



Líderes en
Innovación y
Transferencia
Tecnológica



Programa Interlaboratorio de Cementos de Albañilería Informe técnico

Año 2024

Preparó: Matias Camueira
Revisó: Daiana Festa / Diego Calo
Aprobó: Damián Altgelt

Estado: FINAL
Fecha de emisión: 15 / 01 / 2025
Cantidad de hojas del informe: 51 (cincuenta y uno)

CONTROL DE CAMBIOS

Rev	Fecha	Descripción
0	15 / 01 / 2025	Versión FINAL

ÍNDICE

1. Objetivo	4
2. Participantes	4
2.1 Nómina	4
2.2 Identificación	5
3. Materiales empleados	5
4. Preparación y distribución de las muestras de ensayo	5
5. Análisis estadístico y determinación del valor asignado y desviación estándar interlaboratorio	6
6. Resultados	7
6.1. Análisis químico	8
6.1.1. Dióxido de silicio (SiO_2)	8
6.1.2. Óxido de aluminio (Al_2O_3)	10
6.1.3. Óxido férrico (Fe_2O_3)	12
6.1.4. Óxido de calcio (CaO)	14
6.1.5. Óxido de magnesio (MgO)	16
6.1.6. Trióxido de azufre (SO_3)	18
6.1.7. Cloruro (Cl^-)	20
6.2. Ensayos físico-mecánicos	21
6.2.1. Densidad	21
6.2.2. Finura. Superficie específica por el método Blaine	23
6.2.3. Distribución de tamaño de partículas por espectroscopia de difracción laser	24
6.2.4. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 μm	26
6.2.5. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 μm	27
6.2.6. Tiempo de fraguado inicial	29
6.2.7. Expansión en autoclave	30
6.2.8. Agua para mortero de fluidez normal	32
6.2.9. Masa promedio de las probetas a 7 días	34
6.2.10. Masa promedio de las probetas a 28 días	35
6.2.11. Resistencia a compresión a 7 días	37
6.2.12. Resistencia a compresión a 28 días	38
6.2.13. Aire incorporado	40
6.2.14. Retención de agua	41
7. Conclusiones	43
8. Referencias bibliográficas	43
ANEXOS	45
ANEXO 1	45
ANEXO 2	47
ANEXO 3	50
ANEXO 4	51

INFORME

1. Objetivo

Los programas de ensayos interlaboratorio permiten a sus 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 ensayado.

2. Participantes

2.1 Nómina

Este programa interlaboratorio contó con 17 laboratorios inscriptos (12 de Argentina, 2 de Brasil y 3 de Uruguay), según el siguiente detalle:

- **Argentina**

CEMENTOS AVELLANEDA S.A.

Planta Olavarría
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

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

Planta Catamarca
La Calera, El Alto, Provincia de Catamarca

CEMENTOS AVELLANEDA S.A.

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

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

Planta Olavarría
Olavarría, Provincia de Buenos Aires

DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

Laboratorio Regional NEA. 10° Distrito
Corrientes
Corrientes, Provincia de Corrientes

**INSTITUTO DE MECÁNICA APLICADA Y
ESTRUCTURAS (IMAE)**

Laboratorio de Tecnología de Materiales.
Universidad Nacional de Rosario
Rosario, Provincia de Santa Fe

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Laboratorio de Aplicaciones CDi
Malagueño, Provincia de Córdoba

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

Departamento de Tecnología del Hormigón
San Martín, Provincia de Buenos Aires

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Capdeville
Capdeville, Las Heras, Provincia de Mendoza

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.
FUNDACIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA**

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

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Malagueño
Malagueño, Provincia de Córdoba

HOLCIM (ARGENTINA) S.A.

Planta Puesto Viejo
Puesto Viejo, Provincia de Jujuy

- **Brasil**

**GCP Brasil Indústria e Comércio de
Produtos Químicos Ltda.**

GCP-Sorocaba
Sorocaba, São Paulo

INTERCEMENT BRASIL S.A.

LCGIC – Laboratório Central Grupo
InterCement
Nova Santa Rita, Rio Grande do Sul

- **Uruguay**

ANCAP

Planta Minas
Minas, Departamento de Lavalleja

CEMENTOS ARTIGAS S.A.

Planta Minas
Minas, Departamento de Lavalleja

ANCAP

Planta Paysandú
Paysandú, Departamento de Paysandú

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 de Albañilería de acuerdo con la norma IRAM 1685 (1), de expedición a granel, provisto por una fábrica radicada en la República Argentina.

El material adquirido fue remitido 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, que no se detallan en este informe por razones de confidencialidad.

Para la evaluación de resistencias mecánicas, agua para mortero de fluidez normal, aire incorporado y retención de agua con el procedimiento de ensayo definido en la IRAM 1679 (2) se empleó arena CEN Normesand EN según normas EN 196-1 (3) e IRAM 1633 (4). 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 (5), 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 se compuso de una submuestra de 7 kg de cemento para los ensayos físicos y mecánicos (identificada como "FM"), y otra adicional de 1 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 (6). 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 (TNT Express, DHL).

El período de ensayo para los participantes comenzó el 29 de julio de 2024, y el período de recepción de resultados se extendió hasta 8 de noviembre de 2024.

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 (6), ejecutando, en resumen, los siguientes pasos:

- 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.
- Análisis de resultados para detección de casos de comportamiento multimodal.
- 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 (6).
- 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 el desvío estándar de los resultados disponibles, luego de aplicar la prueba de Grubbs para detectar valores atípicos (según norma ISO 5725-2 (7)) 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. Dióxido de silicio (SiO₂)

Cantidad de resultados	11 (*)	
Media aritmética	15,43	
Máximo	15,60	
Mínimo	15,03	
Valor asignado (x_{pt})	15,48	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,08	
Coeficiente de Variación (CV)	0,5	
Incertidumbre del valor asignado (u(x_{pt}))	0,03	

(*) Métodos de ensayo: ASTM C114 (8), EN 196-2 (FX) (9), IRAM 1714 (10), ISO 29581-2 (11), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L05	15,14	%
Laboratorio L12	15,03	

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (Sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
ASTM C114 (**)	-	-	-	1
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	15,51 %	0,06 %	0,4 %	8

(**) No informado para resguardar la confidencialidad de los participantes

Gráfico N° 1. Dióxido de silicio. Histograma de frecuencias

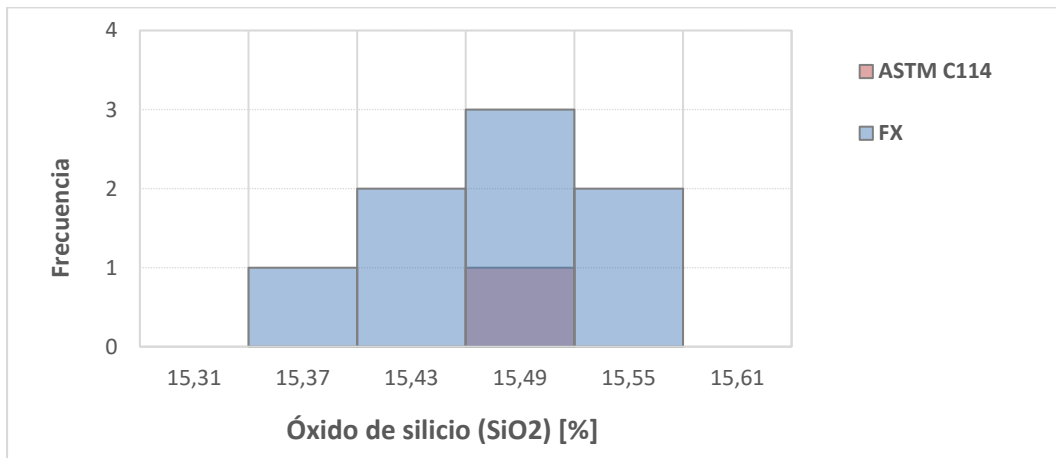
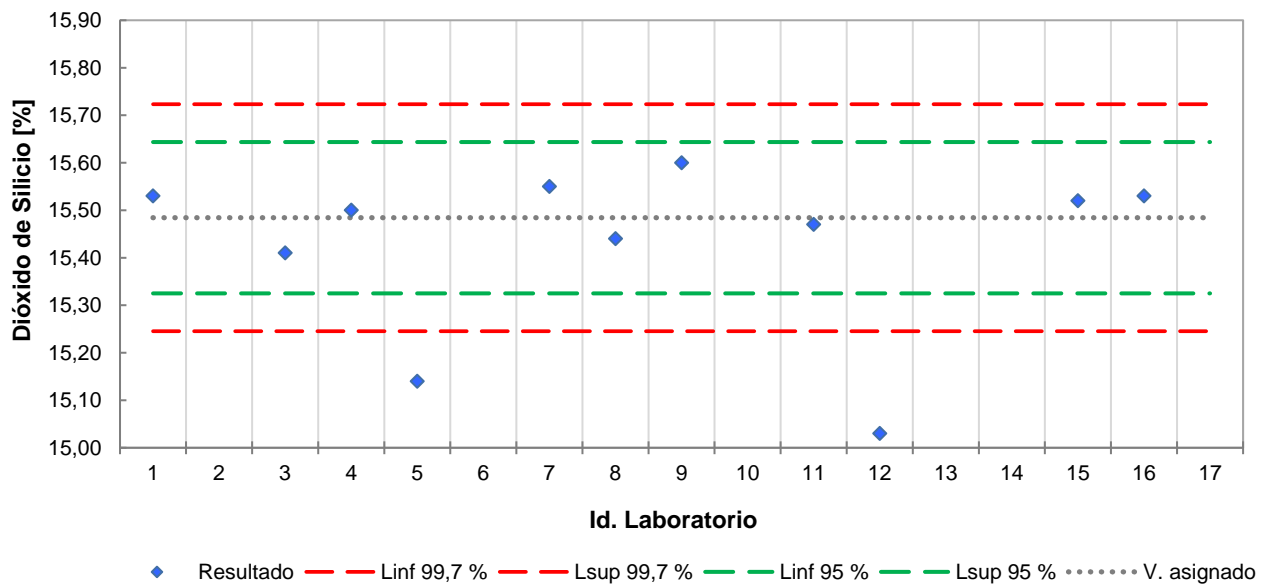


Gráfico N° 2. Dióxido de silicio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.2. Óxido de aluminio (Al_2O_3)

Cantidad de resultados	12 (*)	
Media aritmética	2,58	%
Máximo	2,98	
Mínimo	2,35	
Valor asignado (x_{pt})	2,55	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,07	
Coeficiente de Variación (CV)	2,9	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,03	

(*) Métodos de ensayo: ASTM C114 (8), EN 196-2 (FX) (9), IRAM 1714 (10), ISO 29581-2 (11), IRAM 1591-1 (12), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L17	2,98	%

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (Sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
ASTM C114, IRAM 1591-1 (**)	-	-	-	-
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	2,55 %	0,10 %	4,0 %	10

(**) No informado para resguardar la confidencialidad de los participantes

Gráfico Nº 3. Óxido de aluminio. Histograma de frecuencias

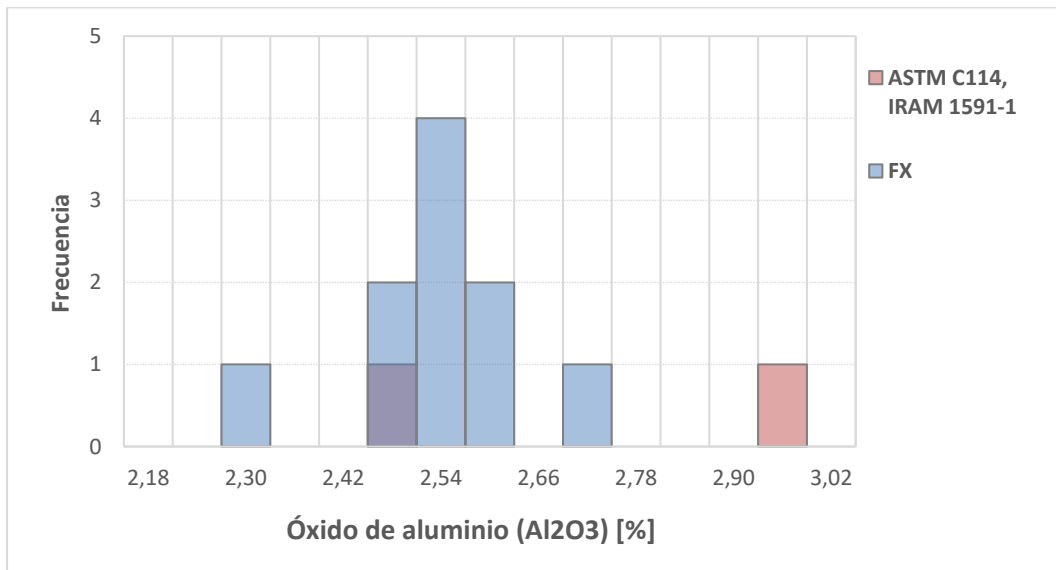
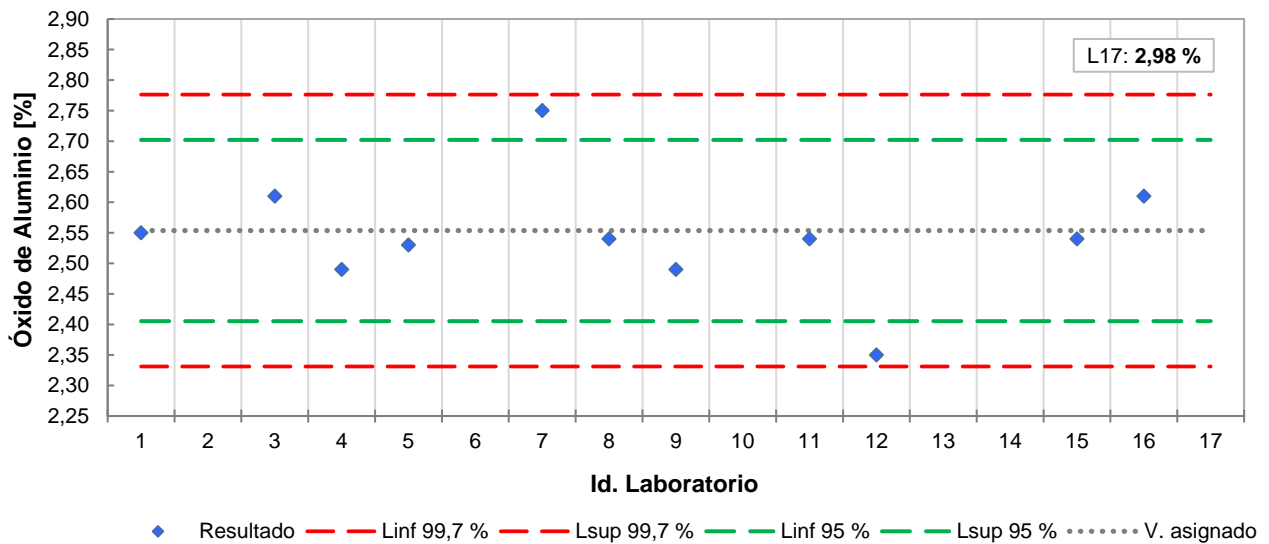


