



INTI

**Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial**

SAI
**Servicio Argentino
de Interlaboratorios**



**ASOCIACIÓN ARGENTINA
DE TECNOLOGÍA DEL
HORMIGÓN**

ENSAYO DE APTITUD

**“ROTURA A LA COMPRESIÓN
DE PROBETAS DE HORMIGÓN”**

PRO-03/2019

INFORME FINAL

Fecha de emisión: Junio de 2020

INTI

Lic. Fernando Kornblit
Director

Departamento de Calidad en las
Mediciones

INTI

Instituto Nacional de Tecnología Industrial: Departamento de Calidad en las Mediciones: Parque Tecnológico Miguelete Avenida Gral. Paz 5445 :: Casilla de Correo 157 :: B1650WAB San Martín, Buenos Aires Teléfono (54.11) 4724 6200 / 300 / 400 :: interno: 7323 :: www.inti.gob.ar :: interlab@inti.gob.ar

ÍNDICE

LISTA DE PARTICIPANTES	3
1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE	4
3. DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD	4
4. REFERENCIAS	5
5. RESPONSABILIDADES	6
6. MUESTRAS ENVIADAS	6
8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	12
9. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS	13
10. COMENTARIOS	14
ANEXO 1	22
Fotos	22
ANEXO 2	25
Tablas y gráficos principales	25
ANEXO 3	34
Tablas y gráficos auxiliares	34

LISTA DE PARTICIPANTES

**Área de Servicio Tecnológico –
CECOVI – FRRSF -UTN**

Lavaise 610,
Santa Fe, Santa Fe

CADIEM S.R.L.

Ntra. Sra. Del Carmen 2306,
Sáenz Peña, Tres de Febrero, Buenos
Aires

Cementos Avellaneda S.A.

Chenaut 435,
Villa Luzuriaga, Buenos Aires

CIMHE S.R.L.

San Roque 2470,
José Ingenieros, Buenos Aires

**CONTROL Y DESARROLLO DE
HORMIGONES S.A.**

Sáenz Peña 1544,
Godoy Cruz, Mendoza

Horcrisa S.A.

Av. General Rojo 1625,
Isidro Casanova, Buenos Aires

**Hormigones MELMIX NELSON MELLI
CONSTRUCCIONES SACICIF**

RN N°16 Km 20,1,
San Fernando, Resistencia, Chaco

Ing. Jose Maria Casas

Courbet 8450,
José León Suárez, San Martín, Buenos
Aires

INTI – Depto. Tecnología del Hormigón

Av. Gral. Paz 5445,
San Martín, Buenos Aires

**ITH, INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL
HORMIGÓN**

Miravé 2774,
CABA

**Laboratorio de ensayo de materiales y
estructuras, UNNE, Facultad de
Ingeniería**

Av. Las Heras 727,
San Fernando, Resistencia, Chaco

**Laboratorio de Estructuras – FCEFyN -
UNC**

Av. Vélez Sarsfield 1611,
Córdoba, Córdoba

**Laboratorio de Ingeniería Civil -
Facultad de Ingeniería - Universidad
Nacional de Misiones**

Juan Manuel de Rosas 325,
Oberá, Misiones

**LISHA, Laboratorio de Investigaciones
en suelos, hormigones y asfaltos**

Ruta Provincial N°1 s/n,
Ciudad Universitaria Km 4, Comodoro
Rivadavia, Chubut, 1er Piso, Facultad de
Ingeniería

LOMA NEGRA CIASA

Av. Cnel. Roca 6757
CABA

Transir S.R.L.

Acc. Parque Industrial Km 4,5,
Zárate, Buenos Aires

**Universidad Tecnológica Nacional
REGIONAL RAFAELA**

Acuña 49,
Rafaela, Santa Fe

1. OBJETIVO

Los ensayos de aptitud brindan al laboratorio la posibilidad de iniciar acciones de mejora y fomentar la eficacia de sus procesos, y demostrar competencia técnica en la realización de sus ensayos.

El objetivo del presente ensayo de aptitud es evaluar el desempeño de los participantes en la realización de ensayos de rotura por compresión de probetas cilíndricas de hormigón.

El presente informe detalla el desarrollo del proceso de organización, las metodologías estadísticas aplicadas, la evaluación de los datos y las conclusiones obtenidas.

El presente ejercicio interlaboratorio se encuentra dentro de un acuerdo marco de cooperación técnica entre el INTI y la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH), para el desarrollo y promoción de interlaboratorios referidos a ensayos de hormigones según expediente EX-2019-80534371-APN-DA#INTI, firmado en fecha 30/08/2019.

2. ALCANCE

El alcance del presente ensayo de aptitud es la determinación de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón descriptas en el ítem 6.

3. DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD

El INTI preserva la confidencialidad de los participantes mediante la asignación de un código único, elegido en forma aleatoria, y el cual es sólo conocido por el propio participante y el INTI. El tratamiento de los resultados y el informe de los mismos se realizan utilizando ese mismo número.

Si bien en el informe se listan todos los participantes del ejercicio interlaboratorio, no es posible, a través del presente informe, conocer la codificación de estos ya que es información confidencial.

El personal de INTI firma un compromiso de confidencialidad.

4. REFERENCIAS

1. Norma IRAM 1536:1978. "Hormigón de cemento pórtland. Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono".
2. Norma IRAM 1534:2004. "Hormigón de cemento pórtland. Preparación y curado de probetas para ensayos en laboratorio".
3. Norma IRAM 1553:2008. "Hormigón de cemento pórtland. Preparación de las bases de probetas cilíndricas y testigos cilíndricos para ensayo de compresión".
4. Norma IRAM 1546:2013 Mod. N° 1 2017. "Hormigón de cemento pórtland. Método de ensayo de compresión".
5. Norma IRAM 1562:2012. "Hormigón fresco de cemento. Método para la determinación de la densidad (masa de la unidad de volumen) y el cálculo del rendimiento y del contenido de aire (gravimétrico)."
6. Norma IRAM 1602-2:1988. "Hormigón de cemento pórtland. Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas de hormigones y morteros. Método B."
7. Norma IRAM 1876:2004. "Hormigón. Métodos de ensayo para determinar la homogeneidad de una mezcla de hormigón."
8. Norma ASTM C 39/C39M-2018. "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens."
9. Norma ASTM C 617-2015. "Practice for capping Cylindrical Concrete Specimens."
10. Norma IRAM 1709:2016 – "Hormigón de cemento. Método y requisitos para el uso de placas de elastómero no adheridas, empleadas para la determinación de la resistencia a la compresión de probetas y testigos cilíndricos de hormigón endurecido."

11. Norma IRAM 1893:2018 – “Hormigón de cemento. Método de ensayo para la determinación de la temperatura del hormigón en estado fresco.”

5. RESPONSABILIDADES

El grupo técnico está integrado de la siguiente manera:

Coordinadora: Lic. Daniela Rodríguez Ierace (INTI – SAI)
Expertos técnicos: Ing. Alejandra Benítez (INTI – SOCEI-DT TDHA)
Ing. Fernando Perrone (AATH)
Expertos estadísticos: Prof. Ángel P. Castro, Lic. Marisa Delbón (INTI – SAI)

6. MUESTRAS ENVIADAS

Para la preparación de las probetas se utilizó un hormigón clase H30 y asentamiento 15 cm, provisto por la empresa elaboradora de hormigón Hormigonera Ing. J.M. Casas S.A. en un camión motohormigonero, en las instalaciones de INTI - Construcciones (Edificio N° 10). Se entregó un volumen de 2,0 m³. El moldeo de las probetas se llevó a cabo el día 16/09/2019.

Homogeneización del hormigón y determinación del asentamiento

Con anterioridad al inicio de los trabajos de caracterización en estado fresco y moldeo de muestras de ensayo, se procedió a efectuar la descarga de una cantidad de hormigón aproximada de 400 dm³ en recipientes adicionales para su posterior descarte, de acuerdo con lo indicado en la norma IRAM 1541. Esta práctica permite mitigar fuentes adicionales de dispersión en los resultados de ensayo, teniendo en cuenta que, dadas las condiciones de elaboración del hormigón, la fracción de descarga inicial puede no ser adecuadamente homogénea y representativa de las características y composición del pastón de hormigón.

