0,85	-0,50	-0,72
L10	-	-	-0,08	-0,45	0,03	2,06	0,15
L11	-	-	-0,08	3,18	-0,85	0,47	-1,15
L12	-	-0,71	-1,08	0,28	-0,85	-1,24	0,19
L13	-	-	-0,41	-0,53	-0,26	-0,67	-
L14	-0,72	-	-1,75	-1,11	0,92	0,47	0,32
L15	-	-	-0,75	-0,76	0,33	2,46	-
L16	-	-	1,25	0,05	3,87	0,18	7,90
L17	-	-	-1,41	-0,76	-0,85	-1,53	-
L18	-	-	0,92	-0,26	2,10	1,55	-
L19	-	-	0,92	1,91	-0,26	-2,50	0,15
L20	-	-	0,58	2,25	2,10	0,75	1,01
L21	-	-	-0,08	-0,31	-1,44	-0,56	-1,15
L22	-0,42	-	-0,08	-0,25	-0,26	0,47	-0,46
L23	-	-	-0,08	-1,69	2,10	-0,33	0,79
L24	-	-	-1,08	-0,08	0,92	0,35	-
L25	-	-	-1,08	1,06	0,92	1,09	-
L26	-	-	-0,08	-5,15	-0,26	-0,79	0,15
L27	-	-	-0,08	0,63	-0,26	0,47	-
L28	-	-	-	-	-	-	-
L29	-	-	-	-	-	-	-
L30	-	-	-	-	-	-	-
L31	-	-	1,92	1,42	-1,15	-1,59	-

ANEXO 2 (Continuación)

Tabla resumen del parámetro “Z-Score”, por participante y determinación

Id. Lab	Retenido 75 µm	Retenido 45 µm	Masa de probetas 2 días	Masa de probetas 7 días	Masa de probetas 28 días	Resist. Compres. 2 d	Resist. Compres. 7 d	Resist. Compres. 28 d
L01	-0,41	-0,14	-0,79	-	-0,88	0,06	-	-0,28
L02	1,26	12,85	-1,11	-1,27	-0,94	-2,59	-1,02	-0,65
L03	-0,41	0,57	2,21	2,18	2,24	2,67	1,46	1,44
L04	2,09	17,34	-0,60	-0,31	-0,50	0,28	-1,02	-2,33
L05	-0,41	-0,85	0,83	0,99	0,60	0,57	0,54	0,78
L06	6,25	-	-	-	-	-	-	-
L07	0,42	-0,14	-0,94	-0,36	-0,97	0,63	0,71	0,58
L08	1,26	1,52	-0,63	-0,86	-0,75	-0,41	-0,63	-0,32
L09	-0,41	0,57	-0,34	-0,58	-0,74	0,80	0,68	0,54
L10	-0,41	-1,08	-1,02	-1,24	-1,23	0,45	0,15	0,84
L11	1,26	-3,45	0,07	0,00	0,00	1,67	0,82	0,71
L12	-0,41	-2,03	0,95	0,26	0,51	0,63	1,12	0,91
L13	0,42	0,57	0,12	-0,10	-0,07	-0,59	-0,92	-0,53
L14	-2,08	0,81	0,59	0,63	0,46	1,36	0,95	0,59
L15	0,42	0,00	0,38	-0,02	0,15	0,11	-0,34	-0,01
L16	0,42	0,57	-0,53	-1,07	-0,46	0,73	1,00	0,87
L17	-0,41	0,57	0,43	0,10	0,06	-0,25	-0,65	-0,30
L18	-	-	1,62	0,06	3,34	-1,44	-0,86	-1,67
L19	-1,24	-0,61	-1,09	-1,60	-1,18	-1,42	-0,93	-0,30
L20	-2,91	-1,56	-0,40	-0,55	-0,42	0,44	2,05	0,97
L21	-0,41	0,10	1,15	1,19	1,19	0,73	0,60	0,91
L22	0,42	0,33	-0,19	-1,07	-1,80	0,07	-0,22	-0,37
L23	0,42	0,10	-0,38	-0,52	-0,32	1,07	0,62	0,88
L24	-0,41	-1,08	1,83	2,31	1,02	-0,31	0,11	0,37
L25	-	-	-2,78	2,72	1,47	-2,51	-0,08	0,15
L26	-0,41	-	0,60	0,58	0,36	0,08	-1,22	-0,46
L27	0,42	0,33	0,29	0,43	0,02	0,01	0,55	0,82
L28	-	-	-1,70	-0,84	-0,69	-2,81	-1,63	-1,86
L29	-	-	0,61	1,13	0,94	-0,41	-0,43	-1,00
L30	-	-	-	-	-	-5,11	-	-3,72
L31	-1,24	-1,79	0,33	0,62	0,87	-1,58	-1,00	-1,14



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) el retenido en tamiz 75 μm vía húmeda, según IRAM 1621 (39).

El estudio se efectuó a partir de porciones de material procedentes de 5 muestras de ensayo preparadas para ser distribuidas con los participantes. Las muestras se prepararon por duplicado y fueron entregadas al laboratorio de ensayo¹, identificadas como “MH 1” a “MH 10”.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de los retenidos en el tamiz 75 μm , como el promedio de dos determinaciones. Para cada muestra se aplicó la prueba de Cochran para analizar la varianza de los resultados, 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	MH		MH		MH		MH		MH	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ret. en tamiz 75 μm (g/100g)	0,46	0,55	0,54	0,56	0,74	0,73	0,68	0,65	0,70	0,74

Según el criterio alternativo indicado en el Anexo B de la norma ISO 13528 (7), se verifica la condición de homogeneidad para la desviación estándar interlaboratorio del ensayo (σ_{pt}), adoptado como 0,33 g/100g.



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

¹ Laboratorio de Ensayo de Materiales. Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Avda. del Valle 5737. B7400JWI. Olavarría, Prov. Bs.As (Informe Técnico 10947).

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. La 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 designado² para su ensayo.

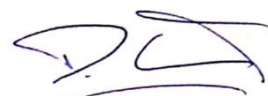
Se asignaron las siguientes identificaciones a las muestras: “ME 1”, “ME 2”, “ME 3”, “ME 4”, “ME 5” Y “ME 6” para la primera porción, y “ME 7”, “ME 8”, “ME 9”, “ME 10”, “ME 11” Y “ME 12” para la segunda.

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

	E01 (abril 2026)	E02 (junio 2026)
Submuestra #1	6,20	6,10
Submuestra #2	6,20	6,11
Submuestra #3	6,20	6,09
Submuestra #4	6,22	6,10
Submuestra #5	6,21	6,10
Submuestra #6	6,21	6,11

NOTA: Todos los valores están expresados en %.

Según el criterio alternativo del Anexo B de la ISO 13528 (7) se verifica la condición de estabilidad, para σ_{pt} asumido igual a 0,08 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 0,19 g / 100 g.



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

² 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 - San Martín - Provincia de Buenos Aires - PTM - Edificio 33 (OT 224-5916 y OT 224-5045).