

**INFORME DEL EJERCICIO DE COMPARACIÓN INTERLABORATORIO  
(EILA 2022)**

**ENSAYOS DE HORMIGÓN**  
**A nivel de central de fabricación:**  
**CENTRAL 04**

<b>ENSAYOS DE HORMIGÓN</b> .....	1
<b>INTRODUCCION</b> .....	3
1. OBJETIVOS DEL EILA22 .....	3
2. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	4
3. HORMIGON: TIPO Y FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS.....	5
4. LABORATORIOS DE ENSAYO PARTICIPANTES EN EL EILA22 HORMIGONES .....	9
5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS APORTADOS.....	10
<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS, según norma UNE-EN 12390-3:2003.</b> .....	13
<b>A. ESTUDIO PRELIMINAR RESULTADOS ASENTAMIENTO</b> .....	16
i. Resultados aportados de las dos determinaciones por código y Central. <b>HA-30/F/20/XF2</b>	
ii. Gráficas de las determinaciones individuales de los laboratorios con la media de la Central <i>(con todo el grupo de valores, antes de descartar)</i> .....	16
<b>B. ESTUDIO PRELIMINAR RESULTADOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS: PROBETAS CILÍNDRICAS</b> .....	17
i. Resultados aportados de las tres determinaciones por código y Central. <b>HA-30/F/20/XF2</b>	
ii. Gráficas de las determinaciones individuales de los laboratorios con la media de la Central <i>(con todo el grupo de valores, antes de descartar)</i> .....	17
<b>c. ESTUDIO PRELIMINAR RESULTADOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS: PROBETAS CÚBICAS</b> .....	18
i. Resultados aportados de las tres determinaciones por código y Central. <b>HA-30/F/20/XF2</b>	
ii. Gráficas de las determinaciones individuales de los laboratorios con la media de la Central <i>(con todo el grupo de valores, antes de descartar)</i> .....	18
<b>d. ESTUDIO PRELIMINAR RESULTADOS CONTENIDO DE AIRE</b> .....	19
i. Resultados aportados de los dos ensayos por código y Central. <b>HA-30/F/20/XF2</b>	
ii. Gráficas de las determinaciones individuales de los laboratorios con la media de la Central <i>(con todo el grupo de valores, antes de descartar)</i> .....	19
<b>E. CALIBRACIONES DE LOS EQUIPOS</b> .....	20
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ZSCORE DE RESULTADOS CENTRAL 04:</b> .....	21
6. EVALUACIÓN GLOBAL DE LOS LABORATORIOS PARA LOS ENSAYOS DE HORMIGÓN .....	22
7. AGRADECIMIENTOS .....	24

## INTRODUCCION

### 1. OBJETIVOS DEL EILA22

Los ejercicios de intercomparación entre laboratorios de ensayo para el control de calidad de la edificación tienen su origen y fundamento en la norma **UNE-EN ISO/IEC 17025**, de acuerdo con la cual deben tener implantado un sistema de gestión de la calidad, y para ello, en su apartado 7.7 “Aseguramiento de la **validez** de los resultados” establece que, para planificar y revisar este seguimiento, debe incluir, entre otros, la participación en comparaciones interlaboratorios de ensayos de aptitud y mantener, de acuerdo con su apartado 8, el sistema de gestión citado.

Según define la **Guía sobre la participación en programas de intercomparación G-ENAC-14**, “las intercomparaciones consisten en la organización, el desarrollo y la evaluación de ensayos del mismo ítem o ítems similares por varios laboratorios, de acuerdo con condiciones preestablecidas.”

Éstas incluyen diferentes objetivos:

- Evaluación del desempeño de los laboratorios para ensayos.
- Identificación de problemas en los laboratorios e inicio de actividades correctivas.
- Establecimiento de eficacia y comparabilidad de ensayos.
- Identificación de diferencias entre laboratorios.
- Caracterización de métodos.
- Educación de los laboratorios participantes, basándose en los resultados de su participación.

Sobre estos objetivos, en las Jornadas de inicio de los diferentes ejercicios EILA se realizan ponencias de carácter formativo, con la colaboración de expertos del Instituto Eduardo Torroja.

## 2. NORMATIVA DE APLICACIÓN.

El tratamiento estadístico de los resultados obtenidos por los laboratorios se analiza siguiendo las siguientes normas:

- **UNE 82009-2:1999** “*Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y la reproducibilidad de un método de medición normalizado*”.
- **UNE-EN ISO/IEC 17043:2010** “*Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los ensayos de aptitud*”, tomando como valor de referencia del ensayo los valores medios no aberrantes obtenidos.

Además, se consideran dos documentos de ayuda elaborados por la **Entidad Nacional de Acreditación ENAC** para la realización de los ejercicios de intercomparación:

- **NT-03** “*Política de ENAC sobre Intercomparaciones*”.
- **G-ENAC-14** “*Guía sobre la participación en programas de intercomparación*”.

Asimismo, conforme al “*Plan de ensayos interlaboratorios a nivel estatal (EILA22) de ensayos de hormigón*”, cada ensayo será evaluado con el cumplimiento de las Normas UNE que se indican a continuación:

- Toma de muestras de hormigón fresco, según **UNE-EN 12350-1:2006**. Ensayos de hormigón fresco. Parte 1. Toma de muestras.
- Fabricación de probetas, según **UNE-EN 12390-2: 2009** y **UNE EN 12390 2:200 9/1M:2015**. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2. Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia, y art. 57.3.2 del Código Estructural.
- Resistencia a compresión del hormigón a **28 días**, según **UNE-EN 12390-3: , según UNE EN 12390 3:200 9 y UNE EN 12390 3:20 09 /AC:2011** . Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3. Determinación de resistencia a compresión de probetas, y art. 57.3.2 del Código Estructural en lo referente al recorrido relativo entre las tres probetas a ensayar y, además, no se aplicará el factor de conversión de la tabla 57.3.2 del Código Estructural, en adelante Código.
- Determinación del contenido de aire. Métodos de presión, según **UNE-EN 12350-7: 2010**. Ensayos de hormigón fresco. Parte 7 y art. 57.3.3. del Código Estructural.

### 3. HORMIGÓN: TIPO Y FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS.

El tipo de hormigón que se establece por Protocolo en todos los casos es:

- Consistencia fluida
- Tamaño máximo del árido 20
- Resistencia característica de 30 N/mm<sup>2</sup>
- Mínimo contenido de cemento: 325Kg/m<sup>3</sup>
- Máxima relación agua cemento: 0.50

Y luego, en función de la exposición del ambiente:

#### 1. primera opción, zona de heladas: HA-30/F/20/XF2 ó HA-30/F/20/XF4

Se introducirá un contenido mínimo de aire ocluido del 4.5 %, determinado según UNE-EN 12350-7, y de conformidad con el art. 43.3.3. del Código Estructural. con el uso de aditivos inclusores de aire para lograr este valor.

XF2	Saturación moderada, con sales fundentes.	Mismo tipo de elementos que en la clase XF1, pero expuestos a sales fundentes, bien directamente o bien a sus salpicaduras y/o escorrentía (por ejemplo dinteles, pilas, cargaderos, etc.)
XF4	Saturación alta con sales fundentes o agua del mar.	Elementos con superficies horizontales donde se pueda acumular el agua y estén expuestas a la helada y sales fundentes, bien directamente o bien a sus salpicaduras

#### 2. segunda opción, para las centrales que no fabriquen el tipo de hormigón de la primera opción: HA-30/F/20/XC4

En este caso, se realizará el ensayo de contenido de aire, sin añadir aditivos para un contenido de aire mínimo.

XC4	Sequedad y humedad cíclicas.	Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestos al contacto con el agua, de forma no permanente (por ejemplo, la procedente de la lluvia).
-----	------------------------------	--

La elección del suministrador de hormigón, por parte de la asociación colaboradora ANEFHOP, ha sido, preferentemente, de plantas con hormigón que disponga de distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR) y amasado con amasadora fija, al objeto de garantizar los requisitos de homogeneidad establecidos en el Código Estructural.

En este ejercicio, los Coordinadores autonómicos son los que han elegido un laboratorio de entre los participantes para realizar, en su caso, los ensayos de homogeneidad el día de la toma, quedando reflejado en su *Acta de Toma de muestras y de Incidencias* suscrita.

En todo caso, la central ha hecho entrega de la correspondiente *Hoja de suministro de carga* el mismo día de celebración al coordinador autonómico.

Se insiste siempre en nuestros ejercicios de la importancia que tiene el cumplimiento de las condiciones particulares en la fabricación de las probetas. Evitar el exceso de desencofrante, tener especial cuidado durante el proceso de llenado, la compactación de cada capa en la probeta (25 golpes) y en la distribución del picado con barra, de manera uniforme por la sección transversal de cada capa (*cada capa ocupará aproximadamente un tercio de la altura del molde en caso de probeta cilíndrica y la mitad de la altura en las cúbicas*); así como, golpear lateralmente los moldes una vez rellenos de hormigón, con una maza de goma hasta que no aparezcan burbujas de aire y, en su caso, eliminar así las depresiones dejadas por la barra de compactar.

Para el periodo de permanencia en las instalaciones de la central, las probetas se han protegido con arpilleras u otros sistemas sobre su cara superior para evitar la deshidratación de la masa del hormigón y se han usado bolsas de plástico, en su mayoría, cerradas con bridas. El Código en su art. 57.3.2 dice que: “*Con objeto de evitar la desecación, tras la fabricación de las probetas la superficie expuesta debe cubrirse con una arpillera húmeda o similar, y los moldes deben permanecer en **una bolsa sellada***”.

No todos los laboratorios han utilizado bolsas con cierre hermético, sin embargo, realizada la consulta al Ministerio, se confirma que también las bolsas cerradas con bridas son aceptadas.

Sobre las condiciones de **temperatura de conservación** de las probetas en obra, el Código establece:

En verano entre 20 a 30 °C

En invierno entre 15 a 25 °C

**CENTRAL 4:** el 95% de los laboratorios indica una temperatura ambiente 26-28°C, salvo el código 181 que señala 22°C. Se solicita aclarar estas **diferencias en la lectura de temperatura**, y si son consecuencia de zonas en la toma de diferente exposición al sol.

En el citado artículo 57.3.2 del Código, además, se dice que, en caso de no poder mantener las probetas en dicho intervalo de temperaturas durante un periodo superior a 2 horas:” el *constructor deberá disponer una **habitación o recinto donde depositar las probetas y que sea capaz de mantener las temperaturas de conservación establecidas**. La existencia de dicho recinto deberá quedar debidamente documentada en los correspondientes partes de fabricación de probetas.” Para ello, debían modificar sus partes de obra (albaranes) incorporando este nuevo dato.*

Por eso, este año, como ejercicio teórico, pues la central no es lugar de obra, se pidió a los laboratorios que aportaran información al respecto de cómo dejaban las probetas en la central. Incluso, la propia ficha de resultados pregunta si “*La instalación consta de recinto de conservación previsto en art. 57.3.2 del Código*”, y

**CENTRAL 4:** De los 13 laboratorios, el 60% señalan que donde hicieron la toma existía dicho recinto, los códigos 125 y 149 no contestan, y el resto indican que no. Se observa que este nuevo punto del Código debe aclararse a los laborantes.

Las fechas de fabricación de las probetas en el EILA22 se han concentrado entre el 10 de mayo al 7 de junio. Las probetas, una vez fabricadas y mantenidas en el molde, han permanecido en torno a las 24 horas y nunca más de 48 horas en la central, de conformidad con el citado *art.57.3.2 del Código*.

En verano: mínimo 16/máximo 48 h

| En invierno: mínimo 24/ máximo 72 h

Los datos obtenidos se han agrupado por central de hormigón (para asegurar características similares) y por material fabricado de una sola vez (misma amasada o unidad de producción) para poder garantizar la homogeneidad de la muestra a ensayar, y dar validez al análisis estadístico del ejercicio de intercomparación.

**CENTRAL 4:** ha fabricado el tipo de hormigón **HA-30/F/20/XF4** (1<sup>º</sup> opción del protocolo)

Al ser una exposición a heladas, requiere de aditivos para cumplir el mínimo del contenido de aire recogido en el Código.

### 3.1. ENSAYOS DE HOMOGENEIDAD.

Cuando el coordinador autonómico ha aportado los resultados de estos ensayos, se reflejan más abajo.

CENTRAL 04 HA-30/F/20/XF4		1ª MUESTRA <i>¼ descarga</i>	2ª MUESTRA <i>¾ descarga</i>	Diferencias	Tolerancias Código (Tabla 51.2.4)	
Grupo A	1	<b>Consistencia</b> Si el asiento medio es ≤ a 9 cm Si el asiento es > 9 cm	11,5 FLUIDA	9	2,50	3 cm. 4 cm.
	2	<b>Resistencia a 7 días a compresión</b> (% respecto a la media) en N/mm <sup>2</sup>	26,0	25,5	1,94	7,5%
Grupo B	3	<b>Densidad del hormigón en kg/m<sup>3</sup></b>	2282	2210	72	16 kg/m <sup>3</sup>
	4	<b>Contenido de aire</b> (% respecto al volumen de hormigón)	4,9%	5,1%	0,20%	1%
	5	<b>Contenido de árido grueso</b> (% respecto al peso de la muestra tomada)	28,12%	28,47%	0,35%	6%
	6	<b>Módulo granulométrico del árido</b>	7,1	7,1	0,00	0,5

*(Deben obtenerse resultados satisfactorios en los dos ensayos del grupo A y en al menos dos de los cuatro del grupo B)*

Podemos decir que aplicando los límites de consistencia definidos en la tabla 33.5 del mismo número de artículo del Código Estructural, se observa que la **consistencia del hormigón fabricado ha sido fluida**. Cumpliendo con el protocolo que se pedía fluida.

**Tabla 33.5 del Código** Consistencia definida por su tipo

TIPO DE CONSISTENCIA	Tolerancias Tabla 57.5.2.2	Asentamiento en mm
Seca		0-20
Plástica		30-40
Blanda	±10	50-90
<b>Fluida</b>		<b>100-150 (recomendada en edificación)</b>
Líquida		160-210

En este ejercicio, cobra especial importancia conocer la consistencia del hormigón, y por tanto, el valor de asentamiento de la amasada, puesto que el ensayo de contenido de aire ocluido no es aplicable en hormigones con asentamientos inferiores a 10 mm medidos conforme a la norma EN 12350-2, tal y como queda recogido en el apartado 1 de la norma UNE EN 12350-7:2020.

**CENTRAL 4:** El que en esta central haya sido fluida, significa que será analizado el ensayo de contenido de aire.

#### 4. LABORATORIOS DE ENSAYO PARTICIPANTES EN EL EILA22 HORMIGONES

En este ejercicio de hormigones, han participado un total 17 Comunidades Autónomas, 19 centrales de fabricación de hormigón y 214 laboratorios de ensayo. En la siguiente tabla se muestra el número exacto de laboratorios por Comunidad Autónoma.

**Tabla 4.1.** Laboratorios declarados participantes, por Comunidad Autónoma.

Comunidad Autónoma	Nº de Laboratorios Participantes
Andalucía	36
Aragón	09
Asturias	06
Cantabria	06
Castilla- La Mancha	09
Castilla- León	14
Cataluña	26
Comunidad de Madrid	21
Comunidad de Valencia	15
Extremadura	04
Galicia	10
Islas Baleares	10
Islas Canarias	11
La Rioja	04
Murcia	13
Navarra	09
País Vasco	11

En la realización de los ensayos hay laboratorios que no tienen declaración responsable, pero son laboratorios certificadores o de centrales, cuyos resultados se han estudiado junto con el resto de los laboratorios. En la siguiente tabla se indica el número de estos laboratorios de central y la Comunidad Autónoma en la que participan.

**Tabla 4.2.** Laboratorios participantes sin declaración responsable

Comunidad Autónoma	Nº de Laboratorios	Comunidad Autónoma	Nº de Laboratorios
Asturias	02	Valencia	02
Cataluña	03	Navarra	01
Castilla y León	01	Murcia	02
Islas Baleares	01	Madrid	02
Cantabria	02	País Vasco	01

## 5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS APORTADOS

### 5.1. ESTUDIO PRELIMINAR

El primer paso es un Estudio preliminar (**pre-estadístico**) de todos los datos aportados por los laboratorios participantes, volcados de las fichas de resultados, y elaboradas ex profeso para cada ensayo.

En este punto, se marcan aquellos **VALORES SOSPECHOSOS** que puedan explicarse como un “error técnico humano” y se filtran los **VALORES CON DESVIACIONES** que, en general, son por la incorrecta ejecución del procedimiento de ensayo de la norma o del protocolo.

Primero, se investiga si el resultado se ha debido a un error de transcripción, o por no fijarse en la expresión de las unidades que se estaba pidiendo o por situar el valor en la celda equivocada. Si es así, el resultado se considera *sospechoso*, se expresa correctamente en el análisis estadístico, y se señala en el apartado de Observaciones de este.

Seguidamente, en caso de existir, se aplicará de forma generalizada la fórmula de verificación del **criterio de validación** que la propia norma de ensayo establezca. Si no cumple la validación, el resultado será **DESCARTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO** y se sombreadá en rojo (sea el caso, por ejemplo, del recorrido relativo según el Código Estructural para el ensayo de resistencia a compresión). Otros datos, como la diferencia de pesos, serán señalados si se evidencian diferencias con el promedio del resto de laboratorios que han participado en la misma central y, o bien, no aporta el valor de la incertidumbre del ensayo. Serán distinguidos como *valores con desviaciones* en el procedimiento de ensayo, pero no serán descartados en este ejercicio. Dentro de cada ensayo, en el siguiente título de este informe, se indican aquellos datos que se han estudiado y en caso de ser desviaciones excluyentes, si está justificado o no ser descartado en el análisis estadístico.

### 5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Una vez que los datos se han revisado, se realiza el Análisis estadístico, donde no pasan aquellas mediciones cuyos datos sean los “*descartados con desviaciones excluyentes*” y se han corregido los “sospechosos”. De este análisis conocemos:

- El número mínimo de laboratorios participantes que se aceptan en el EILA-HORMIGONES debe ser  $p \geq 3$ . Bien es cierto que en la norma UNE 82009-1:1999 en su Artículo 6.3.4 se recoge que, estas estimaciones de las desviaciones de repetibilidad y de reproducibilidad podrían diferir de forma

sustancial de sus valores verdaderos si sólo toman parte del contraste un pequeño número de laboratorios ( $p=5$ ). Lo recomendable es un valor de  $p$  entre 8 y 15.

- El número mínimo de réplicas en el interior de cada laboratorio para la misma muestra debe ser  $n \geq 2$ . Tal y como recoge el artículo 33.2 del Código Estructural, donde dice que: “A los efectos de este Código, cualquier característica de calidad medible de una amasada, vendrá expresada por el valor medio de un número de determinaciones (igual o superior a dos) de la característica de calidad en cuestión, realizadas sobre partes o porciones de la amasada.”

ENSAYOS	CENTRAL 04	
Asentamiento	$p= 6$	$n=2$
Resistencia a compresión 28 días: cubicas	$p= 11$	$n=3$
Resistencia a compresión 28 días: cilíndricas	$p= 13$	$n=3$
Contenido de aire	$p=7$	$n=2$

Si los datos cumplen con estos valores mínimos para “ $p$ ” y “ $n$ ”, se realiza el Análisis estadístico en base a las normas UNE 82009-2 y 82009-6 (equivalentes a las normas ISO 5725-2 e ISO 5725-6, respectivamente), referentes al *Método básico de la repetibilidad y reproducibilidad de un método de medición normalizado*. Esto significa que se realizan las siguientes aproximaciones:

- **Técnica gráfica de consistencia**, utilizando dos estadísticos determinados: interlaboratorios ( $h$ ) e intralaboratorios ( $k$ ) **de Mandel**.
- **Ensayos de detección de resultados numéricos aberrantes**: ensayos de variabilidad que se aplican solo en aquellos resultados donde el ensayo Mandel haya conducido a la sospecha:
  - **Ensayo de Cochran (C)**: verifica el mayor valor de un conjunto de desviaciones típicas, siendo ello un test unilateral de valores aberrantes y
  - **Ensayo de Grubbs (G)**: verifica la desviación estándar de todas las medias, eliminando de todo el rango de distribución de valores la/s media/s más alta/s y más baja/s, según si es el Simple Grubbs o el Doble Grubbs.

**El valor será rechazado y dejará de ser analizado cuando sea aberrante/ anómalo tanto en las técnicas gráficas de consistencia como en los ensayos de detección de resultados numéricos.** Para identificar si los resultados son anómalos y/o aberrantes, estos métodos comparan el valor estadístico resultante de  $h$ ,  $k$ ,  $C$  y  $G$  obtenido en el Análisis estadístico de los resultados aportados por los laboratorios, con los indicadores estadísticos y valores críticos recogidos en las Tablas 4, 5, 6 y 7 de las normas antes citadas para una ( $p$ ) y una ( $n$ ) conocidas, respectivamente.

### 5.3. VALOR ASIGNADO

Una vez descartados los resultados rechazados en el análisis estadístico (anómalos y aberrantes), el valor asignado se obtiene del promedio de los datos no descartados ni anómalos ni aberrantes.

### 5.4. DATOS DE PRECISIÓN

Una vez descartados los valores rechazados, se determina la repetibilidad y reproducibilidad del ensayo por central, para conocer las dispersiones de los resultados, **en base al promedio de las varianzas** o también conocido como METODO ANOVA (*siglas de analisis of varience*) recogido en la norma ISO 17025. Para ello, se parte de la desviación típica de repetibilidad  $\Upsilon_r$  (%), a partir de las determinaciones individuales del laboratorio, y se calcula el límite de repetibilidad. Y la desviación típica intralaboratorios  $\Upsilon_L$  (%), a partir de la diferencia entre el valor medio del laboratorio con la media de todo el grupo de distribución de la central, descartados los valores anómalos/ aberrantes, expresadas como un porcentaje de la media de las resistencias o profundidades, según el ensayo, de las tres probetas.

Por tanto, la repetibilidad de los resultados significa que las mediciones sucesivas para un mismo ensayo y muestra, se efectúan en las mismas condiciones dentro de un periodo de tiempo corto: mismo laborante, mismo laboratorio (condiciones ambientales) y mismo equipo de medición utilizado. Sin embargo, la reproducibilidad de los ensayos es, teniendo en cuenta que las mediciones son para un mismo ensayo y muestra dentro de un periodo de tiempo corto, cambiando alguna de las condiciones de medición: el laborante, el laboratorio (las condiciones de uso (p.ej. procedimientos)) y/o el equipo de medición. En resumen, la primera hace referencia a la variabilidad entre medidas en el mismo laboratorio y la segunda debida al cambio de laboratorio.

- Si  $R$  (%) >  $r$  (%), las posibles causas pueden ser entre otras: el operador necesita más formación y/o mejor entrenamiento en cómo utilizar y cómo leer el instrumento, o no se han mantenido las condiciones de reproducibilidad (ambientales y/o de montaje del equipo).
- Si  $R=r$ , debe considerarse generalmente indicador de una varianza interlaboratorios pequeña (o de valores negativos), o incluso nula. Es el caso en que la varianza se estima cero, los errores sistemáticos de todos los laboratorios serían iguales- necesariamente nulos- y todos los resultados de ensayo serían intercambiables. Por esta última circunstancia, podría estimarse como si todos los ensayos hubieran sido realizados por un único laboratorio en condiciones de repetibilidad. (Fuente de "NUEVAS ESPECIFICACIONES DE HORMIGON Y SU RESISTENCIA" de JUAN CARLOS LOPEZ AGÜI)

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS, según norma UNE-EN 12390-3:2003.

Las probetas han sido fabricadas según UNE-EN 12390-2:2009 y UNE-EN 12390-2:2009/1M:2015. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2. Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia, y apartado 57.3.2 del Código Estructural. (En el Anexo I del protocolo específico se fijan los criterios de fabricación y conservación de las probetas en las instalaciones de la central).

El ensayo de “Resistencia a compresión a 28 días” ha sido realizado según UNE-EN 12390-3:2009 y UNE-EN 12390-3:2009/AC:2011. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3. Determinación de resistencia a compresión de probetas, y apartado 57.3.2 del Código Estructural en lo referente al recorrido relativo entre las tres probetas a ensayar.

Como en años anteriores, las resistencias a compresión con moldes cúbicos no se han modificado con el objeto de comparar el factor de conversión resultante con el recogido en el apartado 57.3.2 del Código Estructural y que se detallan a continuación:

**Tabla 57.3.2.** Coeficiente de conversión:  $\lambda_{cil, cub15}$ .

Resistencia probeta cúbica ( $f_c$ ; N/mm <sup>2</sup> )	$\lambda_{cil, cub15}$
$f_c < 60$	0,90
$60 \leq f_c < 80$	0,95
$f_c \geq 80$	1,00

$$f_c = \lambda_{cil, cub15} * f_{c, cúbica}$$

Central	Tipo de cemento	A/C (Maxim. 0,50)	Contenido cemento (Mínimo 325 kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia media CIL (N/mm <sup>2</sup> )	CONVERSION	Resistencia media CUB (N/mm <sup>2</sup> )
C01	CEMII 42,5 R BM LAFAGE	0,44	324,00	34,5	0,877	39,4
C02-C06	CEM II/AL 42,5 R	0,49	329,00	43,8	0,974	45,0
C03	CEM II AL 42,5 R	0,48	329,00	26,3	0,947	27,8
C04	II/B-M (S-L) 42,5 N	0,50	328,00	35,3	0,907	38,9
C05	LEMONA CEM II / A-L 42,5 R	0,44	364,00	34,6	0,893	38,7
C07	CEM IV/ A(V) 42,5 R/SR	0,45	371,00	29,9	0,940	31,8
C08	II/A-L/42,5R	0,43	323,00	28,2	1,128	25,0
C09	CEM II A-L 42,5R	0,48	335,00	38,0	0,876	43,4
C10	CEM II/A-L42,5R	0,43	324,00	46,0	0,929	49,6
C11	CEM II / B-L 32,5 N VALDERRIBAS	0,56	300,00	31,7	0,907	34,9
C12-C15	CEM V/A (S-V) 32,5 N	0,50	325,00	38,4	0,947	40,5
C13	CEMIV/A(P) 42,5R	0,48	338,00	31,3	0,915	34,2
C14M	II/B-S 42,5 R/SRC	0,44	306,00	37,9	0,957	39,6
C14i	CEM II/A-L 42,5 R	0,50	341,00	29,0	0,912	31,8
C14m	CEM II A-L 42,5 SR	0,52	355,00	42,1	0,807	52,2
C16	II/A-L 42,5 R	0,23	329,00	36,1	0,883	40,9
C17	CEM II / A-L 42,5R	0,47	360,00	39,8	0,860	46,2
C18	CEM II/A-M(P-L) 42,5 R	0,50	330,00	29,8	0,959	31,0
C19	CEMII/A(P) 42,5R	0,47	348,00	39,3	0,854	46,0

De los 214 participantes que han presentado resultados con probetas cilíndricas, 198 han fabricado también probetas cúbicas. El coeficiente para  $f_c$  probeta cúbica < 60 N/mm<sup>2</sup> obtenido como promedio ha sido 0,912.

#### **MODO DE CONSERVACIÓN Y TRATAMIENTO PREVIO A LA ROTURA** en este ejercicio a nivel nacional:

- el método de conservación predominante es el de **cámara húmeda (o curado**, como se recoge en la Ficha de resultados) con un **84%**, como ya sucedía en anteriores ejercicios.
- en cuanto al tratamiento previo a la rotura:
  - en probetas cúbicas: el 70,9% **no recibe ningún tratamiento previo**, y un 23,6%, pule.
  - en probetas cilíndricas: como sucedía en ejercicios EILA anteriores, aunque se reparte **de manera similar entre el pulido y refrentado**; sigue aumentando sensiblemente el pulido con un 54% frente a un 46% del refrentado.

#### **ESTUDIO PRELIMINAR (ANÁLISIS PRE-ESTADÍSTICO)**

##### **VALORES NO DESCARTADOS (“SOSPECHOSOS”)**

- **EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.** El resultado de las tres determinaciones de la resistencia a compresión a 28 días se expresará en N/mm<sup>2</sup>, y conforme la Norma UNE EN 12390-3:2009 vigente, con una aproximación de 0,1 N/mm<sup>2</sup>. Por tanto, el resultado sospechoso es aquel que no se expresa conforme lo expuesto anteriormente. Detectado, se reemplaza por el valor correcto en el análisis estadístico, y se deja señalado en observaciones de este.