Luego se procedió a efectuar una primera descarga de hormigón desde el vehículo motohormigonero en una bandeja metálica previamente humedecida, de dimensiones

aproximadas 80 cm x 150 cm x 25 cm. El material fue homogeneizado manualmente por medio del empleo de una pala metálica, y se obtuvo una muestra (denominada de aquí en más como ‘Muestra 1’) para efectuar los ensayos de caracterización del hormigón en estado fresco. Con el material remanente contenido en la batea metálica, se procedió a iniciar el llenado y compactación de moldes cilíndricos.

Una vez que el material presente en la bandeja metálica fue utilizado íntegramente, se efectuó otra descarga desde el vehículo motohormigonero sobre la batea metálica, y se llevaron a cabo las mismas operaciones mencionadas anteriormente, previa homogenización manual del material. De esta descarga se obtuvo una segunda muestra (denominada de aquí en más como ‘Muestra 2’). En la Tabla 6.1 se presentan los resultados obtenidos, con sus respectivas referencias temporales.

Tabla 6.1
Control de asentamiento, masa por unidad de volumen (PUV)
y contenido de aire

Muestra	Operadores	Horario	As / cm	Temperatura del hormigón / °C
1	AATH	11:00	11	24,5
1	TH	11:00	11	24,5
2	AATH	11:10	11	24,8
2	TH	11:10	10	24,8
2	TH	11:45	7,5	24,6

NOTA: La determinación de la temperatura del hormigón fue efectuada con un termómetro de punción, marca ‘Luff’, modelo ‘265-A’, identificado internamente como ‘SH-T6’ y calibrado por INTI - DTDHA - DCA con fecha Julio 2019.

Cabe aclarar que las temperaturas indicadas en la tabla precedente resultaron de la corrección de los valores indicados por el instrumento de medición, de acuerdo con el informe de calibración respectivo.

Control de homogeneidad en estado fresco

Con las mencionadas “Muestra 1” y “Muestra 2” se efectuó el control de homogeneidad del pastón en estado fresco según la metodología de ensayo establecida en la Norma IRAM 1876. Para ello, se determinó la densidad del hormigón (PUV) y contenido de aire presente, de acuerdo con lo indicado en las normas IRAM 1562 y 1602-2 respectivamente. Luego,

cada una de las fracciones de hormigón contenidas en el recipiente de medida empleado en la determinación del PUV fueron sometidas a un proceso de tamizado en vía húmeda por el tamiz IRAM 4,75 mm (#4), eliminándose el agregado fino y la pasta cementicia contenidos en el hormigón, aislándose el contenido de agregados pétreos de tamaño igual o mayor a 4,75 mm ('agregado grueso') presente en la fracción de hormigón.

Las respectivas fracciones de agregado grueso fueron secadas superficialmente con un paño ligeramente prehumedecido. Luego, se determinó la masa de agregado grueso correspondiente a cada muestra ('1' y '2'), y se remitieron las muestras al Departamento de Geología y Medioambiente para la determinación de la densidad del material. En la Tabla 6.2 se detallan los resultados obtenidos.

Tabla 6.2
Caracterización de agregados

Muestra Agregado grueso	Densidad seca / (g/cm ³)	Densidad saturada y superficie seca / (g/cm ³)	Absorción / %
1	2,71	2,72	0,41
2	2,69	2,70	0,36

Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos de homogeneidad del pastón en estado fresco que se incluyen en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3
Densidad (P.U.V.), contenido de aire y homogeneidad del pastón en estado fresco

Muestra	m _r / kg	m _{hr} / kg	m _h / kg	PUV / (kg/m ³)	Aire / %	m _{asss} / kg	m _{ag} / %	Δcont. de AG / %	ρ _{pass AG} / (kg/m ³)	ρ del mortero libre de aire / (kg/m ³)	ρ _{prom} / (kg/m ³)	Δρ del mortero libre de aire / %
1	3,8	20,4	16,6	2350	2,6	6,5	39,3	0,8	2720	2161	2166	0,45
2	3,8	20,4	16,6	2347	2,5	6,4	38,5		2700	2170		
Δ contenido de AG máximo admisible / %								6,00	Δρ del mortero libre de aire máximo admisible / %		1,60	

NOTA: m_r [kg]: masa del recipiente, en kilos; m_{hr} [kg]: masa del recipiente y el hormigón, en kilos; m_h [kg]: masa del hormigón, en kilos; m_{asss} [kg]: masa del agregado grueso en estado saturado y superficie seca, en kilos; m_{ag} [%]: contenido de agregado grueso en el hormigón; Δcontenido de AG [%]: diferencia del contenido

de agregado grueso entre las muestras, en por ciento; ρ_{assAG} [kg/m^3]: densidad promedio del agregado en estado saturado y superficie seca, provenientes del tamizado húmedo de las muestras 2 y 3 de hormigón fresco, en kilos por metro cúbico; $\rho_{\text{del mortero libre de aire}}$ [kg/m^3]: densidad compactada del mortero libre de aire de cada muestra, en kilos por metro cúbico; ρ_{prom} [kg/m^3]: promedio de la densidad compactada del mortero libre de aire entre las muestras, en kilos por metro cúbico; $\Delta\rho$ del mortero libre de aire [%]: diferencia de la densidad compactada del mortero libre de aire entre las muestras del pastón, en por ciento.

La determinación de masas fue efectuada con una balanza marca VIBRA, modelo LN31001, de capacidad máxima 31000 g y capacidad mínima 5 g, división mínima 0,1 g, calibrada por INTI Física y Metrología con fecha junio 2017. Para la determinación de la densidad (PUV) del hormigón se utilizó un recipiente de medida metálico, verificado en laboratorio por INTI - DTDHA – TH con fecha 03/2018. Para la determinación del contenido de aire presente en las muestras de hormigón, se utilizó un equipo Washington, marca JAMES INSTRUMENTS, modelo A-AB-1200, identificado internamente como EWA2, calibrado por personal de INTI-DTDHA – TH con fecha 03/2018.

Moldeo y compactación

Para el moldeo de probetas se utilizaron 35 (treinta y cinco) moldes cilíndricos de dimensiones nominales 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, pertenecientes a Tecnología del Hormigón, y 25 (veinticinco) provistos por la AATH en el marco del convenio.

El proceso de llenado se realizó de acuerdo con la norma IRAM 1534. Al concluir su moldeo, cada una de las probetas fue cubierta con un film de polietileno, asegurado con una banda elástica, con el fin de evitar la pérdida de humedad de la muestra de hormigón.

Adicionalmente se moldearon 10 probetas cilíndricas de dimensiones nominales 100 mm de diámetro y 200 mm de altura, pertenecientes a Tecnología del Hormigón, con el objeto de realizar el control de homogeneidad en estado endurecido. Cinco (5) de las probetas corresponden a la “Muestra 1” y cinco (5) a la “Muestra 2”.

Curado inicial, desmolde e identificación de las muestras

Las probetas permanecieron durante 24 horas en el lugar de moldeo. La temperatura ambiente máxima registrada fue de 22,3 °C y la mínima fue de 19,5 °C. Una vez transcurrido este período de curado inicial, fueron desmoldadas por personal de INTI - DTDHA, identificando cada una numéricamente.

NOTA: La determinación de temperaturas máximas y mínimas durante las primeras 24 h se efectuó con un termómetro de máxima/mínima, marca TFA, modelo 30.1012, con identificación interna “TTH15”, calibrado por INTI - Santiago del Estero en fecha abril 2019; los valores fueron corregidos según el informe de calibración de cada uno de los termómetros.

Curado y embalaje

Con fecha 17/09/2019 las muestras fueron identificadas y sumergidas en las piletas de curado de la DTDHA, con agua saturada con cal a (23 ± 2) °C.

La temperatura del agua fue monitoreada diariamente en un punto medio de cada pileta mediante un termómetro de máxima y mínima. En la Tabla 1.A3 del Anexo 3 se indica el perfil de temperatura del agua de la pileta de curado en el período 10/09/13 al 07/10/13.

Todas las probetas correspondientes a los laboratorios participantes fueron curadas hasta el día 15/10/2019. Para cada muestra de ensayo se procedió a realizar la medición de la altura y dos diámetros perpendiculares, en una sección situada a altura media. Los resultados de tales determinaciones, así como los valores promedio obtenidos se incluyen en la Tabla 2.A3 del Anexo 3.

Las muestras fueron seleccionadas al azar para ser entregadas a los participantes, y embaladas por personal de la DTDHA de INTI - CONSTRUCCIONES, empleando a tal efecto film de polietileno y cartón corrugado.