Gráfico Nº 4. Óxido de aluminio, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.3. Óxido férrico (Fe_2O_3)

Cantidad de resultados	12 (*)	
Media aritmética	2,20	%
Máximo	2,30	
Mínimo	2,03	
Valor asignado (x_{pt})	2,21	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,07	
Coeficiente de Variación (CV)	3,2	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,03	

(*) Métodos de ensayo: ASTM C114 (8), EN 196-2 (FX) (9), IRAM 1714 (10), ISO 29581-2 (11), IRAM 1591-1 (12), 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
ASTM C114, IRAM 1591-1	2,12 %	0,12 %	5,7 %	2
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	2,22 %	0,06 %	2,6 %	10

Gráfico N° 5. Óxido férrico. Histograma de frecuencias

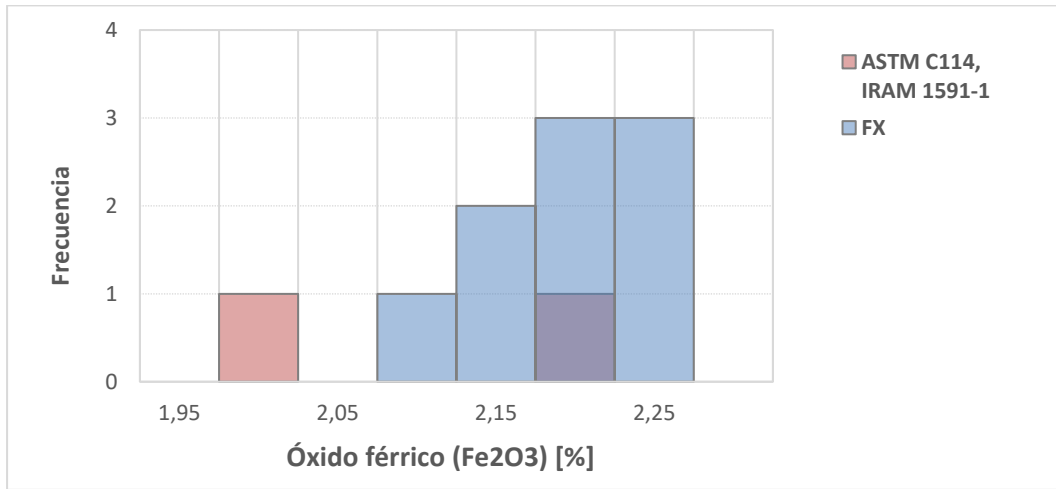
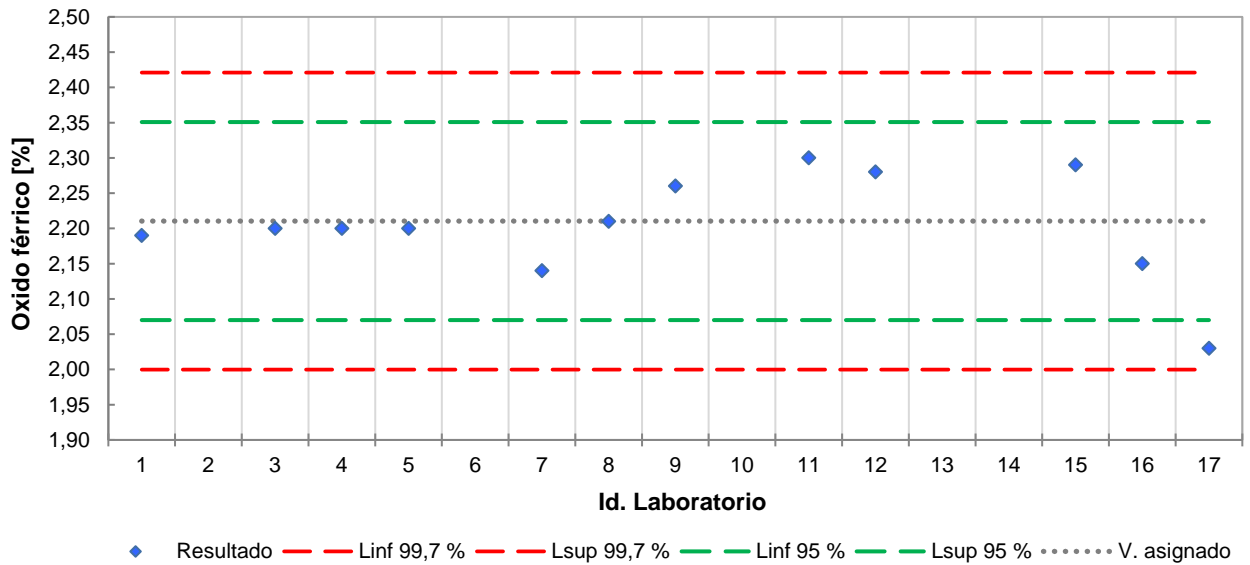


Gráfico N° 6. Óxido férrico, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.4. Óxido de calcio (CaO)

Cantidad de resultados	12 (*)	
Media aritmética	54,93	%
Máximo	55,60	
Mínimo	53,73	
Valor asignado (x_{pt})	54,97	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,56	
Coeficiente de Variación (CV)	1,0	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,20	

(*) Métodos de ensayo: ASTM C114 (8), EN 196-2 (FX) (9), IRAM 1714 (10), ISO 29581-2 (11), IRAM 1591-1 (12), 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
ASTM C114, IRAM 1591-1,	55,09 %	0,73 %	1,3 %	2
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	54,90 %	0,58 %	1,1 %	10

Gráfico N° 7. Óxido de calcio. Histograma de frecuencias

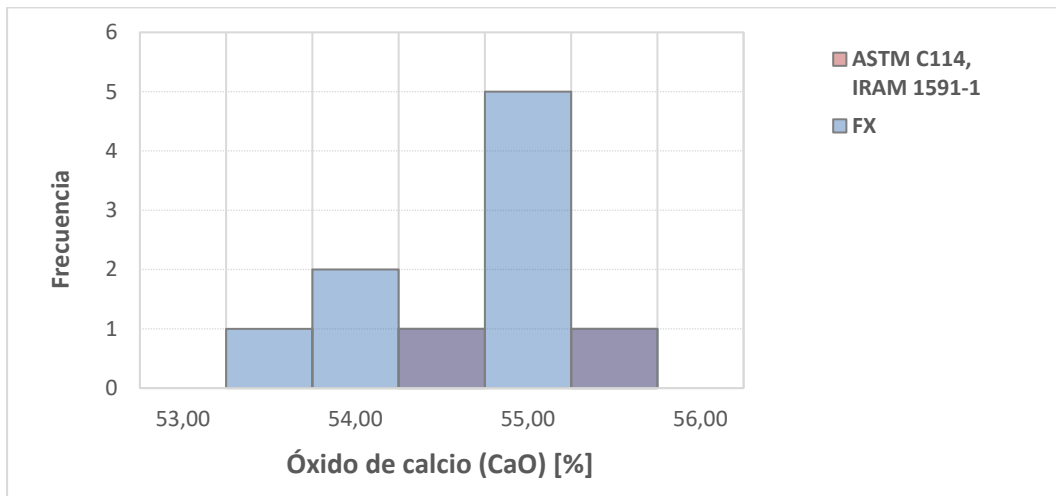
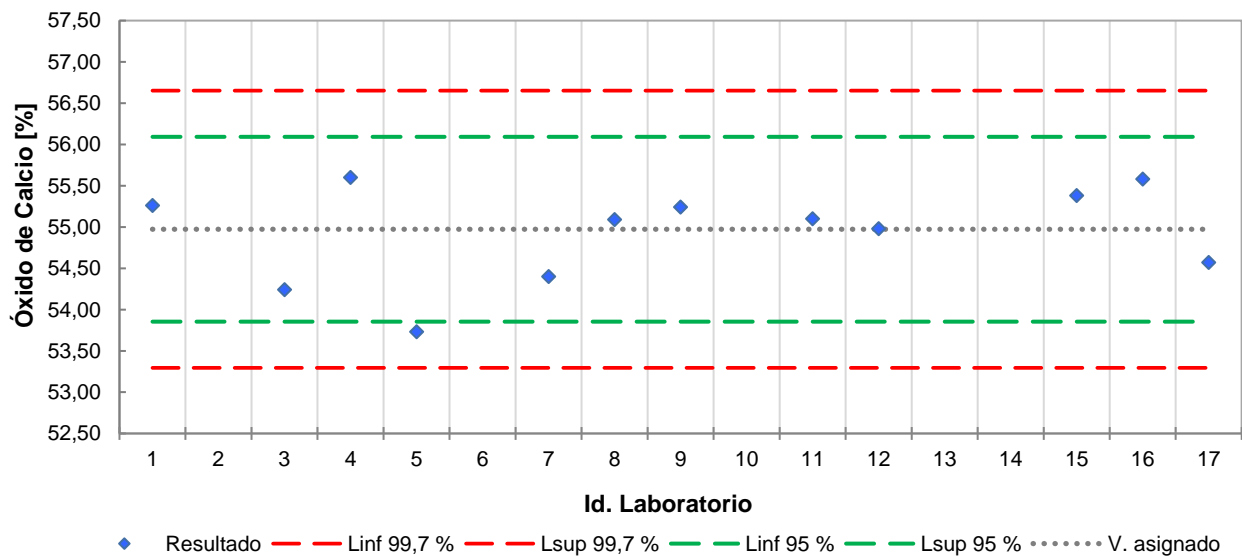


Gráfico N° 8. Óxido de calcio, en gramos por 100 gramos



◆ Resultado — Linf 99,7 % — Lsup 99,7 % — Linf 95 % — Lsup 95 % V. asignado

6.1.5. Óxido de magnesio (MgO)

Cantidad de resultados	12 (*)	
Media aritmética	0,54	%
Máximo	0,61	
Mínimo	0,42	
Valor asignado (x_{pt})	0,55	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,04	
Coeficiente de Variación (CV)	7,2	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	

(*) Métodos de ensayo: ASTM C114 (8), EN 196-2 (FX) (9), IRAM 1714 (10), ISO 29581-2 (11), IRAM 1591-1 (12), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L07	0,42	%

Análisis por métodos de ensayo informados por los participantes (Sin considerar atípicos)				
Método	Promedio	Desvío Estándar	Coef. Variación	Cant. de resultados
ASTM C114, IRAM 1591-1	0,54 %	0,03 %	5,2 %	2
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	0,55 %	0,04 %	6,6 %	9

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

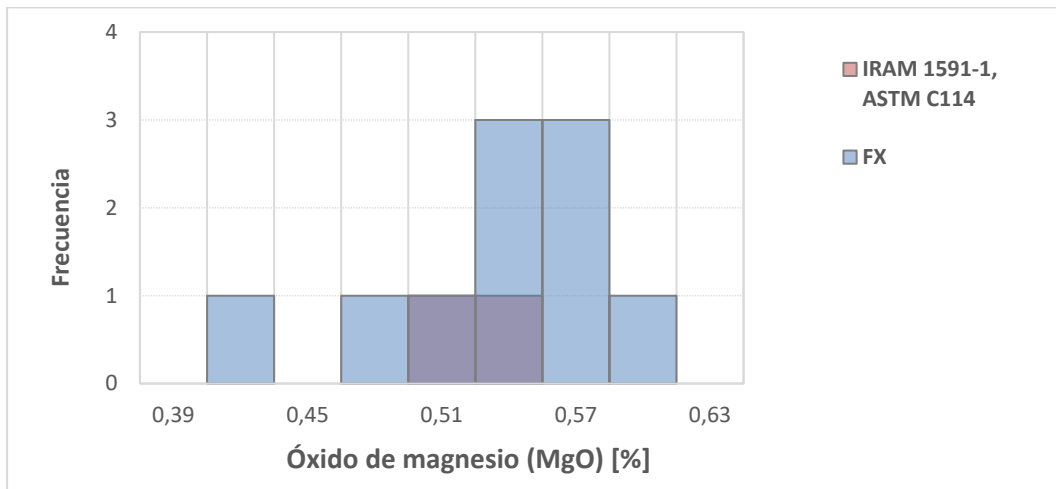
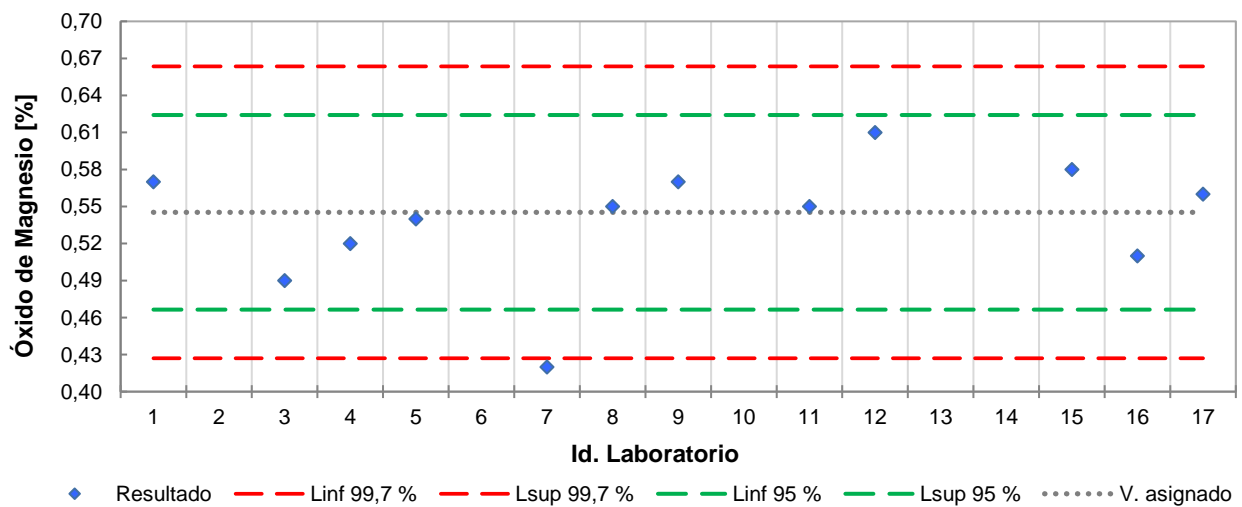


Gráfico N° 10. Óxido de magnesio, en gramos por 100 gramos



6.1.6. Trióxido de azufre (SO₃)

Cantidad de resultados	12 (*)	
Media aritmética	1,66	
Máximo	1,78	
Mínimo	1,58	
Valor asignado (x_{pt})	1,66	%
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,03	
Coeficiente de Variación (CV)	2,1	
Incertidumbre del valor asignado (u(x_{pt}))	0,01	

(*) Métodos de ensayo: ASTM C114 (8), EN 196-2 (FX) (9), IRAM 1714 (10), ISO 29581-2 (11), IRAM 1504 (13), Fluorescencia de rayos X.