##### **VALORES NO DESCARTADOS CON DESVIACIONES AL PROTOCOLO-NORMA O RESPECTO DEL GRUPO:**

- **DIFERENCIAS DE PESOS:** Se han analizado los diferentes datos de los **pesos de las probetas**, a medida que iban tratándose con agua en el curado. Se han sombreado en “amarillo” aquellos que no han aportado el dato o su resultado parece una transcripción errónea. Sin embargo, cuando la probeta ha perdido peso tras el curado o balsa, se ha sombreado en “morado” por considerar que hay evidencias de una posible No Conformidad y se recomienda que el laboratorio observe los registros y estado de su cámara húmeda.
- **CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE DEL ENSAYO:** La norma UNE EN ISO 17025:2017 establece que los laboratorios deben evaluar la incertidumbre de medición e identificar su contribución en sus resultados de ensayo (apartado 7.6 de la citada norma). Pudiendo haber sido el 100%, de los 214 laboratorios participantes, han presentado el dato 82%, como en el EILA 21, siendo más que en el EILA20, pero menos que en el EILA 19 (85,30%). Se han sombreado en “amarillo” los que no lo han aportado en la ficha.

#### VALORES DESCARTADOS (SD en la Tabla 6.1): DESVIACIONES EXCLUYENTES.

- **RECORRIDO RELATIVO.** En el artículo 57.3.2 del Código Estructural se dice que para considerar los valores de resistencia del hormigón, **el recorrido relativo** de un grupo de tres probetas obtenido mediante la diferencia entre el mayor resultado y el menor, dividida por el valor medio de las tres, tomadas de la misma amasada, no podrá exceder el 20 %. Los que no lo calculan correctamente se somborean en amarillo y son corregidos; y, aquellos que superan este límite, da lugar a una No conformidad en la ejecución del ensayo, y son descartados del Análisis estadístico. Se han sombreado en “rosa”.

#### **Aclaración a la pregunta de si “la rotura no ha sido satisfactoria” en la Ficha de resultados:**

En la Ficha de resultados, en el apartado del ensayo de Resistencia a compresión, tanto en cubicas como cilíndricas, se realizaba esta pregunta: ¿la rotura no ha sido satisfactoria?

Analizadas todas las respuestas de los laboratorios, viendo que en torno al 50% indica que SI y el otro 50% que NO, se llega a la conclusión de que la forma de preguntar si la rotura ha sido satisfactoria ha llevado a error, porque como observaba un laboratorio participante, la respuesta es una doble negación: LAS ROTURAS "NO" SON "NO SATISFACTORIAS" = LAS ROTURAS "SI" SON "SATISFACTORIAS", y ha confundido. Por consiguiente, no será evaluada la respuesta y se cambiará su redacción en futuros ejercicios.

Según el apartado 6.3 Valoración del tipo de rotura de la norma UNE EN 12390-3:2001, se recuerda que:

*“Las roturas no satisfactorias pueden ser causadas por atención insuficiente a los procedimientos de ensayo, especialmente al posicionamiento de la probeta o algún fallo de la máquina de ensayo. Para las probetas cilíndricas, la rotura del refrentado antes de la rotura del hormigón es una rotura no satisfactoria.”*

**a. ESTUDIO PRELIMINAR RESULTADOS ASENTAMIENTO**

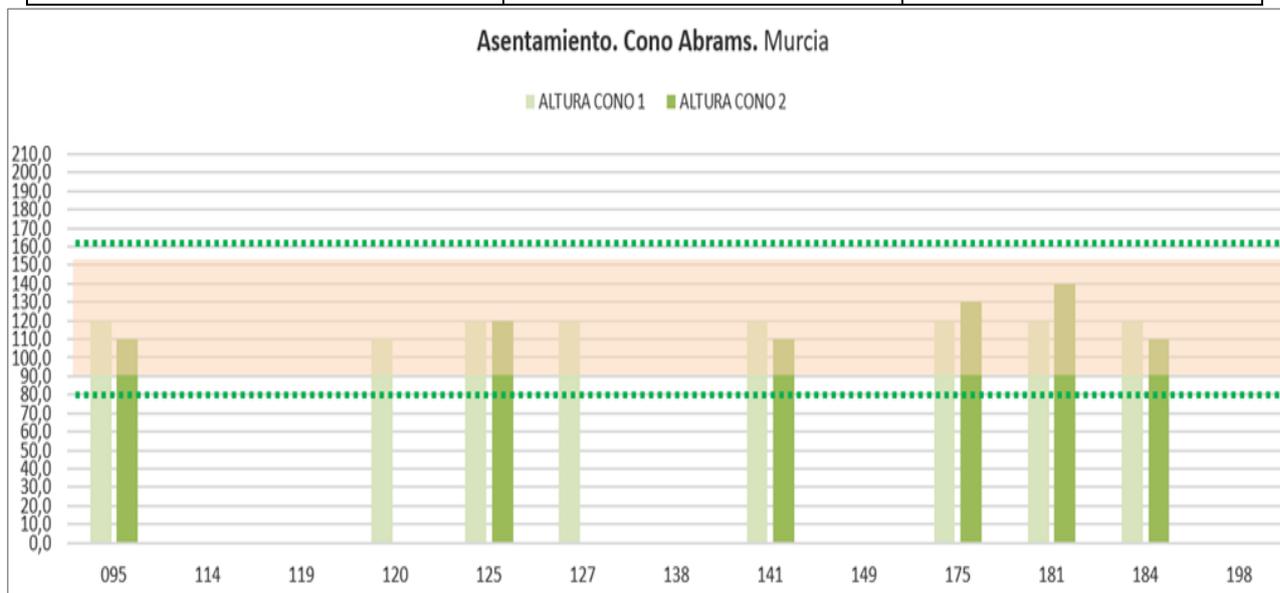
**i. Resultados aportados de las dos determinaciones por código y Central. HA-30/F/20/XF4**

COD. LAB.	ALTURA CONO 1 (mm)	ALTURA CONO 2 (mm)	PROMEDIO CONO (mm)	INCERTIDUMBRE	TEMPERATURA HORMIGON (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
<b>C04</b>	<b>CONSISTENCIA FLUIDA</b>				<b>Dif. temperaturas en toma</b>		
095	120	110	120	7,06	29,5	27,9	37,0
114	No realiza el ensayo por decisión del Coord. autonómico				25,0	26,5	20,0
119	No aporta dos resultados				28,8	26,2	42,0
120	110				30,1	27,3	35,0
125	120	120	12		29,5	27,0	31,0
127	120		12		29,5	28,0	75,0
138	No aporta dos resultados				25,0	26,6	35,0
141	120	110	115	0,9	29,0	26,0	48,0
149	No aporta dos resultados					28,3	38,0
175	120	130	12,5		29,0	26,0	40,0
181	120	140	13	1,41	19,7	22,0	44,0
184	120	110	120	7,06	29,5	27,9	37,1
198	No aporta dos resultados				27,5	26,2	37,0

- No aporta dos resultados
- Dato destacado por su posible influencia en el resultado (*Diferencias de temperatura anotadas en los laboratorios que deberían aclararse*)
- Valores expresados en unidades incorrectas, que se corrigen

**ii. Gráficas de las determinaciones individuales de los laboratorios con la media de la Central (con todo el grupo de valores, antes de descartar)**

Media Central 119 mm	Desviación 6,41 mm	Coef. Variación 5%
----------------------	--------------------	--------------------



**b. ESTUDIO PRELIMINAR RESULTADOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS: PROBETAS CILÍNDRICAS**

**i. Resultados aportados de las tres determinaciones por código y Central. HA-30/F/20/XF4**

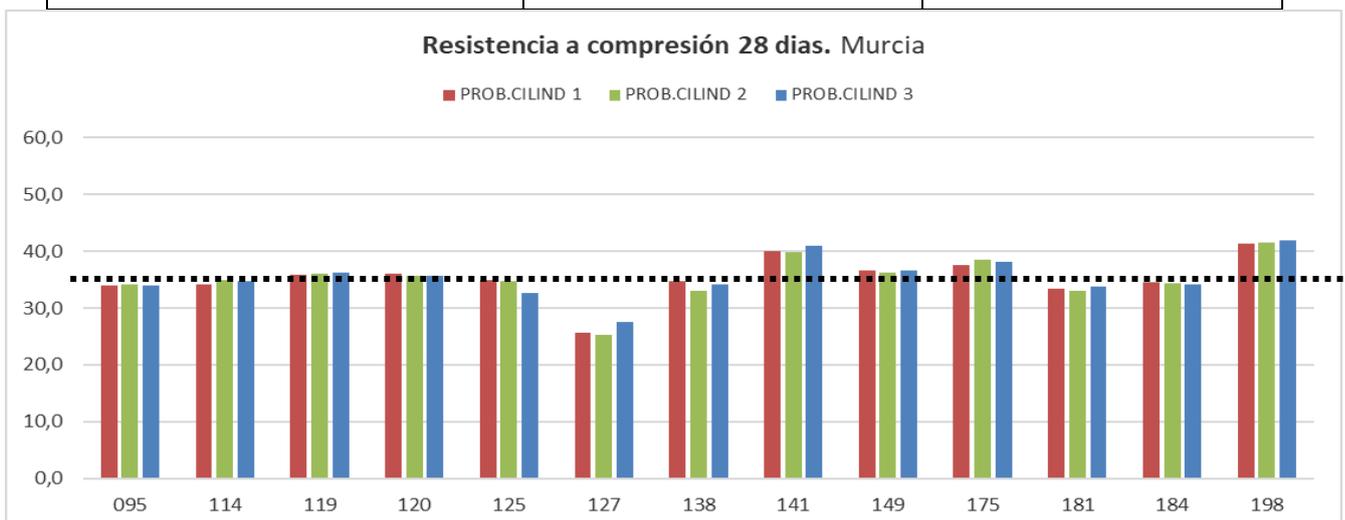
COD. LAB.	METODO CONSERVACION	MATERIAL DEL MOLDE	DIFERENCIAS DE PESOS TRAS CONSERVACION			RESISTENCIA A COMPRESION			¿ROTURA NO SATISFACTORIA?	RESISTENCIA COMPRE. MEDIA	RECORRIDO 28 DIAS	RECORRIDO 28 DIAS calculado	INCERTIDUMBRE
			PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03					
			(g)	(g)	(g)	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )					
<b>C04</b>													
095	C. Húmeda	Metálico	41,00	51,00	40,00	34,0	34,1	34,0	SI	34,0	0,3	0,29%	6,35
114	C. Húmeda	Metálico	-112,00	-123,00	-120,00	34,2	34,9	34,7	NO	34,6	2,0	2,02%	
119	C. Húmeda	Metálico	-12,00	-14,00	-11,00	35,8	36,1	36,3	SI	36,1	1,4	1,39%	0,5
120	C. Húmeda	Metálico	10,00	20,00	10,00	36,1	35,7	35,6	SI	35,8	0,5	1,40%	
125	Balsa	Metálico	-65,00	-30,00	-50,00	34,9	34,7	32,7	NO	34,1	6,4	6,45%	
127	C. Húmeda	Metálico	50,00	4,00	146,00	25,7	25,2	27,5	NO	26,1	2,3	8,80%	1
138	C. Húmeda	Metálico	-30,00	-32,00	-28,00	34,8	33,0	34,2	SI	34,0	4,0	5,21%	0,25
141	C. Húmeda	Metálico	74,24	76,22	68,10	40,0	39,8	40,9	SI	40,2	2,8	2,73%	1,1
149	C. Húmeda	Metálico	110,00	105,00	110,00	36,6	36,2	36,6	SI	36,5	1,0	1,26%	0,58
175	Balsa	Metálico	150,00	128,00	140,00	37,5	38,5	38,2	NO	38,0	1,0	2,63%	
181	C. Húmeda	Metálico	70,00	71,00	78,00	33,5	33,0	33,8	SI	33,4	2,4	2,39%	0,41
184	C. Húmeda	Metálico	48,00	53,00	51,00	34,6	34,3	34,2	SI	34,4	1,2	1,16%	6,35
198	C. Húmeda	Metálico	67,00	70,00	71,00	41,3	41,5	41,9	SI	41,6	0,6	1,44%	

 Dato destacado por su posible influencia en el resultado (p.ej: Que pierda peso al salir de 28 días de curado)

 Valores no aportados solicitados en el Protocolo (NS/NC). Con la UNE EN ISO 17025:2017, el valor de incertidumbre es obligatorio

**ii. Gráficas de las determinaciones individuales de los laboratorios con la media de la Central (con todo el grupo de valores, antes de descartar)**

Media Central 35,3 N/mm <sup>2</sup>	Desviación 3,73 N/mm <sup>2</sup>	Coef. Variación 11%
--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------



**c. ESTUDIO PRELIMINAR RESULTADOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS: PROBETAS CÚBICAS**

**i. Resultados aportados de las tres determinaciones por código y Central. HA-30/F/20/XF4**

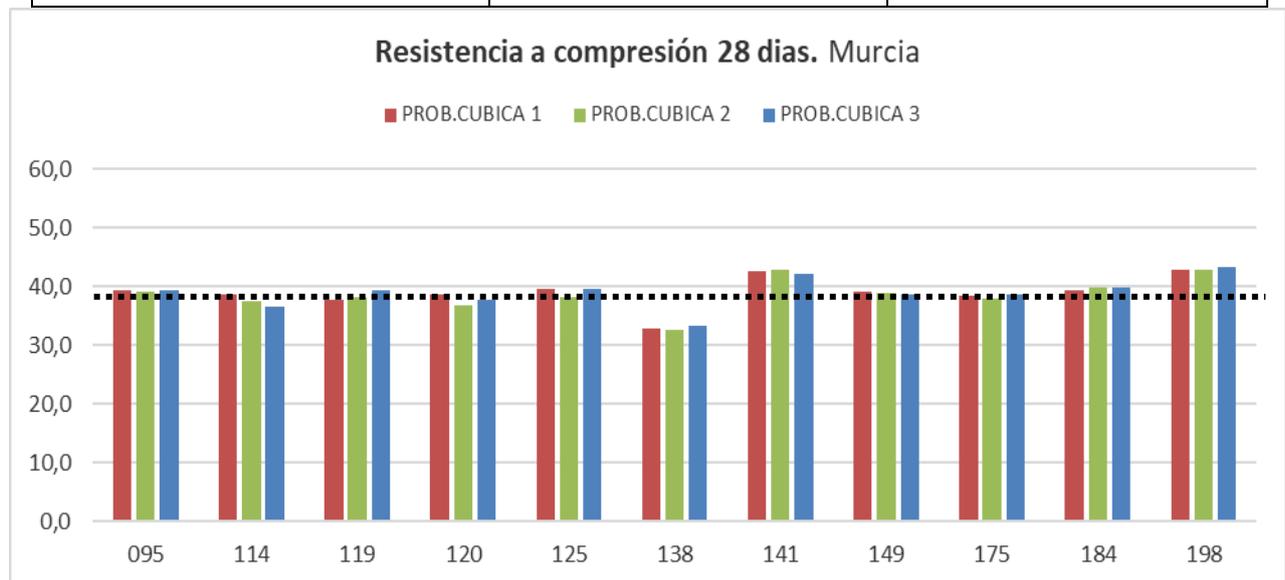
COD. LAB.	METODO CONSERVACION	MATERIAL DEL MOLDE	DIFERENCIAS DE PESOS TRAS CONSERVACION			RESISTENCIA A COMPRESION			¿ROTURA NO SATISFACTORIA ?	RESISTENCIA COMPRES. MEDIA	RECORRIDO 28 DIAS	RECORRIDO 28 DIAS calculado	INCERTIDUMBRE
			PROBETA 01	PROBETA 02	PROBETA 03	PROB.CUBICA 1	PROB.CUBICA 2	PROB.CUBICA 3					
			(g)	(g)	(g)	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(SI/NO)	(N/mm <sup>2</sup> )	(%)	≤20%	
<b>C04</b>													
095	C. Húmeda	Plástico	46,00	44,00	35,00	39,4	39,2	39,3	SI	39,3	0,5	0,51%	6,35
114	C. Húmeda	Metálico	-77,00	-63,00	-76,00	38,7	37,6	36,6	NO	37,6	5,6	5,58%	
119	C. Húmeda	Resina	-23,00	-14,00	-9,00	37,8	38,3	39,4	SI	38,5	4,2	4,16%	0,7
120	C. Húmeda	Metálico	20,00	10,00	20,00	38,7	36,8	37,9	SI	37,8	0,2	4,90%	
125	Balsa	Plástico	-55,00	-70,00	-85,00	39,6	38,3	39,6	NO	39,2	3,3	3,32%	
138	C. Húmeda	Resina	-6,00	-4,00	6,00	32,8	32,6	33,3	SI	32,9	2,1	2,13%	0,24
141	C. Húmeda	Plástico	43,70	39,30	39,40	42,7	43,0	42,3	SI	42,7	1,7	1,64%	0,99
149	C. Húmeda	Resina	10,00	15,00	5,00	39,2	39,1	38,8	NO	39,0	0,5	1,13%	0,58
175	Balsa	Metálico	107,00	88,00	121,00	38,4	38,1	38,7	NO	38,4	0,3	1,56%	
184	C. Húmeda	Plástico	51,00	52,00	44,00	39,3	39,9	39,8	SI	39,7	1,4	1,51%	6,35
198	C. Húmeda	Metálico	59,00	60,00	63,00	42,8	42,9	43,3	SI	43,0	0,5	1,16%	

 Dato destacado por su posible influencia en el resultado (p.ej: Que pierda peso al salir de 28 días de curado)

 Valores no aportados solicitados en el Protocolo (NS/NC). Con la UNE EN ISO 17025:2017, el valor de incertidumbre es obligatorio

**ii. Gráficas de las determinaciones individuales de los laboratorios con la media de la Central (con todo el grupo de valores, antes de descartar)**

Media Central 39,8 N/mm <sup>2</sup>	Desviación 2,66 N/mm <sup>2</sup>	Coef. Variación 7%
--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------



**d. ESTUDIO PRELIMINAR RESULTADOS CONTENIDO DE AIRE**

**i. Resultados aportados de los dos ensayos por código y Central. HA-30/F/20/XF4**

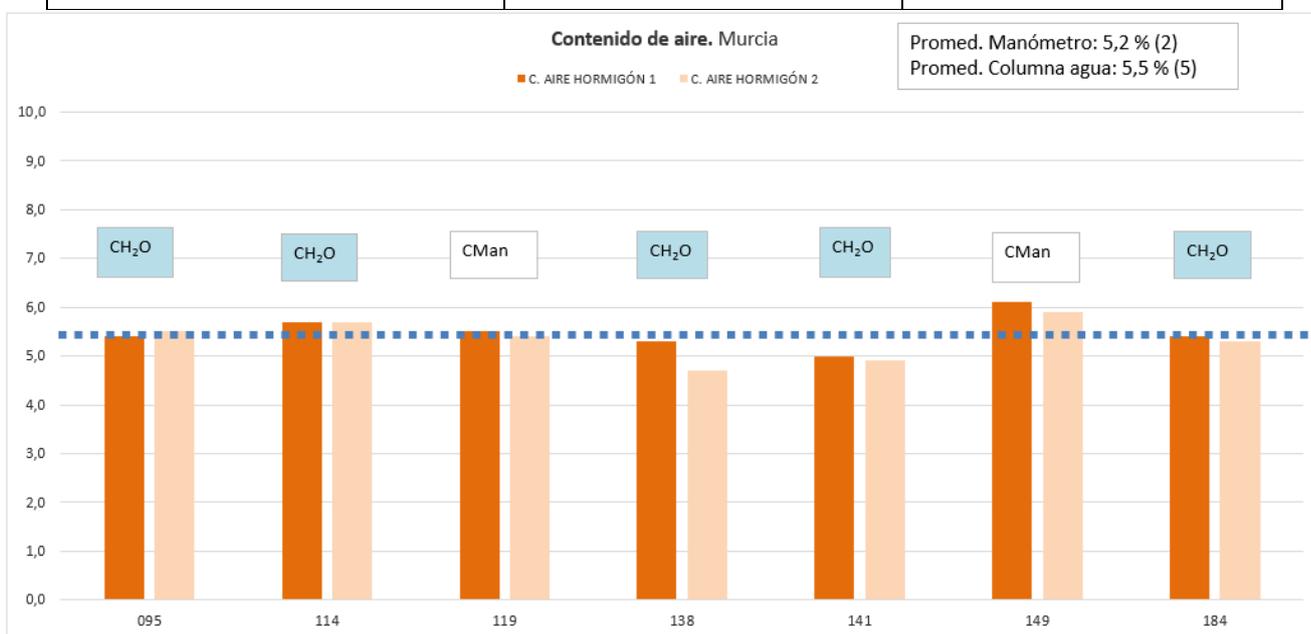
COD. LAB.	EJECUCIÓN DEL ENSAYO 01			EJECUCIÓN DEL ENSAYO 02		
	C. AIRE MUESTRA 1	C. AIRE HORMIGÓN	¿CUMPLE?	C. AIRE MUESTRA 1	C. AIRE HORMIGÓN	¿CUMPLE?
	(%)	(%)		(%)	(%)	
<b>C04</b>						
095	5,40	5,4	SI	5,50	5,5	SI
114	5,70	5,7	SI	5,70	5,7	SI
119	5,5	5,5		5,40	5,4	
138	5,30	5,3	SI	4,70	4,7	SI
141	5	5,0	SI	4,90	4,9	SI
149	6,10	6,1		5,90	5,9	SI
184	5,40	5,4		5,30	5,3	SI

Al ser un ambiente expuesto a heladas, debería cumplir el 4,5% de contenido de aire en el hormigón fabricado. (art. 43.3.3. del Código).

- No aporta dos resultados de ensayo
- Observaciones en la ejecución del ensayo
- CH<sub>2</sub>O Utiliza equipo de columna de agua
- CMan Utiliza manómetro

**ii. Gráficas de las determinaciones individuales de los laboratorios con la media de la Central (con todo el grupo de valores, antes de descartar)**

Media Central 5,4 %	Desviación 0,37 %	Coef. Variación 7%
---------------------	-------------------	--------------------



**e. CALIBRACIONES DE LOS EQUIPOS**

En base a la norma **UNE EN ISO IEC 17025:2017**, en su apartado 6.4.1, se revisa el equipamiento del laboratorio, incluido, pero sin limitarse a: instrumentos de medición, software, patrones de medición, materiales de referencia, datos de referencia, reactivos, consumibles o aparatos auxiliares., **y asuman la obligatoriedad de evaluar la incertidumbre de medición de los resultados (Apartado 7.6 de la citada norma) de los ensayos que realizan.**

Por tanto, la **fecha de calibración** de los siguientes equipos se ha comprobado, de conformidad con el apartado 6.4.8 de la citada norma UNE EN ISO sobre Equipamiento (*los que no aportan el dato o no está vigente, se somborean en "morado" en las tablas siguientes*):

- de las **máquinas de ensayo a compresión** que superen los dos años reglamentarios que establece la norma UNE EN 12390-4 o no la indiquen, se obliga a que aclare cómo asegura que está calibrada y/o verificada;

**C04:** todos aportan fecha de calibración y está vigente en la toma de hormigón, excepto el **código 120** que no indica fecha. Debe aportarla.

- del **pie de rey** como equipo de medición (ver apartado 6.4.6 de la citada norma UNE EN ISO IEC 17025), considerando que el uso del flexómetro No es técnicamente admisible para un laboratorio de ensayos para el control de calidad de la edificación. Debe ser utilizado un instrumento de medición preciso y exacto, como es el pie de rey **calibrado**, al menos, cada **dos años**; Se somborean en morado aquellos equipos que no lo cumplen y en amarillo aquellos cuyos datos está alguno incompleto o es erróneo.

Se recomienda a los coordinadores autonómicos solicitar la ficha del equipo dentro del Manual de calidad del laboratorio y copia de la última calibración realizada de los siguientes códigos:

Cód. Lab.	CATEGORIA	TIPO	MARCA	MODELO	Fecha VERIFICACION	<b>CENTRAL 04</b> Fecha CALIBRACION
<b>095</b>	Pie de rey	300 mm	DIGITAL CALIPER	300 mm		20,01,2021
<b>184</b>	Pie de rey	300 mm	DIGITAL CALIPER	300 mm		20,01,2021
<b>114</b>	Pie de rey	18,01	MITUTOYO	DIGIMATIC	10-02-22	06-06-22
<b>119</b>	Pie de rey	Digital	Marh	Marcal 16EW	14.03.2022	01.08.2022
<b>120</b>	Pie de rey	Analógico	Suintor	600		
<b>125</b>	Pie de rey					
<b>127</b>	Pie de rey	DIGITAL	MITUTOYO	CD-20CP	02.05.2022	31.05.2022

Cód. Lab.	CATEGORIA	TIPO	MARCA	MODELO	Fecha VERIFICACION	CENTRAL 04
						Fecha CALIBRACION
138	Pie de rey	Analógico	Mitutoyo	530-102	25.04.2022	03.11.2021
141	Pie de rey	350mm	MITUTOYO	534 - 503	20.05.2022	
149	Pie de rey	0-300	Mitutoyo	S31-109		31.08.2022
175	Pie de rey	Digital	inox	200mm		18.01.2022
181	Pie de rey	PIE DE REY	ALCA	200 mm		09.12.2020
198	Pie de rey					

- Con respecto al equipo registrador de las **condiciones termo higrotérmicas de la cámara húmeda**, tal y como se dijo en el ejercicio anterior, se ha pedido información del termómetro, higrómetro o ambos (termohigrómetro) en la ficha de resultados. Y se puede decir de los siguientes códigos que la información aportada es incompleta o no se corresponde con el equipo que las mide y/o registra:

Cód. Lab.	CATEGORIA	TIPO	MARCA	MODELO	Fecha VERIFICACION	CENTRAL 04
						Fecha CALIBRACION
095	Termohigrómetro	DIGITAL	HERTER			25,02,2021
120	Termohigrómetro	TERMOHIGOMETRO	Controls	HT71-N		
125	No indican ningún equipo de medida					
149	Termohigrómetro	0-100	RS PRO	RS-91	04,09,2019	
181	No indican ningún equipo de medida					
198	No indican ningún equipo de medida					

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ZSCORE DE RESULTADOS CENTRAL 04:

. ASENTAMIENTO: Cono Abram

. RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DIAS: Probetas cilíndricas

. RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DIAS: Probetas cúbicas

. CONTENIDO DE AIRE

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



# INFORME DE ENSAYO HORMIGON

ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS (mm)****Introducción**

## Criterios de análisis establecidos

El procedimiento llevado a cabo para analizar los resultados del ensayo "asentamiento.cono abrams", está basado en los protocolos EILA22 y las normas UNE 82009-2:1999 y UNE-EN ISO/IEC 17043:2010 y es, para cada laboratorio, el que sigue:

**01. Análisis A: Estudio pre-estadístico.** Antes de comenzar con los cálculos matemáticos, los datos son minuciosamente analizados para determinar si deben ser incluidos (✓) o descartados (X) en función, de si cumplen o no, con unos criterios mínimos previamente establecidos y que pueden afectar a los resultados, tales como:

01. No cumplir con el criterio de validación de la norma de ensayo, en caso de existir éste.
02. No haber realizado el ensayo conforme a la norma de estudio, sin justificar los motivos por los cuales se ha hecho.
03. No haber cumplido con las especificaciones particulares del ensayo descritas en los protocolos (pueden incluir aportar algún dato adicional no especificado en la norma).
04. No haber especificado la fecha de verificación y/o de calibración de los equipos utilizados durante el ensayo (los resultados pueden verse afectados).
05. No haber aportado, como mínimo, el resultado de dos determinaciones puesto que la desviación típica inter-laboratorio se ve afectada notablemente por ello.
06. Expresiones erróneas de los resultados que no pudieran explicarse o no tuvieran sentido.
07. No haber completado total y correctamente las hojas de ensayo, pues es posible que falte información para analizar parámetros importantes o que ayuden a explicar datos incorrectos.
08. Cualquier otra incidencia o desviación de los resultados que afecte al conjunto de los datos analizados.