Control de homogeneidad en estado endurecido

Se realizó la verificación de la homogeneidad del hormigón en estado endurecido mediante el ensayo a compresión de las probetas de 100 mm x 200 mm moldeadas con las muestras "1" y "2". Las probetas fueron ensayadas con placas de elastómero no adheridas según norma IRAM 1709.

Se informan los resultados de resistencia a la compresión en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4

Resultados de ensayo para verificación de la homogeneidad en estado endurecido

N° de Muestra	Identificación de la probeta	D _m / mm]	h _m / mm	Área / mm ²	P / kN	σ _c / MPa	Tipo de rotura
1	6400	100,4	199	7916,9	339,4	42,9	5
1	6401	101,2	200	8043,6	347,1	43,2	3
1	6402	100,8	199	7980,1	346,5	43,4	5
1	6403	101,4	198	8075,4	348,2	43,1	4
1	6404	100,3	200	7901,2	347,0	43,9	5

N° de Muestra	Identificación de la probeta	D _m / mm]	h _m / mm	Área / mm ²	P / kN	σ _c / MPa	Tipo de rotura
2	6405	100,4	199	7916,9	353,8	44,7	4
2	6406	100,3	200	7901,2	349,6	44,3	4
2	6407	100,3	201	7901,2	345,7	43,8	4
2	6408	100,4	199	7916,9	348,2	44,0	4
2	6409	100,2	201	7885,4	347,2	44,0	4

NOTA: Altura [mm]: distancia entre caras extremas de la probeta, en milímetros; D_m [mm]: diámetro medio de la probeta, en milímetros; h_m [mm]: altura de la probeta, en milímetros; P [kN]: carga máxima alcanzada, en kilonewton; σ_c [MPa]: resistencia a la compresión, en megapascal; tipo de rotura: corresponde a la codificación de IRAM 1546:2013. Velocidad de carga: (0,4 ± 0,2) MPa/s

El ensayo a la compresión se realizó con una prensa hidráulica marca MATEST, modelo C092, calibrada con fecha 04/2019, con control automático de aplicación de carga verificado semestralmente. La capacidad máxima de la prensa es de 2.000 kN, mínima división en display digital: 0,001 kN. La medición del diámetro de las probetas se realizó con un calibre de mandíbulas largas, de alcance 300 mm, marca HOREX, mínima lectura 0,05 mm, identificado internamente como 'SHC1', calibrado por INTI - Física y Metrología con fecha 09/2018.

En la Tabla 6.5 se muestra el análisis de los resultados de las probetas para cada Muestra.

Tabla 6.5

Comparación de resultados para evaluar la homogeneidad en estado endurecido

N° de Muestra	Identificación de la probeta	σ _c / MPa	σ _{prom} / MPa	Desvío Standard / MPa	Coef. de variación / %	Diferencia / promedio / %
1	6400	42,9	43,3	0,4	0,9	-0,9%
1	6401	43,2				-0,2%
1	6402	43,4				0,2%
1	6403	43,1				-0,5%
1	6404	43,9				1,4%
Diferencia entre valores extremos = 1,0 MPa			< 15%.σ _{prom} = 6,5 MPa			
2	6405	44,7	44,2	0,4	0,8	1,2%
2	6406	44,3				0,3%
2	6407	43,8				-0,8%
2	6408	44,0				-0,4%
2	6409	44,0				-0,4%
Diferencia entre valores extremos = 0,9 MPa			< 15%.σ _{prom} = 6,6 MPa			

7. RESULTADOS ENVIADOS POR LOS PARTICIPANTES

Los datos enviados por los participantes pueden verse en la Tabla 1 del Anexo 2. En el Gráfico 1 del mismo anexo se puede observar la desviación de los resultados individuales respecto del valor medio interlaboratorio.

8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Para calcular el valor medio interlaboratorio se aplicó un promedio robusto de los resultados informados por los participantes del ensayo, utilizando el Algoritmo A que se describe en la norma ISO 5725 (1994) Parte 5 (ref. 1).

Para la estimación de la desviación estándar interlaboratorio robusta (s^*) se utiliza el Algoritmo A, también descrito en la mencionada norma.

La incertidumbre del valor asignado es $u_x = 1,25 \cdot s^* / \sqrt{p}$, donde p es el número de participantes.

Los resultados del análisis estadístico pueden observarse en la siguiente tabla:

Tabla 8.1

Todos los tratamientos	Valor medio interlaboratorio / MPa	Desviación estándar interlaboratorio / MPa	Desviación estándar relativa porcentual / %	Incertidumbre del valor medio interlaboratorio / MPa
Resistencia a la compresión	39,4	1,3	3,4	0,8

En la Tabla 4 del Anexo 2 se informan las desviaciones de todos los resultados enviados con respecto al valor medio interlaboratorio.

Además, se calcularon el valor medio y la desviación estándar para el conjunto de probetas con bases preparadas con mortero de azufre y para el conjunto ensayado con placas de elastómero no adheridas, cuyos resultados pueden verse en la siguiente tabla:

Tabla 8.2

Resistencia a la compresión	Valor medio interlaboratorio / MPa	Desviación estándar interlaboratorio / MPa	Desviación estándar relativa porcentual / %	Incertidumbre del valor medio interlaboratorio / MPa
Con mortero de azufre	38,8	1,1	3,0	1,4
Con placas de elastómero	39,7	1,4	3,6	0,9

9. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS

La evaluación del desempeño de los laboratorios participantes se realizó de acuerdo con los procedimientos aceptados internacionalmente y que se citan en la Bibliografía.

Se utilizó como criterio el cálculo del parámetro “z”, definido de la siguiente manera:

$$z = (x - x_{ref}) / s^*$$

Donde:

x : promedio para cada laboratorio,

x_{ref} : valor de consenso asignado al parámetro, obtenido con el procedimiento descrito en el ítem 8,

s^* : desviación estándar de reproducibilidad entre laboratorios, calculada según lo descrito en el ítem 8.

Los valores del parámetro z así obtenidos pueden verse en el Gráfico 2 y en la Tabla 5 del Anexo 2.

Es posible calificar el desempeño de los laboratorios de la siguiente forma:

Si $|z| \leq 2$ es satisfactorio,

si $2 < |z| < 3$ es cuestionable,

si $|z| \geq 3$ no satisfactorio.

10. COMENTARIOS

Luego de la evaluación mediante el parámetro z , se puede concluir que todos los participantes con excepción de los participantes N° 10, 5 y 6, obtuvieron resultados satisfactorios. Los laboratorios 5 y 6 informaron resultados cuestionables. El laboratorio N° 10 obtuvo resultados no satisfactorios.

Es de importancia aclarar que todos los participantes cumplieron con el criterio de CIRSOC, que establece lo siguiente:

“Según el Proyecto de Reglamento CIRSOC 201:2005: Punto 4.1.6.2 Se debe adoptar como *resultado de un ensayo (f'_{ci})* al valor que se obtiene como promedio de las resistencias de, como mínimo, *dos (2) probetas cilíndricas normales, moldeadas con la misma muestra de hormigón y ensayadas a la misma edad.* Se debe cumplir que la diferencia entre las resistencias extremas del grupo que constituye cada ensayo, sea menor del 15 % de la resistencia media de las probetas que constituyen el grupo. Si dicho valor resultara mayor, se debe rechazar el ensayo correspondiente y se deben investigar los procedimientos de moldeo, curado y ensayo de las probetas, con el objeto de analizar si los mismos se están realizando en un todo de acuerdo con las normas.” Cabe destacar que la diferencia máxima entre probetas fue del 10 % y la mínima del 1 %.

En la Tabla 2 del Anexo 2 se informan los porcentajes de las diferencias entre extremos respecto del promedio de las 3 mediciones, así como dichos extremos informados por los participantes.

La fecha acordada para ensayar las probetas fue el 21/10/2019. Cabe aclarar que todos los participantes salvo uno pudieron ensayar las probetas en dicha fecha, con un apartamiento de 1 (uno) día. Se puede concluir que hubo un cumplimiento casi total de las condiciones establecidas con respecto a otros ejercicios similares realizados con anterioridad.

De requerir asistencia o asesoramiento posterior, o por apelaciones, dirigirse a interlab@inti.gob.ar.