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L07	1,78	%

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	1,62 %	0,04 %	2,6 %	2
EN 196-2 (FX), IRAM 1714, ISO 29581-2, Fluorescencia de rayos X	1,66 %	0,04 %	2,3 %	9

Gráfico Nº 11. Trióxido de azufre. Histograma de frecuencias.

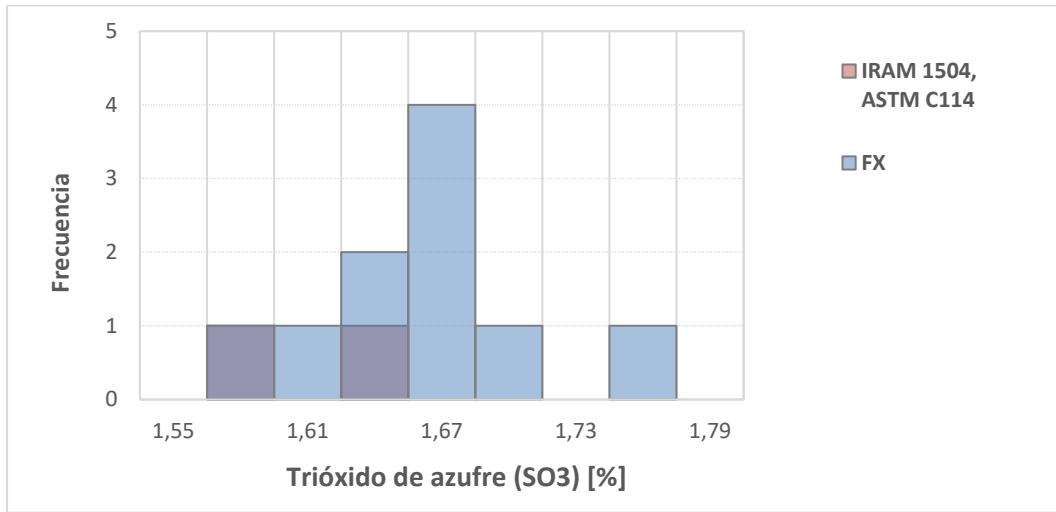
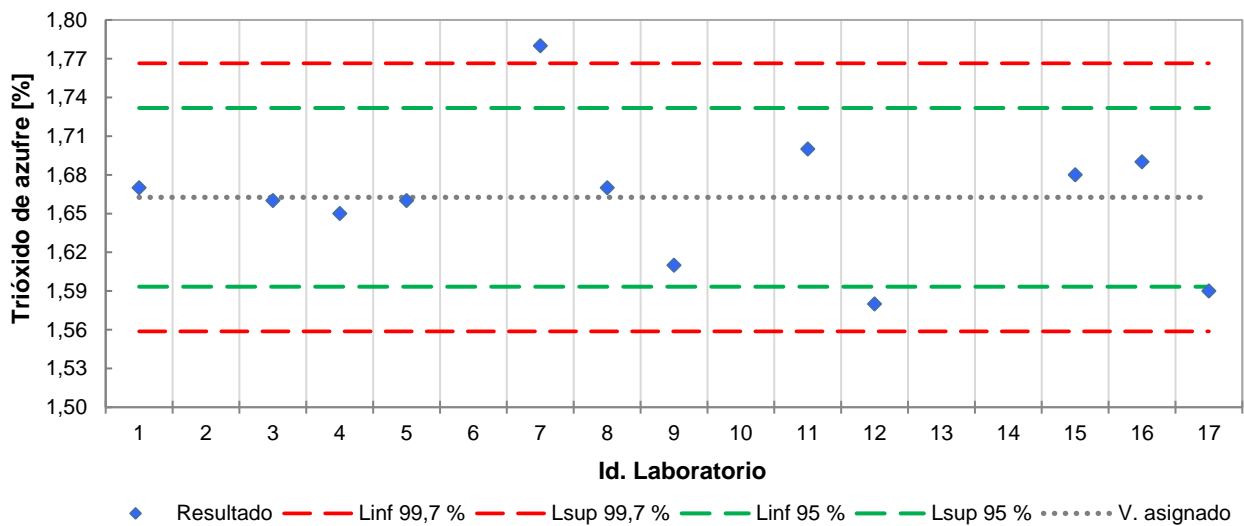


Gráfico Nº 12. Trióxido de azufre, en gramos por 100 gramos (%)



6.1.7. Cloruro (Cl⁻)

Cantidad de resultados	9 (*)	
Media aritmética	0,010	
Máximo	0,020	
Mínimo	0,000	
Valor asignado (x_{pt})	0,009	%
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,009	
Coefficiente de Variación (CV)	(**)	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,004	

(*) Métodos de ensayo: EN 196-2 (vía química) (9), IRAM 1714 (10), IRAM 1591-1 (12), UNIT 1013 (14), Fluorescencia de rayos X y otros procedimientos.

(**) 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”: no detectados

Gráfico N° 13. Cloruro. Histograma de frecuencias.

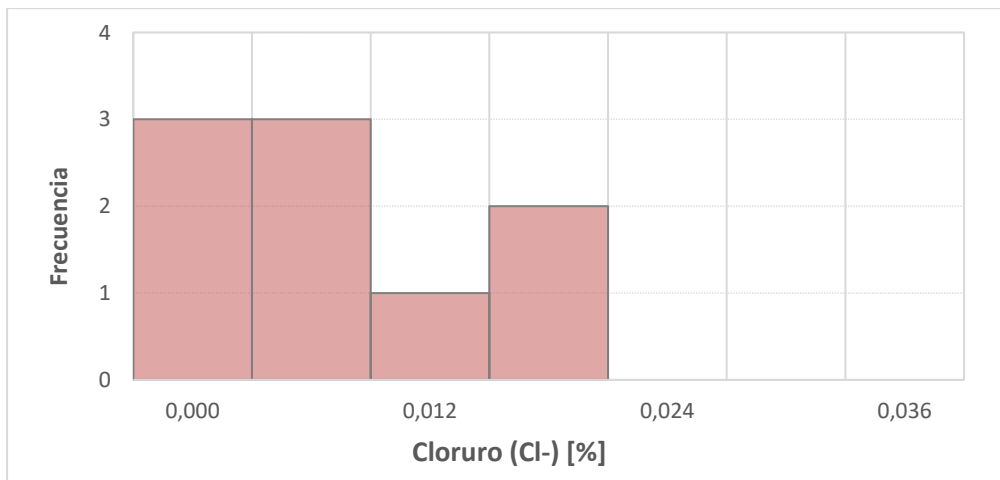
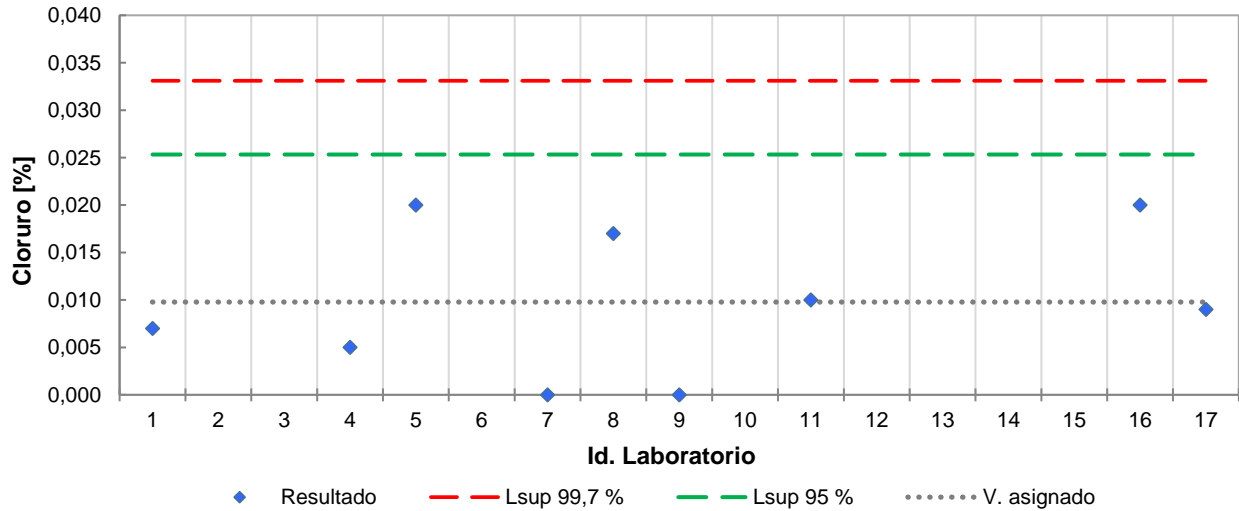


Gráfico N° 14. Cloruro, en gramos por 100 gramos (%)



6.2. Ensayos físico-mecánicos

6.2.1. Densidad

Cantidad de resultados	15 (*)	
Media aritmética	2,89	g/cm ³
Máximo	3,05	
Mínimo	2,78	
Valor asignado (x_{pt})	2,89	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,03	
Coefficiente de Variación (CV)	1,2	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,01	g/cm ³

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1624 (15), NM 23 / ABNT NBR NM 23 (16).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L02	3,05	g/cm ³
Laboratorio L08	2,78	
Laboratorio L17	2,78	

Gráfico N° 15. Densidad. Histograma de frecuencias.

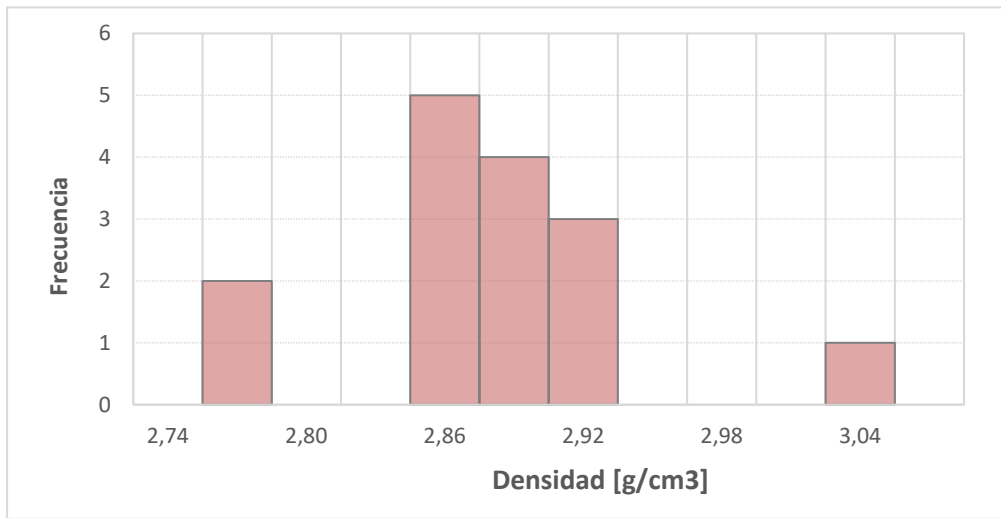
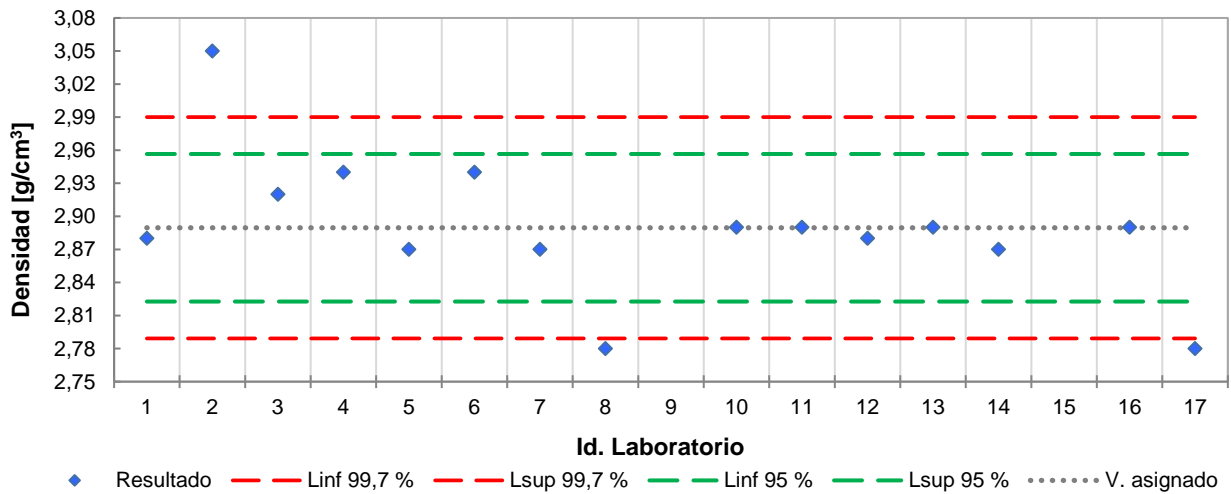


Gráfico N° 16. Densidad, en gramos por centímetro cúbico (g/cm³)



6.2.2. Finura. Superficie específica por el método Blaine

Cantidad de resultados	15 (*)	
Media aritmética	4941	cm ² /g
Máximo	5680	
Mínimo	4366	
Valor asignado (x_{pt})	4924	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	198	
Coefficiente de Variación (CV)	4,0	%
Incertidumbre del valor asignado (u(x_{pt}))	64	cm ² /g

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1623 (17), NM 76 (18), ABNT NBR 16372 (19).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L15	5680	cm ² /g

Gráfico N° 17. Finura. Superficie específica por el método Blaine. Histograma de frecuencias.