**02. Análisis B: Mandel, Cochran y Grubbs.** Los resultados aportados por los laboratorios que hayan superado el paso anterior, se verán sometidos al análisis estadístico compuesto por los métodos de Mandel, Cochran y Grubbs. Los criterios de análisis que se han seguido para considerar los resultados como aptos (✓) o no aptos (X) por éste procedimiento son:

01. Para cada laboratorio se llevan a cabo los cálculos necesarios para determinar los estadísticos "h y k" de Mandel, "C" de Cochran y " $G_{\text{Simp}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, pudiendo salir un resultado correcto (X sobre fondo blanco), anómalo (X\* sobre fondo rosa) o aberrante (X\*\* sobre fondo morado), para todos o cada uno de ellos.
02. Un laboratorio será considerado como apto, si el binomio Mandel-Cochran y el método de Grubbs no demuestran la presencia de resultados anómalos o aberrantes en comparación con los del resto de participantes. En caso contrario, el laboratorio afectado será excluido y por ende no tenido en cuenta para someterlo al análisis Z-Score.
03. Binomio Mandel-Cochran. Si el ensayo de Mandel justifica para algún laboratorio (en cualquiera de sus estadísticos) la presencia de un valor anómalo o aberrante, antes de considerarlo como no apto se analiza el parámetro de Cochran. En caso de que éste último sea correcto, los resultados del laboratorio se considerarán aceptables. En caso contrario, el laboratorio será descartado.
04. Método de Grubbs. Si el ensayo de Grubbs Simple demuestra que los resultados de alguno de los laboratorios son aberrantes o anómalos, finaliza el análisis y el laboratorio en cuestión deberá ser excluido. En caso de que éste método no demuestre la existencia de algún valor extraño, se lleva a cabo entonces el ensayo de Grubbs Doble aplicando los mismos criterios que para el método simple.

**03. Análisis C: Evaluación Z-Score.** La totalidad de los laboratorios que hayan superado el "Análisis B" serán estudiados por éste método. En él, se determina si los parámetros Z-Score obtenidos para cada participante son satisfactorios (S), dudosos (D) o insatisfactorios (I), en función de que estén o no dentro de unos límites críticos establecidos.

**04. Análisis D: Estudio post-estadístico.** Una vez superados los tres análisis anteriores, haremos un último barrido de los datos para ver como quedan los resultados de los laboratorios implicados mediante los diagramas "Box-Plot" o de caja y bigotes antes y después de llevar a cabo los descartes.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

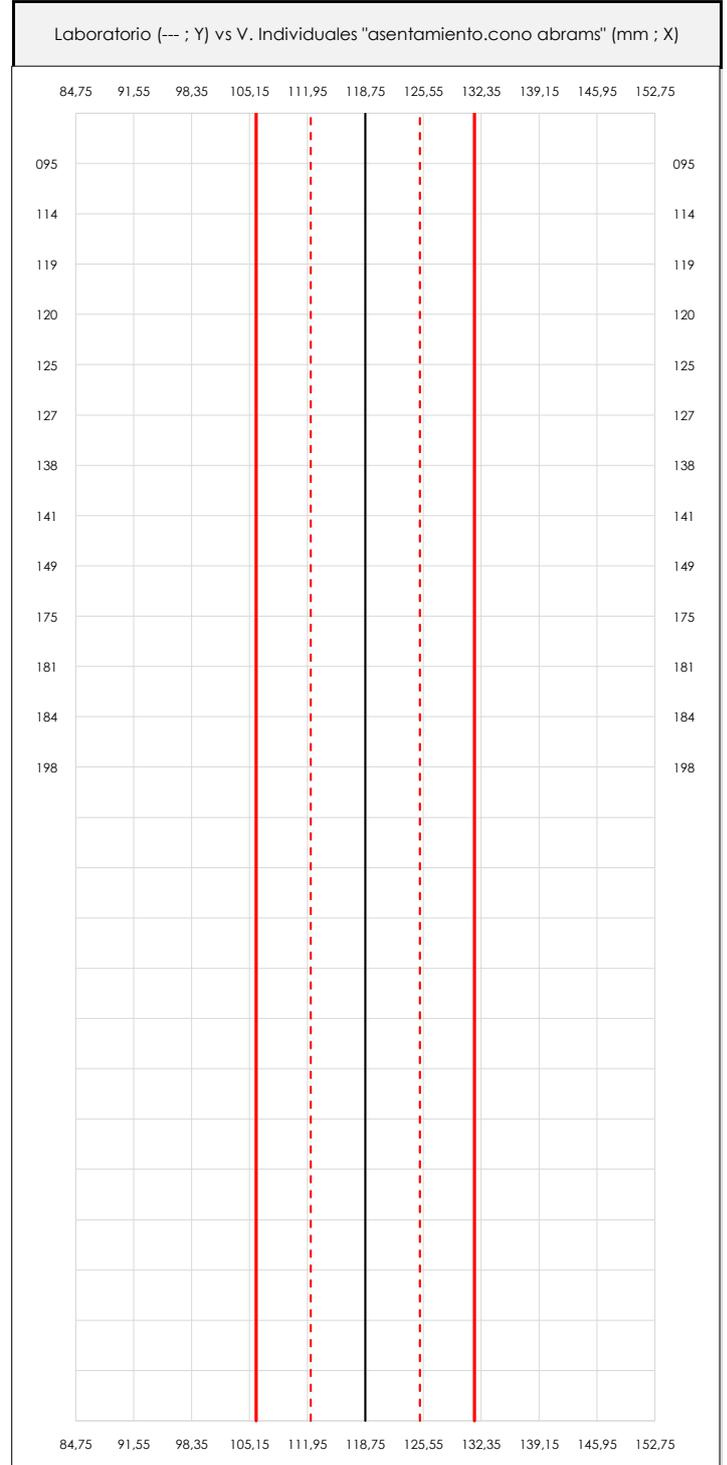
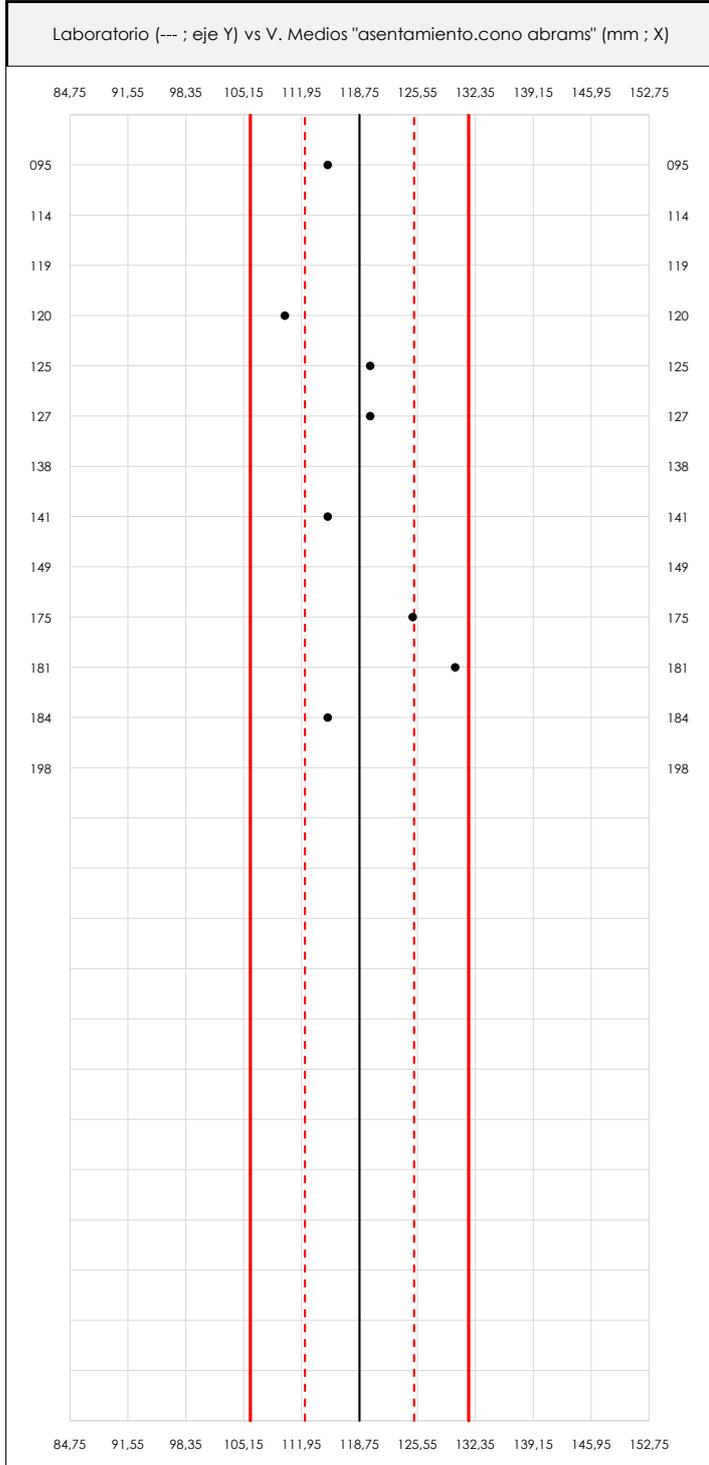
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



# ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS (mm)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA E INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios (gráfico izquierda) y de los valores individuales aportados por los participantes (gráfico derecha), respecto de la media aritmética inter-laboratorios (118,75 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (125,16/112,34 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (131,57/105,93 ; líneas rojas de trazo continuo), todos ellos valores obtenidos antes de efectuar descartes estadísticos."

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios (gráfico izquierda) representadas por puntos de color negro "•", o los resultados individuales aportados por los participantes (gráfico derecha): el primero ( $X_{i,1}$ ) se representa con un cuadrado azul "□", el segundo ( $X_{i,2}$ ) con un círculo verde "○" y el tercero ( $X_{i,3}$ ) con un triángulo gris "△".

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



# ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS (mm)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$\bar{X}_{i\text{lab}}$	$\bar{X}_{i\text{crit}}$	$S_{Li}$	$D_{i\text{crit}}\%$	¿Pasa A?	Observaciones
c04	095	120,00	110,00		120,00	115,00	7,071	-3,16	✓	
c04	114								X	Indica no realiza por decision del Coord.Autonomico
c04	119								X	
c04	120	110,00				110,00		-7,37	X	Desviación protocolo: no aporta ensayo duplicado
c04	125	120,00	120,00		12,00	120,00	0,000	1,05	✓	
c04	127	120,00			12,00	120,00		1,05	X	Desviación protocolo: no aporta ensayo duplicado
c04	138								X	
c04	141	120,00	110,00		115,00	115,00	7,071	-3,16	✓	
c04	149								X	
c04	175	120,00	130,00		12,50	125,00	7,071	5,26	✓	
c04	181	120,00	140,00		13,00	130,00	14,142	9,47	✓	
c04	184	120,00	110,00		120,00	115,00	7,071	-3,16	✓	
c04	198								X	

**NOTAS:**

- Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>02</sup> " $X_{ij}$  con  $j = 1, 2, 3$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{lab}}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i\text{crit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i\text{crit}}\%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo] [no coinciden]

Valores empleados para el análisis estadístico, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	$vX_{i1}$	$vX_{i2}$	$vX_{i3}$	$v\bar{X}_{i\text{lab}}$	$v\bar{X}_{i\text{crit}}$
M (mm)	118,75	120,00		57,79	118,75
SD <sub>L</sub> (---)	3,54	12,65		56,66	6,41
CV (%)	2,98	10,54		98,06	5,40

- " $vX_{ij}$ " determinaciones individuales de los laboratorios.
- " $v\bar{X}_{i\text{lab}}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- " $v\bar{X}_{i\text{crit}}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

Cálculo de la media general y de las varianzas de repetibilidad y reproducibilidad, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	$\gamma_r$ (%)	r (%)	$\gamma_L$ (%)	$\gamma_R$ (%)	R (%)
Calculado	6,876	19,252	1,237	6,986	19,561
Referencia					

- " $\gamma_r$ " varianza de repetibilidad.
- "r (%)" repetibilidad.
- " $\gamma_L$ " varianza interlaboratorios.
- " $\gamma_R$ " varianza de reproducibilidad.
- "R (%)" reproducibilidad.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

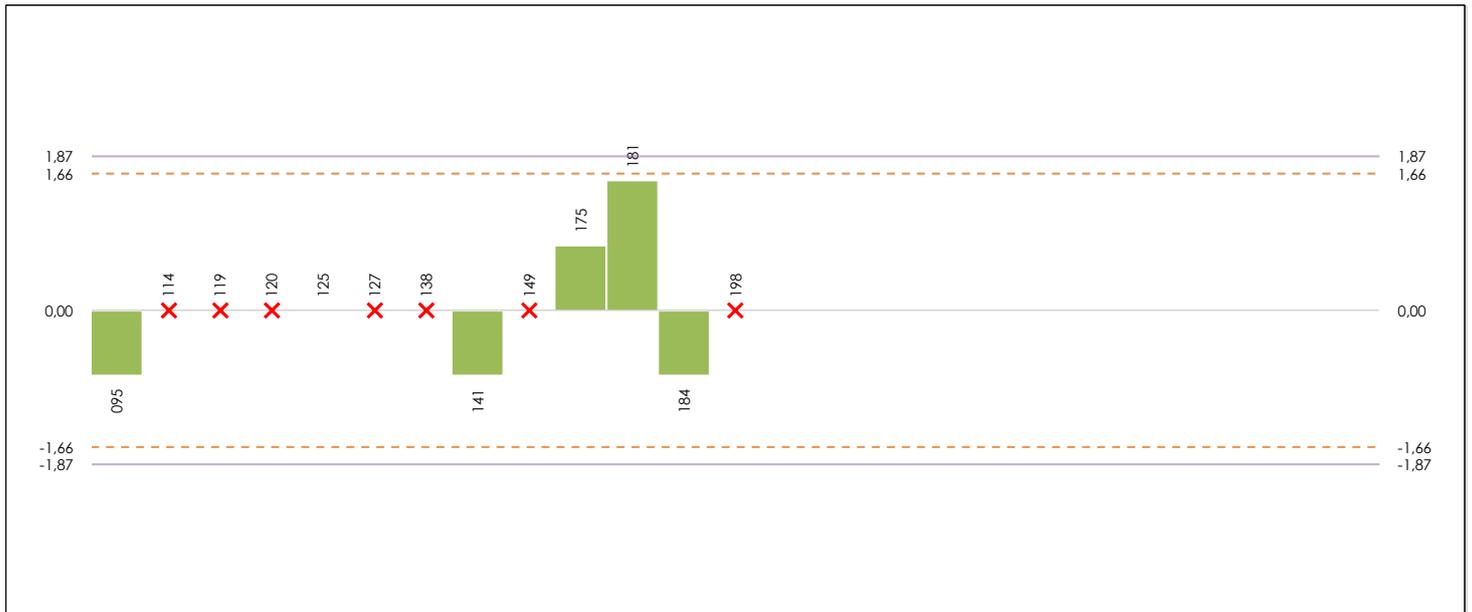
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



# ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS (mm)

## Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

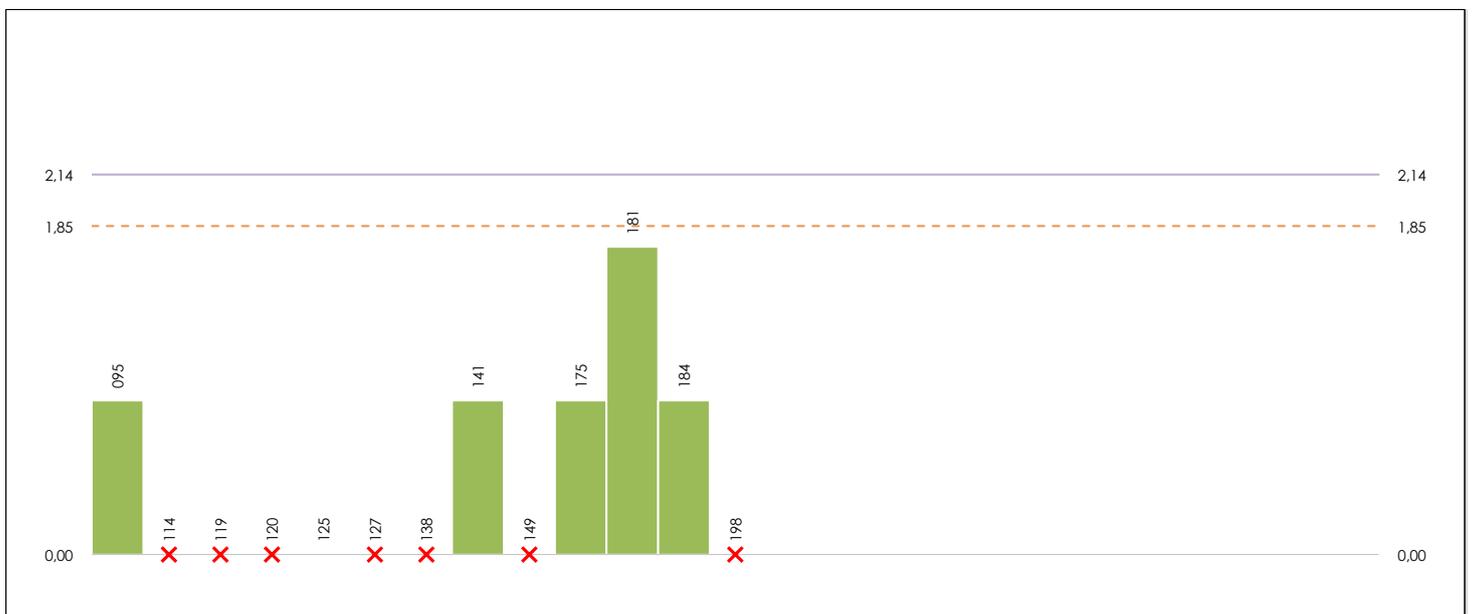
Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



# ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS (mm)

## Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	$\bar{X}_{i\text{lab}}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i crit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>Sim Inf</sub>	G <sub>Sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	¿Pasa B?
c04	095	120,000	110,000		120,000	115,000	7,071	-4,17	-0,79	0,87		0,791		0,6250		✓
c04	114						---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗
c04	119						---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗
c04	120	110,000				110,000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗
c04	125	120,000	120,000		120,000	120,000	0,000	0,00	0,00	0,00						✓
c04	127	120,000			120,000	120,000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗
c04	138						---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗
c04	141	120,000	110,000		115,000	115,000	7,071	-4,17	-0,79	0,87		0,791		0,6250		✓
c04	149						---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗
c04	175	120,000	130,000		12,500	125,000	7,071	4,17	0,79	0,87				0,0938		✓
c04	181	120,000	140,000		13,000	130,000	14,142	8,33	1,58	1,73		1,581		0,0938		✓
c04	184	120,000	110,000		120,000	115,000	7,071	-4,17	-0,79	0,87		0,791		0,6250		✓
c04	198						---	---	---	---	---	---	---	---	---	✗

**NOTAS:**

- "X<sub>ij</sub>" con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio. " $\bar{X}_{i\text{lab}}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i crit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>Sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.
- El código colorimétrico empleado para las celdas es:
 

[máximo]	[mínimo]	[no coinciden]	[aberrante **]	[anómalo *]
----------	----------	----------------	----------------	-------------

Valores empleados para el análisis estadístico, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	vX <sub>i1</sub>	vX <sub>i2</sub>	vX <sub>i3</sub>	v $\bar{X}_{i\text{lab}}$	v $\bar{X}_{i\text{arit}}$
M (mm)	120,00	120,00		65,42	120,00
SD <sub>L</sub> (---)	0,00	12,65		58,00	6,32
CV (%)	0,00	10,54		88,66	5,27

- "vX<sub>ij</sub>" determinaciones individuales de los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i\text{lab}}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

Valores de referencia de Mandel, Cochran y Grubbs según tablas de la norma UNE 82009-2, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

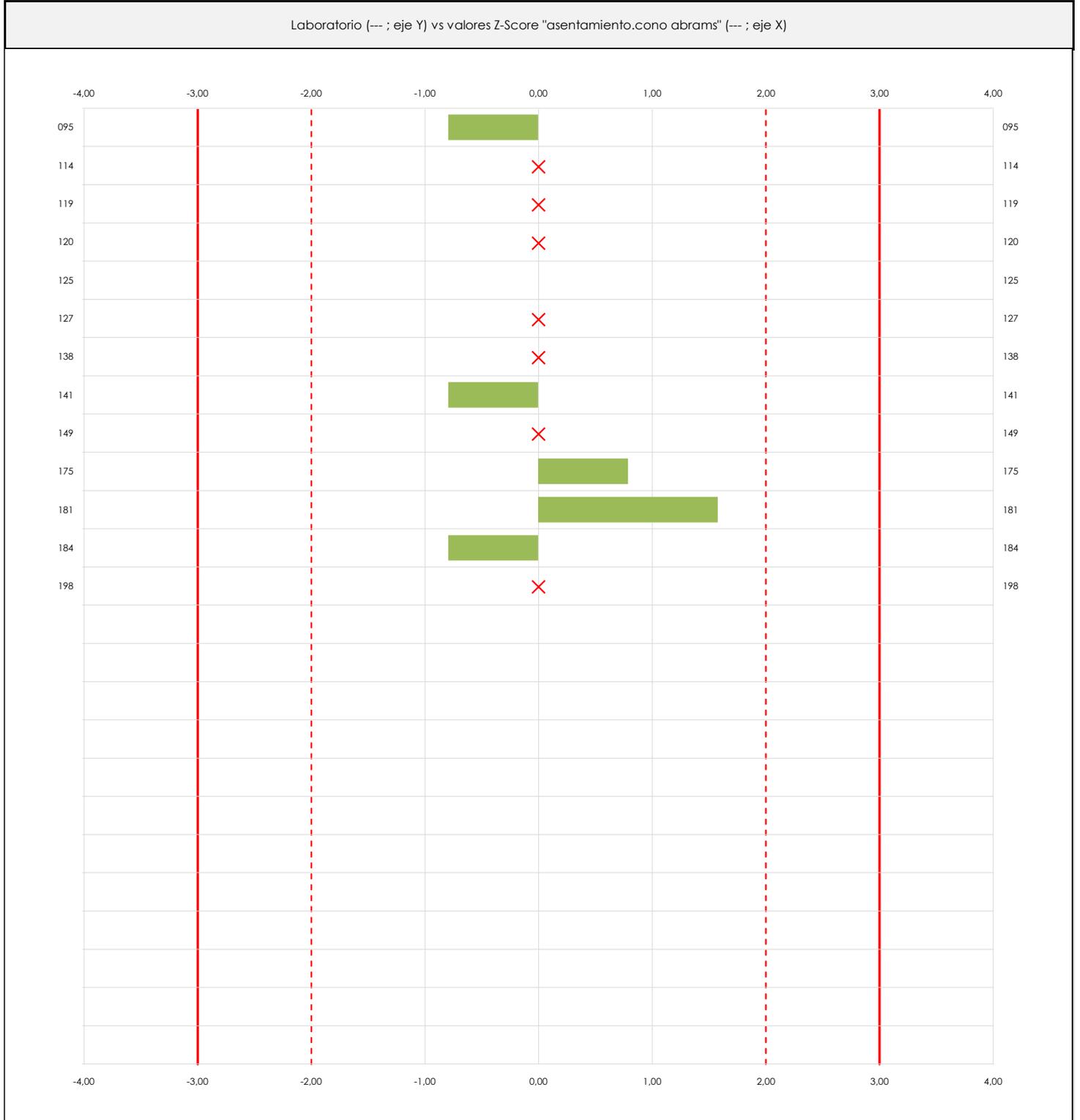
	h	k	C	G <sub>Sim</sub>	G <sub>Dob</sub>
1%	1,87	2,14	0,794	1,9730	0,0116
5%	1,66	1,85	0,680	1,8870	0,0349

- "p" número de laboratorios participantes no descartados.
- "n" indica el número de ensayos por laboratorio.
- "h" y "k" indicadores estadísticos de Mandel.
- "C" valor crítico de Cochran.
- "G<sub>Sim</sub>" y "G<sub>Dob</sub>" valores críticos de Grubbs.

# ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS (mm)

## Análisis C. Evaluación Z-Score

### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



**ANALISIS GRAFICO Z-SCORE**

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



# ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS (mm)

## Análisis C. Evaluación Z-Score

### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i crit}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i crit</sub> %	¿Pasa A?	¿Pasa B?	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
c04	095	120,00	110,00		120,00	115,00	7,071	-4,17	✓	✓	✓			-0,791	S
c04	114						---	---	X	X	X	SD		---	---
c04	119						---	---	X	X	X	SD		---	---
c04	120	110,00				110,00	---	---	X	X	X	SD		---	---
c04	125	120,00	120,00		12,00	120,00	0,000	0,00	✓	✓	✓			0,000	S
c04	127	120,00			12,00	120,00	---	---	X	X	X	SD		---	---
c04	138						---	---	X	X	X	SD		---	---
c04	141	120,00	110,00		115,00	115,00	7,071	-4,17	✓	✓	✓			-0,791	S
c04	149						---	---	X	X	X	SD		---	---
c04	175	120,00	130,00		12,50	125,00	7,071	4,17	✓	✓	✓			0,791	S
c04	181	120,00	140,00		13,00	130,00	14,142	8,33	✓	✓	✓			1,581	S
c04	184	120,00	110,00		120,00	115,00	7,071	-4,17	✓	✓	✓			-0,791	S
c04	198						---	---	X	X	X	SD		---	---

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> "X<sub>ij</sub>" con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i lab}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i crit}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i crit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [no coinciden] [dudoso] [insatisfactorio]
- <sup>05</sup> Valores de referencia asignados para el cálculo de las varianzas y evaluación Z-Score (excluidos los resultados anómalos y aberrantes del análisis estadístico):

	vX <sub>i 1</sub>	vX <sub>i 2</sub>	vX <sub>i 3</sub>	v $\bar{X}_{i lab}$	v $\bar{X}_{i crit}$
M (mm)	120,00	120,00		65,42	120,00
SD <sub>L</sub> (---)	0,00	12,65		58,00	6,32
CV (%)	0,00	10,54		88,66	5,27

- "vX<sub>ij</sub>" determinaciones individuales de los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i lab}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i crit}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

- <sup>06</sup> Cálculo de la media general y de las varianzas de repetibilidad y reproducibilidad, después de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