Tabla 10.1

Fecha de Moldeo:					16/09/2019
Part. N°	Edad del ensayo / días	Fecha de desembalaje	Fecha de rotura	Días de curado en Laboratorio Participante	Tipo de tratamiento de bases
1	35	19/10/2019	21/10/2019	2	Placas de elastómero
2	35	18/10/2019	21/10/2019	3	Placas de elastómero
3	35	16/09/2019	21/10/2019	5	Placas de elastómero
4	35	16/10/2019	21/10/2019	5	Placas de elastómero
5	35	18/10/2019	21/10/2019	3	Placas de elastómero
6	35	16/10/2019	21/10/2019	5	Placas de elastómero
7	35	18/10/2019	21/10/2019	3	Placas de elastómero
8	35	16/10/2019	21/10/2019	5	Placas de elastómero
9	35	21/10/2019	21/10/2019	0	Mortero de azufre
10	35	18/10/2019	21/10/2019	3	Placas de elastómero
11	35	21/10/2019	21/10/2019	0	Placas de elastómero
12	36	22/10/2019	22/10/2019	0	Mortero de azufre
13	35	15/10/2019	21/10/2019	6	Placas de elastómero
14	35	18/10/2019	21/10/2019	3	Placas de elastómero
15	35	21/10/2019	21/10/2019	0	Placas de elastómero
16	35	18/10/2019	21/10/2019	3	Mortero de azufre
17	35	21/10/2019	21/10/2019	0	Placas de elastómero
18	35	18/10/2019	21/10/2019	3	Placas de elastómero
19	35	21/10/2019	21/10/2019	0	Mortero de azufre

De acuerdo con los dos métodos de tratamiento de bases utilizado por los participantes, un 21 % realizados con la aplicación de un mortero termoplástico de azufre según norma IRAM 1553, y un 79 % mediante el uso de placas de elastómero no adheridas según norma

IRAM 1709. Se calculó el promedio y desvío estándar interlaboratorio para cada grupo, informado en Tabla 8.2, concluyéndose que en el presente ejercicio la influencia del método no es significativa.

Con relación al tipo de rotura observado en cada muestra de ensayo, se calcularon los porcentajes de fracturas según lo informado por los participantes, discriminando además por tipo de preparación de las bases. Dentro de cada tipo de preparación se obtuvo el porcentaje de cada tipo de rotura observado. Toda esta información se brinda en la siguiente tabla:

Tabla 10.2

Tipo fractura	Cantidad total	porcentaje	Placas de elastómero		Mortero de azufre	
			Cantidad	porcentaje	Cantidad	porcentaje
1	3	5,3%	0	0%	3	25%
2	20	35,1%	14	31%	6	50%
3	2	3,5%	2	4%	0	0%
4	6	10,5%	3	7%	3	25%
5	25	43,9%	25	56%	0	0%
6	1	1,8%	1	2%	0	0%

Se puede mencionar que el 56 % de los laboratorios que ensayaron con placas de elastómero no adheridas informaron un tipo de rotura N° 5 y el 31 % Tipo N° 2, siendo bajos los porcentajes para los demás tipos de rotura. En el caso de mortero de azufre el 50 % presentó rotura Tipo N° 2, el 25 % Tipo N° 1 y el restante 25 % Tipo N° 4.

Cabe aclarar que cada laboratorio debe analizar el tipo de rotura en función del tipo de tratamiento de las bases realizado y de la prensa utilizada.

Todos los laboratorios que prepararon las bases con mortero de azufre informaron la fecha de verificación de la resistencia del compuesto.

El 4 % de los participantes cuenta con un procedimiento de verificación de la planitud y perpendicularidad.

El 25 % de los laboratorios que prepara las bases con mortero de azufre no verifica el espesor y su calidad.

Destacamos que el 47 % de las muestras (27 de 57 probetas) fueron reportadas como satisfactorias en lo que respecta a su estado general, y el resto de ellas con algún defecto, habiendo considerado “satisfactorias” las inspecciones informadas con guiones “-“ y con celdas vacías.

La siguiente tabla detalla los tipos de imperfecciones informadas y la cantidad de apariciones de cada una, y el porcentaje de ésta respecto del total de probetas ensayadas:

Tabla 10.3

Clasificación de las imperfecciones informadas	Cantidad de veces informada	% respecto del total de probetas
Satisfactoria	27	47%
Imperfecciones no especificadas	1	2%
Imperfecciones superficiales en la/s base/s	7	12%
Imperfecciones en la/s base/s	14	25%
Imperfecciones superficiales en los laterales	5	9%
Falta de perpendicularidad	1	2%
Aserrada	1	2%
Terminación con lechada	1	2%
Fisura superior	2	4%
Burbujas de aire	4	7%
Oquedades superficiales	7	12%

El detalle de las observaciones de cada participante en la inspección visual previa se indica en la siguiente tabla:

Tabla 10.4

Nº part	Nº Muestra	Inspección Visual
1	5	Ok Sin defectos
1	21	Ok Sin defectos
1	49	Ok Sin defectos
2	4	Ok
2	20	Ok
2	52	Ok
3	7	Correcta – sin nada que marcar
3	24	Correcta – sin nada que marcar
3	39	Se observa pequeña cuña generada por el cierre no perfecto del molde utilizado
4	8	Cara superior muy irregular, defectuoso llaneado
4	25	Ídem nº8
4	37	Ídem nº8. Además rotura en borde de base 55 x 10 mm aprox.
5	9	Buenas condiciones
5	16	Buenas condiciones
5	40	Buenas condiciones
6	17	Ok
6	11	Ok
6	46	Ok
7	14	Ok
7	33	Ok
7	48	Ok
8	12	Normal
8	19	Normal
8	29	Normal
9	1	-
9	22	-
9	35	Superficie lateral irregular, presumiblemente por un armado incorrecto de los moldes.
10	13	No informa
10	31	Oquedades superficiales

Nº part	Nº Muestra	Inspección Visual
10	42	Oquedades superficiales
11	6	-
11	32	-
11	38	-
12	15	Presenta algunas oquedades superficiales
12	44	Presenta algunas oquedades superficiales. Sección superior ovalada
12	59	Presenta algunas oquedades superficiales. Sección superior ovalada
13	10	Saltadura en cara superior
13	27	Saltadura en ambas caras. Oquedades superficiales de hasta 10 mm
13	41	Saltadura en ambas caras. Oquedades superficiales de hasta 10 mm
14	3	Burbujas de aire. Raspón o golpe. Superficie superior algo irregular
14	50	Burbujas de aire. Marcas de contacto con otra probeta lateral. Superficie superior algo irregular
14	54	Burbujas de aire. Fisura en borde superior. Raspón o golpe. Superficie superior algo irregular
15	36	Fisura Superior
15	18	Burbujas de aire
15	53	Superficie superior algo irregular
16	23	Imperfección en ambas caras
16	47	-
16	58	Imperfección en ambas caras
17	43	Cara superior rugosa
17	45	Terminación con lechada
17	51	Aserrada y fuera de verticalidad
18	55	Imperfección en las caras
18	57	Imperfección en las caras
18	60	Imperfección en las caras
19	2	Burbujas de aire en los laterales y concavidad en el centro de la cara superior
19	30	Burbujas de aire en los laterales y concavidad en el centro de la cara superior
19	34	Burbujas de aire en los laterales y concavidad en el centro de la cara superior

De acuerdo con el desempeño obtenido por los participantes se puede concluir que las imperfecciones no impactaron significativamente en los resultados informados.

Con respecto al tipo de máquina de ensayo no fue solicitado el dato del tipo de accionamiento de la misma, manual o eléctrica dado que la norma IRAM 1546:2013 Modificación N° 1: 2017 en el punto 3.1.1 “Sistema de regulación de aplicación de cargas” establece como requisito que “la máquina debe proveer un sistema de regulación de aplicación de cargas tal, que éstas puedan aumentarse en forma continua y sin saltos bruscos entre los límites indicados en 5.2.1”. Esto indicaría que una máquina de accionamiento manual no cumple con dicho requerimiento, sin embargo no está explicitado en forma taxativa.

Todos los laboratorios informaron una fecha de calibración de la máquina dentro del año de efectuados los ensayos.

El 58 % de los laboratorios participantes poseen una máquina de ensayo que puede controlar la velocidad de carga en forma automática, el 32 % no poseen control de velocidad de carga automático y el 11 % no informa.