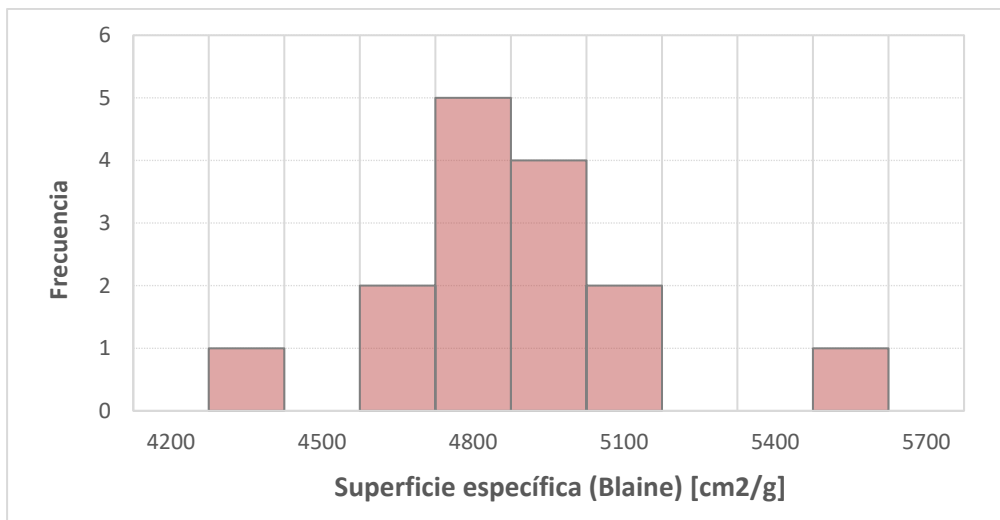
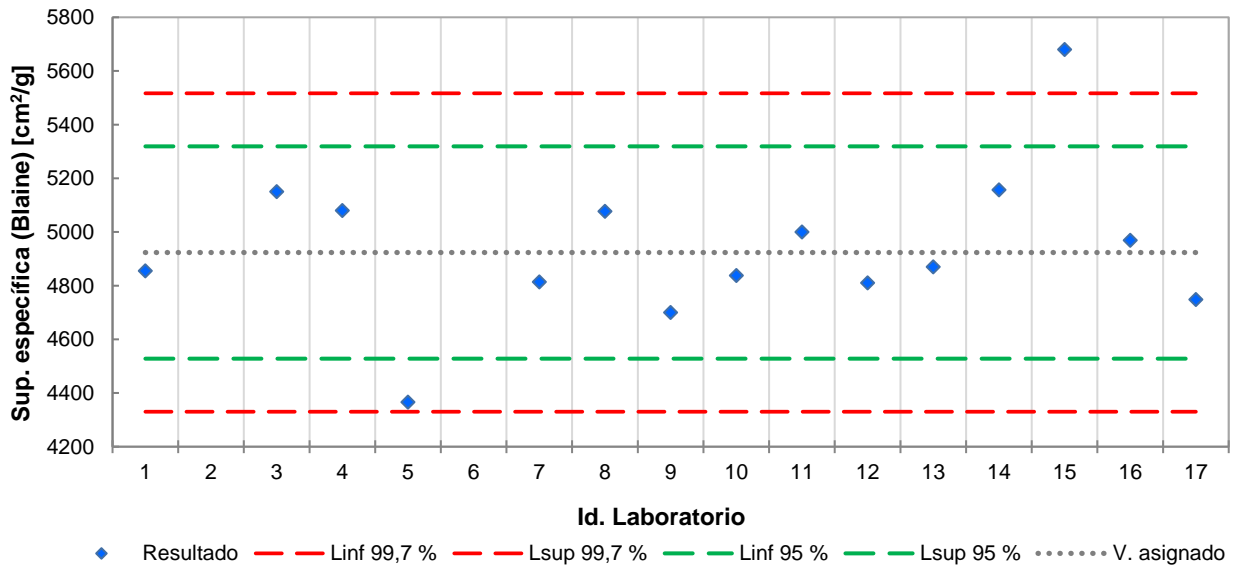


Gráfico N° 18. Finura. Superficie específica Blaine, en centímetros cuadrados por gramo (cm²/g).



6.2.3. Distribución de tamaño de partículas por espectroscopia de difracción laser

Esta determinación contó con la participación de 2 laboratorios. Se presentan a continuación los resultados informados por los participantes, 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
L11	5,0	10,4	23,9	36,7	43,7	50,2	56,7	63,8	82,6	87,5	91,7	95,2	97,9	98,8	99,4	99,9	100,0
L14	10,7	16,0	28,2	38,9	44,9	50,5	56,2	62,6	79,7	84,4	88,5	92,3	95,6	97,1	98,2	99,7	100,0

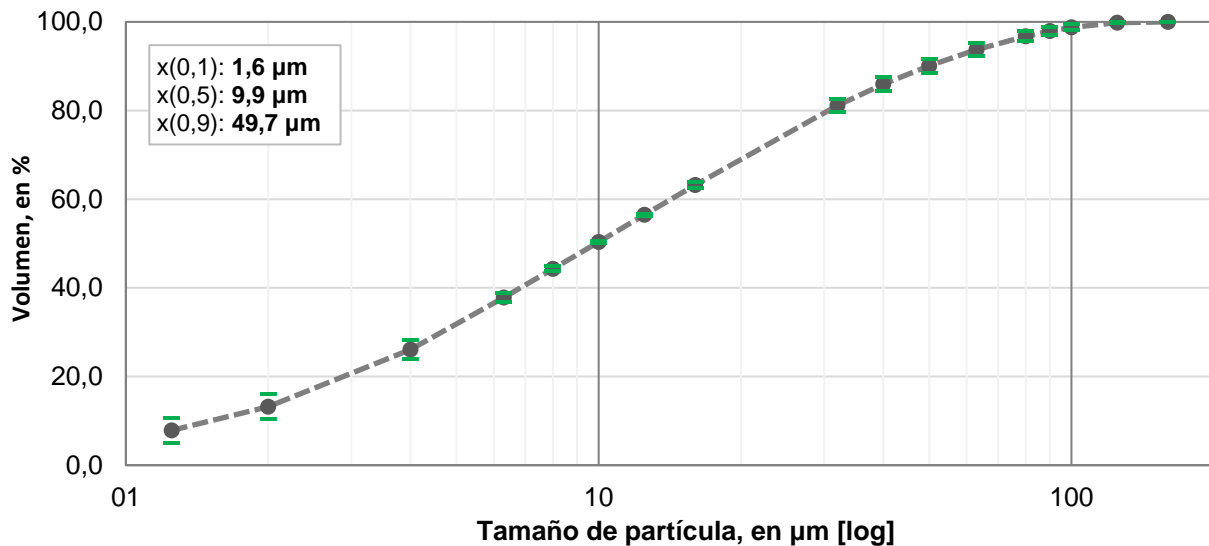
(*) Medios de suspensión empleados por los participantes: en líquido (alcohol etílico).

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
L11	1,90	9,90	45,40
L14	1,20	9,80	54,60

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 (%)																
7,9	13,2	26,1	37,8	44,3	50,4	56,5	63,2	81,1	85,9	90,1	93,7	96,8	97,9	98,8	99,8	100,0
Desviación Estándar (%)																
4,0	3,9	3,1	1,6	0,8	0,2	0,3	0,8	2,1	2,2	2,3	2,1	1,6	1,2	0,9	0,1	0,0
Tamaño de partículas para percentiles 10, 50 y 90 % (Estim)																
X(0,1): 1,6 μm					X(0,5): 9,9 μm					X(0,9): 49,7 μm						

Gráfico N° 19. Granulometría por difracción láser, en % respecto a volúmenes acumulados



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

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

a. Ensayo en seco, normas IRAM 1621 (20) (bajo corriente de aire), UNIT 327 (21), ABNT NBR 12826 (22) y otros procedimientos en seco

Cantidad de resultados	11	
Media aritmética	5,0	%
Máximo	5,9	
Mínimo	4,1	
Valor asignado (x_{pt})	4,9	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,7	
Coefficiente de Variación (CV)	13,7	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,3	

Valores "Atípicos": no detectados

b. Ensayo con tamizado vía húmeda

Método de ensayo	Cant. de resultados	Resultados informados	Media aritmética	Desvío Estándar
IRAM 1621 (20)	2	5,4	4,8 %	0,8 %
		4,2		
UNIT 1064 (23)	2	5,3	5,1 %	0,3 %
		4,9		

Gráfico N° 20. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 μ m. Histograma de frecuencias.

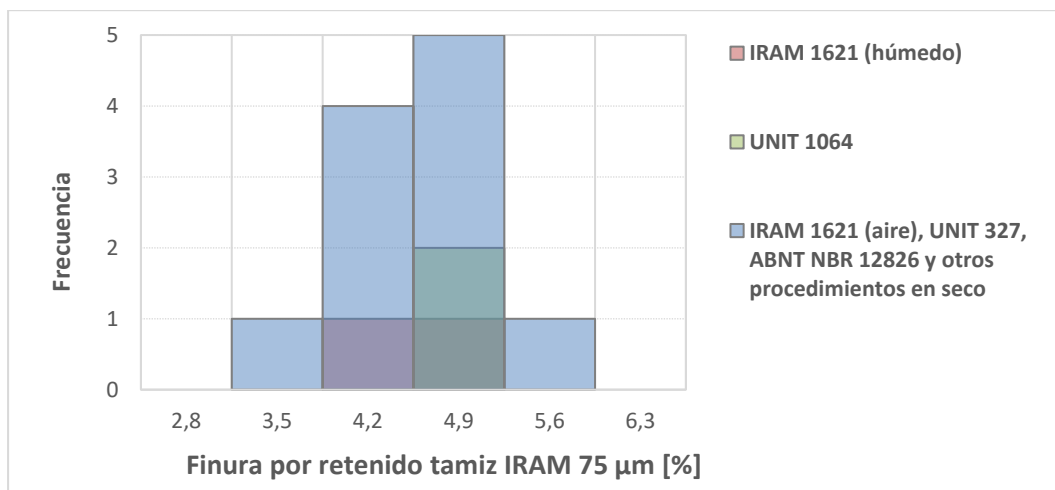
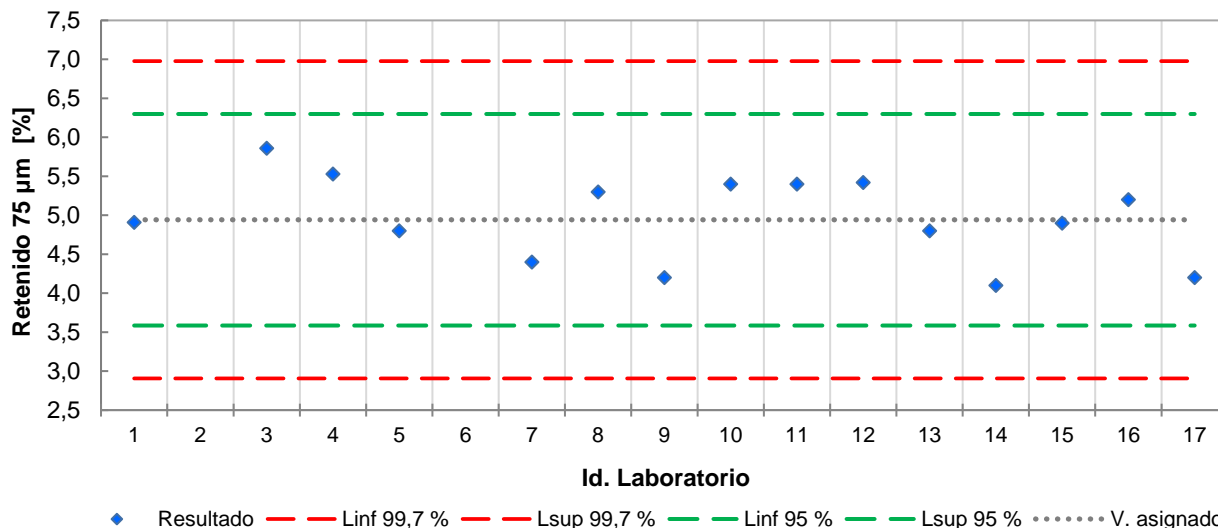


Gráfico N° 21. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 75 µm, en por ciento (%).



Nota: Los límites indicados en el gráfico corresponden únicamente para el conjunto de las determinaciones realizadas por tamizado bajo corriente de aire.

6.2.5. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm

a. **Ensayo en seco. Normas UNIT 327 (21), ABNT NBR 12826 (22), UNIT 1064 (23), EN 196-6 (24) y otros procedimientos en seco.**

Cantidad de resultados	12	
Media aritmética	14,2	%
Máximo	16,6	
Mínimo	12,6	
Valor asignado (x_{pt})	13,8	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	1,1	
Coefficiente de Variación (CV)	8,1%	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,4	

Valores "Atípicos": no detectados

b. Ensayo con tamizado vía húmeda.

Método de ensayo	Cant. de resultados	Resultados informados	Media aritmética	Desvío Estándar
UNIT 1064 (23)	1	12,4 %	-	-
IRAM 1654-1 (25)	1	10 2%	-	-

Gráfico N° 22. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm. Histograma de frecuencias.