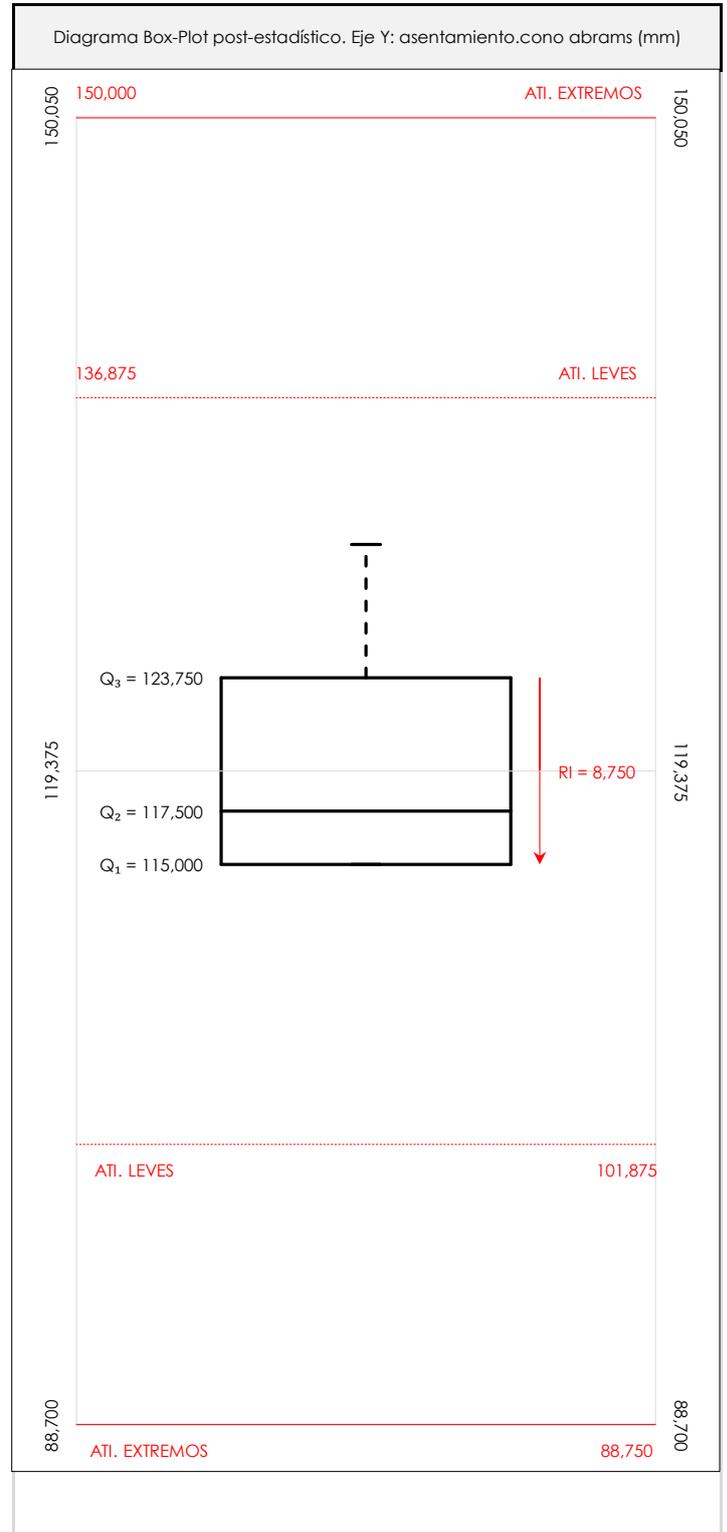
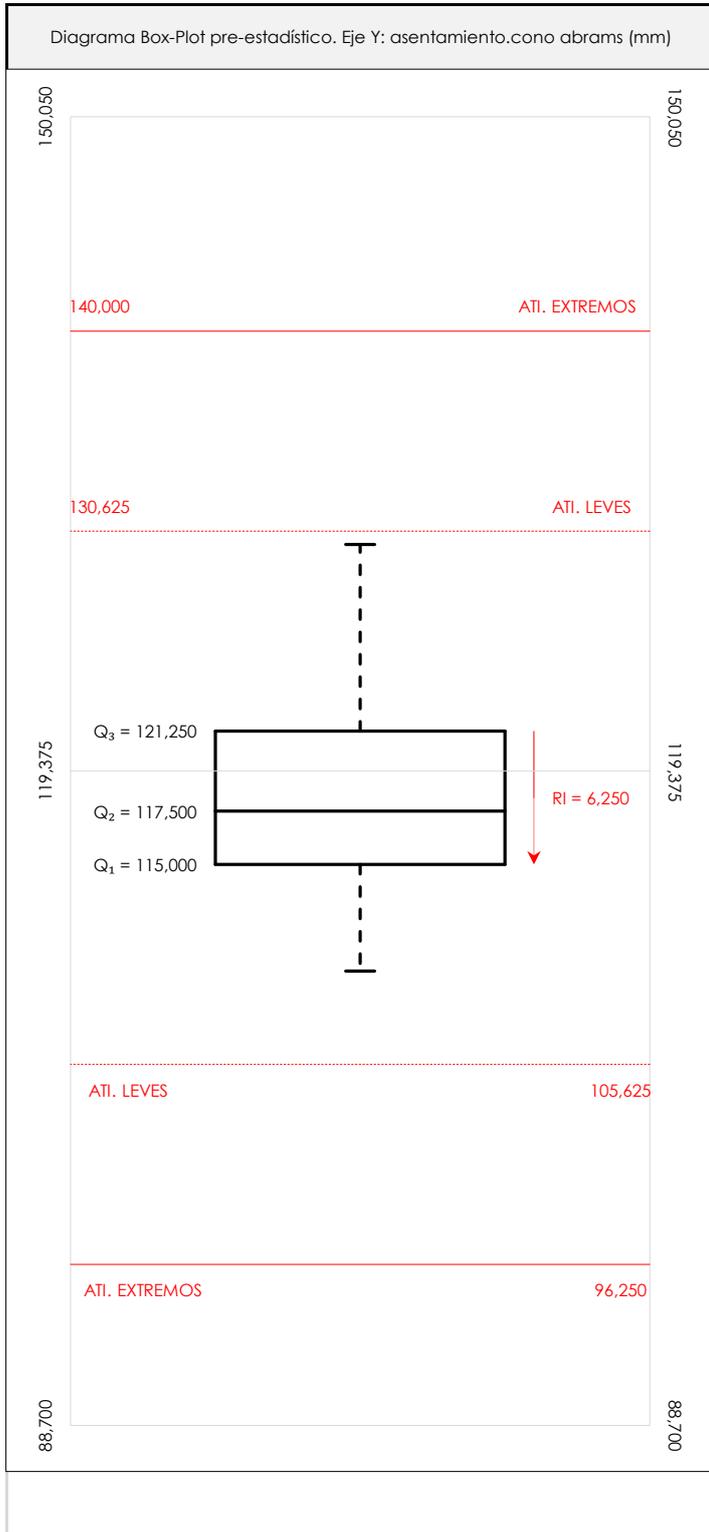
	Y <sub>r</sub> (%)	r (%)	Y <sub>L</sub> (%)	Y <sub>R</sub> (%)	R (%)
Calculado	6,804	19,052	2,152	7,136	19,981
Referencia					

- "Y<sub>r</sub>" varianza de repetibilidad.
- "r (%)" repetibilidad.
- "Y<sub>L</sub>" varianza interlaboratorios.
- "Y<sub>R</sub>" varianza de reproducibilidad.
- "R (%)" reproducibilidad.

# ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS (mm)

## Análisis D. Estudios post-estadísticos

### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha). No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>+</sup> y f<sub>1</sub><sup>+</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).

**CICE**Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación**CSIC**  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICASINSTITUTO  
EDUARDO  
TORROJA**SACE**Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación**ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS (mm)****Conclusiones**

## Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA22 para el ensayo "ASENTAMIENTO.CONO ABRAMS", ha contado con la participación de un total de 8 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 2 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 2 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 7 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y -5 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 1 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$\bar{X}_{i\text{lab}}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$\bar{X}_{i\text{lab}}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$
Valor Máximo (max ; %)	120,00	140,00		120,00	130,00	120,00	140,00		120,00	130,00
Valor Mínimo (min ; %)	110,00	110,00		12,00	110,00	120,00	110,00		12,00	115,00
Valor Promedio (M ; %)	118,75	120,00		57,79	118,75	120,00	120,00		65,42	120,00
Desviación Típica (SDL ; ---)	3,54	12,65		56,66	6,41	0,00	12,65		58,00	6,32
Coef. Variación (CV ; ---)	0,03	0,11		0,98	0,05	0,00	0,11		0,89	0,05
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R
Valor Calculado	66,67	22,63	2,16	68,82	23,00	66,67	22,63	6,67	73,33	23,74
Valor Referencia										

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{\text{sim}}$  y  $G_{\text{Dob}}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$	h	k	C	$G_{\text{sim}}$	$G_{\text{Dob}}$
Nivel de Significación 1%	1,87	2,14	0,794	1,973	0,0116	1,87	2,14	0,883	1,973	0,0116
Nivel de Significación 5%	1,66	1,85	0,680	1,887	0,0349	1,66	1,85	0,781	1,887	0,0349

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 6 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



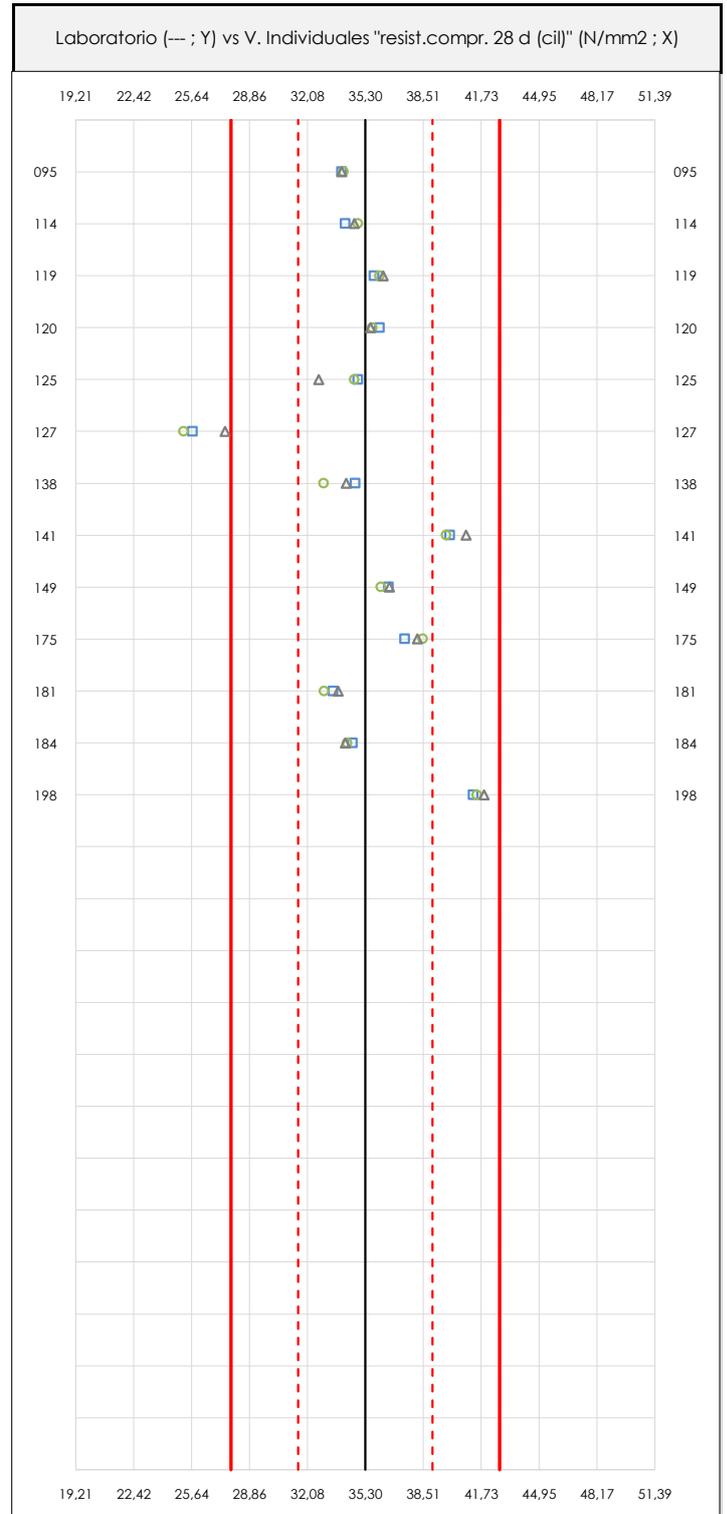
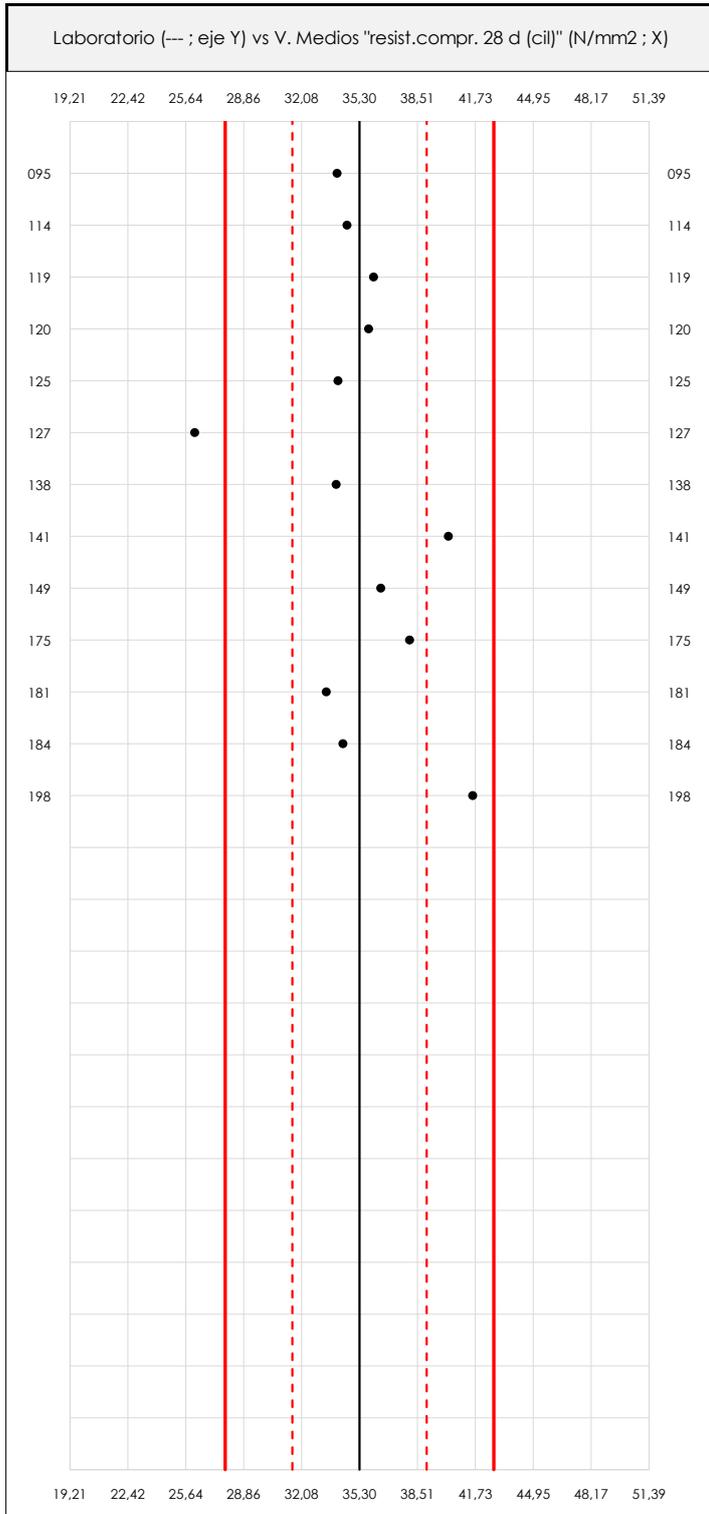
# INFORME DE ENSAYO HORMIGON

RESIST.COMPR. 28 D (CIL)

# RESIST.COMPR. 28 D (CIL) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA E INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios (gráfico izquierda) y de los valores individuales aportados por los participantes (gráfico derecha), respecto de la media aritmética inter-laboratorios (35,30 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (39,03/31,56 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (42,76/27,83 ; líneas rojas de trazo continuo), todos ellos los valores obtenidos antes de efectuar descartes estadísticos."

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios (gráfico izquierda) representadas por puntos de color negro "•", o los resultados individuales aportados por los participantes (gráfico derecha): el primero ( $X_{i1}$ ) se representa con un cuadrado azul "□", el segundo ( $X_{i2}$ ) con un círculo verde "○" y el tercero ( $X_{i3}$ ) con un triángulo gris "△".



# RESIST.COMPR. 28 D (CIL) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	$\bar{X}_{i\text{lab}}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	¿Pasa A?	Observaciones
C04	095	34,00	34,10	34,00	34,00	34,03	0,058	-3,58	✓	
C04	114	34,20	34,90	34,70	34,60	34,60	0,361	-1,97	✓	
C04	119	35,80	36,10	36,30	36,10	36,07	0,252	2,18	✓	
C04	120	36,10	35,70	35,60	35,80	35,80	0,265	1,43	✓	
C04	125	34,90	34,70	32,70	34,10	34,10	1,217	-3,39	✓	
C04	127	25,70	25,20	27,50	26,10	26,13	1,210	-25,96	✓	
C04	138	34,75	32,98	34,23	34,00	33,99	0,910	-3,71	✓	
C04	141	40,00	39,80	40,90	40,20	40,23	0,586	13,99	✓	
C04	149	36,59	36,17	36,63	36,46	36,46	0,255	3,31	✓	
C04	175	37,50	38,50	38,20	38,00	38,07	0,513	7,85	✓	
C04	181	33,50	33,00	33,80	33,40	33,43	0,404	-5,28	✓	
C04	184	34,60	34,30	34,20	34,40	34,37	0,208	-2,63	✓	
C04	198	41,30	41,50	41,90	41,57	41,57	0,306	17,77	✓	

**NOTAS:**

Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.

<sup>02</sup> "X<sub>i j</sub>" con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{lab}}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.

"S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.

<sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es:

[máximo] [mínimo] [no coinciden]

Valores empleados para el análisis estadístico, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	$\sqrt{X_{i1}}$	$\sqrt{X_{i2}}$	$\sqrt{X_{i3}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i\text{lab}}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i\text{arit}}}$
M (N/mm <sup>2</sup> )	35,30	35,15	35,44	35,29	35,30
SD <sub>L</sub> (---)	3,71	3,94	3,65	3,73	3,73
CV (%)	10,50	11,20	10,31	10,58	10,57

- " $\sqrt{X_{ij}}$ " determinaciones individuales de los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i\text{lab}}}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i\text{arit}}}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

Cálculo de la media general y de las varianzas de repetibilidad y reproducibilidad, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

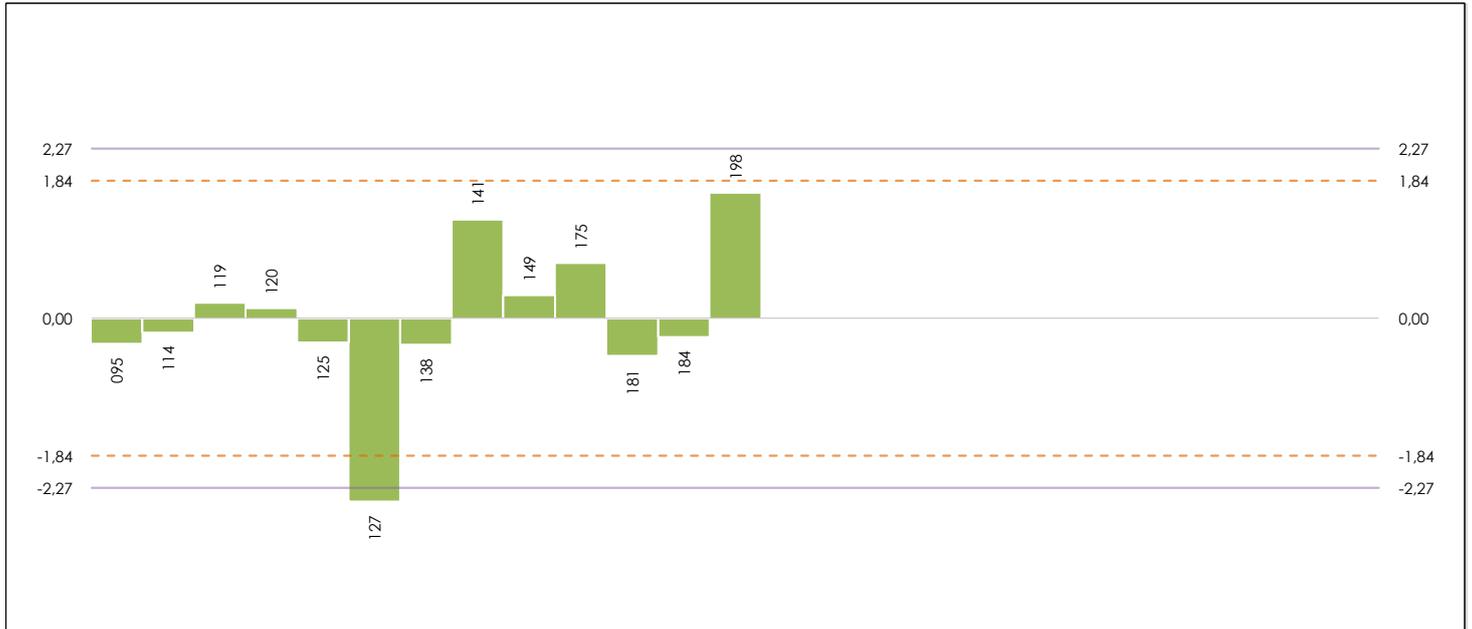
	$\gamma_r$ (%)	r (%)	$\gamma_L$ (%)	$\gamma_R$ (%)	R (%)
Calculado	1,759	4,924	10,523	10,669	29,874
Referencia	2,900	8,000		3,100	11,700

- " $\gamma_r$ " varianza de repetibilidad.
- "r (%)" repetibilidad.
- " $\gamma_L$ " varianza interlaboratorios.
- " $\gamma_R$ " varianza de reproducibilidad.
- "R (%)" reproducibilidad.

# RESIST.COMPR. 28 D (CIL) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

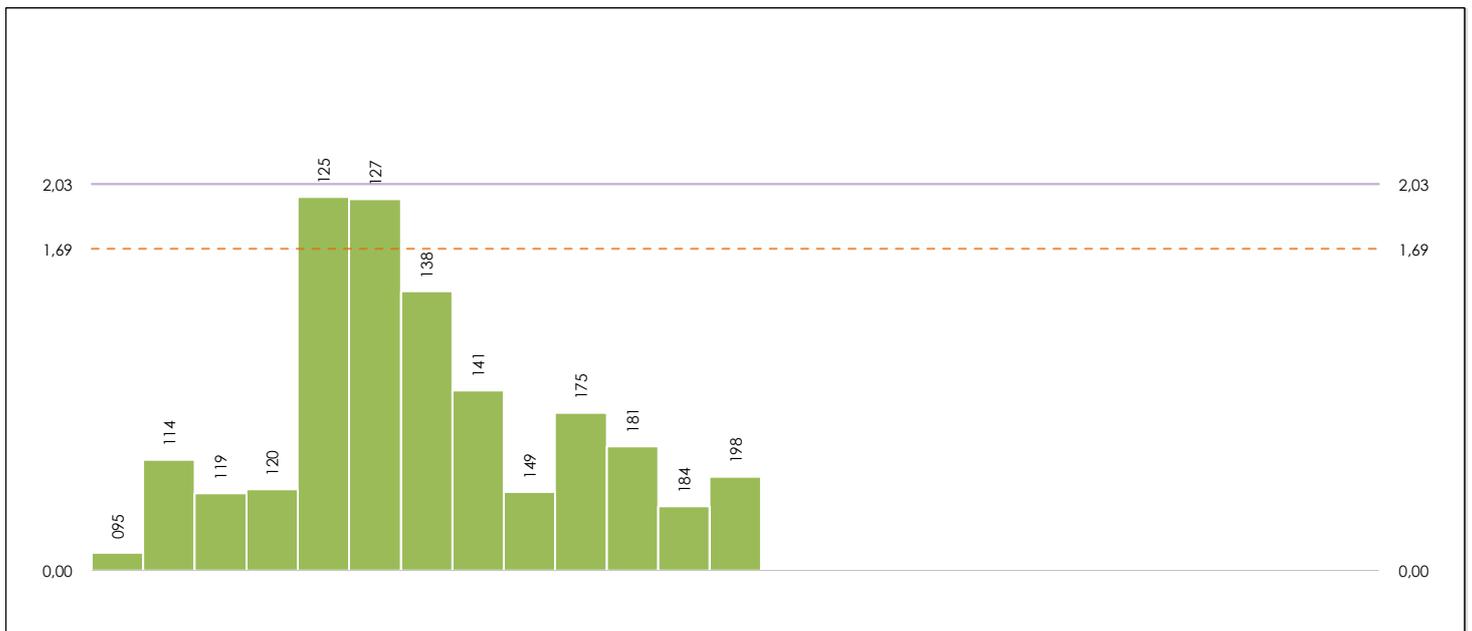
Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosaceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



# RESIST.COMPR. 28 D (CIL) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i1</sub>	X <sub>i2</sub>	X <sub>i3</sub>	$\bar{X}_{i\text{lab}}$	$\bar{X}_{i\text{arit}}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>Sim Inf</sub>	G <sub>Sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	¿Pasa B?
C04	095	34,000	34,100	34,000	34,000	34,033	0,058	-3,58	-0,34	0,09						✓
C04	114	34,200	34,900	34,700	34,600	34,600	0,361	-1,97	-0,19	0,58						✓
C04	119	35,800	36,100	36,300	36,100	36,067	0,252	2,18	0,21	0,41						✓
C04	120	36,100	35,700	35,600	35,800	35,800	0,265	1,43	0,14	0,43						✓
C04	125	34,900	34,700	32,700	34,100	34,100	1,217	-3,39	-0,32	1,96*	0,295					✓
C04	127	25,700	25,200	27,500	26,100	26,133	1,210	-25,96	-2,46**	1,95*	0,295	2,455		0,4106		✓
C04	138	34,750	32,980	34,230	34,000	33,987	0,910	-3,71	-0,35	1,47						✓
C04	141	40,000	39,800	40,900	40,200	40,233	0,586	13,99	1,32	0,94				0,5505		✓
C04	149	36,590	36,170	36,630	36,463	36,463	0,255	3,31	0,31	0,41						✓
C04	175	37,500	38,500	38,200	38,000	38,067	0,513	7,85	0,74	0,83						✓
C04	181	33,500	33,000	33,800	33,400	33,433	0,404	-5,28	-0,50	0,65				0,4106		✓
C04	184	34,600	34,300	34,200	34,400	34,367	0,208	-2,63	-0,25	0,34						✓
C04	198	41,300	41,500	41,900	41,570	41,567	0,306	17,77	1,68	0,49			1,680		0,5505	✓

**NOTAS:**

- "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i\text{lab}}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i\text{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>Sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.
- El código colorimétrico empleado para las celdas es:
 

[máximo]	[mínimo]	[no coinciden]	[aberrante **]	[anómalo *]
----------	----------	----------------	----------------	-------------

Valores empleados para el análisis estadístico, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	$\sqrt{X_{i1}}$	$\sqrt{X_{i2}}$	$\sqrt{X_{i3}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i\text{lab}}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i\text{arit}}}$
M (N/mm <sup>2</sup> )	35,30	35,15	35,44	35,29	35,30
SD <sub>L</sub> (---)	3,71	3,94	3,65	3,73	3,73
CV (%)	10,50	11,20	10,31	10,58	10,57

- " $\sqrt{X_{ij}}$ " determinaciones individuales de los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i\text{lab}}}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i\text{arit}}}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

Valores de referencia de Mandel, Cochran y Grubbs según tablas de la norma UNE 82009-2, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

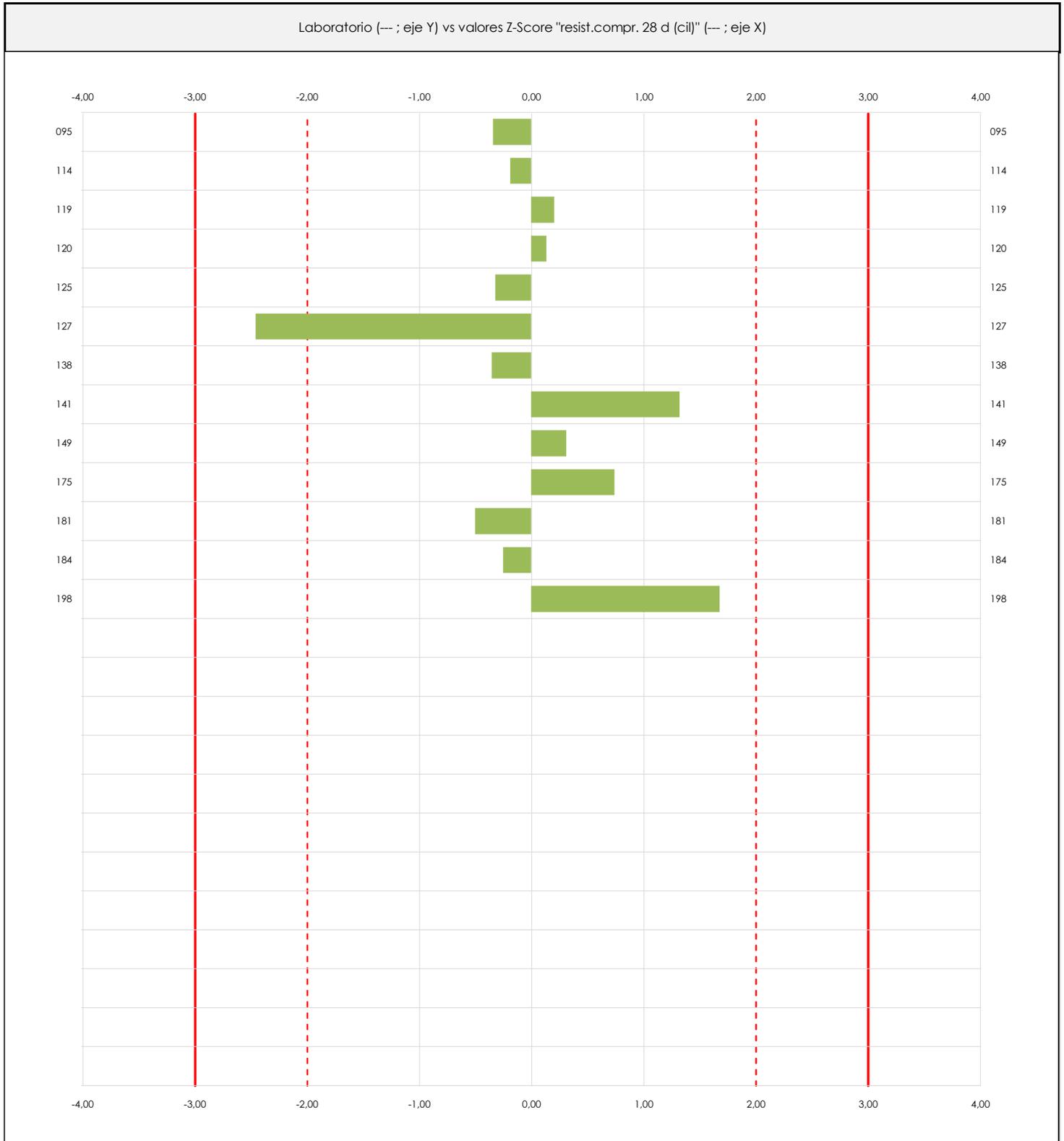
	h	k	C	G <sub>Sim</sub>	G <sub>Dob</sub>
1%	2,27	2,03	0,450	2,6990	0,2016
5%	1,84	1,69	0,371	2,4620	0,2836

- "p" número de laboratorios participantes no descartados.
- "n" indica el número de ensayos por laboratorio.
- "h" y "k" indicadores estadísticos de Mandel.
- "C" valor crítico de Cochran.
- "G<sub>Sim</sub>" y "G<sub>Dob</sub>" valores críticos de Grubbs.