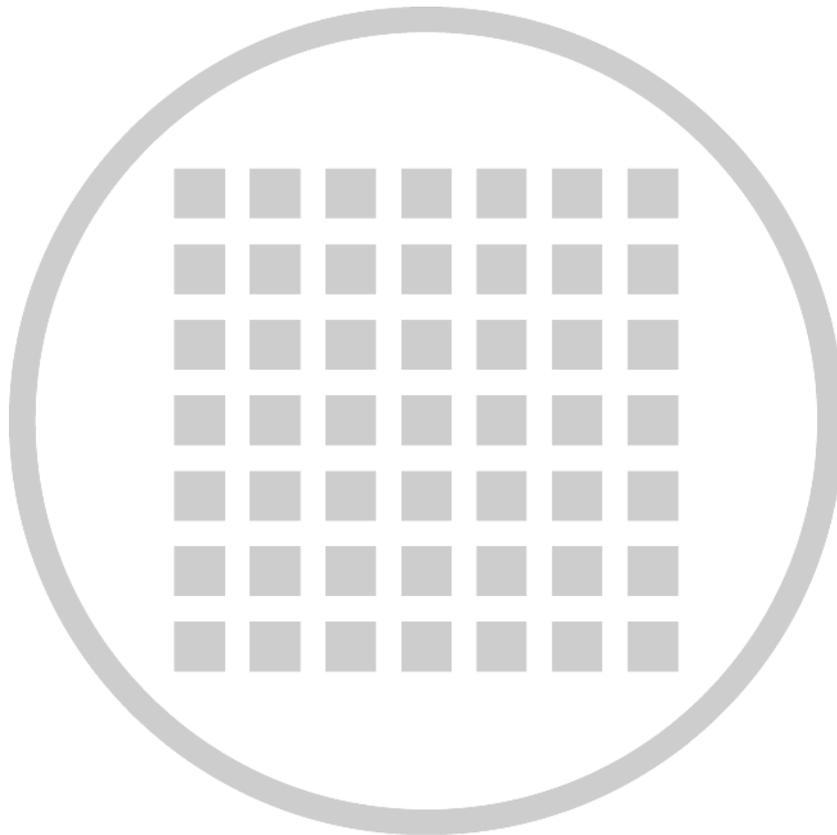
La fecha de última verificación de la velocidad de carga fue informada por el 37 % de los laboratorios.

Para la medición del diámetro de las probetas el 53 % de los laboratorios informa el uso de calibre y el 47 % no da información al respecto.

Para la medición de la altura de las probetas el 26 % de los laboratorios informa el uso de calibre, el 11 % el uso de regla metálica de 40 cm, 11 % utiliza un dispositivo de medición del altura que cumple con la norma IRAM 1574 y el 53 % no informa. Cabe aclarar que la norma IRAM 1546 indica que la altura debe medirse según las instrucciones de la norma IRAM 1574.

Cabe aclarar que en esta oportunidad no se solicitó la información sobre el tipo de verificación que realiza cada laboratorio sobre los discos de elastómero (con o sin certificado del proveedor sobre el tipo de elastómero, dimensiones, dureza, calificación)

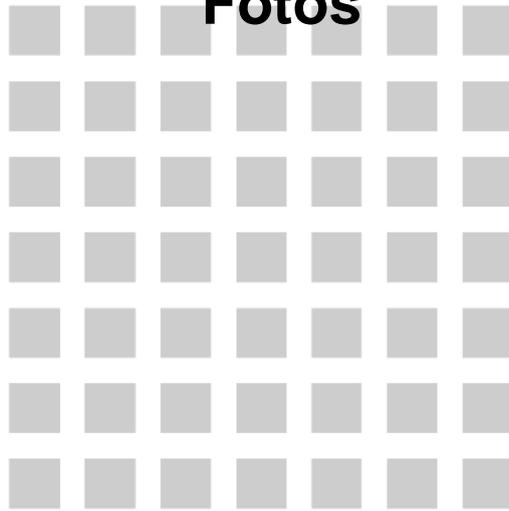
como así tampoco la verificación de los aros de retención. Estos datos serán solicitados en próximos ejercicios que se lleven a cabo.



INTI

ANEXO 1

Fotos



INTI



Fig. 1: Preparación de probetas para el moldeo



Fig. 2: Determinación de asentamiento mediante el cono de Abrams



Fig. 3: Determinación de la temperatura del Pastón



Fig. 4: Moldeo de probetas y determinación del PUV para ensayo de homogeneidad en estado fresco.



Fig 5: Desmolde e identificación de muestras



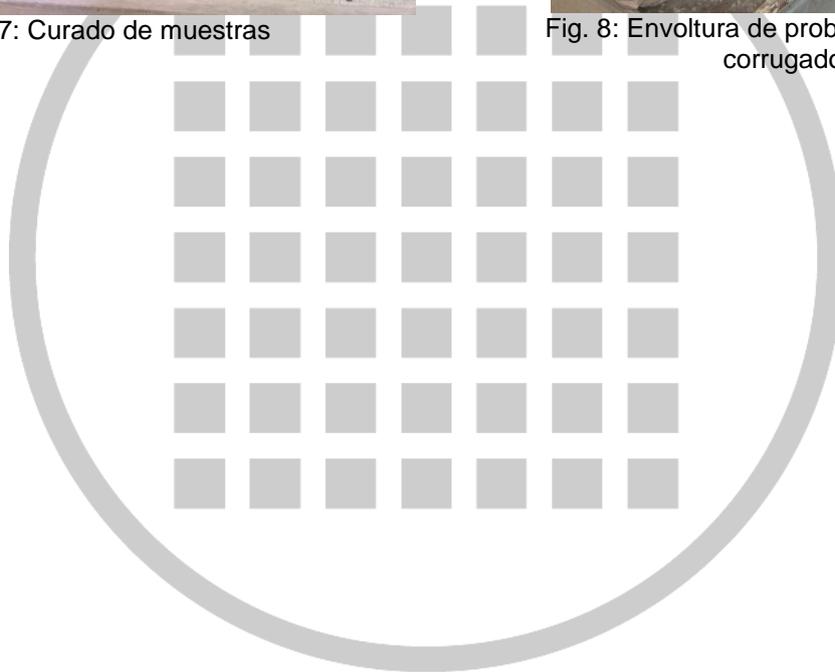
Fig. 6: Medición de altura de probetas



Fig.7: Curado de muestras



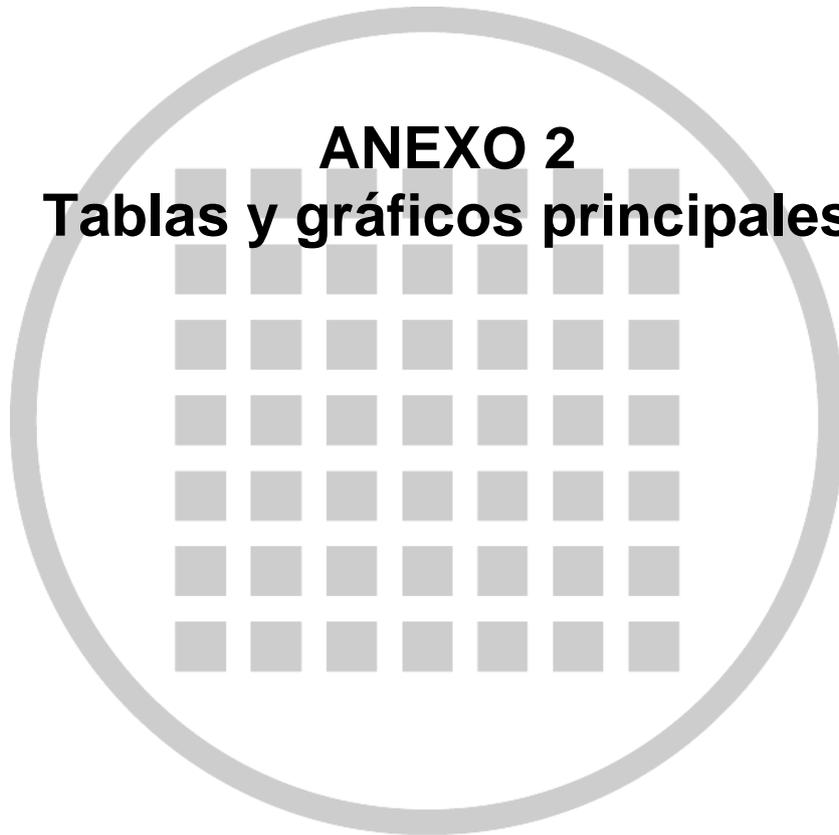
Fig. 8: Envoltura de probetas con cartón
corrugado