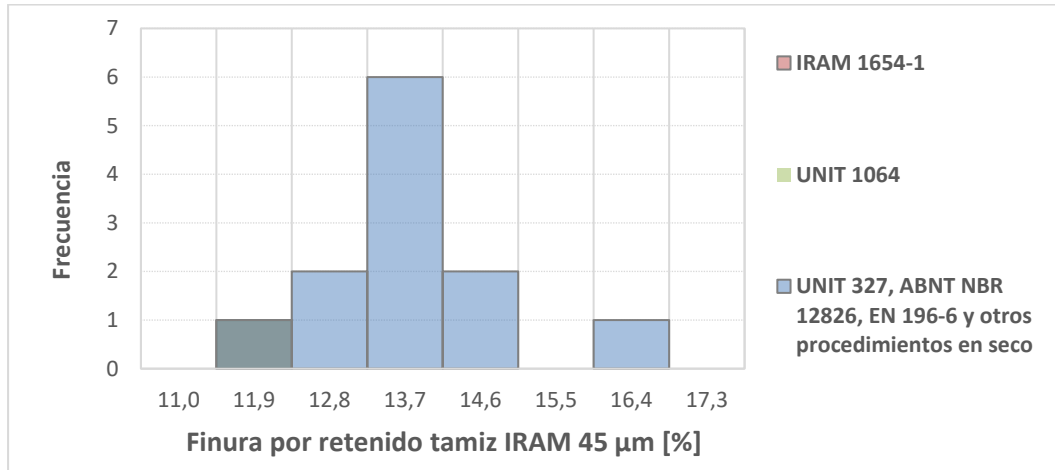
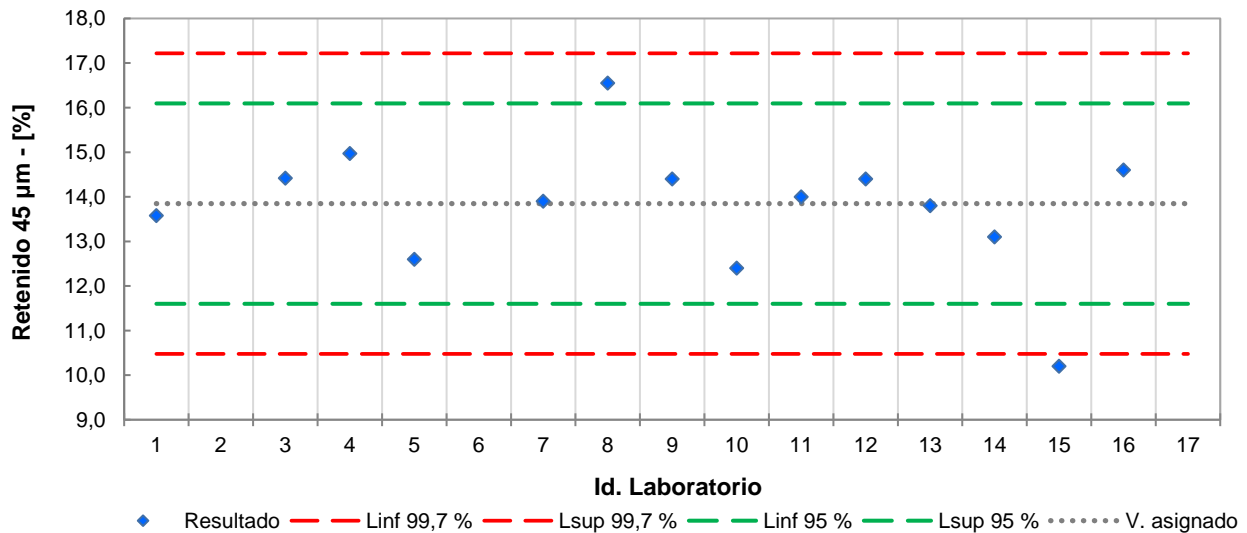


Gráfico N° 23. Finura. Material retenido en tamiz IRAM 45 µm



Nota: Los límites indicados en el gráfico corresponden únicamente para el conjunto de las determinaciones realizadas por tamizado bajo corriente de aire.

6.2.6. Tiempo de fraguado inicial

Cantidad de resultados	16 (*)	
Media aritmética	190	min
Máximo	240	
Mínimo	126	
Valor asignado (x_{pt})	191	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	16	
Coefficiente de Variación (CV)	8,3	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	5	min

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1619 (26), NM 65 (27) y UNIT 1382 (28).

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L02	126	min
Laboratorio L10	240	

Gráfico N° 24. Tiempo de fraguado inicial. Histograma de frecuencias.

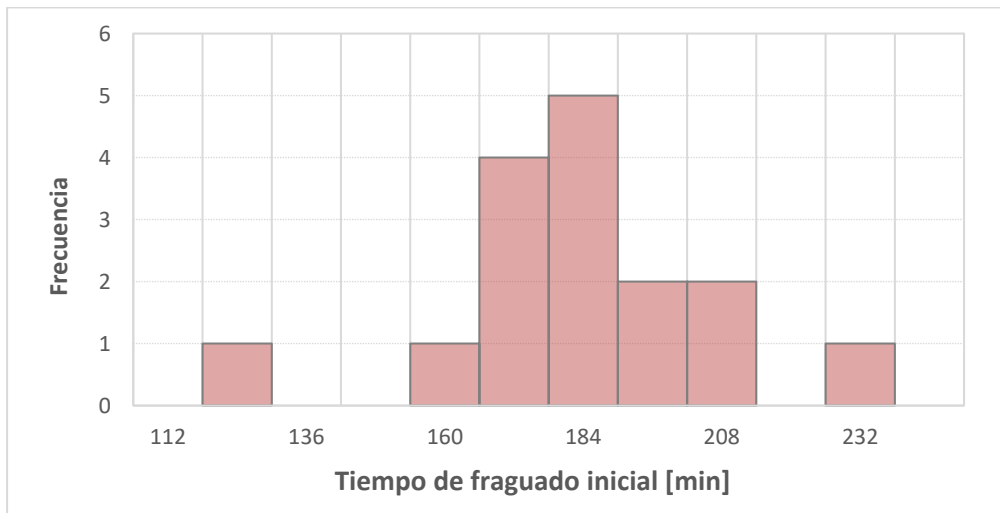
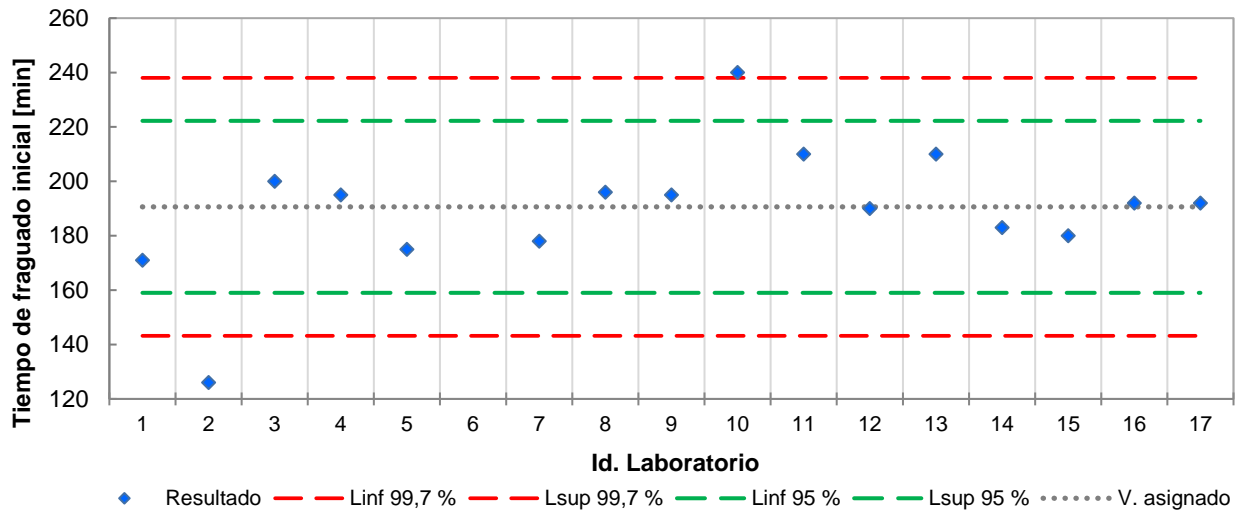


Gráfico Nº 25. Tiempo de fraguado inicial, en minutos (min).



6.2.7. Expansión en autoclave

Cantidad de resultados	10 (*)	
Media aritmética	0,016	%
Máximo	0,050	
Mínimo	-0,010	
Valor asignado (x_{pt})	0,015	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,016	
Coefficiente de Variación (CV)	**	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,006	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1679 / IRAM 1620 (29) y UNIT 514 (30).

(**) 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": no detectados

Gráfico N° 26. Expansión en autoclave. Histograma de frecuencias.

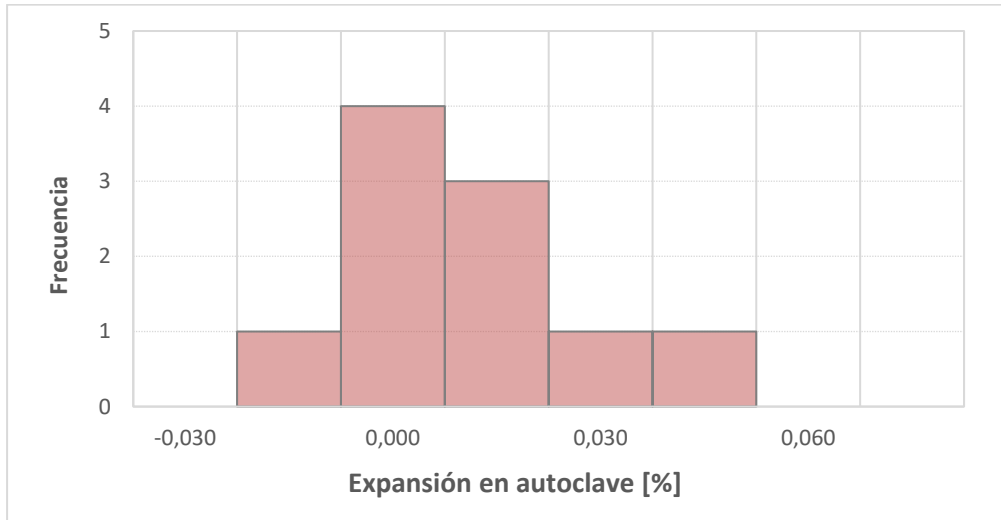
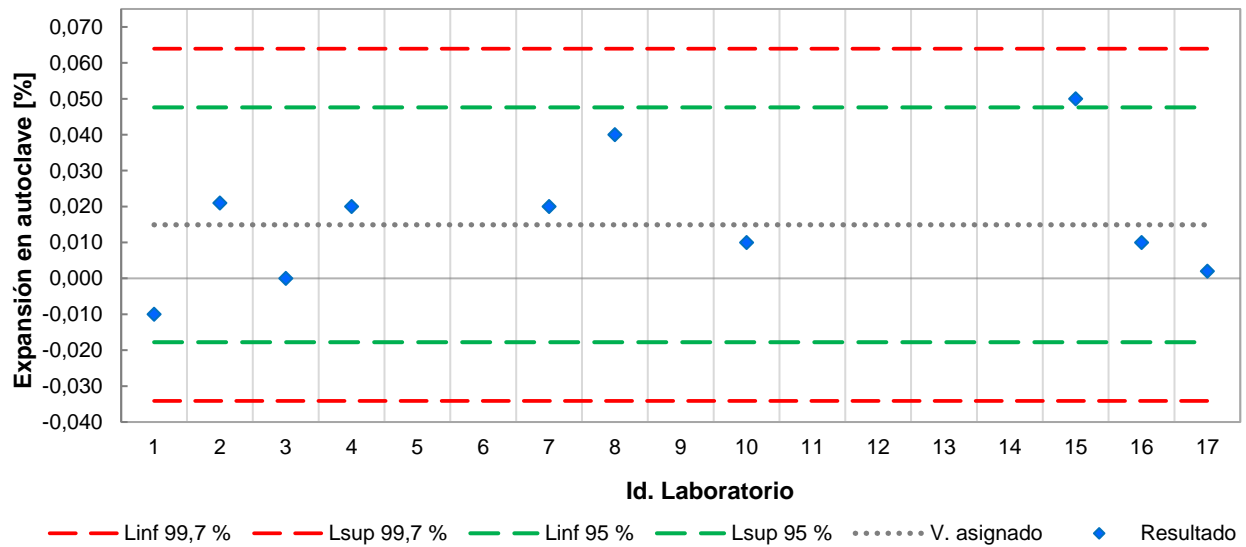


Gráfico N° 27. Expansión en autoclave, en por ciento (%)



6.2.8. Agua para mortero de fluidez normal

a. Ensayos con normas IRAM 1679 (2) y UNIT 985 (31)

Cantidad de resultados	10	
Media aritmética	49,2	g agua / 100 g cto
Máximo	53,8	
Mínimo	43,6	
Valor asignado (x_{pt})	49,3	%
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	3,2	
Coefficiente de Variación (CV)	6,5	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	1,1	g agua / 100 g cto

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)

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	110,2	g agua / 100 g cto

b. Otras determinaciones:

Consistencia normal sobre pasta de cemento

Método de ensayo informado	Cantidad de resultados	Resultados informados		Media aritmética		Desvío estándar	
IRAM 1679 (2)	4	26,5	g agua / 100 g cto	27,5	g agua / 100 g cto	0,7	g agua / 100 g cto
		27,7					
		28,2					
		27,6					
UNIT 1382 (28) (*)	1	28,0	g agua / 100 g cto	-	g agua / 100 g cto	-	g agua / 100 g cto

(*) Resultado informado adicionalmente al considerado en la determinación del punto a., para mortero de fluidez normal.

Gráfico N° 28. Agua para mortero de fluidez normal (resultados informados en ítem a).
Histograma de frecuencias.