# RESIST.COMPR. 28 D (CIL) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis C. Evaluación Z-Score

### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.



# RESIST.COMPR. 28 D (CIL) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis C. Evaluación Z-Score

### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i crit}$	S <sub>L i</sub>	D <sub>i crit</sub> %	¿Pasa A?	¿Pasa B?	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
C04	095	34,00	34,10	34,00	34,00	34,03	0,058	-3,58	✓	✓	✓			-0,338	S
C04	114	34,20	34,90	34,70	34,60	34,60	0,361	-1,97	✓	✓	✓			-0,187	S
C04	119	35,80	36,10	36,30	36,10	36,07	0,252	2,18	✓	✓	✓			0,206	S
C04	120	36,10	35,70	35,60	35,80	35,80	0,265	1,43	✓	✓	✓			0,135	S
C04	125	34,90	34,70	32,70	34,10	34,10	1,217	-3,39	✓	✓	✓			-0,321	S
C04	127	25,70	25,20	27,50	26,10	26,13	1,210	-25,96	✓	✓	✓			-2,455	D
C04	138	34,75	32,98	34,23	34,00	33,99	0,910	-3,71	✓	✓	✓			-0,351	S
C04	141	40,00	39,80	40,90	40,20	40,23	0,586	13,99	✓	✓	✓			1,323	S
C04	149	36,59	36,17	36,63	36,46	36,46	0,255	3,31	✓	✓	✓			0,313	S
C04	175	37,50	38,50	38,20	38,00	38,07	0,513	7,85	✓	✓	✓			0,742	S
C04	181	33,50	33,00	33,80	33,40	33,43	0,404	-5,28	✓	✓	✓			-0,499	S
C04	184	34,60	34,30	34,20	34,40	34,37	0,208	-2,63	✓	✓	✓			-0,249	S
C04	198	41,30	41,50	41,90	41,57	41,57	0,306	17,77	✓	✓	✓			1,680	S

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i lab}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i crit}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> "S<sub>L i</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i crit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [no coinciden] [dudoso] [insatisfactorio]
- <sup>05</sup> Valores de referencia asignados para el cálculo de las varianzas y evaluación Z-Score (excluidos los resultados anómalos y aberrantes del análisis estadístico):

	$\sqrt{X_{i 1}}$	$\sqrt{X_{i 2}}$	$\sqrt{X_{i 3}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i lab}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i crit}}$
M (N/mm <sup>2</sup> )	35,30	35,15	35,44	35,29	35,30
SD <sub>L</sub> (→)	3,71	3,94	3,65	3,73	3,73
CV (%)	10,50	11,20	10,31	10,58	10,57

- " $\sqrt{X_{i j}}$ " determinaciones individuales de los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i lab}}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i crit}}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

- <sup>06</sup> Cálculo de la media general y de las varianzas de repetibilidad y reproducibilidad, después de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

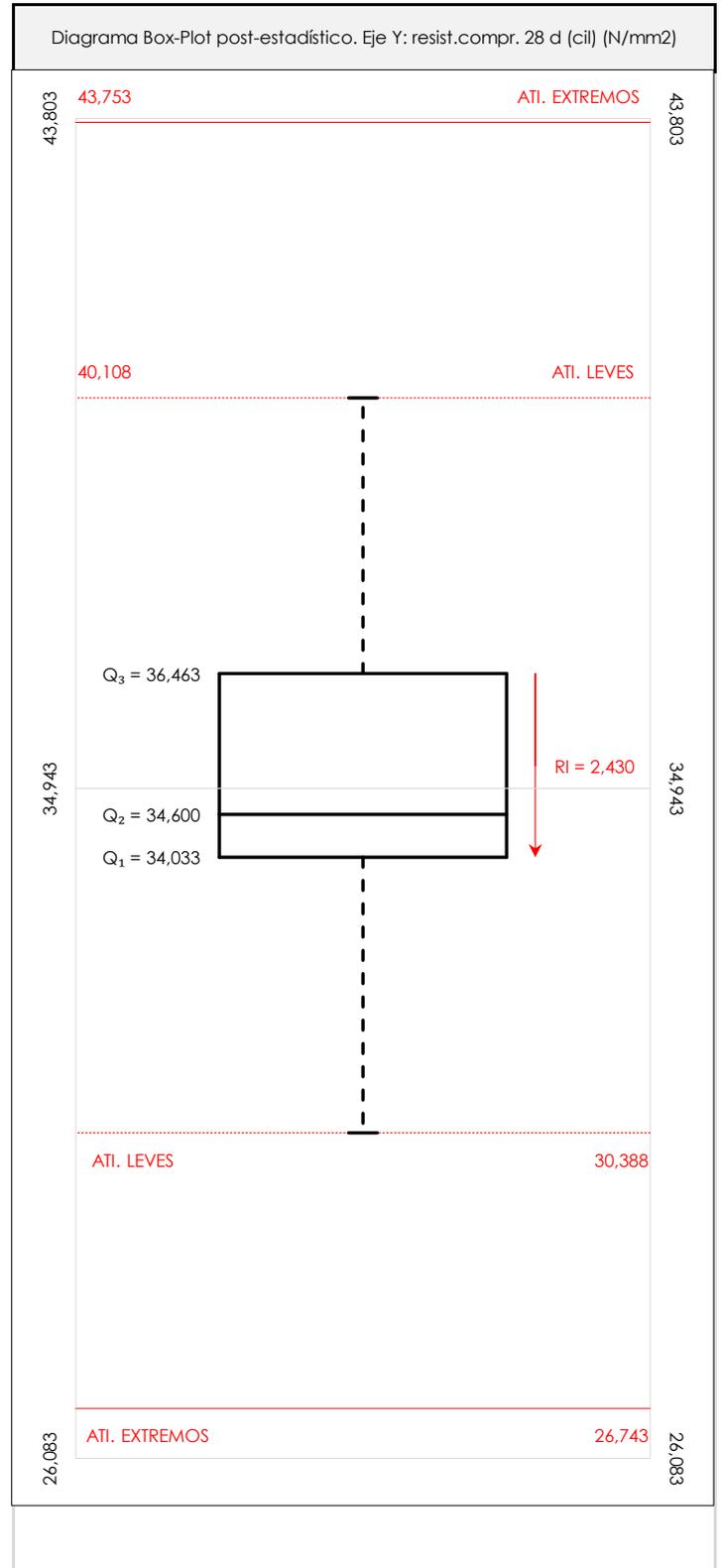
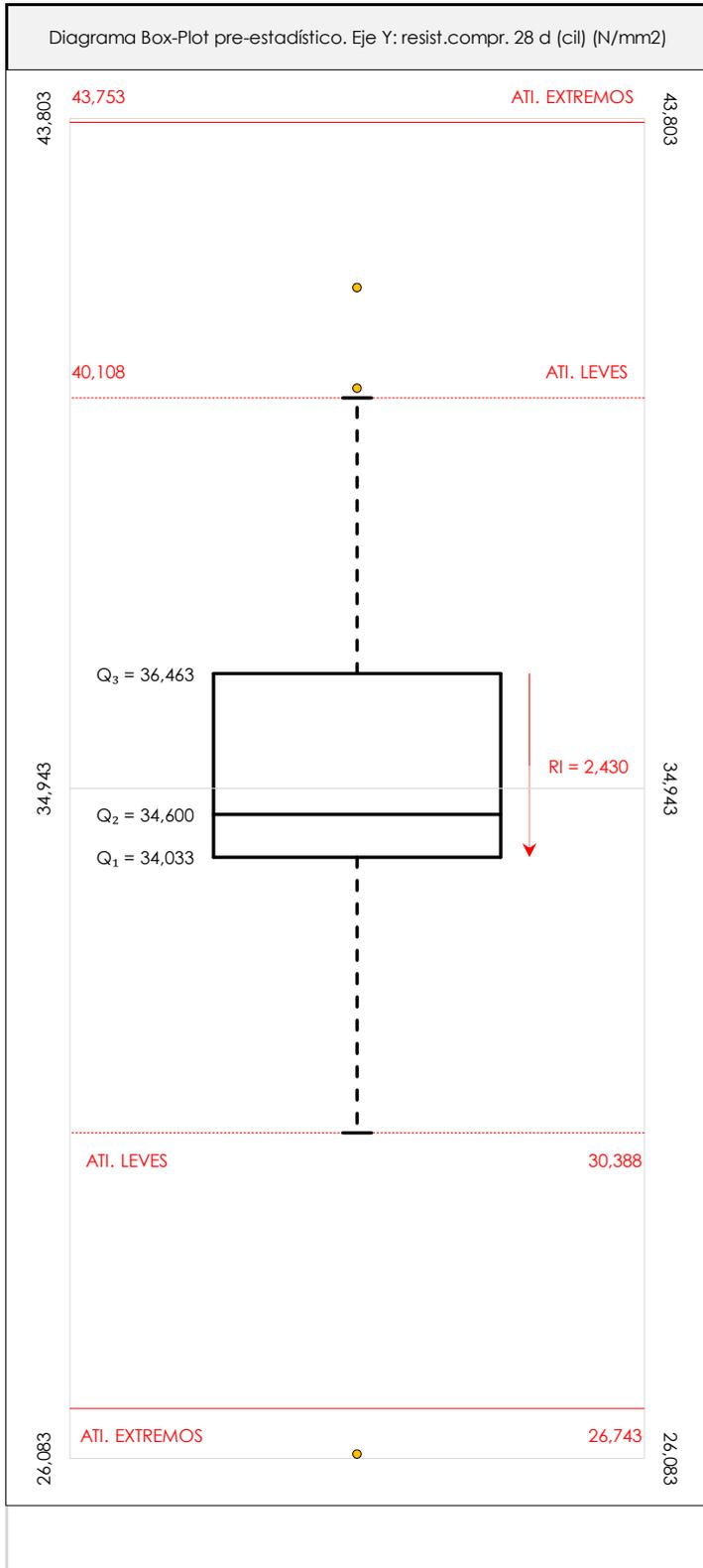
	Y <sub>r</sub> (%)	r (%)	Y <sub>L</sub> (%)	Y <sub>R</sub> (%)	R (%)
Calculado	1,759	4,924	10,523	10,669	29,874
Referencia	2,900	8,000		3,100	11,700

- "Y<sub>r</sub>" varianza de repetibilidad.
- "r (%)" repetibilidad.
- "Y<sub>L</sub>" varianza interlaboratorios.
- "Y<sub>R</sub>" varianza de reproducibilidad.
- "R (%)" reproducibilidad.

# RESIST.COMPR. 28 D (CIL) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis D. Estudios post-estadísticos

### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha. No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>+</sup> y f<sub>1</sub><sup>+</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).



# RESIST.COMPR. 28 D (CIL) (N/mm<sup>2</sup>)

## Conclusiones

### Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA22 para el ensayo "RESIST.COMPR. 28 D (CIL)", ha contado con la participación de un total de 13 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 3 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 0 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 0 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 1 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
Variables	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i arit}$	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i arit}$
<b>Valor Máximo (max ; %)</b>	41,30	41,50	41,90	41,57	41,57	41,30	41,50	41,90	41,57	41,57
<b>Valor Mínimo (min ; %)</b>	25,70	25,20	27,50	26,10	26,13	25,70	25,20	27,50	26,10	26,13
<b>Valor Promedio (M ; %)</b>	35,30	35,15	35,44	35,29	35,30	35,30	35,15	35,44	35,29	35,30
<b>Desviación Típica (SDL ; ---)</b>	3,71	3,94	3,65	3,73	3,73	3,71	3,94	3,65	3,73	3,73
<b>Coef. Variación (CV ; ---)</b>	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11
VARIABLES	$\gamma_r$ (%)	r (%)	$\gamma_L$ (%)	$\gamma_R$ (%)	R (%)	$\gamma_r$ (%)	r (%)	$\gamma_L$ (%)	$\gamma_R$ (%)	R (%)
<b>Valor Calculado</b>	1,76	4,92	10,52	10,67	29,87	1,76	4,92	10,52	10,67	29,87
<b>Valor Referencia</b>	2,90	8,00		3,10	11,70	2,90	8,00		3,10	11,70

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{sim}$  y  $G_{Dob}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$
<b>Nivel de Significación 1%</b>	2,27	2,03	0,450	2,699	0,2016	2,27	2,03	0,450	2,699	0,2016
<b>Nivel de Significación 5%</b>	1,84	1,69	0,371	2,462	0,2836	1,84	1,69	0,371	2,462	0,2836

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 12 resultados satisfactorios, 1 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la UNE EN ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



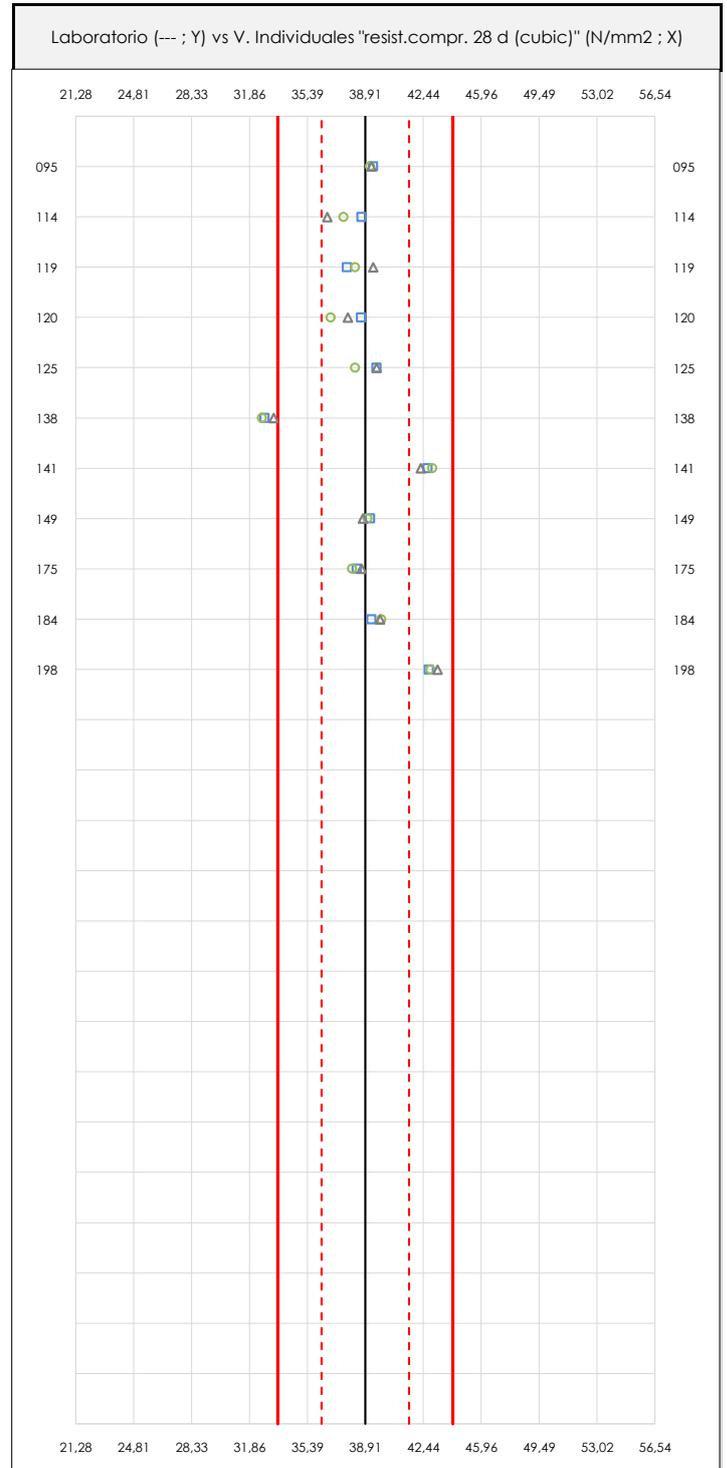
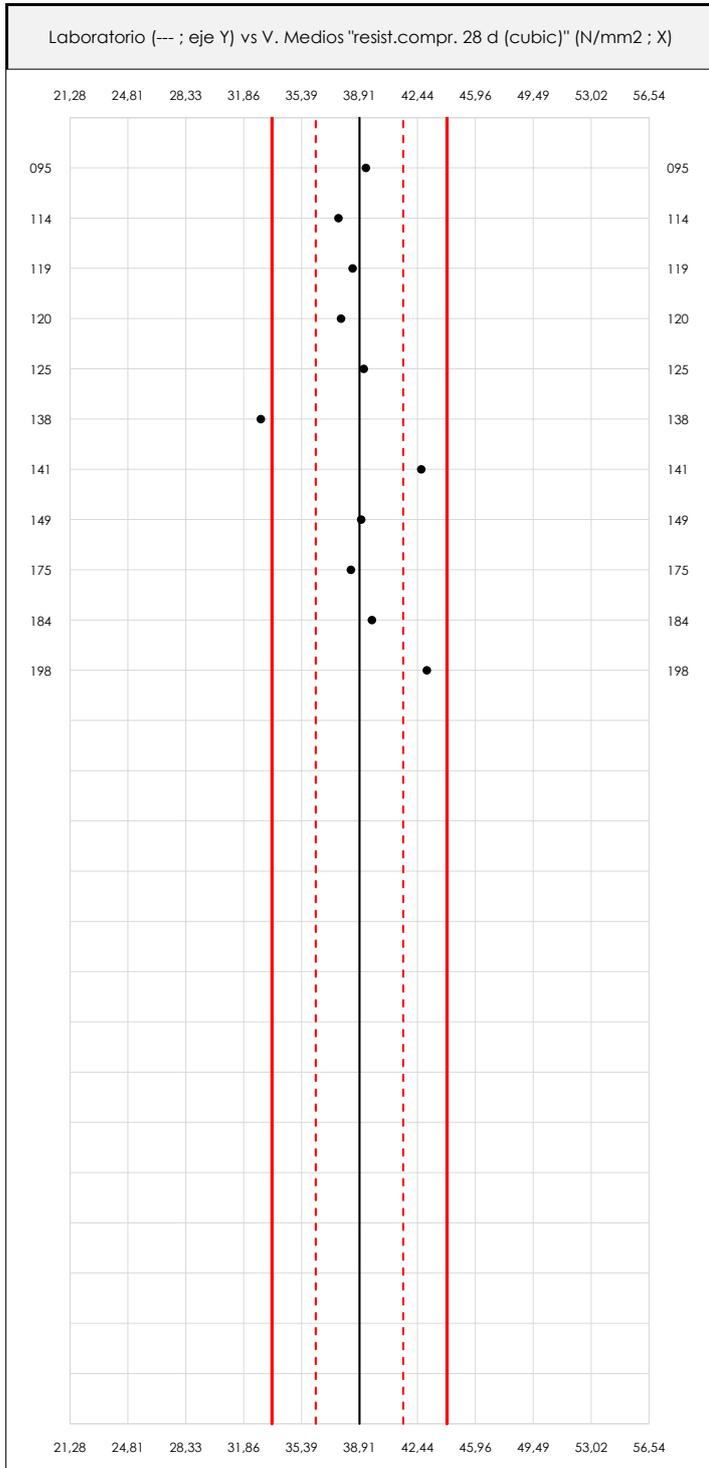
# INFORME DE ENSAYO HORMIGON

RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC)

# RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA E INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios (gráfico izquierda) y de los valores individuales aportados por los participantes (gráfico derecha), respecto de la media aritmética inter-laboratorios (38,91 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (41,58/36,25 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (44,24/33,58 ; líneas rojas de trazo continuo), todos ellos valores obtenidos antes de efectuar descartes estadísticos."

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios (gráfico izquierda) representadas por puntos de color negro "•", o los resultados individuales aportados por los participantes (gráfico derecha): el primero (X<sub>1,1</sub>) se representa con un cuadrado azul "□", el segundo (X<sub>1,2</sub>) con un círculo verde "○" y el tercero (X<sub>1,3</sub>) con un triángulo gris "△".

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la Calidad de la Edificación



**RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC) (N/mm<sup>2</sup>)**  
**Análisis A. Estudio pre-estadístico**  
Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i crit}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i crit</sub> %	¿Pasa A?	Observaciones
C04	095	39,40	39,20	39,30	39,30	39,30	0,100	1,00	✓	
C04	114	38,70	37,60	36,60	37,60	37,63	1,050	-3,29	✓	
C04	119	37,80	38,30	39,40	38,50	38,50	0,819	-1,06	✓	
C04	120	38,66	36,81	37,86	37,77	37,78	0,928	-2,92	✓	
C04	125	39,60	38,30	39,60	39,20	39,17	0,751	0,65	✓	
C04	138	32,79	32,62	33,32	32,90	32,91	0,365	-15,42	✓	
C04	141	42,70	43,00	42,30	42,70	42,67	0,351	9,65	✓	
C04	149	39,21	39,05	38,77	39,01	39,01	0,223	0,25	✓	
C04	175	38,40	38,10	38,70	38,40	38,40	0,300	-1,32	✓	
C04	184	39,30	39,90	39,80	39,70	39,67	0,321	1,94	✓	
C04	198	42,80	42,90	43,30	43,00	43,00	0,265	10,51	✓	

**NOTAS:**

- Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>02</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i lab}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i crit}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i crit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo] [no coinciden]

Valores empleados para el análisis estadístico, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	vX <sub>i 1</sub>	vX <sub>i 2</sub>	vX <sub>i 3</sub>	v $\bar{X}_{i lab}$	v $\bar{X}_{i crit}$
M (N/mm <sup>2</sup> )	39,03	38,71	39,00	38,92	38,91
SD <sub>L</sub> (---)	2,63	2,83	2,65	2,67	2,66
CV (%)	6,75	7,32	6,79	6,87	6,85

- "vX<sub>i j</sub>" determinaciones individuales de los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i lab}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i crit}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

Cálculo de la media general y de las varianzas de repetibilidad y reproducibilidad, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	Y <sub>r</sub> (%)	r (%)	Y <sub>L</sub> (%)	Y <sub>R</sub> (%)	R (%)
Calculado	1,506	4,217	6,792	6,956	19,478
Referencia	3,200	9,000		4,700	13,200

- "Y<sub>r</sub>" varianza de repetibilidad.
- "r (%)" repetibilidad.
- "Y<sub>L</sub>" varianza interlaboratorios.
- "Y<sub>R</sub>" varianza de reproducibilidad.
- "R (%)" reproducibilidad.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

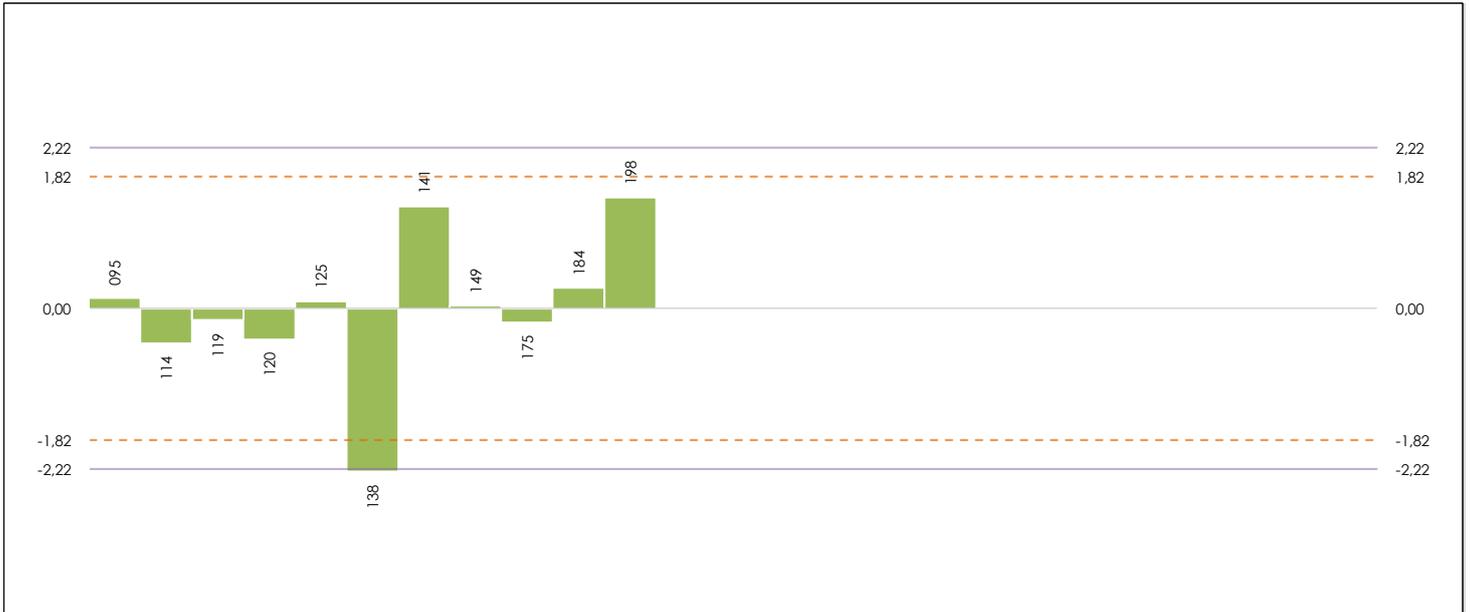
**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



# RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

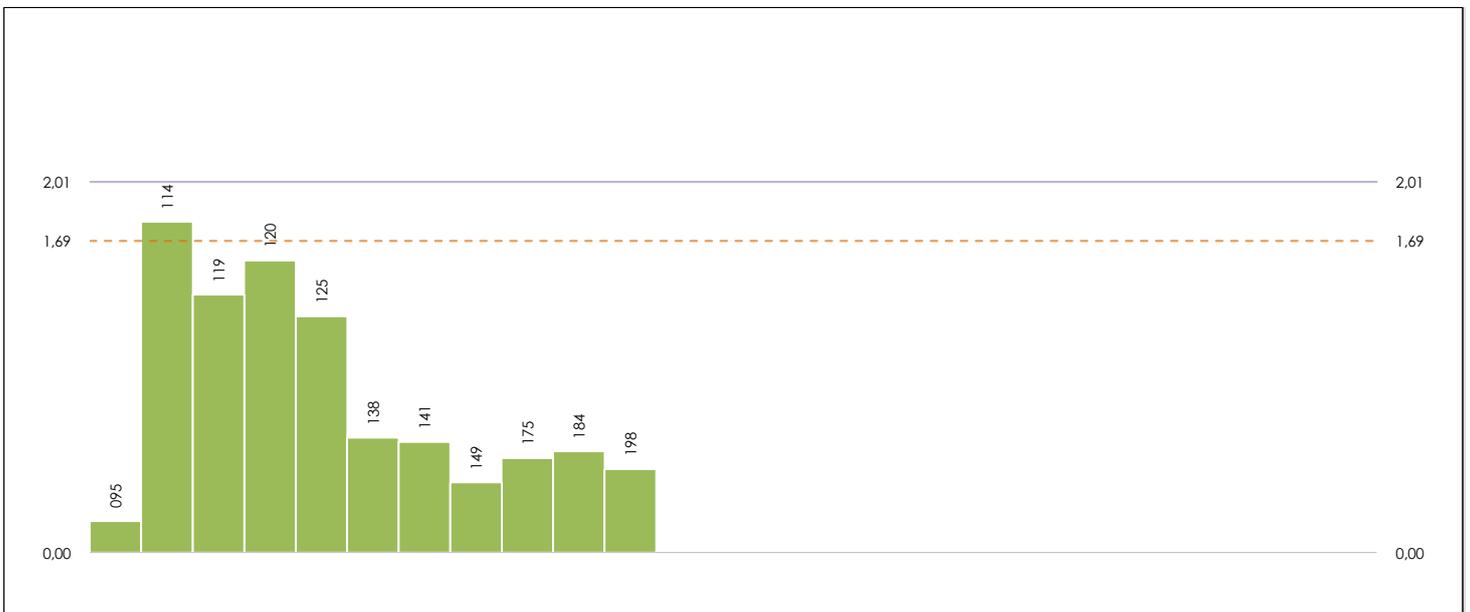
Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



# RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i crit}$	S <sub>L i</sub>	D <sub>i crit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>Sim Inf</sub>	G <sub>Sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	¿Pasa B?
C04	095	39,400	39,200	39,300	39,300	39,300	0,100	1,00	0,15	0,17						✓
C04	114	38,700	37,600	36,600	37,600	37,633	1,050	-3,29	-0,48	1,79*	0,292			0,3865		✓
C04	119	37,800	38,300	39,400	38,500	38,500	0,819	-1,06	-0,15	1,40						✓
C04	120	38,660	36,810	37,860	37,770	37,777	0,928	-2,92	-0,43	1,58						✓
C04	125	39,600	38,300	39,600	39,200	39,167	0,751	0,65	0,10	1,28						✓
C04	138	32,790	32,620	33,320	32,900	32,910	0,365	-15,42	-2,25**	0,62	0,292	2,253		0,3865		✓
C04	141	42,700	43,000	42,300	42,700	42,667	0,351	9,65	1,41	0,60				0,4696		✓
C04	149	39,210	39,050	38,770	39,010	39,010	0,223	0,25	0,04	0,38						✓
C04	175	38,400	38,100	38,700	38,400	38,400	0,300	-1,32	-0,19	0,51						✓
C04	184	39,300	39,900	39,800	39,700	39,667	0,321	1,94	0,28	0,55						✓
C04	198	42,800	42,900	43,300	43,000	43,000	0,265	10,51	1,53	0,45			1,534	0,4696		✓

**NOTAS:**

- "X<sub>i,j</sub>" con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i lab}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i crit}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- "S<sub>L i</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i crit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>Sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.
- El código colorimétrico empleado para las celdas es:
 

[máximo]	[mínimo]	[no coinciden]	[aberrante **]	[anómalo *]
----------	----------	----------------	----------------	-------------

Valores empleados para el análisis estadístico, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	vX <sub>i 1</sub>	vX <sub>i 2</sub>	vX <sub>i 3</sub>	v $\bar{X}_{i lab}$	v $\bar{X}_{i crit}$
M (N/mm <sup>2</sup> )	39,03	38,71	39,00	38,92	38,91
SD <sub>L</sub> (---)	2,63	2,83	2,65	2,67	2,66
CV (%)	6,75	7,32	6,79	6,87	6,85

- "vX<sub>i,j</sub>" determinaciones individuales de los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i lab}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i crit}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

Valores de referencia de Mandel, Cochran y Grubbs según tablas de la norma UNE 82009-2, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

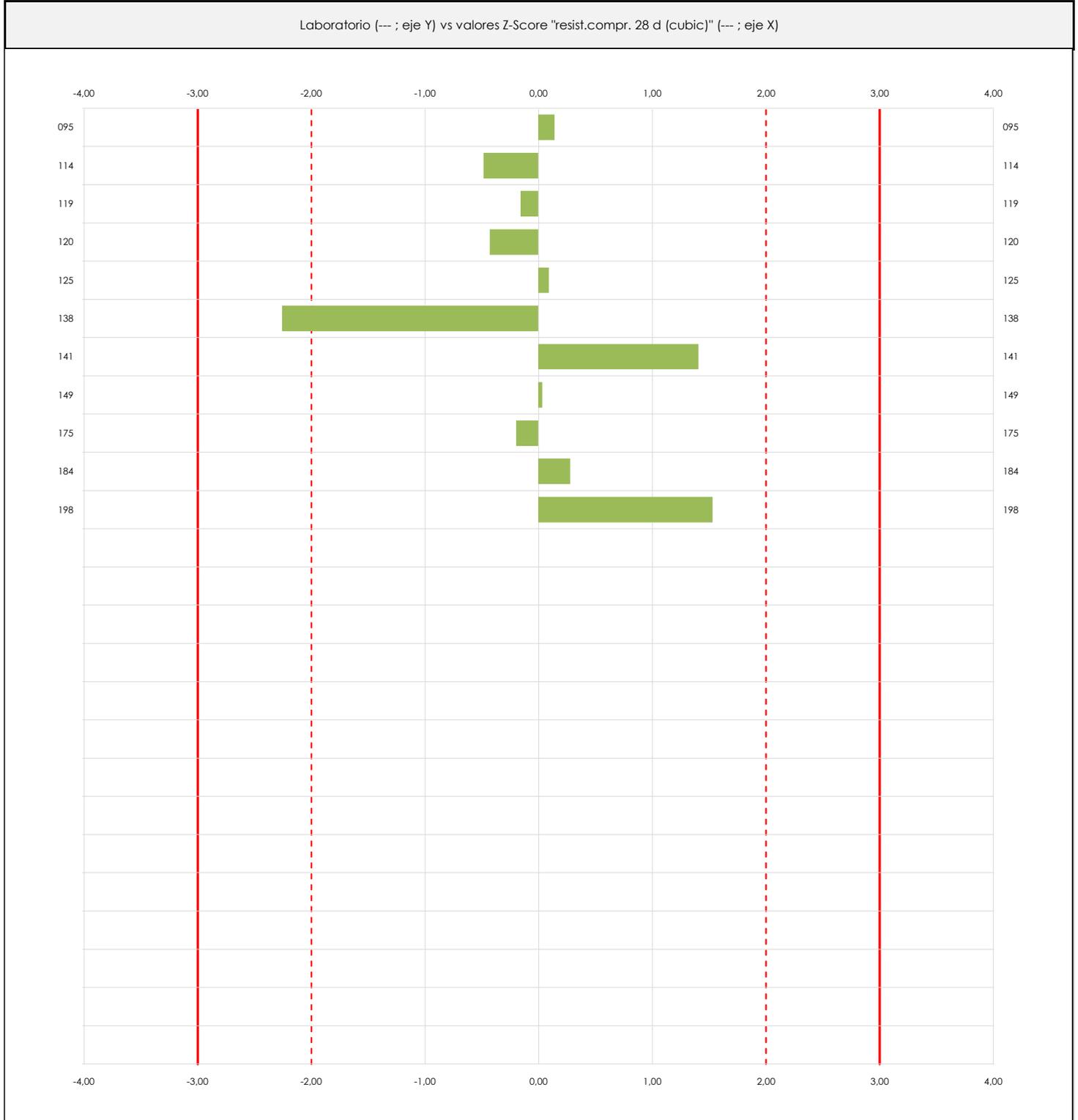
	h	k	C	G <sub>Sim</sub>	G <sub>Dob</sub>
1%	2,22	2,01	0,504	2,5640	0,1448
5%	1,82	1,69	0,417	2,3550	0,2213

- "p" número de laboratorios participantes no descartados.
- "n" indica el número de ensayos por laboratorio.
- "h" y "k" indicadores estadísticos de Mandel.
- "C" valor crítico de Cochran.
- "G<sub>Sim</sub>" y "G<sub>Dob</sub>" valores críticos de Grubbs.

# RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis C. Evaluación Z-Score

### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score



#### ANÁLISIS GRÁFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



# RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis C. Evaluación Z-Score

### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i crit}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i crit</sub> %	¿Pasa A?	¿Pasa B?	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
C04	095	39,40	39,20	39,30	39,30	39,30	0,100	1,00	✓	✓	✓			0,146	S
C04	114	38,70	37,60	36,60	37,60	37,63	1,050	-3,29	✓	✓	✓			-0,480	S
C04	119	37,80	38,30	39,40	38,50	38,50	0,819	-1,06	✓	✓	✓			-0,155	S
C04	120	38,66	36,81	37,86	37,77	37,78	0,928	-2,92	✓	✓	✓			-0,426	S
C04	125	39,60	38,30	39,60	39,20	39,17	0,751	0,65	✓	✓	✓			0,096	S
C04	138	32,79	32,62	33,32	32,90	32,91	0,365	-15,42	✓	✓	✓			-2,253	D
C04	141	42,70	43,00	42,30	42,70	42,67	0,351	9,65	✓	✓	✓			1,409	S
C04	149	39,21	39,05	38,77	39,01	39,01	0,223	0,25	✓	✓	✓			0,037	S
C04	175	38,40	38,10	38,70	38,40	38,40	0,300	-1,32	✓	✓	✓			-0,192	S
C04	184	39,30	39,90	39,80	39,70	39,67	0,321	1,94	✓	✓	✓			0,283	S
C04	198	42,80	42,90	43,30	43,00	43,00	0,265	10,51	✓	✓	✓			1,534	S

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> "X<sub>ij</sub>" con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i lab}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i crit}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i crit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [no coinciden] [dudoso] [insatisfactorio]
- <sup>05</sup> Valores de referencia asignados para el cálculo de las varianzas y evaluación Z-Score (excluidos los resultados anómalos y aberrantes del análisis estadístico):

	vX <sub>i 1</sub>	vX <sub>i 2</sub>	vX <sub>i 3</sub>	v $\bar{X}_{i lab}$	v $\bar{X}_{i crit}$
M (N/mm <sup>2</sup> )	39,03	38,71	39,00	38,92	38,91
SD <sub>L</sub> (---)	2,63	2,83	2,65	2,67	2,66
CV (%)	6,75	7,32	6,79	6,87	6,85

- "vX<sub>ij</sub>" determinaciones individuales de los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i lab}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- "v $\bar{X}_{i crit}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

- <sup>06</sup> Cálculo de la media general y de las varianzas de repetibilidad y reproducibilidad, después de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

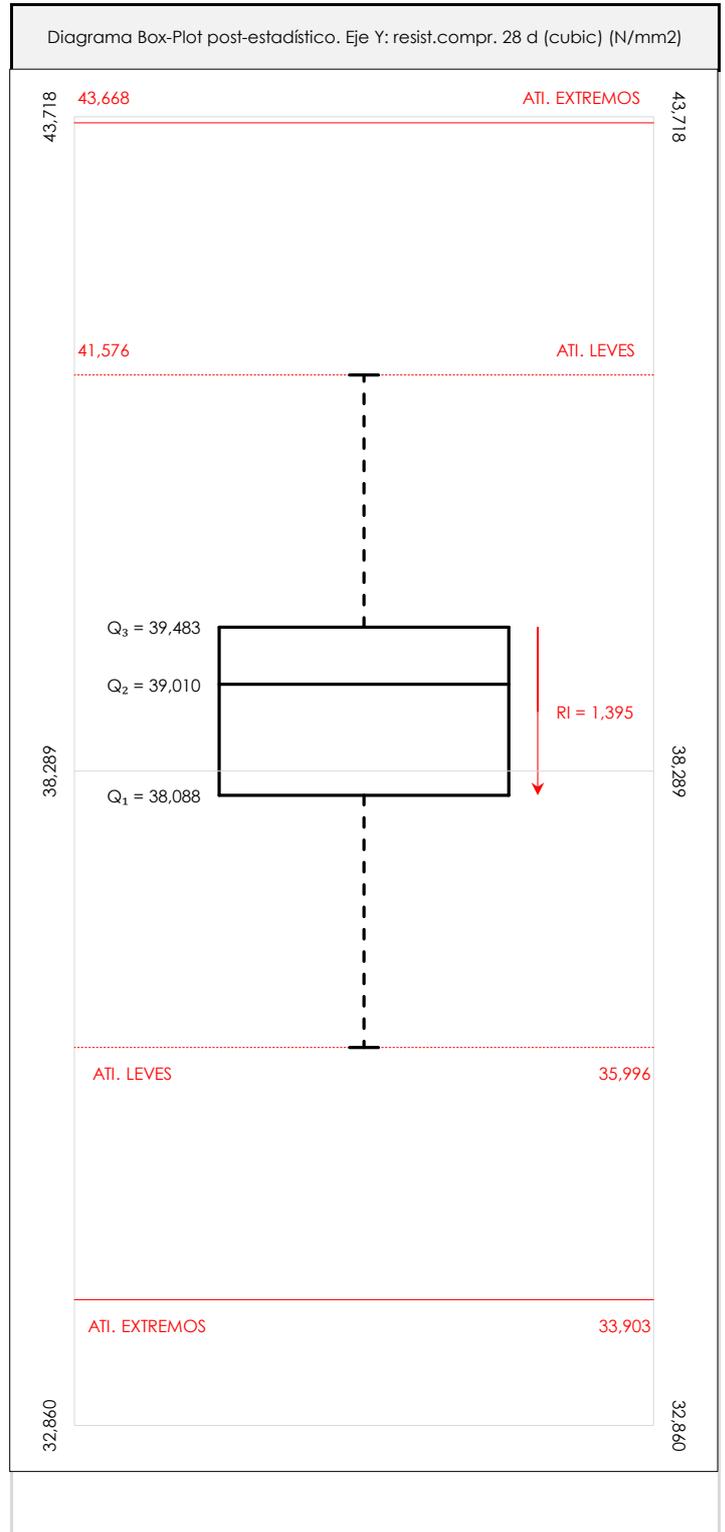
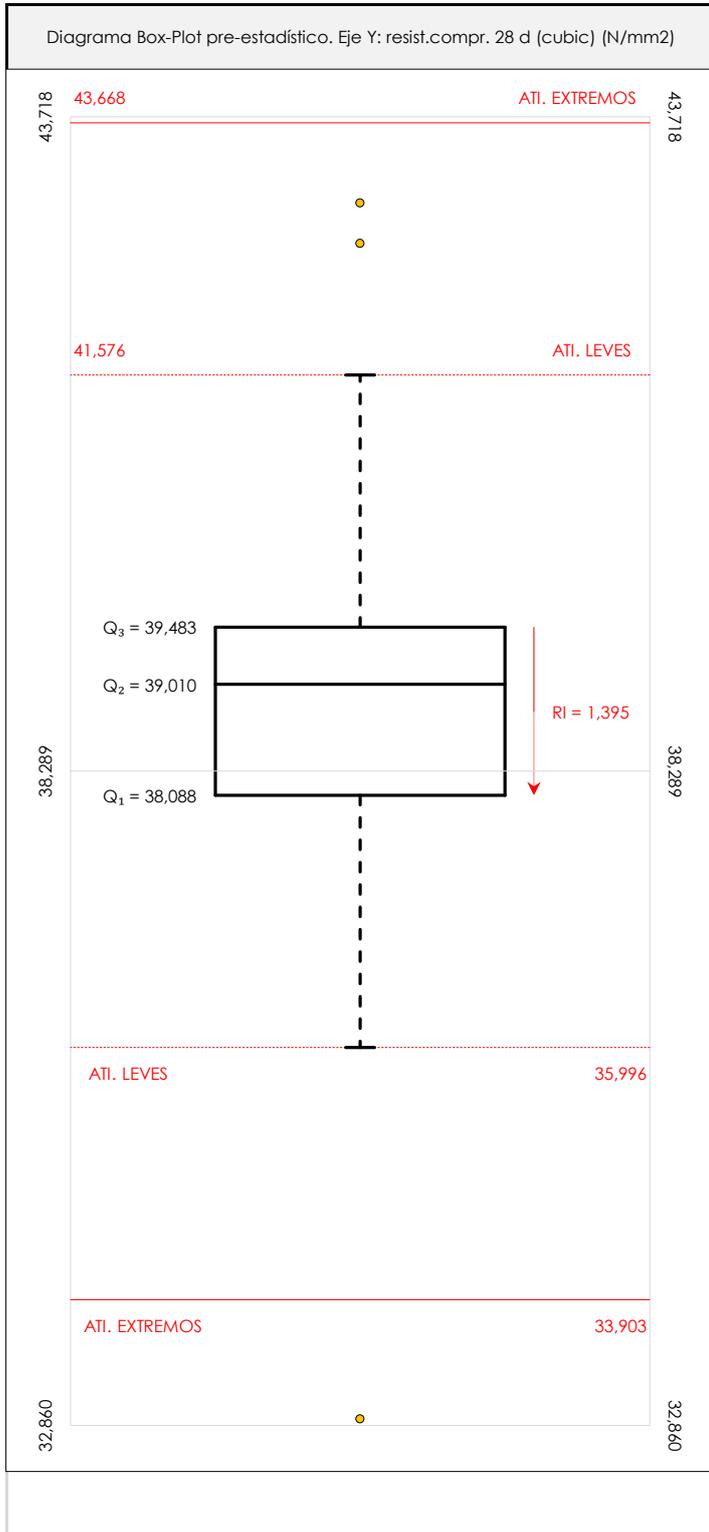
	Y <sub>r</sub> (%)	r (%)	Y <sub>L</sub> (%)	Y <sub>R</sub> (%)	R (%)
Calculado	1,506	4,217	6,792	6,956	19,478
Referencia	3,200	9,000		4,700	13,200

- "Y<sub>r</sub>" varianza de repetibilidad.
- "r (%)" repetibilidad.
- "Y<sub>L</sub>" varianza interlaboratorios.
- "Y<sub>R</sub>" varianza de reproducibilidad.
- "R (%)" reproducibilidad.

# RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC) (N/mm<sup>2</sup>)

## Análisis D. Estudios post-estadísticos

### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha). No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>+</sup> y f<sub>1</sub><sup>+</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).



# RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC) (N/mm<sup>2</sup>)

## Conclusiones

### Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA22 para el ensayo "RESIST.COMPR. 28 D (CUBIC)", ha contado con la participación de un total de 11 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 3 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 0 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 0 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 1 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
Variables	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i arit}$	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i arit}$
<b>Valor Máximo (max ; %)</b>	42,80	43,00	43,30	43,00	43,00	42,80	43,00	43,30	43,00	43,00
<b>Valor Mínimo (min ; %)</b>	32,79	32,62	33,32	32,90	32,91	32,79	32,62	33,32	32,90	32,91
<b>Valor Promedio (M ; %)</b>	39,03	38,71	39,00	38,92	38,91	39,03	38,71	39,00	38,92	38,91
<b>Desviación Típica (SDL ; ---)</b>	2,63	2,83	2,65	2,67	2,66	2,63	2,83	2,65	2,67	2,66
<b>Coef. Variación (CV ; ---)</b>	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
VARIABLES	$\gamma_r$ (%)	r (%)	$\gamma_L$ (%)	$\gamma_R$ (%)	R (%)	$\gamma_r$ (%)	r (%)	$\gamma_L$ (%)	$\gamma_R$ (%)	R (%)
<b>Valor Calculado</b>	1,51	4,22	6,79	6,96	19,48	1,51	4,22	6,79	6,96	19,48
<b>Valor Referencia</b>	3,20	9,00		4,70	13,20	3,20	9,00		4,70	13,20

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y " $G_{sim}$  y  $G_{Dob}$ " de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$	h	k	C	$G_{sim}$	$G_{Dob}$
<b>Nivel de Significación 1%</b>	2,22	2,01	0,504	2,564	0,1448	2,22	2,01	0,504	2,564	0,1448
<b>Nivel de Significación 5%</b>	1,82	1,69	0,417	2,355	0,2213	1,82	1,69	0,417	2,355	0,2213

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 10 resultados satisfactorios, 1 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la UNE EN ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

**CICE**

Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**

Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



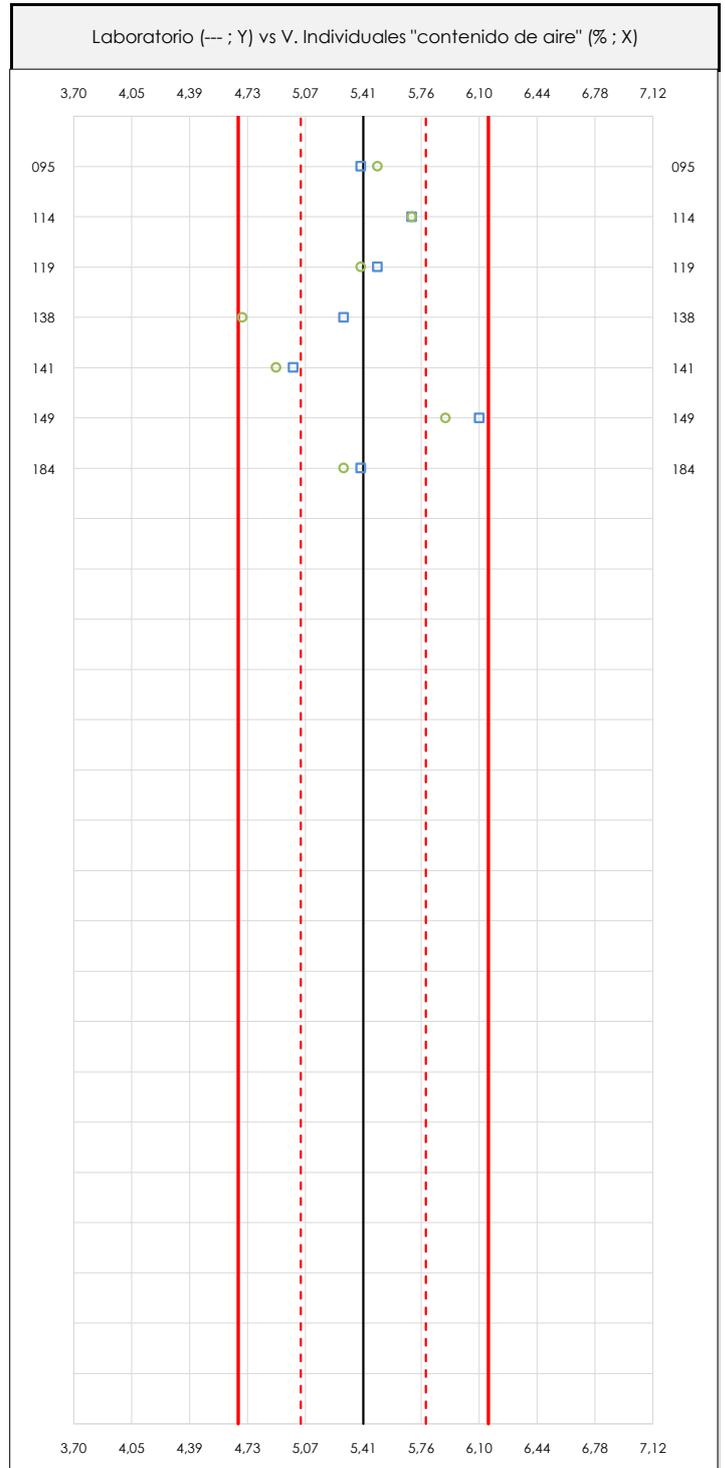
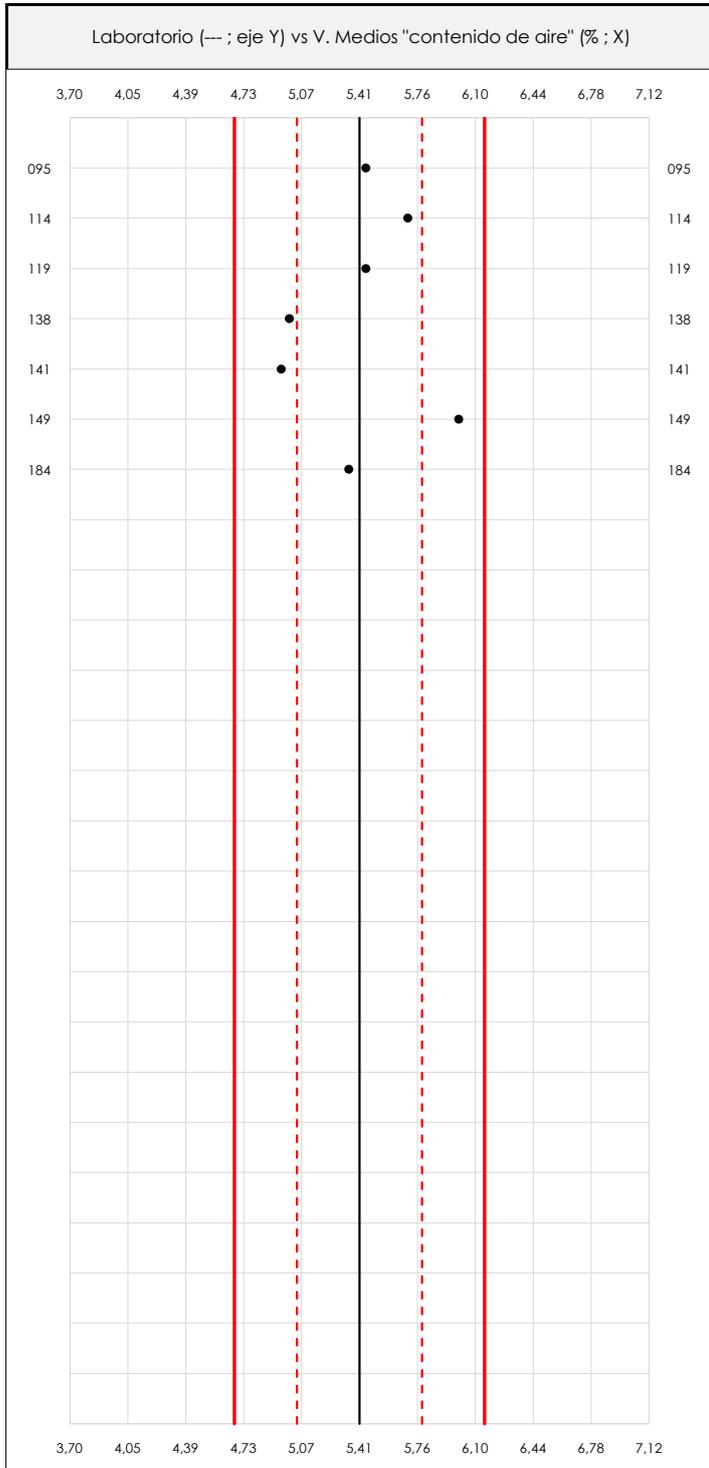
# INFORME DE ENSAYO HORMIGÓN

CONTENIDO DE AIRE

# CONTENIDO DE AIRE (%)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.1. Gráficos de dispersión de valores medios



**ANÁLISIS GRÁFICO DE DISPERSIÓN MEDIA E INDIVIDUAL (ANTES DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)**

Dispersión de las medias aritméticas intra-laboratorios (gráfico izquierda) y de los valores individuales aportados por los participantes (gráfico derecha), respecto de la media aritmética inter-laboratorios (5,41 ; línea negra de trazo continuo), la media aritmética inter-laboratorios más/menos la desviación típica (5,78/5,04 ; líneas rojas de trazo punteado) y la media aritmética inter-laboratorios más/menos el doble de la desviación típica (6,15/4,68 ; líneas rojas de trazo continuo), todos ellos valores obtenidos antes de efectuar descartes estadísticos."

En el eje Y (adimensional) quedan reflejados los códigos de los laboratorios participantes y en el eje X (las unidades son las mismas que las del ensayo que se está analizando) las medias aritméticas intra-laboratorios (gráfico izquierda) representadas por puntos de color negro "•", o los resultados individuales aportados por los participantes (gráfico derecha): el primero (X<sub>i 1</sub>) se representa con un cuadrado azul "□", el segundo (X<sub>i 2</sub>) con un círculo verde "○" y el tercero (X<sub>i 3</sub>) con un triángulo gris "△".