INTI

ANEXO 2

Tablas y gráficos principales



INTI

Tabla 1 - Datos enviados por los participantes

Nº Part.	Nº Muestra	Altura / mm	Diámetro		Área Transversal / mm ²	Velocidad del ensayo / (MPa/s)	Tipo de fractura	Carga última / kN	Resistencia / MPa
			/ mm	/ mm					
1	5	299	148,9	150,2	17577,3	0,4	4	720,1	41
1	21	295	150,1	150,6	17765,8	0,4	2	683,93	38,5
1	49	299	150,9	149,2	17695	0,4	4	728,6	41,2
2	4	300	150	150	17671,46	0,5	2	729,5	41,3
2	20	296	149	150	17553,65	0,5	3	691,3	39,4
2	52	300	149	149	17436,62	0,5	2	678,3	38,9
3	7	299,5	151,9	151,1	18017	0,45	5	677,64	37,6
3	24	300,7	149,5	150,5	17662	0,45	2	675,68	38,5
3	39	300,6	149,4	149,6	17545	0,45	5	658,03	37,8
4	8	299	149	149	17436,6	0,4 MPa/seg ± 0,2MPa/s	5	699,6	39,3
4	25	296	151	151	17907,9	0,4 MPa/seg ± 0,2MPa/s	5	697,4	38,2
4	37	299	150	150	17671,5	0,4 MPa/seg ± 0,2MPa/s	5	717,1	39,8
5	9	300	149	149	69711,1	Manual	5	752,2	43,9
5	16	295	150	150	70650	Manual	5	705,2	40,6
5	40	300	150	150	70650	Manual	5	764,0	44
6	17	300	150	150	-	0,5	Tipo 2	750,3	42,46
6	11	300	150	150	-	0,5	Tipo 2	764,3	43,25
6	46	300	150	150	-	0,5	Tipo 5	731,5	41,39
7	14	299	150	149,9	17659,7	0,3	2	704,8	39,88
7	33	297,8	150,4	150,1	17730,5	0,3	2	720	40,74
7	48	297,8	150,1	150,3	17718,7	0,3	3	705,8	39,94
8	12	301	151	151	17907	0,4	2	680,1	38
8	19	302	152,5	152,5	18265	0,4	2	703,8	38,5
8	29	301	150,5	150,5	17790	0,4	2	721,5	40,6
9	1	304	149,4	149	17483	0,4± 0,2	Tipo 2	689,27	39,4
9	22	300	149,9	149,4	17593	0,4± 0,2	Tipo 2	691,26	39,3
9	35	304	150,5	147,5	17441	0,4± 0,2	Tipo 2	691,86	39,7
10	13	300	149,3	149,7	17553,90	0,284	Tipo 5	565,7	32,2
10	31	301	149,6	149,6	17557,40	0,33	Tipo 5	582,5	33,2
10	42	295	150	150,3	17706,9	0,266	Tipo 5	602	34
11	6	298	150	149	17558	0,4± 0,2	Tipo 5	718,85	40,9
11	32	297	150	149,2	17583	0,4± 0,2	Tipo 5	722,03	41,1
11	38	298	150,7	147,7	17491	0,4± 0,2	Tipo 5	727,38	41,6
12	15	302	150,9	152,3	17884,2	0,4	1	646,1	36,1

N° Part.	N° Muestra	Altura / mm	Diámetro		Área Transversal / mm ²	Velocidad del ensayo / (MPa/s)	Tipo de fractura	Carga última / kN	Resistencia / MPa
			/ mm	/ mm					
12	44	305	152,1	148,5	17308,1	0,4	1	691,6	40
12	59	307	146,9	150,3	17226,6	0,4	1	678,8	39,4
13	10	301	149,9	149,8	17428	0,39	2	732,7	41,5
13	27	295	150	150,7	17745	0,39	2	714,7	40,3
13	41	299	150,1	150,3	17710	0,34	5	673,2	38,2
14	3	298	150,1	149,3	17600,84	0,425	Tipo 6	703,5	40
14	50	299	148	148,7	17284,82	0,417	Tipo 5	663,5	38,4
14	54	300	147,7	147,1	17064,16	0,405	Tipo 5	649,5	38,1
15	36	299	150,4	150,3	17759,93	0,43	Tipo 5	687,16	38,7
15	18	297	150	150	17683,24	0,6	Tipo 5	729,92	41,3
15	53	300	148,9	149,4	17477,61	0,46	Tipo 5	666,2	38,1
16	23	301	150,6	150,8	17836,8	0,4	4	685,5	38,4
16	47	306	149	149,7	17518,6	0,4	4	640,7	36,5
16	58	306	149,5	149,7	17577,3	0,4	4	660	37,6
17	43	298	149	148	17319,8	6,8	Tipo 2	689,1	39,8
17	45	299	148	149	17319,8	6,8	Tipo 5	651,2	37,6
17	51	301-294 (diferencia de altura)	150	148	17436,7	6,8	Tipo 5	678,7	38,9
18	55	299	150	150,6	17742,2	0,4	5	717,6	40,4
18	57	300	150,7	152,2	18014,8	0,4	4	699,6	38,8
18	60	300	150	150,3	17706,8	0,4	5	682,8	38,5
19	2	300,15	149,15	-	17471,75	0,33	Tipo 2	711,19	40,7
19	30	298,58	149,78	-	17618,48	0,33	Tipo 2	692,4	39,3
19	34	299,65	148,5	-	17319,8	0,33	Tipo 2	676,31	39

INTI

Tabla 2 – Diferencia entre valores extremos

N° part.	Diferencia entre extremos / MPa	% respecto del promedio de las 3 mediciones	Máximo	Mínimo
1	2,7	7%	41,2	38,5
2	2,4	6%	41,3	38,9
3	0,9	2%	38,5	37,6
4	1,6	4%	39,8	38,2
5	3,4	8%	44,0	40,6
6	1,86	4%	43,25	41,39
7	0,86	2%	40,74	39,88
8	2,6	7%	40,6	38,0
9	0,4	1%	39,7	39,3
10	1,8	5%	34,0	32,2
11	0,7	2%	41,6	40,9
12	3,9	10%	40,0	36,1
13	3,3	8%	41,5	38,2
14	1,9	5%	40,0	38,1
15	3,2	8%	41,3	38,1
16	1,9	5%	38,4	36,5
17	2,2	6%	39,8	37,6
18	1,9	5%	40,4	38,5
19	1,7	4%	40,7	39,0

Tabla 3 - Datos enviados por los participantes

N° part.	N° Muestra	Carga última / kN	Resistencia / MPa	Tipo de tratamiento de bases	Tipo de control de velocidad de carga (manual o automática)
1	5	720,1	41	Placas de elastómero	Sí
1	21	683,93	38,5	Placas de elastómero	
1	49	728,6	41,2	Placas de elastómero	
2	4	729,5	41,3	Placas de elastómero	Sí
2	20	691,3	39,4	Placas de elastómero	
2	52	678,3	38,9	Placas de elastómero	
3	7	677.64	37,6	Placas de elastómero	Sí
3	24	675.68	38,5	Placas de elastómero	
3	39	658.03	37,8	Placas de elastómero	
4	8	699.6	39,3	Placas de elastómero	Sí
4	25	697.4	38,2	Placas de elastómero	
4	37	717.1	39,8	Placas de elastómero	
5	9	752.2	43,9	Placas de elastómero	NO
5	16	705.2	40,6	Placas de elastómero	
5	40	764.0	44	Placas de elastómero	
6	17	750,3	42,46	n.i.	Sí
6	11	764,3	43,25	n.i.	
6	46	731,5	41,39	n.i.	
7	14	704,8	39,88	Placas de elastómero	Sí
7	33	720	40,74	Placas de elastómero	
7	48	705,8	39,94	Placas de elastómero	
8	12	680,1	38	Placas de elastómero	n.i.
8	19	703,8	38,5	Placas de elastómero	
8	29	721,5	40,6	Placas de elastómero	
9	1	689,27	39,4	Mortero de azufre	NO
9	22	691,26	39,3	Mortero de azufre	
9	35	691,86	39,7	Mortero de azufre	
10	13	565,7	32,2	Placas de elastómero	NO