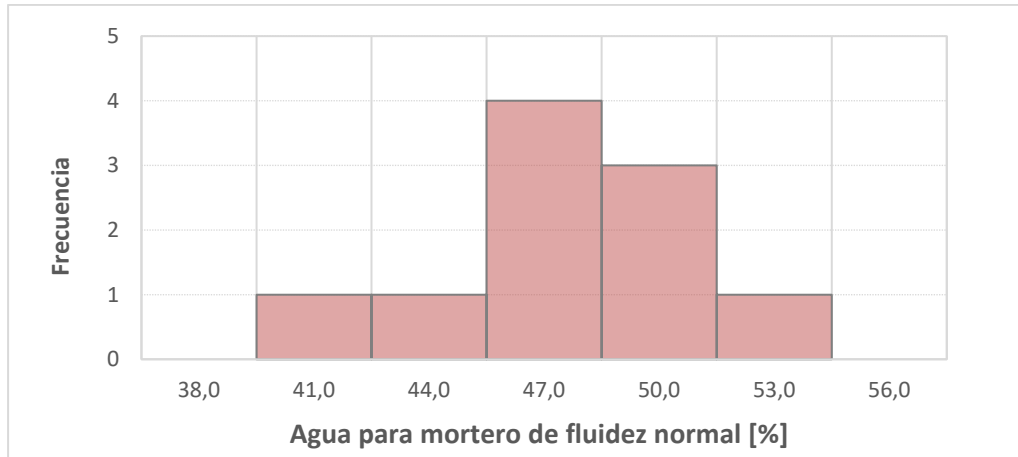
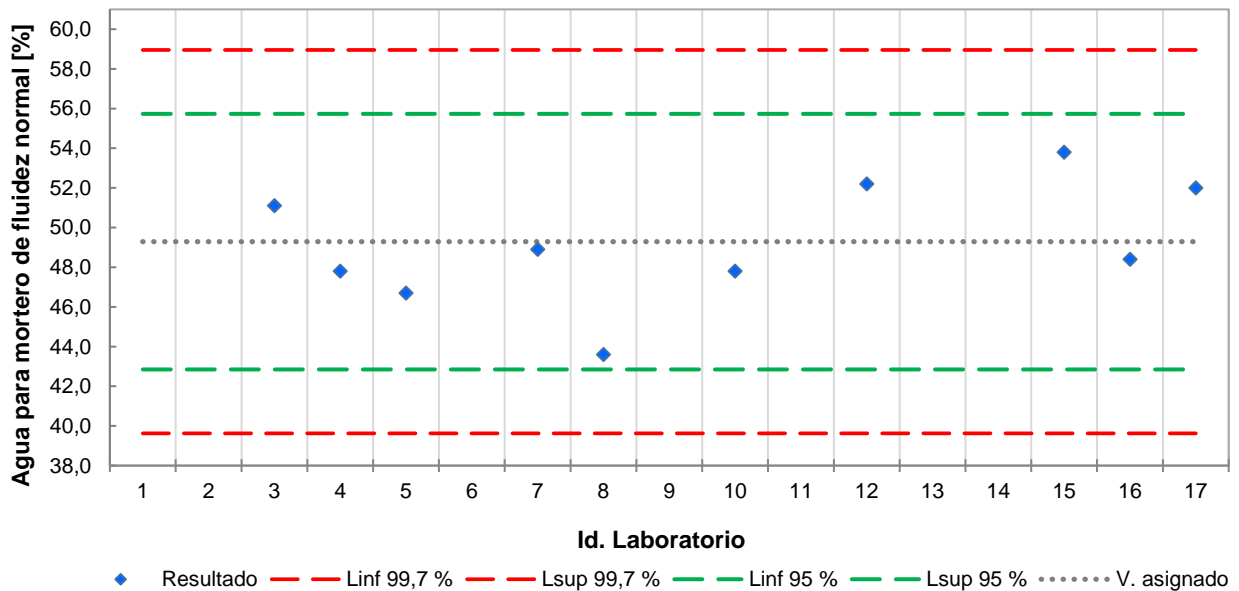


Gráfico N° 29. Agua para mortero de fluidez normal (resultados informados en ítem a), en gramos de agua cada 100 gramos de cemento.



6.2.9. Masa promedio de las probetas a 7 días

Probetas moldeadas según norma IRAM 1679 (2), UNIT 985 (31) y EN 196-1 (3). Incluye probetas preparadas con el procedimiento de la norma IRAM 1622 (32) y UNIT ISO 679 (33)

Cantidad de resultados	16	
Media aritmética	526,5	g
Máximo	549,6	
Mínimo	510,4	
Valor asignado (x_{pt})	526,1	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	9,2	
Coefficiente de Variación (CV)	1,8	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	2,88	g

Valores "Atípicos": no detectados

Gráfico N° 30. Masa promedio de las probetas preparadas según norma IRAM 1679 (2), UNIT 985 (31) y EN 196-1 (3), a 7 días. Histograma de frecuencias.

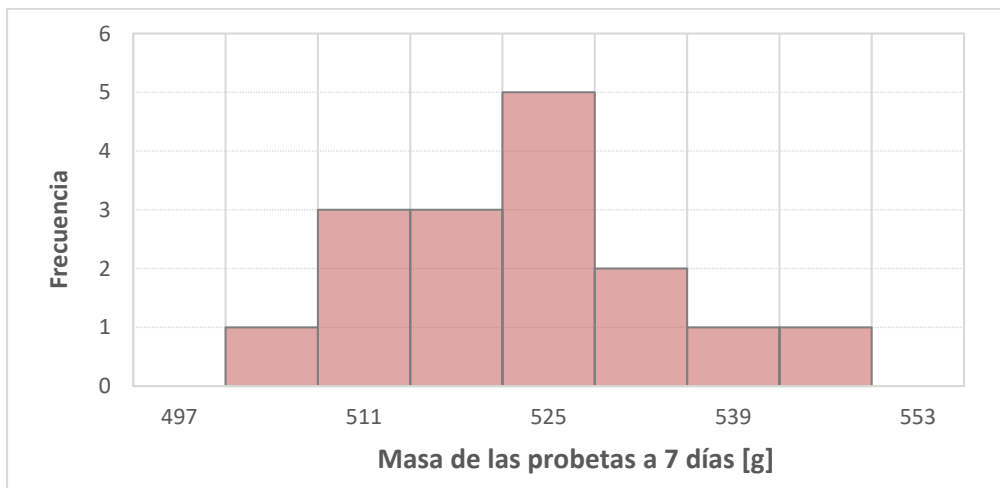
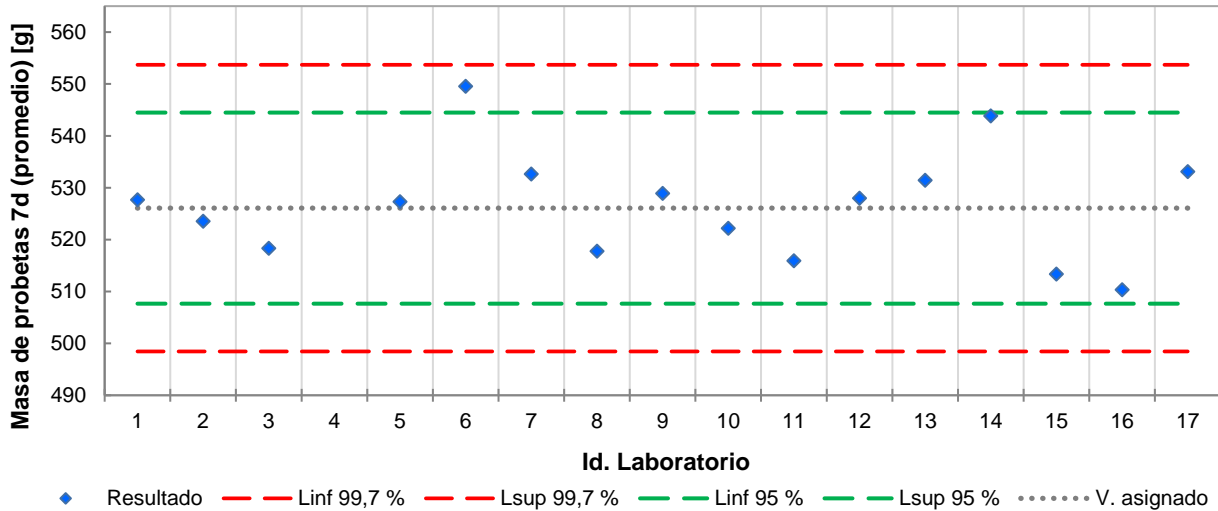


Gráfico Nº 31. Masa promedio de las probetas preparadas según norma IRAM 1679 (2), UNIT 985 (31) y EN 196-1 (3), a 7 días, en gramos (g).



6.2.10. Masa promedio de las probetas a 28 días

Probetas moldeadas según norma IRAM 1679 (2), UNIT 985 (31) y EN 196-1 (3). Incluye probetas preparadas con el procedimiento de la norma IRAM 1622 (32) y UNIT ISO 679 (33).

Cantidad de resultados	16	
Media aritmética	529,8	g
Máximo	569,5	
Mínimo	511,5	
Valor asignado (x_{pt})	527,4	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	10,4	%
Coefficiente de Variación (CV)	2,0	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	3,26	

Valores "Atípicos"		
Laboratorio L06	569,5	g

Gráfico N° 32. Masa promedio de las probetas preparadas según norma IRAM 1679 (2), UNIT 985 (31) y EN 196-1 (3), a 28 días. Histograma de frecuencias.

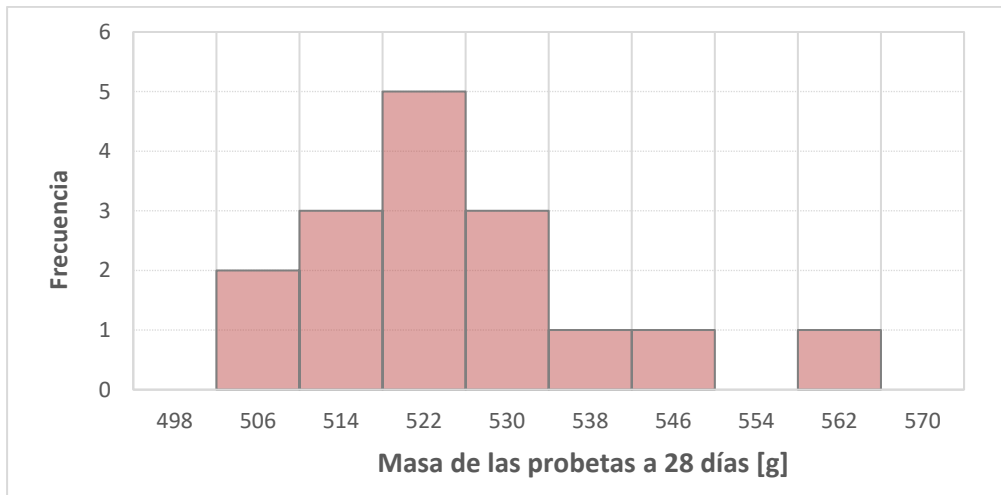
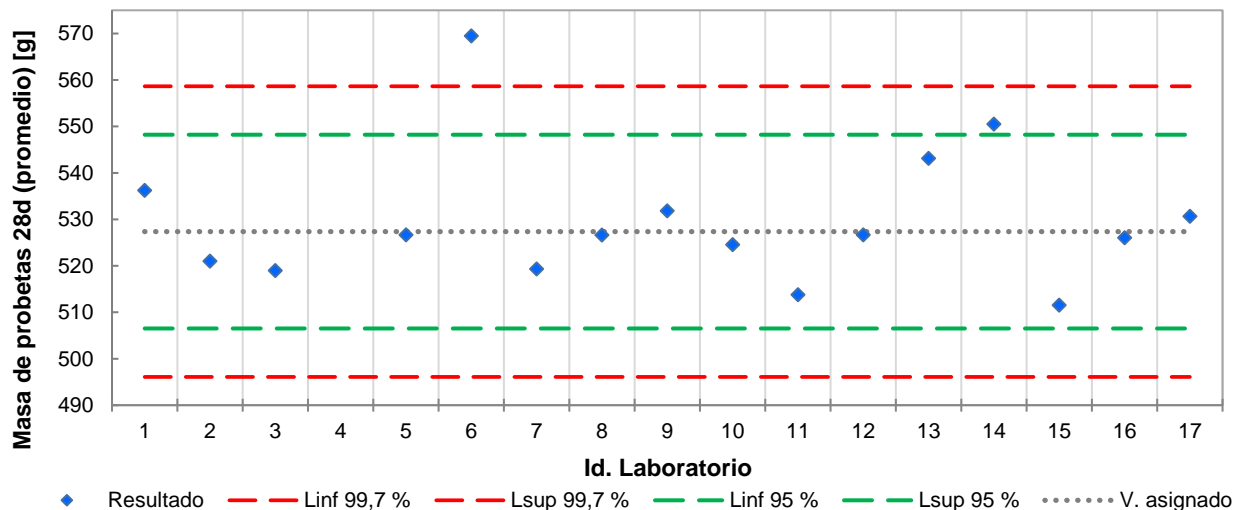


Gráfico N° 33. Masa promedio de las probetas preparadas según normas IRAM 1679 (2), UNIT 985 (31) y EN 196-1 (3), a 28 días, en gramos (g)



6.2.11. Resistencia a compresión a 7 días

Cantidad de resultados	17 (*)	
Media aritmética	9,1	MPa
Máximo	11,9	
Mínimo	7,1	
Valor asignado (x_{pt})	9,1	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	1,4	
Coefficiente de Variación (CV)	15,9	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,4	MPa

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1679 (2), UNIT 985 (31) y EN 196-1 (3)

Valores “Atípicos”: no detectados

Gráfico N° 34. Resistencia a compresión a 7 días. Histograma de frecuencias.

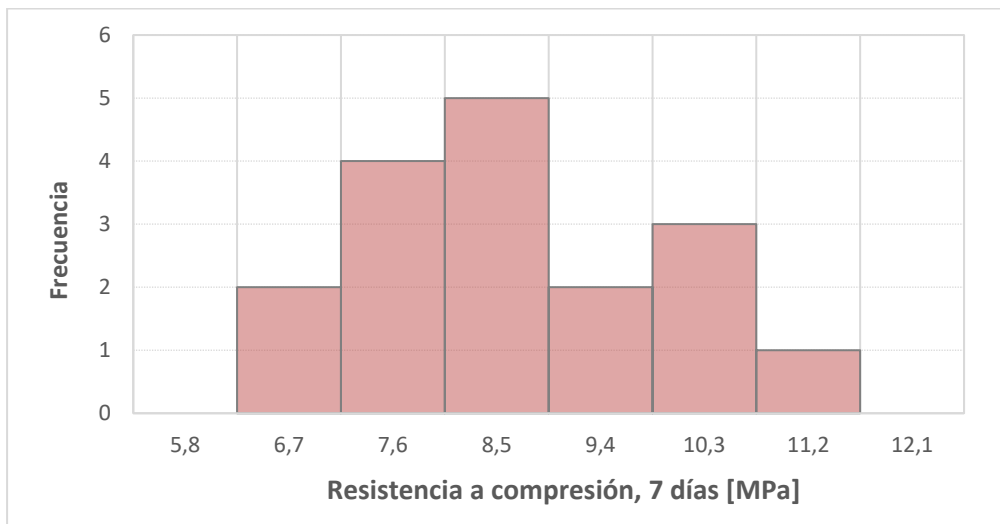
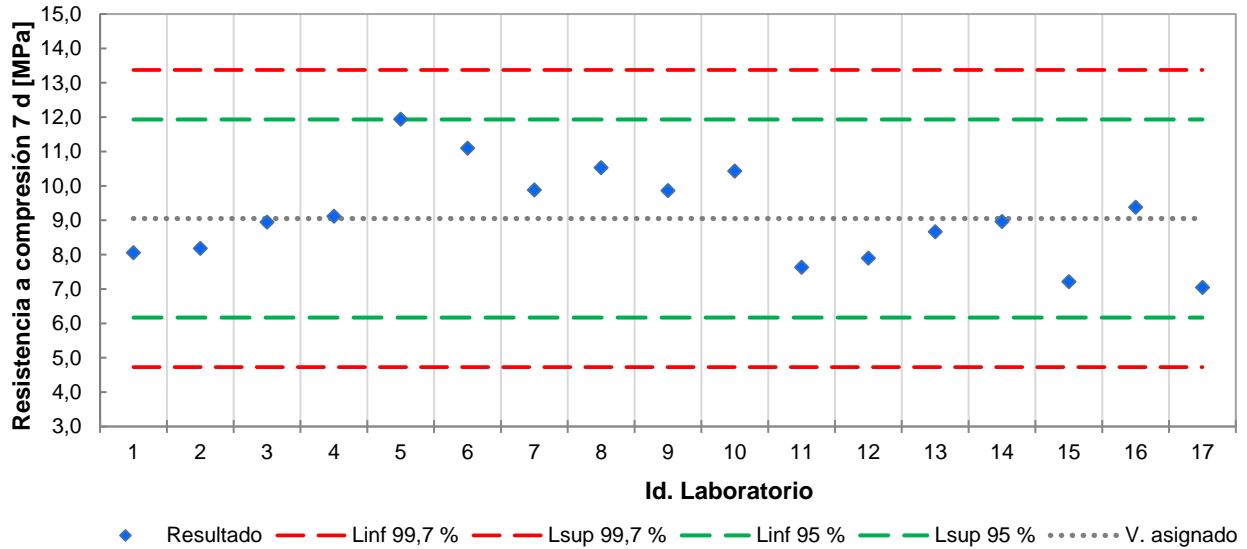


Gráfico N° 35. Resistencia a compresión a 7 días, en Megapascal (MPa).