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



# CONTENIDO DE AIRE (%)

## Análisis A. Estudio pre-estadístico

### Apartado A.3. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	$X_{i_1}$	$X_{i_2}$	$X_{i_3}$	$\bar{X}_{i_{lab}}$	$\bar{X}_{i_{arit}}$	$S_{Li}$	$D_{i_{arit}} \%$	¿Pasa A?	Observaciones
c04	095	5,40	5,50			5,45	0,071	0,66	✓	Método columna agua
c04	114	5,70	5,70			5,70	0,000	5,28	✓	Método columna agua
c04	119	5,50	5,40			5,45	0,071	0,66	✓	Método manómetro
c04	138	5,30	4,70			5,00	0,424	-7,65	✓	Método columna agua
c04	141	5,00	4,90			4,95	0,071	-8,58	✓	Método manómetro
c04	149	6,10	5,90			6,00	0,141	10,82	✓	Método columna agua
c04	184	5,40	5,30			5,35	0,071	-1,19	✓	Método columna agua

**NOTAS:**

- Los resultados aportados por los laboratorios podrán ser descartados (X) si no cumplen con los criterios establecidos en el protocolo EILA o si no han realizado el ensayo conforme a norma.
- <sup>02</sup> " $X_{i_j}$  con  $j = 1, 2, 3$ " es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i_{lab}}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i_{arit}}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- " $S_{Li}$ " es la desviación típica intralaboratorios y " $D_{i_{arit}} \%$ " la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [máximo] [mínimo] [no coinciden]

Valores empleados para el análisis estadístico, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	$\sqrt{X_{i_1}}$	$\sqrt{X_{i_2}}$	$\sqrt{X_{i_3}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i_{lab}}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i_{arit}}}$
M (%)	5,49	5,34			5,41
$SD_L$ (---)	0,34	0,42			0,37
CV (%)	6,26	7,93			6,82

- " $\sqrt{X_{i_j}}$ " determinaciones individuales de los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i_{lab}}}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i_{arit}}}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SDL" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

Cálculo de la media general y de las varianzas de repetibilidad y reproducibilidad, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

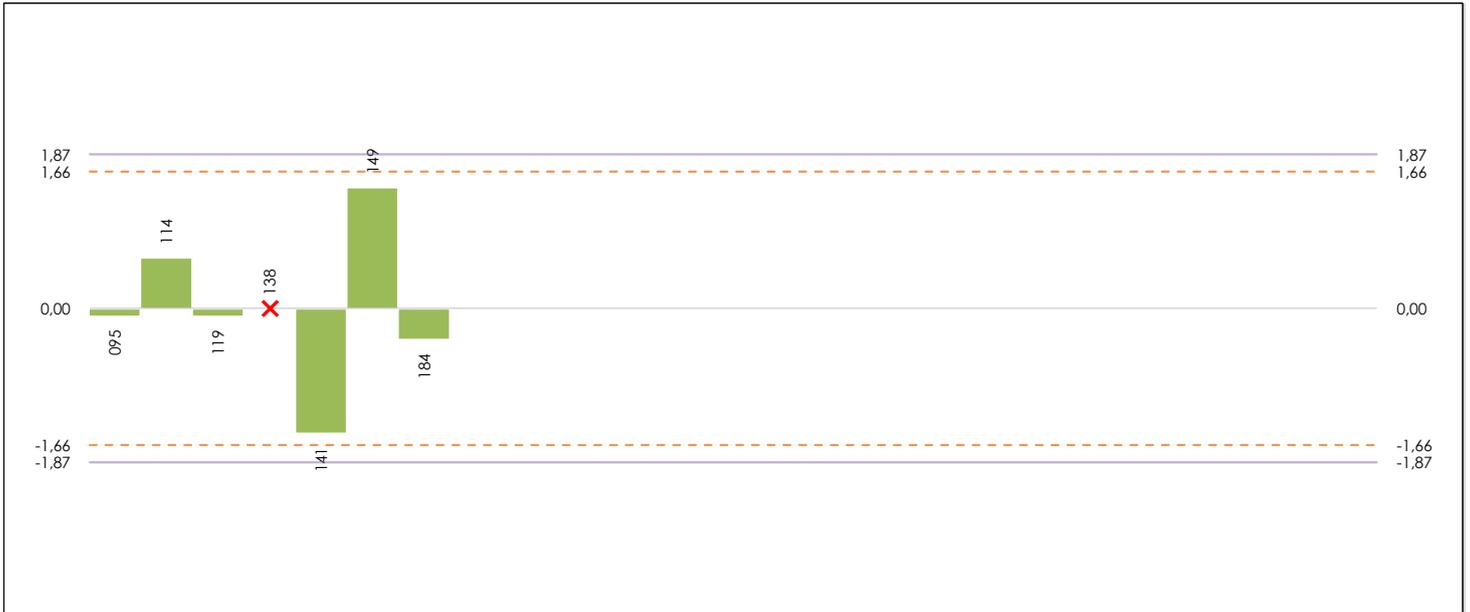
	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R
Calculado	0,031	0,491	0,121	0,152	1,081
Referencia	0,026	0,400		0,203	1,300

- " $S_r^2$ " varianza de repetibilidad.
- "r" repetibilidad.
- " $S_L^2$ " varianza interlaboratorios.
- " $S_R^2$ " varianza de reproducibilidad.
- "R" reproducibilidad.

# CONTENIDO DE AIRE (%)

## Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

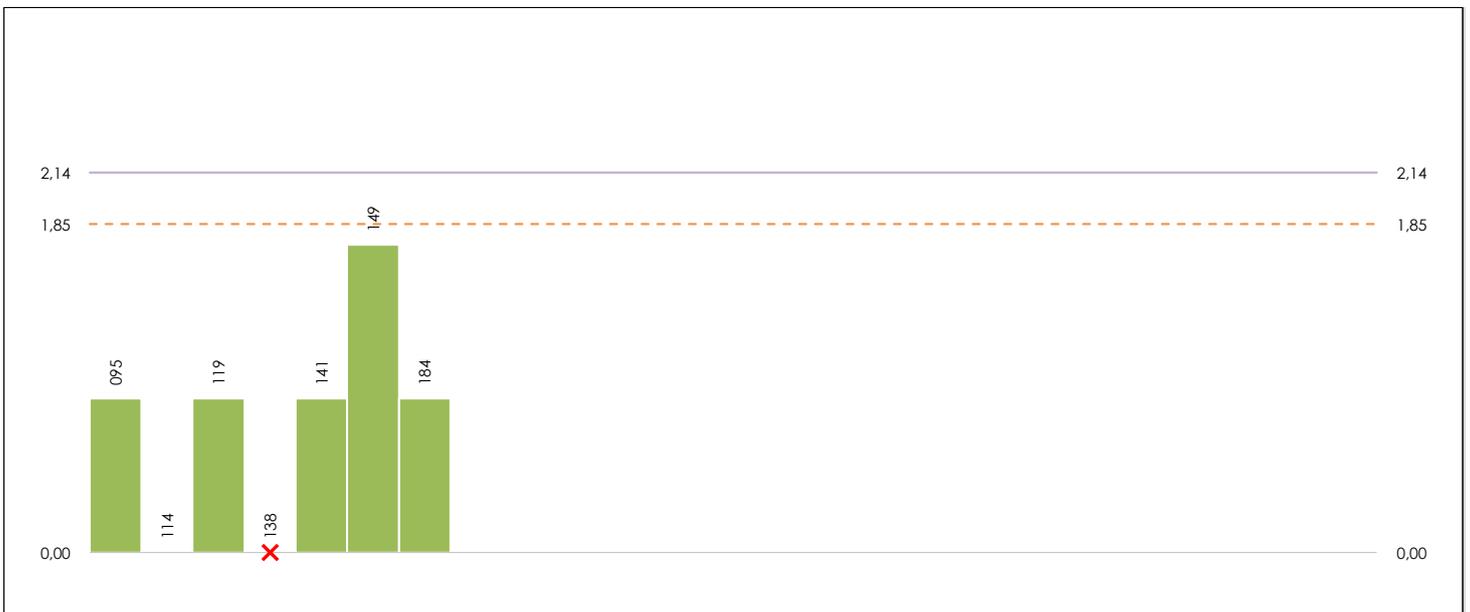
Apartado B.1. Gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel



### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTER-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia inter-laboratorios "h" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas inter-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.



### ANÁLISIS GRÁFICO DE CONSISTENCIA INTRA-LABORATORIOS

Análisis gráfico de consistencia intra-laboratorios "k" de Mandel. En él se representan las medias aritméticas intra-laboratorios y los indicadores estadísticos para un 1% y un 5% de significación (valores obtenidos de la tabla 6 norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios participantes y el número de ensayos efectuados).

Las líneas continuas de color morado (indicador estadístico para un 1% de significación) marca el límite a partir del cual un valor es considerado aberrante y las discontinuas de de color rosáceo (indicador estadístico para un 5% de significación), cuando es considerado anómalo. Una equis de color rojo (X) sobre el eje cero indica que el laboratorio ha sido descartado.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la Calidad de la Edificación



# CONTENIDO DE AIRE (%)

## Análisis B. Mandel, Cochran y Grubbs

### Apartado B.3. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i arit}$	S <sub>L i</sub>	D <sub>i arit</sub> %	h <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	G <sub>Sim Inf</sub>	G <sub>Sim Sup</sub>	G <sub>Dob Inf</sub>	G <sub>Dob Sup</sub>	¿Pasa B?
c04	095	5,400	5,500			5,450	0,071	-0,61	-0,09	0,87						✓
c04	114	5,700	5,700			5,700	0,000	3,95	0,62	0,00				0,2749		✓
c04	119	5,500	5,400			5,450	0,071	-0,61	-0,09	0,87						✓
c04	138	5,300	4,700			5,000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	X
c04	141	5,000	4,900			4,950	0,071	-9,73	-1,52	0,87		1,517		0,3315		✓
c04	149	6,100	5,900			6,000	0,141	9,42	1,47	1,73		1,469		0,2749		✓
c04	184	5,400	5,300			5,350	0,071	-2,43	-0,38	0,87				0,3315		✓

**NOTAS:**

- "X<sub>j</sub>" con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i lab}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i arit}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- "S<sub>L i</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- "h<sub>i</sub> y k<sub>i</sub>", "C<sub>i</sub>", "G<sub>Sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" hacen referencia a los estadísticos de Mandel, Cochran y Grubbs, respectivamente, obtenidos para cada laboratorio en función de los resultados aportados.
- El código colorimétrico empleado para las celdas es:
 

[máximo]	[mínimo]	[no coinciden]	[aberrante **]	[anómalo *]
----------	----------	----------------	----------------	-------------

Valores empleados para el análisis estadístico, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	$\sqrt{X_{i 1}}$	$\sqrt{X_{i 2}}$	$\sqrt{X_{i 3}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i lab}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i arit}}$
M (%)	5,52	5,45			5,48
SD <sub>L</sub> (---)	0,37	0,34			0,35
CV (%)	6,63	6,33			6,41

- " $\sqrt{X_{ij}}$ " determinaciones individuales de los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i lab}}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i arit}}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

Cálculo de la media general y de las varianzas de repetibilidad y reproducibilidad, antes de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

	h	k	C	G <sub>Sim</sub>	G <sub>Dob</sub>
Calculado	1,87	2,14	0,838	1,9730	0,0116
Referencia	1,66	1,85	0,727	1,8870	0,0349

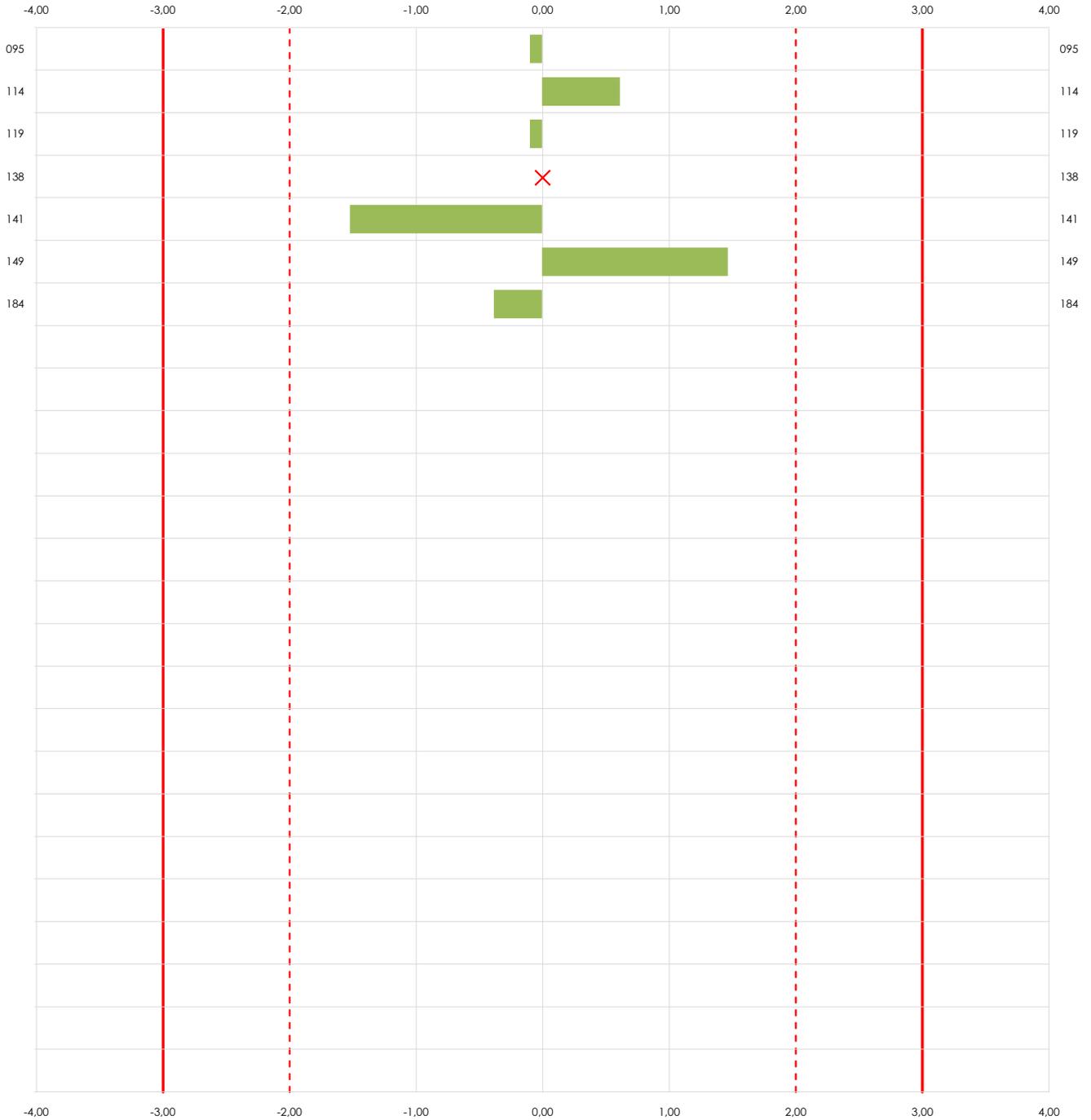
- "p" número de laboratorios participantes no descartados.
- "n" indica el número de ensayos por laboratorio.
- "h" y "k" indicadores estadísticos de Mandel.
- "C" valor crítico de Cochran.
- "G<sub>Sim</sub>" y "G<sub>Dob</sub>" valores críticos de Grubbs.

# CONTENIDO DE AIRE (%)

## Análisis C. Evaluación Z-Score

### Apartado C.1. Análisis gráfico Altman Z-Score

Laboratorio (--- ; eje Y) vs valores Z-Score "contenido de aire" (--- ; eje X)



#### ANALISIS GRAFICO Z-SCORE

Diagrama Z-Score para los resultados aportados por los laboratorios. Estos se considerarán satisfactorios (S) si el valor absoluto del Z-Score es menor o igual a 2 unidades, dudoso si está comprendido entre 2 y 3 unidades e insatisfactorio si es mayor o igual a 3 unidades.

Los resultados satisfactorios quedan reflejados entre las dos líneas rojas discontinuas, líneas de referencia en la evaluación Z-Score.

**CICE**  
Comité de infraestructuras para la  
Calidad de la Edificación

**SACE**  
Subcomisión Administrativa para la  
Calidad de la Edificación



# CONTENIDO DE AIRE (%)

## Análisis C. Evaluación Z-Score

### Apartado C.2. Determinaciones matemáticas

Código	Lab	X <sub>i 1</sub>	X <sub>i 2</sub>	X <sub>i 3</sub>	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i arit}$	S <sub>Li</sub>	D <sub>i arit</sub> %	¿Pasa A?	¿Pasa B?	Total	Causa	Iteración	Z-Score	Evaluación
c04	095	5,40	5,50			5,45	0,071	-0,61	✓	✓	✓			-0,095	S
c04	114	5,70	5,70			5,70	0,000	3,95	✓	✓	✓			0,616	S
c04	119	5,50	5,40			5,45	0,071	-0,61	✓	✓	✓			-0,095	S
c04	138	5,30	4,70			5,00	---	---	✓	X	X	AN	0	---	---
c04	141	5,00	4,90			4,95	0,071	-9,73	✓	✓	✓			-1,517	S
c04	149	6,10	5,90			6,00	0,141	9,42	✓	✓	✓			1,469	S
c04	184	5,40	5,30			5,35	0,071	-2,43	✓	✓	✓			-0,379	S

**NOTAS:**

- <sup>01</sup> "X<sub>i j</sub> con j = 1, 2, 3" es cada uno de los resultados individuales aportados por cada laboratorio, " $\bar{X}_{i lab}$ " es la media aritmética intralaboratorio y " $\bar{X}_{i arit}$ " es la media aritmética intralaboratorio calculada sin redondear.
- <sup>02</sup> "S<sub>Li</sub>" es la desviación típica intralaboratorios y "D<sub>i arit</sub> %" la desviación, en porcentaje, de la media aritmética intralaboratorios calculada respecto de la media aritmética interlaboratorios.
- <sup>03</sup> La evaluación Z-Score (ZS) será considerada de tipo: [Satisfactorio (S) - si | ZS | ≤ 2] [Dudoso (D) - si 2 < | ZS | ≤ 3] [Insatisfactorio (I) - si | ZS | > 3].
- <sup>04</sup> El código colorimétrico empleado para las celdas es: [no coinciden] [dudoso] [insatisfactorio]
- <sup>05</sup> Valores de referencia asignados para el cálculo de las varianzas y evaluación Z-Score (excluidos los resultados anómalos y aberrantes del análisis estadístico):

	$\sqrt{X_{i 1}}$	$\sqrt{X_{i 2}}$	$\sqrt{X_{i 3}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i lab}}$	$\sqrt{\bar{X}_{i arit}}$
M (%)	5,52	5,45			5,48
SD <sub>L</sub> (---)	0,37	0,34			0,35
CV (%)	6,63	6,33			6,41

- " $\sqrt{X_{i j}}$ " determinaciones individuales de los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i lab}}$ " medias aportadas por los laboratorios.
- " $\sqrt{\bar{X}_{i arit}}$ " medias calculadas.
- "M" promedio del grupo de valores de la central.
- "SD<sub>L</sub>" desviación típica interlaboratorios de la central.
- "CV" coeficiente de variación de la central.

- <sup>06</sup> Cálculo de la media general y de las varianzas de repetibilidad y reproducibilidad, después de descartar los laboratorios anómalos y/o aberrantes:

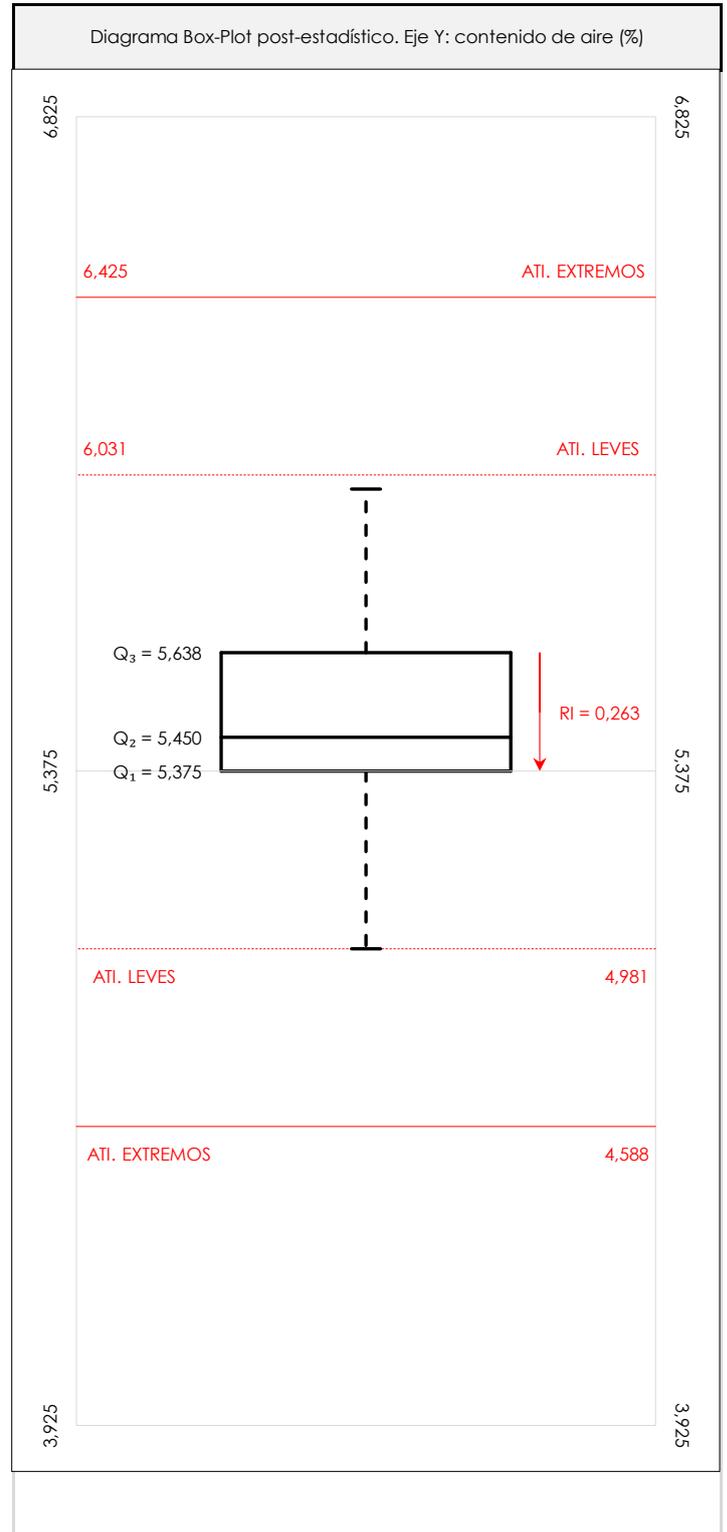
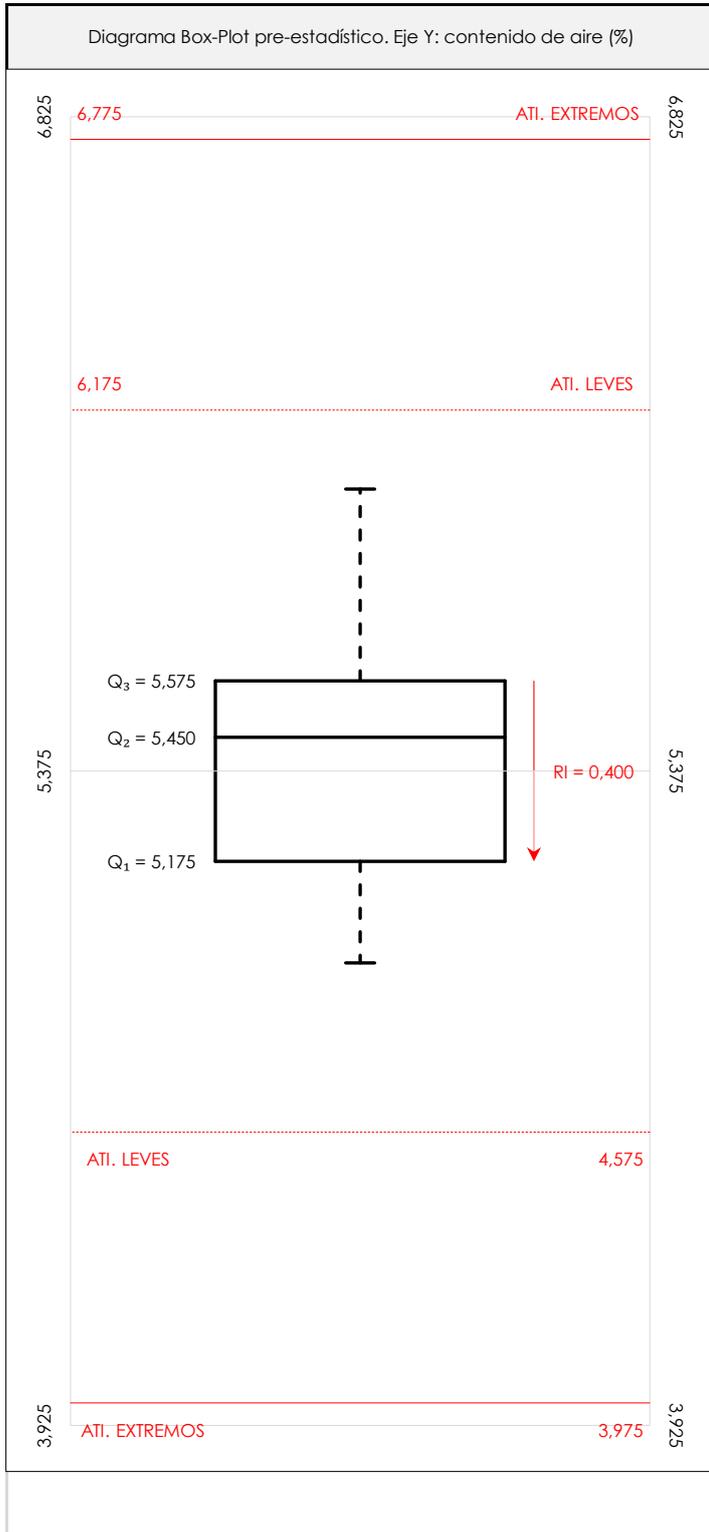
	S <sub>r</sub> <sup>2</sup>	r	S <sub>L</sub> <sup>2</sup>	S <sub>R</sub> <sup>2</sup>	R
Calculado	0,007	0,226	0,120	0,127	0,988
Referencia	0,026	0,400		0,203	1,300

- "S<sub>r</sub><sup>2</sup>" varianza de repetibilidad.
- "r" repetibilidad.
- "S<sub>L</sub><sup>2</sup>" varianza interlaboratorios.
- "S<sub>R</sub><sup>2</sup>" varianza de reproducibilidad.
- "R" reproducibilidad.

# CONTENIDO DE AIRE (%)

## Análisis D. Estudios post-estadísticos

### Apartado D.3. Diagramas Box-Plot o de Caja y Bigotes



#### ANÁLISIS GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES (ANTES Y DESPUÉS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)

Diagramas de caja y bigotes (Box Plot) de las medias aritméticas de los resultados aportados por los laboratorios antes (diagrama de la izquierda. Este incluye valores aberrantes y anómalos) y después (diagrama de la derecha). No incluye los valores descartados a lo largo del estudio) de análisis estadístico.

En ambos se han representado: el primer cuartil (Q<sub>1</sub> ; 25% de los datos), el segundo cuartil o la mediana (Q<sub>2</sub> ; 50% de los datos), el tercer cuartil (Q<sub>3</sub> ; 75% de los datos), el rango intercuartílico (RI ; cuartil tres menos cuartil uno) y los límites de valores atípicos leves (f<sub>3</sub> y f<sub>1</sub> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas discontinuas de color rojo) y extremos (f<sub>3</sub><sup>+</sup> y f<sub>1</sub><sup>+</sup> para el máximo y mínimo respectivamente ; líneas continuas de color rojo).



# CONTENIDO DE AIRE (%)

## Conclusiones

### Determinación de la repetibilidad y reproducibilidad

El análisis estadístico EILA22 para el ensayo "CONTENIDO DE AIRE", ha contado con la participación de un total de 7 laboratorios, debiendo haber aportado cada uno de ellos, un total de 2 determinaciones individuales además de su valor medio.

Tras analizar los resultados podemos concluir que, para cumplir con los criterios estadísticos establecidos en el informe, un total de 1 laboratorios han sido apartados de la evaluación final: 0 en el Análisis Pre-Estadístico (por no cumplir el criterio de validación y/o el procedimiento de ejecución recogido en la norma de ensayo) y 1 en el Análisis Estadístico (por resultar anómalos o aberrantes en las técnicas gráficas de consistencia de Mandel y en los ensayos de detección de resultados numéricos de Cochran y Grubbs), al cabo de 2 iteraciones.