N° part.	N° Muestra	Carga última / kN	Resistencia / MPa	Tipo de tratamiento de bases	Tipo de control de velocidad de carga (manual o automática)
10	31	582,5	33,2	Placas de elastómero	
10	42	602	34	Placas de elastómero	
11	6	718,85	40,9	Placas de elastómero	NO
11	32	722,03	41,1	Placas de elastómero	
11	38	727,38	41,6	Placas de elastómero	
12	15	646,1	36,1	Mortero de azufre	SÍ
12	44	691,6	40	Mortero de azufre	
12	59	678,8	39,4	Mortero de azufre	
13	10	732,7	41,5	Placas de elastómero	NO
13	27	714,7	40,3	Placas de elastómero	
13	41	673,2	38,2	Placas de elastómero	
14	3	703,5	40	Placas de elastómero	NO
14	50	663,5	38,4	Placas de elastómero	
14	54	649,5	38,1	Placas de elastómero	
15	36	687,16	38,7	Placas de elastómero	SÍ
15	18	729,92	41,3	Placas de elastómero	
15	53	666,2	38,1	Placas de elastómero	
16	23	685,5	38,4	Mortero de azufre	SÍ
16	47	640,7	36,5	Mortero de azufre	
16	58	660	37,6	Mortero de azufre	
17	43	689,1	39,8	Placas de elastómero	n.i.
17	45	651,2	37,6	Placas de elastómero	
17	51	678,7	38,9	Placas de elastómero	
18	55	717,6	40,4	Placas de elastómero	SÍ
18	57	699,6	38,8	Placas de elastómero	
18	60	682,8	38,5	Placas de elastómero	
19	2	711,19	40,7	Mortero de azufre	SÍ
19	30	692,4	39,3	Mortero de azufre	
19	34	676,31	39	Mortero de azufre	

n.i.: No informa

Tabla 4
Desvíos respecto del valor medio interlaboratorio (VMIL)

N° part.	<i>Resistencia promedio / MPa</i>	% desv. VMIL
1	40,2	1,9%
2	39,9	1,2%
3	38	-3,6%
4	39,1	-0,9%
5	42,8	8,5%
6	42,4	7,5%
7	40,2	1,9%
8	39	-1,1%
9	39,5	0,2%
10	33,1	-16,1%
11	41,2	4,5%
12	38,5	-2,4%
13	40	1,4%
14	38,8	-1,6%
15	39,4	-0,1%
16	37,5	-4,9%
17	38,8	-1,6%
18	39,2	-0,6%
19	39,7	0,7%

Tabla 5 - Parámetro z

N° part.	z
1	0,6
2	0,3
3	-1,1
4	-0,3
5	2,5
6	2,2
7	0,6
8	-0,3
9	0
10	-4,8
11	1,3
12	-0,7
13	0,4
14	-0,5
15	0
16	-1,5
17	-0,5
18	-0,2
19	0,2

Gráfico 1

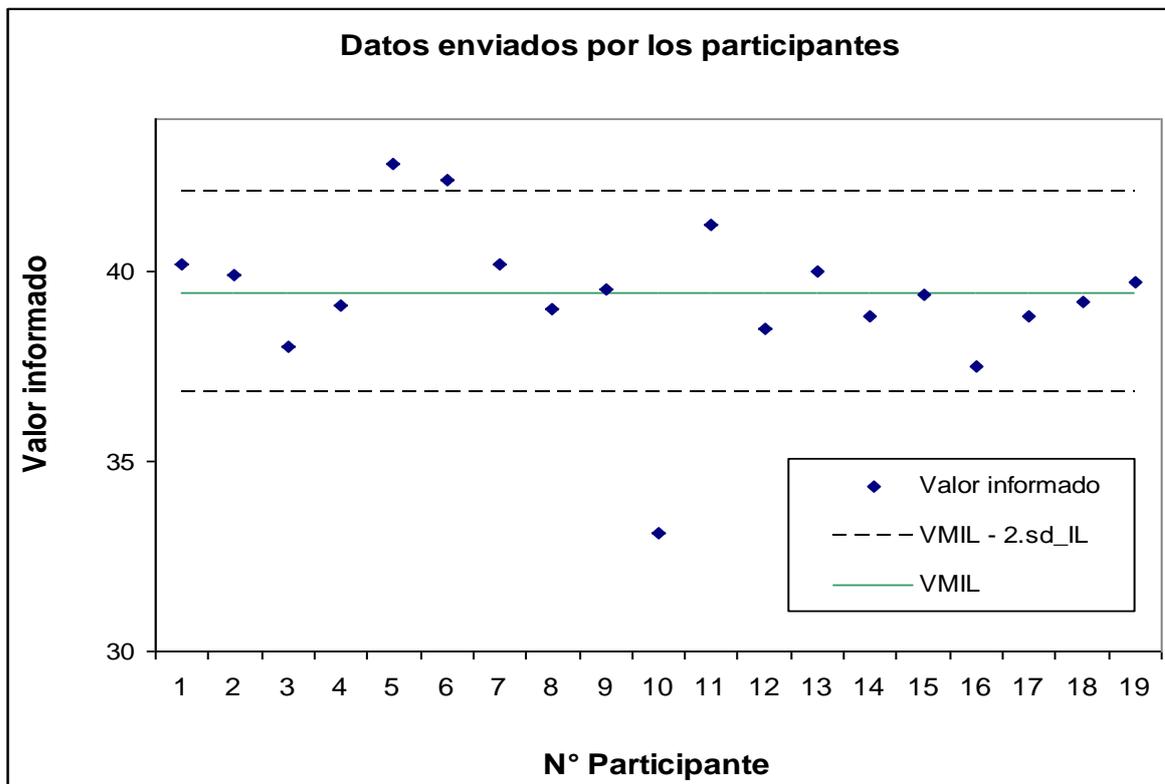
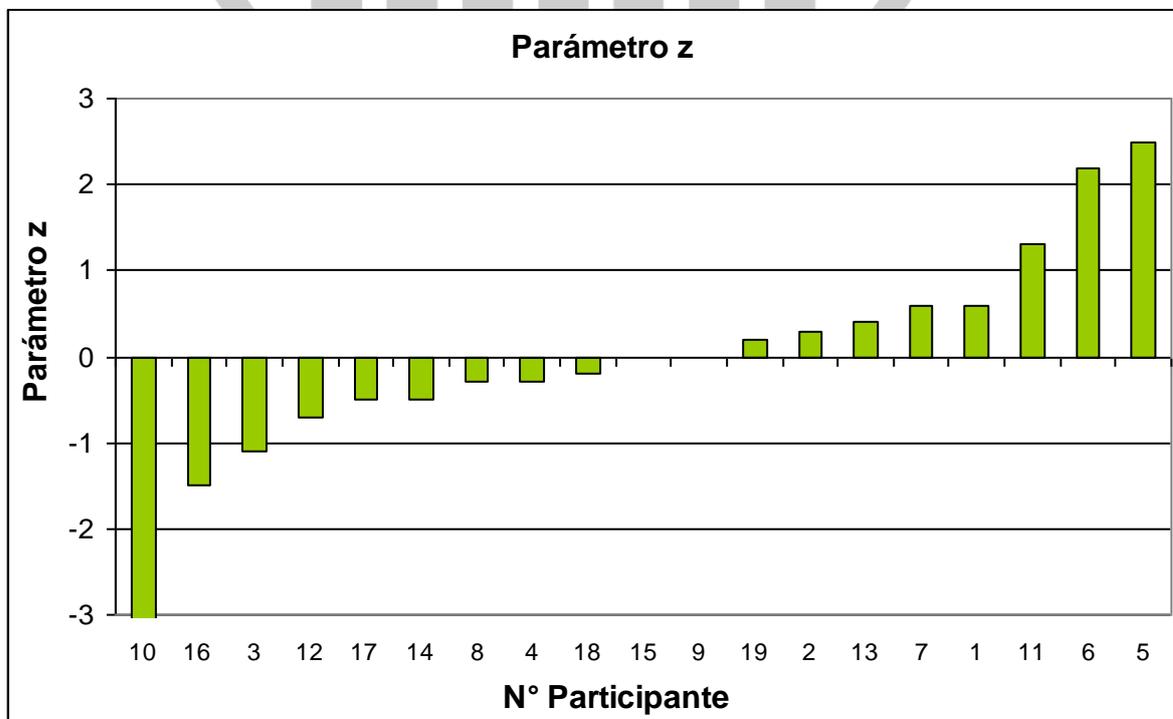
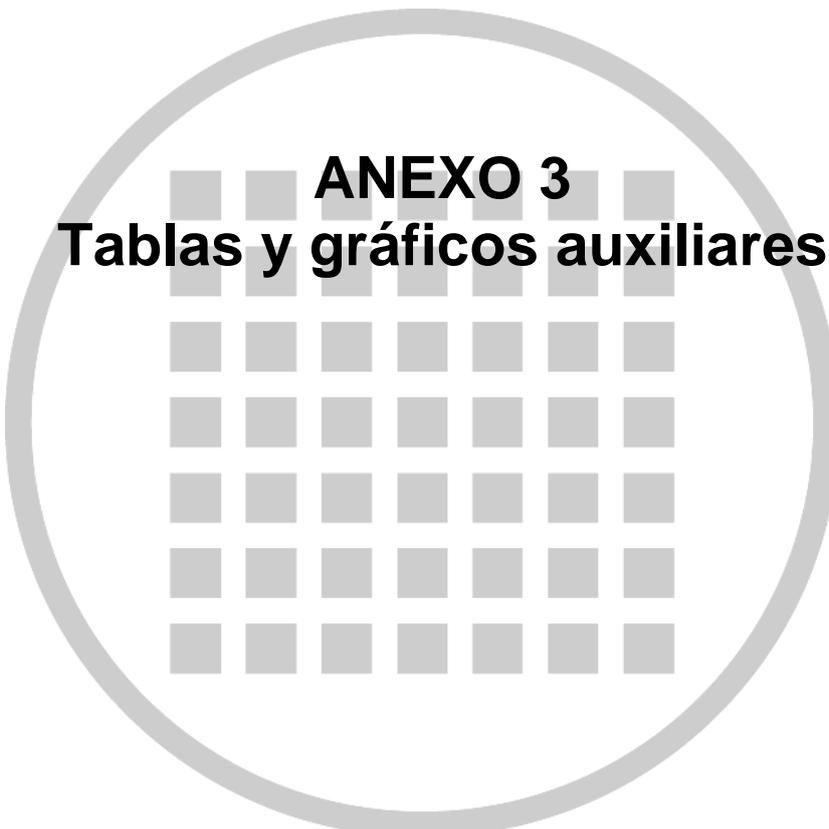