6.2.12. Resistencia a compresión a 28 días

Cantidad de resultados	17 (*)	
Media aritmética	12,3	MPa
Máximo	17,9	
Mínimo	8,9	
Valor asignado (x_{pt})	12,1	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	2,0	
Coeficiente de Variación (CV)	16,3	%
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,6	MPa

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1679 (2), UNIT 985 (31) y EN 196-1 (3)

Valores "Atípicos": no detectados

Gráfico N° 36. Resistencia a compresión a 28 días. Histograma de frecuencias.

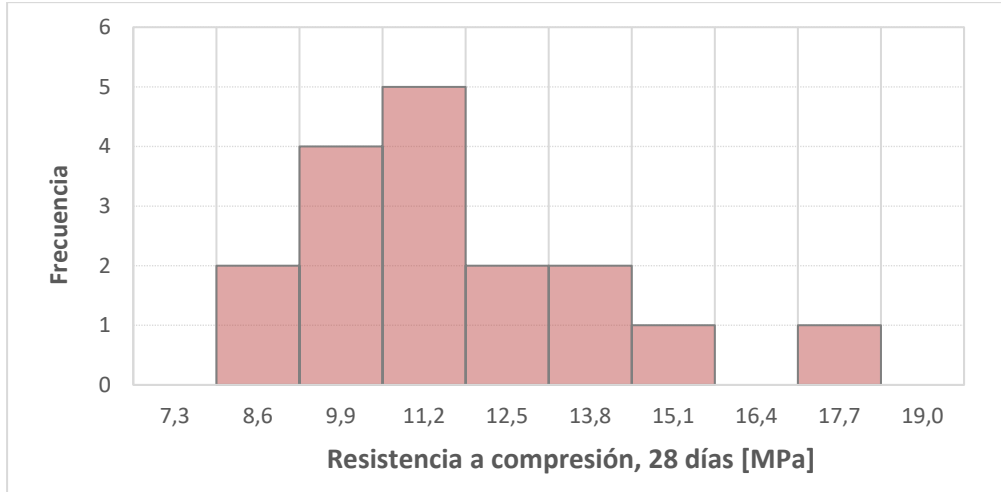
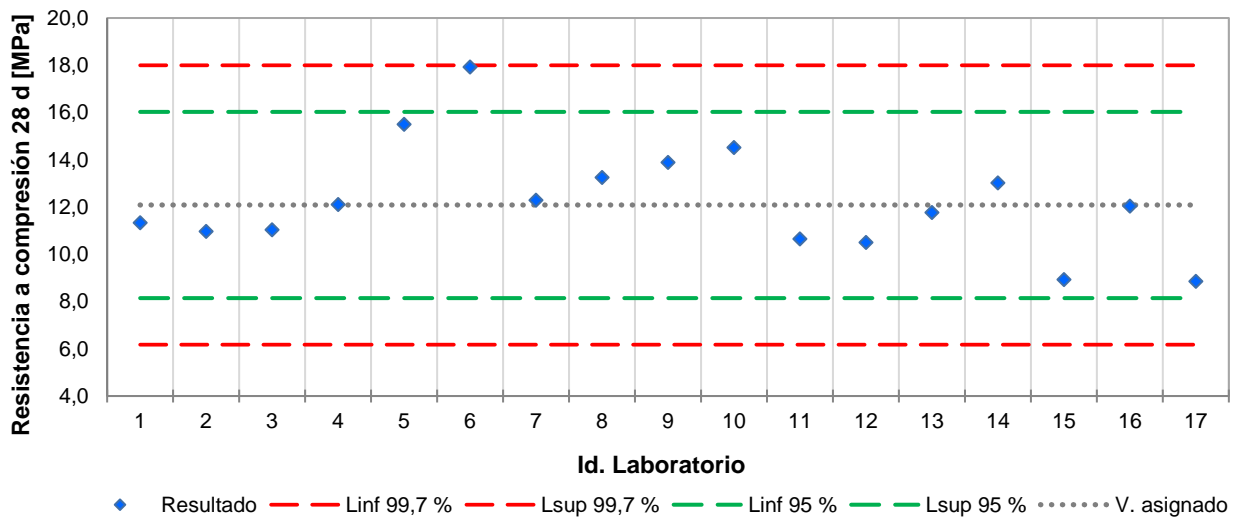


Gráfico N° 37. Resistencia a compresión a 28 días, en Megapascal (MPa).



6.2.13. Aire incorporado

Cantidad de resultados	13 (*)	
Media aritmética	13,3	
Máximo	15,6	
Mínimo	11,3	
Valor asignado (x_{pt})	13,3	%
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	0,8	
Coefficiente de Variación (CV)	6,3	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	0,3	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1679 (2) y UNIT 985 (31)

Valores "Atípicos": no detectados

Gráfico N° 38. Aire incorporado. Histograma de frecuencias.

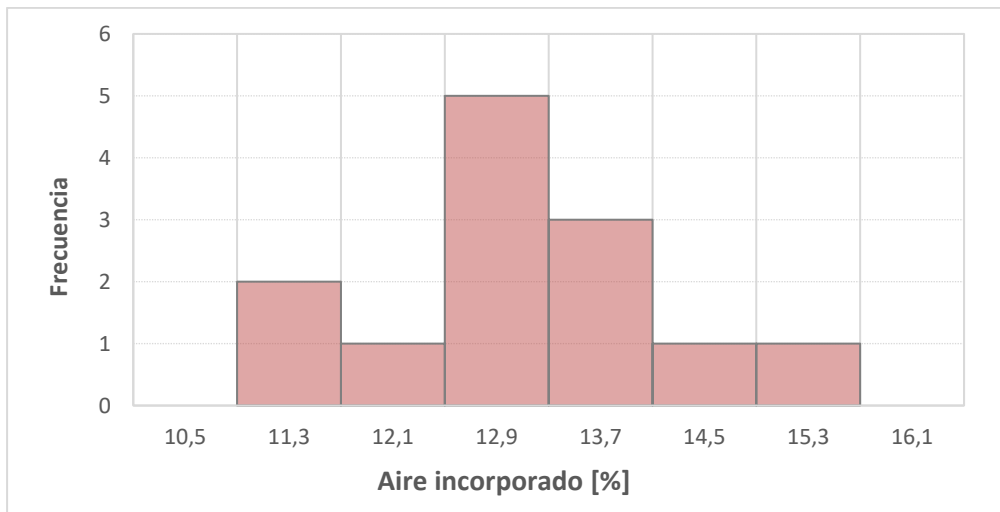
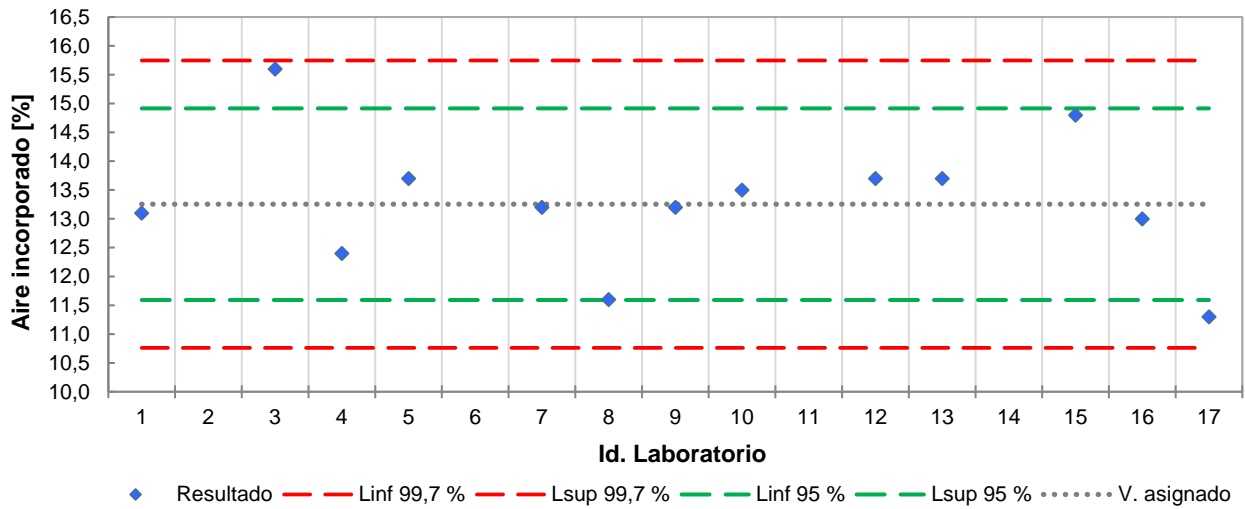


Gráfico N° 39. Aire incorporado, en por ciento (%).



6.2.14. Retención de agua

Cantidad de resultados	13 (*)	
Media aritmética	79,3	%
Máximo	93,6	
Mínimo	64,5	
Valor asignado (x_{pt})	79,3	
Desviación estándar interlaboratorio (σ_{pt})	7,4	
Coefficiente de Variación (CV)	9,4	
Incertidumbre del valor asignado ($u(x_{pt})$)	2,6	

(*) Métodos de ensayo: IRAM 1679 (2) y UNIT 985 (31)

Valores “Atípicos”: no detectados

Gráfico N° 40. Retención de agua. Histograma de frecuencias.

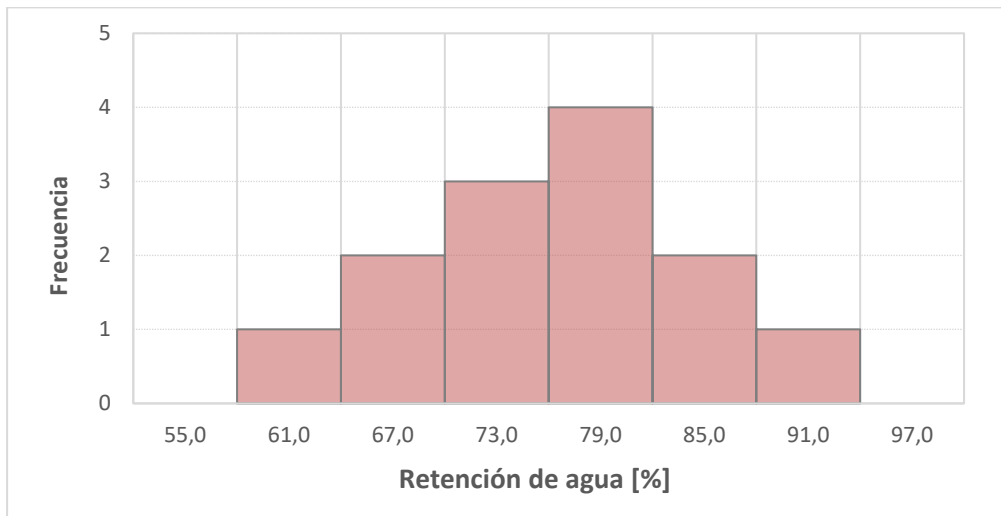
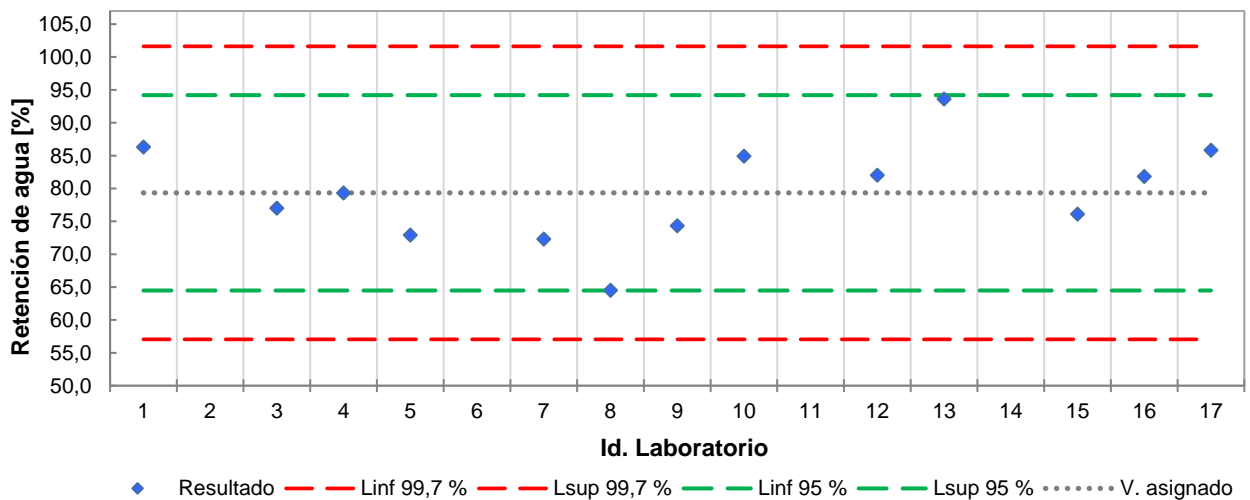


Gráfico N° 41. Retención de agua, en por ciento (%).