De cada uno de los análisis (pre-estadístico y estadístico), se obtienen las siguientes tablas:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
Variables	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i arit}$	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$\bar{X}_{i lab}$	$\bar{X}_{i arit}$
Valor Máximo (max ; %)	6,10	5,90		6,00		6,10	5,90		6,00	
Valor Mínimo (min ; %)	5,00	4,70		4,95		5,00	4,90		4,95	
Valor Promedio (M ; %)	5,49	5,34		5,41		5,52	5,45		5,48	
Desviación Típica (SDL ; ---)	0,34	0,42		0,37		0,37	0,34		0,35	
Coefficiente Variación (CV ; ---)	0,06	0,08		0,07		0,07	0,06		0,06	
VARIABLES	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R	$S_r^2$	r	$S_L^2$	$S_R^2$	R
Valor Calculado	0,031	0,491	0,121	0,152	1,081	0,007	0,226	0,120	0,127	0,988
Valor Referencia	0,026	0,300		0,203	1,300	0,026	0,300		0,203	1,300

Asimismo, acompañando a éstas tablas y dependiendo del análisis que se esté llevando a cabo, se introducen los indicadores estadísticos "h y k" de Mandel y los valores críticos "C" de Cochran y "G<sub>sim</sub> y G<sub>Dob</sub>" de Grubbs, todos ellos adimensionales, obtenidos de las tablas 4, 5, 6 y 7 de la norma UNE 82009-2:1999 o mediante ecuación matemática, en función del número de laboratorios y del número de ensayos efectuados por cada uno de ellos:

TIPO DE ANALISIS	PRE-ESTADISTICO					ESTADISTICO				
VARIABLES	h	k	C	G <sub>sim</sub>	G <sub>Dob</sub>	h	k	C	G <sub>sim</sub>	G <sub>Dob</sub>
Nivel de Significación 1%	1,87	2,14	0,838	1,973	0,0116	1,87	2,14	0,883	1,973	0,0116
Nivel de Significación 5%	1,66	1,85	0,727	1,887	0,0349	1,66	1,85	0,781	1,887	0,0349

Con los resultados de los laboratorios, que tras los dos análisis estadísticos son evaluados por Z-Score, se han obtenido: 6 resultados satisfactorios, 0 resultados dudosos y 0 resultados insatisfactorios.

Respecto a los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones se van a basar en la evaluación estadística recogida en la ISO 17025, sobre las dispersiones de los resultados individuales y su media, en forma de varianzas o desviaciones estándar, también conocida como ANOVA (siglas de analysis of variance).

Sabiendo que una varianza es la suma de cuadrados dividida por un número, que se llama grados de libertad, que depende del número de participantes menos 1, se puede decir que la imprecisión del ensayo se descompone en dos factores: uno de ellos genera la imprecisión mínima, presente en condiciones de repetibilidad (variabilidad intralaboratorio) y el otro la imprecisión adicional, obtenida en condiciones de reproducibilidad (variabilidad debida al cambio de laboratorio).

Las condiciones de repetibilidad de este ensayo son: mismo laborante, mismo laboratorio y mismo equipo de medición utilizado dentro de un período de tiempo corto. Por ende, las condiciones de reproducibilidad para la misma muestra y ensayo, cambian en: el laborante, el laboratorio, el equipo y las condiciones de uso y tiempo.

## 6. EVALUACIÓN GLOBAL DE LOS LABORATORIOS PARA LOS ENSAYOS DE HORMIGÓN

Se recoge en las siguientes tablas la evaluación global de los resultados llevados a cabo en el EILA22 para el material de hormigón, de todos los laboratorios a **nivel de central de fabricación**, que hayan realizado el ensayo y aportado sus resultados.

**Tabla 6.1.** Evaluación global a nivel de Central 04

Código Laboratorio	Asentamiento (Cono Abrams)	Resistencia a compresión a 28 días (CÚBICAS)	Resistencia a compresión a 28 días (CILINDRICAS)	Contenido de aire (Ver página 20)
095	S	S	S	S
114	---	S	S	S
119	---	S	S	S
120	---	S	S	--
125	S	S	S	--
127	S	--	D	--
138	---	D	S	AN
141	S	S	S	S
149	---	S	S	S
175	S	S	S	--
181	S	--	S	--
184	S	S	S	S
198	---	S	S	--

*Resultado satisfactorio (S); Resultado dudoso (D); Resultado insatisfactorio (I); Aberrante (AB); Anómalo (AN); Descartado (SD); (--) no participa.*

En base al diagrama de Cajas y bigotes que se adjunta en el informe estadístico, los códigos que recogen las siglas de "AT. LEVE" son atípicos leves. Son valores (máximo o mínimo) que superan la longitud límite de los bigotes ( $1,5 \times$  Recorrido intercuartil o longitud de la caja (RIC)) y se identificarán individualmente. Si este valor, superase en 3 veces el RIC, sería un valor extremadamente atípico y los códigos serían identificados con las siglas "AT.EXT".

Asimismo, en el interior del documento, se recogen evidencias de posibles No Conformidades (NC) para que el órgano competente realice las acciones que considere oportunas.

**Central C04**

**MEDIAS DE LOS ENSAYOS EVALUADOS** (*descartados valores aberrantes/anómalos*)

<b>Asentamiento</b>	Media Central 120 mm	Desviación 6,32 mm	Coef. Variación 5 %
<b>Resistencia 28 días</b> <i>Probetas CILINDRICAS</i>	Media Central 35,3 MPa	Desviación 3,73 MPa	Coef. Variación 11 %
<b>Resistencia a 28 días</b> <i>Probetas CÚBICAS</i>	Media Central 38,9 MPa	Desviación 2,66 MPa	Coef. Variación 7 %
<b>Contenido de aire</b>	Media Central 5,5%	Desviación 0,35%	Coef. Variación 6 %

**REPETIBILIDAD- REPRODUCIBILIDAD** (*descartados valores aberrantes/anómalos*)

ENSAYOS	REPETIBILIDAD		INTERLABORATORIOS	REPRODUCIBILIDAD	
	Sr <sup>2</sup>	r	SL <sup>2</sup>	SR <sup>2</sup>	R
<b>Asentamiento</b>	66,67	22,63	6,67	73,33	23,74
<b>Resistencia a 28 días</b> <i>Pobretas Cilíndricas</i>	1,76%	4,92%	10,52	10,67%	29,87%
<i>Ref. UNE 12390-3</i>	$\gamma_r = 2,9\%$	8,0%	$\gamma_L (\%)$	$\gamma_R = 3,1\%$	11,7%
<b>Resistencia a 28 días</b> <i>Pobretas Cúbicas</i>	1,51%	4,22%	6,79	6,96%	19,48%
<i>Ref. UNE 12390-3</i>	$\gamma_r = 3,2\%$	9,0%	$\gamma_L (\%)$	$\gamma_R = 4,7\%$	13,20%
<b>Contenido de aire</b>	0,00	0,23	0,12	0,13	0,99
<i>Ref. UNE 12350-7</i>	0,03	0,40		0,20	1,30
<b>ENSAYOS</b>	<b>Sr<sup>2</sup></b>	<b>r</b>	<b>SL<sup>2</sup></b>	<b>SR<sup>2</sup></b>	<b>R</b>

## 7. AGRADECIMIENTOS

Este ejercicio interlaboratorios en el área de HORMIGONES, ha cubierto los objetivos y expectativas previstas, debido fundamentalmente, a la buena predisposición, trabajo, y esfuerzo, de todas las personas y entidades participantes en el mismo, para los cuales, sirva el presente recordatorio, y el más sincero agradecimiento.

### COORDINADORES GENERALES

Emilio Meseguer Peña

Victoria de los Ángeles Viedma Peláez

Elvira Salazar Martínez

### COORDINADORES AUTONÓMICOS

Miguel Ángel

Santos Amaya

Junta de Andalucía



Carlos Cuerda Sierra

Junta de Andalucía



Ana Rico Oliván

Gobierno de Aragón



Esperanza Jarauta Pérez

Gobierno de Aragón

Juan Carlos Cortina Villar

Principado de Asturias



Ana Carolina Álvarez Cañete

Principado de Asturias



Yolanda Garví Blázquez

Govern de les Illes Balears



Inmaculada Alcolecha Fuente

Govern de les Illes Balears



Javier Jubera Pérez.

Gobierno de Canarias



Enrique Alonso Moreno

Comunidad Autónoma de Cantabria



Joan Teixidó Vidal

Generalitat de Catalunya



Agustí Careta Pons

Generalitat de Catalunya



Marta Iniesto Alba

Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha



María del Mar Domínguez Sierra

Junta de Castilla y León



Pilar Marinero Diez

Junta de Castilla y León



José Ángel Rena Sánchez

Junta de Extremadura



M<sup>a</sup> José Paniagua Mateos

Xunta de Galicia



Israel López García

Comunidad Autónoma de La Rioja



Isabel García Larache

Comunidad Autónoma de Madrid



Antonio Azcona Sanz

Comunidad Autónoma de Madrid



María Teresa Elvira Rosado

Comunidad Autónoma de Madrid



Teresa Barceló Clemares

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia



M<sup>a</sup> Carmen Mazkiarán López de Goikoetxea

Gobierno de Navarra



Juan José Palencia Guillén

Generalitat Valenciana



Elvira Salazar Martínez

Gobierno Vasco



Alberto Apaolaza Sáez de Viteri

Gobierno Vasco



Ane Hernández Pérez de Guereñu

Gobierno Vasco



## ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN PROGRAMA ESPECÍFICO EILA HORMIGONES 2022

- **ANEFHOP**. Asociación Nacional de Empresas Fabricantes de Hormigón Preparado



### CENTRALES DE HORMIGÓN COLABORADORAS:

- |                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| • HORMIGONES CREA CONS S.L.     | Alcalá de Guadaira (Sevilla)      |
| • HOPRESOL, S.L.                | Juncaril-Albolote (Granada)       |
| • CENTRAL DE HORMIGONES, S.A.   | Llovio - Ribadesella (Asturias)   |
| • HORMIPERGA S.L.               | Pedrola (Zaragoza)                |
| • INTEDHOR, S.L.                | Alcázar de San Juan (Ciudad Real) |
| • GENERAL DE HORMIGONES, S.A.   | Zaratán (Valladolid)              |
| • BETON CATALAN, SA             | Sant Cugat del Vallès (Barcelona) |
| • HORMIGONES CARLET, S.A.       | Carlet (Valencia)                 |
| • HORMIGONES ALBA QUERCUS, S.L. | Mérida (Cáceres)                  |
| • PREBETONG HORMIGONES, S.A.    | Arteixo (A Coruña)                |
| • AUXILIAR IBERICA, S.A.        | Palma de Mallorca                 |

- HORMIRAPIT. Alaior (Menorca)
- SUMINISTROS IBIZA Ibiza
- HORCASA – Hormigones Canarias, S.L. Las Palmas de G.C.
- PREBETONG HORMIGONES S.A Tenerife
- BETON CATALAN San Fernando de Henares (Madrid)
- HORMISSA, HORMIGONES DEL SURESTE, S.A. Murcia
- HORMIGONES ARGAS, S.A. Orcoyen (Navarra)
- ARIDOS Y CANTERAS DEL NORTE S.A. ( ARCANOR). Orozko (Vizcaya)

#### ELABORACIÓN PROTOCOLOS Y GESTIÓN DE LAS FICHAS. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

- Fernando Meseguer Serrano
- Victoria de los Ángeles Viedma Peláez
- IETCC, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja:



#### LABORATORIOS PARTICIPANTES POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS EN EILA 2022:

##### JUNTA DE ANDALUCIA

1.Laensa, S.R.L. (Se)	AND-L-002
2.Centro De Estudio De Materiales y Control de Obra S.A. (Cemosa) (Córdoba)	AND-L-003
3.Centro De Estudio De Materiales y Control de Obra S.A. (Cemosa) (Málaga)	AND-L-018
4.Geolen Ingeniería (Málaga)	AND-L-020
5.OFITECO (Oficina Técnica De Estudios y Control de Obras, SA) (Granada)	AND-L-021
6.Sergeyco Andalucía, S.L. (Cádiz)	AND-L-046
7.Labson, Geotecnia y Sondeos, S.L. (Córdoba)	AND-L-054
8.Geotécnica del Sur S.A (Granada)	AND-L-059
9. Laboratorios Cogesur (Cádiz)	AND-L-067
10.Centro De Estudio De Materiales y Control de Obra S.A. (Cemosa) (Jaén)	AND-L-073
11.Centro De Estudio De Materiales y Control de Obra S.A. (Cemosa)(Sevilla)	AND-L-074
12.Centro De Estudio De Materiales y Control de Obra S.A. (Cemosa) (Granada)	AND-L-076
13.Geotécnica del Sur, S.A. (Cádiz)	AND-L-077
14.Laboratorio Tcal S.L. (Córdoba)	AND-L-108
15.Ingeniería, Análisis y Control de Calidad S.C.A. (Iacc)(Granada)	AND-L-120
16.Control de Calidad S.L.L. (CONCADIZ) (Cádiz)	AND-L-125

17.Laboratorio de Tecnología Estructural S.L. (Granada)	AND-L-149
18.Laboratorio Ensaproc (Córdoba)	AND-L-150
19.Elabora, Agencia para La Calidad en la Construcción, S.L. (Sevilla)	AND-L-155
20.Inecca, Ingeniería y Control S.L. (Málaga)	AND-L-164
21.Ingeniería, Asistencia y Control (INACON) (Almería)	AND-L-179
22.Evintes Calidad S.L.L. (Almería)	AND-L-186
23.SGS Tecnos S.A. (Granada)	AND-L-191
24.Laboratorios de Tecnología Estructural S.L. (Granada)	AND-L-206
25.Laboratorio de Tecnología Estructural S.L (Málaga)	AND-L-210
26. Atlas SL	AND-L-213
27.Sigmac (Ma)	AND-L-221
28.Sgs Tecnos S.A. (Málaga)	AND-L-237
29.Centro de Estudio de Materiales y Control de Obra S.A. (Cemosa) - (Almería)	AND-L-258
30.EQA Laboratorios S.L. (Granada)	AND-L-269
31.Sgs Tecnos S.A. (Almería)	AND-L-277
32.Laboratorio control de calidad- Delegación territorial de fomento y vivienda de Córdoba	<i>(oficial)</i>
33.Laboratorio control de calidad- Delegación territorial de fomento y vivienda de Granada	<i>(oficial)</i>
34.Laboratorio control de calidad- Delegación territorial de fomento y vivienda de Sevilla	<i>(oficial)</i>
35.NEOBETON (AL)	Laboratorio Central
36.ANDALUZA DE MORTEROS SA – Villa Rosa (MA)	Laboratorio Central

#### GOBIERNO DE ARAGÓN

1.TPF - Getinsa - Euroestudios, S.L.	ARA-L-001
2.Igeo-2, S.L. -Delegación de Huesca	ARA-L-002
3.Laboratorio de Ensayos Técnicos, SA (ENSAYA) - Zaragoza	ARA-L-005
4.Control 7, SAU - Zaragoza	ARA-L-006
5.Pretersa-Prenavisa Estructuras de Hormigón, S.L.	ARA-L-007
6.Geodeser Alcañiz (Geotecnia, Desarrollo y Servicios, S.A.)	ARA-L-008
7.Igeo-2, S.L. - Delegación de Zaragoza	ARA-L-021
8.Laboratorio para la Calidad de la Edificación del Gobierno de Aragón	<i>(oficial)</i>
9.HORMIPERGA	Laboratorio Central

### PRINCIPADO DE ASTURIAS

1.Centro de Investigación Elias Masaveu	AST-L-012
2.Laboratorio Asturiano de Control Técnico, SAL (LACOTEC)	AST-L-020
3.Centro de Estudios de Materiales y Control de Obras S.A. (CEMOSA)	AST-L-023
4.Laboratorio Asturiano Calidad Edificación del Principado de Asturias	(oficial)
5.JUAN ROCES S.A.	Laboratorio Central
6.GENERAL DE HORMIGONES (GEDHOSA)	Laboratorio Central

### GOBIERNO DE LES ILLES BALEARS

1.Federación de Empresarios de Petita y Mitjana Empresa de Menorca - PIMELAB - Centro Tecnológico	BAL-L-001
2.Laboratorio Balear de la Calidad, SLU	BAL-L-002
3.LABARTEC, SLU	BAL-L-005
4.Control BLAU-Q, SLU	BAL-L-007
5.Instituto de la Gestión Técnica de Calidad, SL (IGETEC)	BAL-L-009
6.LABARTEC IBIZA, SLU	BAL-L-010
7.Intercontrol Levante SA	BAL-L-013
8.SGS Tecnos, SA- Delegación Menorca	BAL-L-014
9.Laboratorio de Carreteras - Consell de Mallorca	(oficial)

### GOBIERNO DE CANARIAS

1.Instituto Canario de Investigaciones en la Construcción, SA (ICINCO, SA)- Delegación Santa Cruz de Tenerife	CNR-L-001
2.Controles Externos de la Calidad Canarias, SL	CNR-L-003
3.Instituto Canario de Investigaciones en la Construcción, SA (ICINCO, SA)- Delegación de Las Palmas	CNR-L-006
4.Alliroz, S.L.	CNR-L-010
5.Labetec Ensayos Técnicos Canarios, S.A.- Delegación de Las Palmas	CNR-L-027
6.Estudios de Suelos y Obras Canarias SL (ESOCAN)	CNR-L-030
7.Labetec Ensayos Técnicos Canarios, S.A.- Delegación de Tenerife	CNR-L-043
8.Consultores Control Tres, S.L.	CNR-L-044
9.Servicios de Laboratorios y Calidad de la Construcción. Consejería de Obras Públicas y Transportes - Delegación Tenerife	(oficial)
10.Laboratorio y Calidad de la construcción- Delegación Gran Canaria del Gobierno Canarias	(oficial)

### COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CANTABRIA

1.ICINSA, SA	CTB-L-003
2.GTK Laboratorio geotécnico	CTB-L-008
3.SONINGEO SL	CTB-L-010

4.CENTRAL DE HORMIGONES S.A	Laboratorio Central
5.CANTERAS DE SANTANDER	Laboratorio Central

#### JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA - LA MANCHA

1.Laboratorio y consultoría Carring S.L.	CLM-L-005
2.SGS Tecnos, SA- Delegación Ciudad Real	CLM-L-019
3.Sergeyco Castilla- La Mancha	CLM-L-024
4.Unicontrol Ingeniería de Calidad y Arquitectura Aplicada, SL	CLM-L-029
5.Fernández- Pacheco Ingenieros SL- Delegación Albacete Asistencia	CLM-L-030
6.Servicios Externos y Aprovisionamiento SL (SEA SL)- Delegación Ciudad Real	CLM-L-032
7. Servicios Externos y Aprovisionamiento SL. (SEA SL) - Delegación Albacete	CLM-L-033
8.SGS Tecnos, SA- Delegación Guadalajara	CLM-L-038
9.Impello Desarrollo SL	CLM-L-037

#### JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN

1.EPTISA, Servicios de Ingeniería, SL - Delegación de Valladolid	CYL-L-005
2.Investigaciones Geotécnicas y Medioambientales S. L. (INGEMA)	CYL-L-014
3.Investigación y Control de Calidad (INCOSA)	CYL-L-015
4.Centro de Estudio de Materiales y Control De Obra S.A(CEMOSA)- Delegación Valladolid	CYL-L-017
5.EPTISA Servicios de Ingeniería SL - Delegación de León	CYL-L-025
6.Cenilesa Ingeniería y Calidad SL	CYL-L-044
7.Control de Obras Públicas y Edificación SL	CYL-L-046
8.Centro de Estudio de Materiales y Control de Obra, SA(CEMOSA)- Delegación Zamora	CYL-L-055
9.Centro de Estudio de Materiales y Control de Obra, SA (CEMOSA)- Delegación Salamanca	CYL-L-062
10.TPF Getinsa Euroestudios SL	CYL-L-068
11.Centro de Control de Calidad de Burgos. Dirección General de Carreteras e Infraestructuras. Junta de Castilla y León	(oficial)
12.Centro de Control de Calidad de Valladolid. Dirección General de Carreteras e Infraestructuras. Junta de Castilla y León	(oficial)
13.GEDHOSA ZARATAN	Laboratorio Central

#### GENERALITAT DE CATALUNYA

1. Eptisa Enginyeria I Serveis, Sau	CAT-L-002
2. Assaigs I Control Laboratoris, Sa	CAT-L-004
3. Applus Norcontrol, Slu	CAT-L-012

4. Eptisa Enginyeria I Serveis, Sau	CAT-L-018
5. Applus Norcontrol, Slu	CAT-L-023
6. Eptisa Enginyeria I Serveis, Sau	CAT-L-026
7. Centre D'estudis de La Construcció I Anàlisi De Materials, Slu	CAT-L-027
8. Lostec, Sa	CAT-L-028
9. Satec Laboratori D'assaigs Per A La Construcció, SL	CAT-L-037
10. Consultors Tècnics De La Construcció A Catalunya, SL	CAT-L-043
11. Labocat Calidad, SL	CAT-L-054
12. Geotècnia I Control De Qualitat, Sa	CAT-L-056
13. Laboratorios de Control De La Resistencia Del Hormigón SL	CAT-L-057
14. Laboratorios de Control De La Resistencia Del Hormigón SL	CAT-L-062
15. Lgai Technological Center, Sa	CAT-L-068
16. Applus Norcontrol, Slu	CAT-L-069
17. Bac Engineering Consultancy Group, SL	CAT-L-104
18. Applus Norcontrol, Slu	CAT-L-107
19. Tpf Getinsa Euroestudios, SL	CAT-L-109
20. Tpf Getinsa Euroestudios, SL	CAT-L-111
21. Ingenieros & Eficiencia Msjm, SL	CAT-L-113
22. Bac Engineering Consultancy Group, SL	CAT-L-114
23. 2020 Fsq Qualitat, Sl	CAT-L-115
24. Icec (Geoplanning Estudis Geotècnics, SL	CAT-L-116
25. S3 CDQ (Xavier Semino Barba)	CAT-L-119
26. Labocat Calidad, Sl	CAT-L-120

#### JUNTA DE EXTREMADURA

1. Intromac	EXT-L-007
2. Elaborex, Calidad en la Construcción SL-Delegación Badajoz	EXT-L-014
3. TPF GETINSA-EUROESTUDIOS, SL	EXT-L-029
4. Ensaproex	EXT-L-032

#### XUNTA DE GALICIA

1.Control y Estudios, SL (CYE)	GAL-L-005
2.Galaicontrol, SL (Arteixo)	GAL-L-014
3.Investigación y Control Lugo SL (INVECO)	GAL-L-016
4.Applus Norcontrol, SL (Sada)	GAL-L-018
5.Galaicontrol, SL (Vigo)	GAL-L-021
6.Ingenieria, geotecnia y calidad SL (IG Calidad)	GAL-L-028
7. EPTISA, Servicios de Ingeniería, SL - Delegación de La Coruña	GAL-L-034

8. EPTISA, Servicios de Ingeniería, SL - Delegación de Vigo	GAL-L-035
9.3C Calidad y Control, SCOOP Galega	GAL-L-044
10.Enmacosa Consultoría Técnica SA	GAL-L-056

#### COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA RIOJA

1.ENSATEC S.L.	LRJ-L-001
2.ENTECSA Rioja, SL	LRJ-L-005
3.TÜV SÜD IBERIA, SAU	LRJ-L-009
4.Laboratorio de Obras Públicas y Edificaciones -Consejería de Sostenibilidad y Transición Ecológica	(oficial)

#### COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

1.Geotecnia y Medio Ambiente 2000 SL (GMD 2000)	MAD-L-002
2.Euroconsult SA	MAD-L-004
3.Cepasa Ensayos Geotécnicos SA	MAD-L-005
4.Instituto Técnico de Control S.A. (ITC)	MAD-L-027
5.Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC)	MAD-L-030
6.Centro de Estudios de Materiales y Control de Obra S.A (CEMOSA)	MAD-L-036
7.Control de Obras Públicas y Edificación, SL	MAD-L-046
8.Geotecnia y calidad en la construcción, SLL	MAD-L-050
9.Esgeyco SL	MAD-L-053
10.Control de Estructuras y Geotecnia SL (CEyGE)	MAD-L-061
11.Laboratorio de Control de Calidad e Ingeniería, S.L. (CCI)	MAD-L-064
12.Control de estructuras y suelos SA (CONES)	MAD-L-065
13.Adamas Control y Geotecnia S.L.L	MAD-L-066
14.Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción -LOEMCO	MAD-L-077
15.Labiker Ingeniería y Control de Calidad SL	MAD-L-080
16.Centro Investigación Materiales (CIMAT)	MAD-L-082
17.V2 Geotecnia y Control SL.	MAD-L-088
18.Auscultación Control Ensayos SL	MAD-L-089
19.Aprolab Ingeniería y Control de Calidad SL	MAD-L-090
20.Materiales y Hormigones SL (MAHORSA)	Laboratorio Central
21.MAT	Laboratorio Central

#### COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA

1.Laboratorios del Sureste, S.L.	MUR-L-003
2.Centro de Estudios, Investigaciones y Control de Obras, S.L. (CEICO, SL)	MUR-L-005
3.Inversiones de Murcia, S.L., laboratorios HORYSU- Delegación de Cartagena	MUR-L-006

4. Inversiones de Murcia, S.L., laboratorios HORYSU-Delegación de Espinardo	MUR-L-007
5. ITC laboratorio de ensayos, S.L.L.	MUR-L-018
6. Massalia Ingenieros, S.L.	MUR-L-019
7. Técnica y Calidad de Proyectos Industriales, S.L (TYC PROYECTOS )	MUR-L-021
8. INGEOLAB Calidad en Obra S.L.	MUR-L-022
9. Serrano Aznar Obras Públicas SL	MUR-L-023
10. Geotecnica del Sur, SA	MUR-L-025
11. Laboratorio Ensaproc	MUR-L-026
12. Laboratorio de Carreteras de la Región de Murcia	(oficial)
13. <a href="#">HORMISSA</a>	Laboratorio Central

#### GOBIERNO DE NAVARRA

1. Laboratorios Entecsa, SA	NAV-L-001
2. Laboratorio de Ensayos Navarra SA (LABENSA)	NAV-L-003
3. Laboratorio de Edificación del Instituto Científico y Tecnológico de la E.T.S. Arquitectura e Ingeniería de Edificación de Navarra	NAV-L-004
4. GEEA Geólogos S.L- Delegación Estella	NAV-L-005
5. GEEA Geólogos S.L- Delegación Pamplona	NAV-L-008
6. Laboratorio Ensaproc SL	NAV-L-015
7. Investigación y Control de Calidad (INCOSA)	NAV-L-017
8. Laboratorio de Control de Calidad Departamento Cohesión Territorial Gobierno de Navarra	(oficial)
9. <a href="#">HORMIGONES ARGÁ BERIAIN</a>	Laboratorio Central

#### COMUNIDAD VALENCIANA

1. Intercontrol Levante, SA- Delegación de Carlet	VAL-L-001
2. Comaypa, S.A.	VAL-L-006
3. Gandiacontrol, S.L.	VAL-L-010
4. Consulteco, S.L.	VAL-L-013
5. ASVER Verificaciones, SLU	VAL-L-047
6. Laboratorio de Ingeniería y Medio Ambiente S.A (IMASALAB)	VAL-L-051
7. Maestrat Global SL	VAL-L-052
8. Laboratorio de Calidad y Tecnología de los Materiales, S. L. (CyTEM)- Delegación de Ribarroja de Turia (VALENCIA)	VAL-L-053
9. Laboratorio de Calidad y Tecnología de los Materiales, S. L. (CyTEM)- Delegación de Alicante	VAL-L-054
10. Lesin Levante, SLU	VAL-L-056
11. C2C Servicios Técnicos de Inspección S.L.- Delegación de Albaida (Valencia)	VAL-L-058

12.C2C Servicios Técnicos de Inspección S.L.- Delegación de Manises (Valencia)	VAL-L-059
13.Levatec Control de Calidad SL	VAL-L-060
14. Servicios de Ingeniería, Geotecnia, Mantenimiento y Control S.L. (SIGMA)	VAL-L-061
15.Sondeos, Obras y Estudios Geotécnicos, S.A.	VAL-L-065

#### GOBIERNO VASCO

1.EPTISA-CINSA Ingeniería y Calidad, SA - Grupo EP	PVS-L-002
2.SAIO TEGI, SA	PVS-L-004
3.GIKE, SA Control Calidad Edificación	PVS-L-005
4.LABIKER Ingeniería y Control de Calidad, SL	PVS-L-006
5.Serinko Servicios de Ingeniería y Comerciales- Euskadi, S.L.	PVS-L-007
6.Euskontrol, S.A.	PVS-L-009
7.Applus Norcontrol, S.L.U.	PVS-L-012
8.Fundación Tecnalia Research and Innovation	PVS-L-013
9.Entecsa Bilbao S.L	PVS-L-034
10.Laboratorio General de la Diputación Foral de Álava	(oficial)

#### AENOR

1. <a href="#">OGERCO</a>	País Vasco
2. <a href="#">HORMAR XXI</a>	Valencia
3. <a href="#">HONGOMAR S.A.</a>	Cantabria
4. <a href="#">HORMIGONES RELOSA</a>	Murcia

#### AW

1. <a href="#">CANTERA LA TORRETA SAU</a>	Valencia
---	----------