Gráfico 2



Valor que excede los límites del gráfico

Part,	z
10	-4,8



ANEXO 3
Tablas y gráficos auxiliares

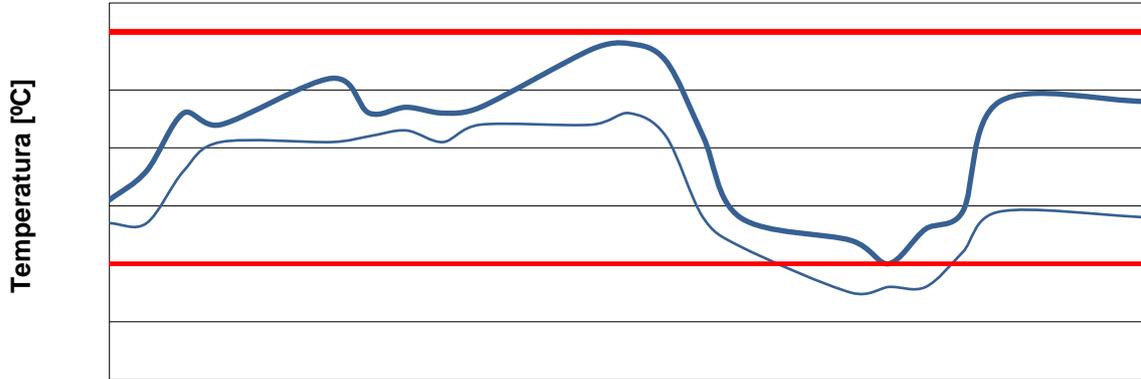
INTI

Tabla 1.A3
Perfil de temperatura del agua de la
pileta de curado UT TH en el período
18/09/2019 al 15/10/2019

Interlaboratorio	Pileta 2		
Fecha	Nº día	<i>T mín</i> / °C	<i>T máx</i> / °C
17/09/2019	1	21,7	22,1
18/09/2019	2	21,7	22,6
19/09/2019	3	22,6	23,6
20/09/2019	4	23,1	23,4
23/09/2019	7	23,1	24,2
24/09/2019	8	23,2	23,6
25/09/2019	9	23,3	23,7
26/09/2019	10	23,1	23,6
27/09/2019	11	23,4	23,7
30/09/2019	14	23,4	24,7
01/10/2019	15	23,6	24,8
02/10/2019	16	23,2	24,5
03/10/2019	17	21,8	23,2
04/10/2019	18	21,3	21,8
07/10/2019	21	20,5	21,4
08/10/2019	22	20,6	21,0
09/10/2019	23	20,6	21,6
10/10/2019	24	21,2	21,9
11/10/2019	25	21,9	23,8
15/10/2019	29	21,8	23,8

Gráfico 1.A3

Temperatura de pileta N°2



Periodo de Curado-Interlaboratorio

— T2 mín — T2 máx — L Inferior — L Superior

NOTA: La determinación de temperaturas máximas y mínimas se efectuó con un termómetro de máxima/mínima, marca TFA, modelo 30.1012, con identificación interna TTH 12, calibrado por INTI Construcciones-QAC con fecha 04/2017. Los valores fueron corregidos según el informe de calibración del termómetro.

Tabla 2.A3

Diámetro de las probetas antes de su embalaje: valores individuales y promedio

Probeta	D ₁ / mm	D ₂ / mm	D _m / mm	Hm / mm	Probeta	D ₁ / mm	D ₂ / mm	D _m / mm	Hm / mm
1	149,7	149,4	149,6	300,0	31	149,5	149,6	149,6	301,6
2	149,6	149,9	149,8	300,2	32	150,1	149,9	150,0	298,6
3	150,9	149,7	150,3	300,4	33	150,4	150,2	150,3	298,0
4	149,2	150,4	149,8	301,2	34	148,6	148,8	148,7	300,2
5	150,1	149,2	149,7	300,4	35	150,9	148,4	149,7	300,4
6	149,6	149,1	149,4	300,2	36	148,9	151,2	150,1	300,8
7	149,5	149,9	149,7	300,0	37	149,9	148,9	149,4	300,4
8	149,4	149,1	149,3	300,0	38	150,8	149,8	150,3	301,0
9	150,1	149,7	149,9	300,4	39	150,4	149,9	150,2	301,0
10	150,8	149,0	149,9	301,6	40	151,4	150,9	151,2	300,2
11	149,3	150,4	149,9	301,8	41	150,9	150,2	150,6	300,2
12	149,4	149,8	149,6	302,0	42	150,3	149,8	150,1	296,2
13	149,4	149,5	149,5	301,2	43	149,2	147,4	148,3	300,4

Probeta	D ₁ / mm	D ₂ / mm	D _m / mm	Hm / mm	Probeta	D ₁ / mm	D ₂ / mm	D _m / mm	Hm / mm
14	149,6	149,9	149,8	301,0	44	148,7	151,0	149,9	300,6
15	151,7	151,6	151,7	295,4	45	149,0	148,6	148,8	302,0
16	150,2	149,7	150,0	296,4	46	149,2	150,0	149,6	301,4
17	150,7	150,5	150,6	295,0	47	149,5	149,6	149,6	300,6
18	150,2	150,0	150,1	296,4	48	149,0	150,1	149,6	301,0
19	150,2	150,1	150,2	300,2	49	151,0	150,5	150,8	300,0
20	150,0	150,3	150,2	297,2	50	151,3	148,7	150,0	300,0
21	150,3	150,1	150,2	295,0	51	150,1	150,0	150,1	301,0
22	150,2	149,9	150,1	296,0	52	148,2	149,9	149,1	302,4
23	150,6	150,5	150,6	655,8	53	148,7	150,5	149,6	301,0
24	148,8	150,4	149,6	300,8	54	149,3	150,2	149,8	301,0
25	150,5	150,1	150,3	296,6	55	149,3	151,2	150,3	300,0
26	151,1	150,0	150,6	296,0	56	150,1	151,4	150,8	300,0
27	150,1	150,2	150,2	296,0	57	149,9	151,1	150,5	301,0
28	150,5	150,8	150,7	300,4	58	150,4	149,7	150,1	301,0
29	149,8	150,0	149,9	301,6	59	151,3	150,5	150,9	302,0
30	149,6	150,0	149,8	299,8	60	150,3	149,9	150,1	300,8

NOTA: La medición del diámetro de las probetas se realizó con un calibre de mandíbulas largas, de alcance 300 mm, marca HOREX, mínima lectura 0,05 mm, identificado internamente como 'SHC1', calibrado por INTI - Física y Metrología con fecha 09/2018.

NOTA: La medición de la altura de las probetas se realizó con dos dispositivos medidores de alturas marca CLAROS, identificados como SEMA 1 y SEMA 2, y verificados por INTI - DTDHA - TH con fecha 10/2019.

INTI