7. Conclusiones

Sobre un total de 274 resultados informados por los participantes para las 21 determinaciones incluidas en el alcance de este programa interlaboratorio, el 87,5 % 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 5,5 % de los resultados corresponden a casos de desempeño "dudoso" ($2,0 < |z| < 3,0$), y el 4,8 % a casos de desempeño no satisfactorio ($|z| > 3,0$).

8. Referencias bibliográficas

- (1) Norma IRAM 1685. Cemento de albañilería. Requisitos.
- (2) Norma IRAM 1679. Cemento de albañilería. Método de ensayo.
- (3) Norma EN 196-1. Methods of testing cement – Part 1. Determination of strength.
- (4) Norma IRAM 1633. Arena normalizada.
- (5) Norma UNE EN 196-7. Métodos de ensayo de cementos. Parte 7: Métodos de toma y preparación de muestras de cemento.
- (6) Norma ISO 13528. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. Second Edition. 2015.
- (7) 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.
- (8) ASTM C114. Estándar test methods for chemical analysis of hydraulic cement.
- (9) Norma EN 196-2. Methods of testing cement. Part 2: Chemical analysis of cement.
- (10) Norma IRAM 1714. Conglomerantes hidráulicos y sus adiciones. Análisis químico por espectrometría de fluorescencia de rayos X.
- (11) Norma ISO 29581-2. Methods of testing cement. Chemical analysis of cement. Part 2: analysis by x-ray fluorescence.
- (12) Norma IRAM 1591-1. Cementos. Métodos de ensayo. Parte I: Análisis químico por vía húmeda.
- (13) Norma IRAM 1504. Cemento Portland. Análisis químico.
- (14) Norma UNIT 1013. Cemento Portland. Análisis químico. Determinación del contenido de cloruro.
- (15) Norma IRAM 1624. Cemento. Método de ensayo para la determinación de la densidad.
- (16) Norma NM 23. Cemento Portland. Método de determinación de la densidad absoluta.
- (17) 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).
- (18) Norma NM 76. Cemento Portland. Determinación de la finura mediante la permeabilidad al aire (método de Blaine).
- (19) ABNT NBR 16372. Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine).
- (20) Norma IRAM 1621. Cemento. Método de ensayo de finura por tamizado.
- (21) UNIT 327. Cemento Portland. Determinación de la finura por medio de tamizado seco.
- (22) ABNT 12826. Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação do índice de finura por meio de peneirador aerodinâmico.

-
- (23) UNIT 1064. Cementos. Método de determinación de la finura por tamizado húmedo con tamiz 75 μm .
 - (24) Norma EN 196-6. Métodos de ensayo de cementos. Parte 6: Determinación de la finura.
 - (25) Norma IRAM 1654. Puzolanas y cenizas volantes silíceas. Parte 1 - Métodos de ensayo físicos.
 - (26) Norma IRAM 1619. Cemento. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado.
 - (27) Norma NM 65. Cemento Portland. Determinación del tiempo de fraguado.
 - (28) UNIT 1382. Cementos - Métodos de ensayo - Determinación de consistencia normal y tiempo de fraguado
 - (29) Norma IRAM 1620. Cemento. Método de ensayo de la expansión en autoclave.
 - (30) UNIT 514. Cemento - Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen.
 - (31) UNIT 985. Cemento de albañilería - Métodos de ensayo.
 - (32) Norma IRAM 1622. Cemento portland. Determinación de resistencias mecánicas.
 - (33) UNIT ISO 679. Métodos de ensayo de cementos. Determinación de resistencias mecánicas.



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla resumen de resultados informados por los participantes

Id. Lab	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Cl ⁻ (%)	Densidad (g/cm ³)	Superficie Esp. Blaine (cm ² /g)	Retenido 75 µm (%)	Retenido 45 µm (%)
L01	15,53	2,55	2,19	55,26	0,57	1,67	0,01	2,88	4855	4,9	13,6
L02	-	-	-	-	-	-	-	3,05	-	-	-
L03	15,41	2,61	2,20	54,24	0,49	1,66	-	2,92	5150	5,9	14,4
L04	15,50	2,49	2,20	55,60	0,52	1,65	0,01	2,94	5080	5,5	15,0
L05	15,14	2,53	2,20	53,73	0,54	1,66	0,02	2,87	4366	4,8	12,6
L06	-	-	-	-	-	-	-	2,94	-	-	-
L07	15,55	2,75	2,14	54,40	0,42	1,78	0,00	2,87	4814	4,4	13,9
L08	15,44	2,54	2,21	55,09	0,55	1,67	0,02	2,78	5077	5,3	16,6
L09	15,60	2,49	2,26	55,24	0,57	1,61	0,00	-	4700	4,2	14,4
L10	-	-	-	-	-	-	-	2,89	4838	5,4	12,4
L11	15,47	2,54	2,30	55,10	0,55	1,70	0,01	2,89	5000	5,4	14,0
L12	15,03	2,35	2,28	54,98	0,61	1,58	-	2,88	4810	5,4	14,4
L13	-	-	-	-	-	-	-	2,89	4870	4,8	13,8
L14	-	-	-	-	-	-	-	2,87	5157	4,1	13,1
L15	15,52	2,54	2,29	55,38	0,58	1,68	-	-	5680	4,9	10,2
L16	15,53	2,61	2,15	55,58	0,51	1,69	0,02	2,89	4969	5,2	14,6
L17	-	2,98	2,03	54,57	0,56	1,59	0,01	2,78	4748	4,2	-

ANEXO 1 (Continuación)

Tabla resumen de resultados informados por los participantes

Id. Lab	Tiempo de raguado inicial (min)	Expansión en autoclave (%)	Agua para mortero de fluidez normal (g agua / g cto)	Masa probetas 7 d (g)	Masa probetas 28 d (g)	Res. Comp. 7 d (MPa)	Res. Comp. 28 d (MPa)	Aire incorporado (%)	Retención de agua (%)
L01	171	-0,010	26,5	527,7	536,2	8,1	11,3	13,1	86,3
L02	126	0,021	27,7	523,6	521,0	8,2	11,0	-	-
L03	200	0,000	51,1	518,3	519,0	9,0	11,0	15,6	77,0
L04	195	0,020	47,8	-	-	9,1	12,1	12,4	79,3
L05	175	-	46,7	527,3	526,7	11,9	15,5	13,7	72,9
L06	-	-	110,2	549,6	569,5	11,1	17,9	-	-
L07	178	0,020	48,9	532,7	519,3	9,9	12,3	13,2	72,3
L08	196	0,040	43,6	517,8	526,6	10,5	13,3	11,6	64,5
L09	195	-	28,2	528,9	531,8	9,9	13,9	13,2	74,3
L10	240	0,010	47,8	522,2	524,6	10,4	14,5	13,5	84,9
L11	210	-	-	515,9	513,8	7,6	10,7	-	-
L12	190	-	52,2	528,0	526,7	7,9	10,5	13,7	82,0
L13	210	-	27,6	531,5	543,1	8,7	11,8	13,7	93,6
L14	183	-	-	543,8	550,5	9,0	13,0	-	-
L15	180	0,050	53,8	513,4	511,5	7,2	8,9	14,8	76,1
L16	192	0,010	48,4	510,4	526,0	9,4	12,0	13,0	81,8
L17	192	0,002	52,0	533,1	530,7	7,1	8,9	11,3	85,8



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-Score” definido de la siguiente manera, de acuerdo con el punto 9.4 de la norma ISO 13528 (6):

$$z_i = \frac{x_i - X_{pt}}{\sigma_{pt}}$$

Donde,

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

x_{pt} : valor asignado para la determinación de análisis en este estudio interlaboratorio, calculado según se indica en el punto 5 de este informe.

σ_{pt} : desviación estándar para la determinación de análisis en este estudio interlaboratorio, calculado según en el punto 5 de este informe.

De acuerdo con la norma ISO 13528 (6), el parámetro “Z-Score” puede ser interpretado con el siguiente criterio:

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

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

Para $|z_i| \geq 3,0$ 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	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl ⁻	Densidad	Superficie Esp. Blaine	Retenido 75 µm	Retenido 45 µm
L01	0,57	-0,05	-0,29	0,51	0,63	0,21	-0,36	-0,29	-0,35	-0,05	-0,24
L02	-	-	-	-	-	-	-	4,79	-	-	-
L03	-0,93	0,76	-0,15	-1,31	-1,40	-0,07	-	0,91	1,14	1,35	0,51
L04	0,20	-0,86	-0,15	1,12	-0,64	-0,36	-0,61	1,50	0,79	0,87	1,00
L05	-4,32	-0,32	-0,15	-2,22	-0,13	-0,07	1,31	-0,59	-2,82	-0,21	-1,11
L06	-	-	-	-	-	-	-	1,50	-	-	-
L07	0,82	2,65	-1,00	-1,02	-3,18	3,39	-1,26	-0,59	-0,55	-0,80	0,05
L08	-0,56	-0,18	-0,01	0,21	0,12	0,21	0,93	-3,28	0,78	0,67	2,41
L09	1,45	-0,86	0,71	0,48	0,63	-1,52	-1,26	-	-1,13	-1,09	0,49
L10	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-0,43	0,75	ND
L11	-0,18	-0,18	1,28	0,23	0,12	1,08	0,03	0,01	0,39	0,68	0,14
L12	-5,70	-2,75	0,99	0,01	1,64	-2,39	-	-0,29	-0,57	0,70	0,49
L13	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-0,27	-0,21	-0,04
L14	-	-	-	-	-	-	-	-0,59	1,18	-1,24	-0,67
L15	0,45	-0,18	1,13	0,73	0,88	0,50	-	-	3,82	-0,67	ND
L16	0,57	0,76	-0,86	1,08	-0,89	0,79	1,31	0,01	0,23	0,38	0,67
L17	-	5,75	-2,57	-0,72	0,37	-2,10	-0,10	-3,28	-0,89	-0,75	-

ND: No determinado debido a que no se recibieron suficientes resultados para el método de ensayo empleado en esta determinación.

ANEXO 2 (Continuación)

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

Id. Lab	Tiempo de fraguado inicial	Expansión en autoclave	Agua para mortero de fluidez normal	Masa probetas 7 d	Masa probetas 28 d	Res. Comp. 7 d	Res. Comp. 28 d	Aire incorporado	Retención de agua
L01	-1,24	-1,52	ND	0,18	0,85	-0,69	-0,38	-0,19	0,94
L02	-4,09	0,37	ND	-0,27	-0,61	-0,60	-0,57	-	-
L03	0,59	-0,91	0,56	-0,84	-0,80	-0,07	-0,53	2,82	-0,31
L04	0,28	0,31	-0,46	-	-	0,05	0,01	-1,03	0,00
L05	-0,99	-	-0,80	0,14	-0,07	2,01	1,73	0,54	-0,87
L06	-	-	atip.	2,55	4,04	1,42	2,96	-	-
L07	-0,80	0,31	-0,12	0,72	-0,77	0,58	0,10	-0,06	-0,95
L08	0,34	1,53	-1,77	-0,90	-0,07	1,03	0,59	-1,99	-2,00
L09	0,28	-	ND	0,31	0,43	0,57	0,91	-0,06	-0,68
L10	3,12	-0,30	-0,46	-0,42	-0,27	0,96	1,23	0,30	0,75
L11	1,23	-	-	-1,10	-1,30	-0,98	-0,73	-	-
L12	-0,04	-	0,90	0,21	-0,07	-0,80	-0,80	0,54	0,36
L13	1,23	-	ND	0,59	1,51	-0,27	-0,16	0,54	1,92
L14	-0,48	-	-	1,93	2,22	-0,06	0,47	-	-
L15	-0,67	2,15	1,40	-1,38	-1,52	-1,27	-1,60	1,86	-0,44
L16	0,09	-0,30	-0,28	-1,71	-0,13	0,23	-0,03	-0,31	0,33
L17	0,09	-0,79	0,84	0,77	0,32	-1,39	-1,64	-2,35	0,87

ND: No determinado debido a que no se recibieron suficientes resultados para el método de ensayo empleado en esta determinación.



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 (6), utilizando como parámetro de análisis (mensurando) el retenido en tamiz 75 μm vía húmeda, según IRAM 1621:2004 (Cemento portland. Método de ensayo de finura por tamizado húmedo).

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", "MH 2", "MH 3", "MH 4", "MH 5", "MH 6", "MH 7", "MH 8", "MH 9" y "MH 10".

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los retenidos en el tamiz 75 μm , para cada determinación. 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 (6).

Muestras	MH		MH		MH		MH		MH	
Submuestras	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10
Retenido en tamiz 75 μm	5,10	5,20	5,10	5,10	5,10	5,00	5,30	5,20	5,10	5,30

NOTA. Todos los valores están expresados en g/100g.

Según el criterio del Anexo B de la ISO 13528 (6) se verifica la condición de homogeneidad para la desviación estandar interlaboratorio del ensayo (σ_{pt}) adoptado como 0,7 g/100g.



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

¹ INTI. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Departamento Tecnología del Hormigón. Dirección Técnica Tecnología del Hormigón y Aglomerantes. Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura. Edificio 10. Parque Tecnológico Miguelete. Av. General Paz N° 5445. San Martín, Prov. De Bs. As., Argentina. (Orden de Trabajo 224-4439).

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 (6), 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 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 el apartado 11 de la norma IRAM 1504 (13). En la siguiente tabla se presentan los resultados informados por el laboratorio.

	E01 (agosto 2024)	E02 (noviembre 2024)
Submuestra #1	21,19	21,21
Submuestra #2	21,22	21,26
Submuestra #3	21,23	21,20
Submuestra #4	21,22	21,19
Submuestra #5	21,23	21,23
Submuestra #6	21,20	21,26

NOTA: Todos los valores están expresados en g/100g.

Según el criterio del Anexo B de la ISO 13528 (6) se verifica la condición de estabilidad, para σ_{pt} adoptado igual a 0,14 g / 100 g^(*).

(*) Se adoptó la desviación estándar robusta combinada relativa de los últimos 5 ejercicios del Programa Interlaboratorio ICPA de Cementos de Uso General (años 2019 a 2023).



Damián M. Altgelt
Director Ejecutivo ICPA

² INTI. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Departamento de Desempeño y Control de Aglomerantes. Dirección Técnica Tecnología del Hormigón y Aglomerantes. Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura. Edificio 10. Parque Tecnológico Miguelete. Av. General Paz N° 5445. San Martín, Prov. De Bs. As., Argentina. (Ordenes de Trabajo 224-4484 y 224-4712).