

PRÁCTICA PROFESIONAL
SUPERVISADA (2023 – 2024):
ANÁLISIS DE RESISTENCIA DEL
HORMIGÓN SEGÚN CÓDIGO
ACI 211-1 2022 EN FUNCIÓN DEL
CONTENIDO DE AGUA Y LA RELACIÓN
A/C

ALUMNO: TIAGO ARRECHEA. DNI 42068750

LUGAR DE REALIZACIÓN DE LA PPS: Laboratorio de Investigación y Ensayos Viales

FECHA DE INICIO: 01/09/2023 – FECHA DE FINALIZACIÓN: 01/08/2024

TUTOR EXTERNO: ING. ALEJANDRO JONES

TUTOR INTERNO: ING. MARTÍN MONSALVE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO (SEDE TRELEW)

Contenido

RESUMEN:	3
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	3
INTRODUCCIÓN:	3
OBJETIVO:	3
ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES	4
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN:	4
• Cemento:	4
• Agregado Fino:	5
• Agregado Grueso:	8
PUV:	9
Granulometría:	11
DOSIFICACIÓN Y ENSAYOS DE ASENTAMIENTO	18
I. Dosificación 4/11/2023 (árido sin corregir) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	22
II. Dosificación 15/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	27
III. Dosificación 21/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	30
IV. Dosificación 24/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	31
V. Dosificación 27/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	32
VI. Dosificación 28/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	33
VII. Dosificación 30/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	34
VIII. Dosificación 04/12/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	34
IX. Dosificación 05/12/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	36
X. Dosificación 06/12/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	37
XI. Dosificación 15/12/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	39
XII. Dosificación 19/03/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	40
XIII. Dosificación 19/03/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m ³ :	41
XIV. Dosificación 03/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,50 – Pastón 0,05m ³ :	42
XV. Dosificación 03/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,45 – Pastón 0,05m ³ :	43
XVI. Dosificación 10/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,40 – Pastón 0,45m ³ :	45
XVII. Dosificación 15/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,60 – Pastón 0,45m ³ :	46
XVIII. Dosificación 15/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,65 – Pastón 0,40m ³ :	47
XIX. Dosificación 15/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,35 – Pastón 0,40m ³ :	48
ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS DE H° (1er Etapa)	49
DOSIFICACIÓN Y ENSAYOS DE ASENTAMIENTO (2da Etapa):	53
I. Relación A/C 0,5. Fecha: 04/07/2024:	53

II. Relación A/C 0,55. Fecha: 04/07/2024:	54
III. Relación A/C 0,60. Fecha: 10/07/2024:	54
IV. Relación A/C 0,65. Fecha: 10/07/2024:	55
V. Repetición relación A/C 0,60. Fecha: 31/07/2024:	56
VI. Relación A/C 0,35. Fecha: 10/07/2024:	56
VII. Relación A/C 0,40. Fecha: 08/08/2024:	57
VIII. Repetición relación A/C 0,55. Fecha: 08/08/2024:	58
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE	58
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	60
Resultados (relación a/c 0,5):	62
Conclusión:	64
Resultados (relación a/c 0,45):	64
Conclusión:	67
Variación Porcentual de la resistencia en función del tiempo	68
Conclusión:	69
Comparación curva resistencia a 28 con diversos autores	70
Conclusión:	72
Curva relación a/c en función de las resistencias a 28 días	72
Conclusión	73
Clase del Hormigón según CIRSOC 201/82 y CIRSOC 201/05	74
VALORACIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	76
BLOGRAFÍA	77
Gráficos	
Grafico 1 Resistencia a 28 días vs A/C (1er Etapa)	52
Grafico 2 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,5)	62
Grafico 3 Resistencia a Compresión Desplazada (Relación a/c 0,5)	63
Grafico 4 Resistencia a Compresión PPS (Relación a/c 0,5)	64
Grafico 5 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,45)	65
Grafico 6 Resistencia a Compresión Desplazada(Relación a/c 0,45)	65
Grafico 7 Resistencia a Compresión PPS (Relación a/c 0,45)	66
Grafico 8 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,45 vs a/c 0,55)	67
Grafico 9 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,45 vs a/c 0,55)	68
Grafico 10 % de Resistencia vs Tiempo	69
Grafico 11 Comparación Resultados Diversos Autores	71
Grafico 12 Resistencia a 28 días vs A/C (2da Etapa)	72
Grafico 13 Resistencia a 28 días vs A/C	73

RESUMEN:

Durante la presente práctica profesional, se realizaron ensayos para determinar las propiedades de los materiales utilizados en la ciudad de Trelew. Una vez establecidas estas propiedades, se llevaron a cabo diversas dosificaciones utilizando el método ACI, ajustando la relación agua-cemento y la cantidad de agua. Con las mezclas obtenidas se evaluó el asentamiento y se confeccionaron probetas de medidas reglamentarias, que fueron sometidas a ensayos de compresión a diferentes edades. Estos ensayos permitieron obtener diversos valores de resistencia, con los cuales se elaboró una ley de variación de “Resistencia vs Relación agua-cemento”.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

- Septiembre – Octubre 2023: Ensayos de caracterización de materiales
- Octubre – Noviembre – Diciembre 2023 – Marzo 2024: fabricación pastones para distintas relaciones a/c y análisis de resultados
- Abril – Mayo – Junio – Agosto 2024: fabricación pastones para distintas relaciones a/c y análisis de resultados

INTRODUCCIÓN:

La resistencia del hormigón es fundamental para garantizar la durabilidad y seguridad de las estructuras construidas. Diversos factores influyen dicha propiedad, y comprender su impacto es esencial para lograr un rendimiento óptimo del material. Entre los factores más importantes se encuentran:

1. Composición de la Mezcla: La relación agua-cemento es crucial; una proporción adecuada asegura una mayor resistencia, mientras que un exceso de agua puede debilitar la mezcla y generar problemas como la segregación. Asimismo, la calidad del cemento y el tipo de agregados (grava y arena) juegan un papel significativo en la resistencia del hormigón.
2. Proceso de Mezclado: La homogeneidad y el tiempo de mezclado son determinantes para obtener una mezcla uniforme y de alta calidad. Un mezclado inadecuado puede comprometer las propiedades del hormigón.
3. Condiciones de Curado: El curado adecuado es esencial para el desarrollo de la resistencia. El hormigón debe mantenerse húmedo durante el periodo de curado para permitir una hidratación completa del cemento. Las condiciones ambientales, como temperaturas extremas, también pueden influir en la velocidad y calidad del curado.
4. Método de Colocación y Compactación: Una correcta compactación del hormigón asegura que se elimine el aire atrapado y que el material adquiera una densidad adecuada. La colocación debe realizarse de manera que evite la segregación y garantice una distribución uniforme.
5. Diseño de la Mezcla: Las proporciones de cemento, agua, agregados y aditivos deben ser precisas para lograr las propiedades deseadas. Los aditivos, como plastificantes y aceleradores, pueden modificar las características del hormigón para mejorar su rendimiento.
6. Durabilidad y Mantenimiento: Proteger el hormigón de cargas excesivas y mantenerlo adecuadamente son aspectos clave para preservar su resistencia a largo plazo.

OBJETIVO:

El objetivo de la presente Práctica Profesional Supervisada es ajustar la dosificación del método ACI (American Concrete Institute) para la mezcla de hormigón, considerando las características específicas de los materiales disponibles en la ciudad de Trelew, provincia de Chubut. Este ajuste busca optimizar la fórmula de mezcla para lograr el máximo rendimiento del hormigón, asegurando que se cumplan los requisitos de resistencia, durabilidad y calidad establecidos para las construcciones en la región.

Además, se busca obtener una ley de variación entre la resistencia del hormigón y la relación agua-cemento, para comprender mejor cómo las modificaciones en esta relación afectan el desempeño del material.

ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN:

El peso específico de los agregados y del cemento es una propiedad fundamental en la fabricación del hormigón, ya que influye en la densidad y en la calidad del producto final. Un peso específico adecuado de los agregados y el cemento es crucial para obtener un hormigón con las características deseadas, como la resistencia y la estabilidad estructural. En el caso del cemento, el peso específico también afecta la proporción de mezcla y la cantidad de agua necesaria para alcanzar la consistencia deseada.

En cuanto a la absorción de agregados, esta se refiere a la capacidad de dichos materiales para retener agua en sus estructuras porosas. Para los agregados, esta propiedad se mide como el porcentaje de aumento en peso después de saturar el material con agua. La absorción de los agregados afecta la cantidad de agua que se necesita en la mezcla de hormigón y puede influir en la trabajabilidad y en las propiedades. Para el cemento, la absorción se refiere a la capacidad del polvo de cemento para absorber humedad del aire. Aunque el cemento no tiene una alta capacidad de absorción como los agregados, su comportamiento respecto a la humedad es importante para mantener la calidad del material

- **Cemento:**

Se realiza el ensayo según la norma IRAM 1624 mediante el frasco de Le Chatelier. Elementos utilizados:

- Querosene: de calidad industrial y libre de agua
- Frasco de Le Chatelier: debe ser de vidrio de borosilicato y estar calibrado
- Balanza analítica

El frasco utilizado debe estar limpio y seco al momento de realizar el ensayo. Además, el cemento y el querosene deben estar a la misma temperatura que la del ambiente en donde se realiza el ensayo, por lo que se los debe almacenar en el lugar de trabajo 24 horas como mínimo antes del ensayo

Pasado dicho tiempo se llena el frasco con querosene hasta un nivel comprendido entre las marcas de 0 y 1 cm³, y a continuación se seca el interior del cuello del frasco con un papel que no deje restos. Al conjunto se lo deja reposar durante un periodo de tiempo tal para garantizar que no haya variaciones de temperaturas mayores a 0,2°C entre la lectura inicial y la final; pasado dicho periodo se registra la lectura inicial (V_1) teniendo en cuenta que debe realizarse en la parte inferior del menisco

Ya realizada la lectura inicial, se pesan en la balanza analítica al 0,01g aproximadamente 64g de cemento y se las introduce en pequeñas proporciones en el frasco cuidando que no se produzcan salpicaduras y evitando que el cemento se adhiera a las paredes interiores. Introducido todo el cemento, se tapa el frasco y se lo hace girar suavemente en círculos horizontales hasta que no suban burbujas de aire a la superficie del líquido

Transcurridos 150 ± 30 minutos se registra la lectura final (V_2).

La densidad del cemento será:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

- ρ : densidad del cemento en gramos por centímetro cúbico
- m: masa del cemento, en gramos
- V: volumen desplazado por la masa de cemento ($V_2 - V_1$), en centímetros cúbicos

El ensayo se repitió dos veces y se adoptó como densidad del cemento a la densidad promedio de los dos ensayos individuales. Los resultados obtenidos fueron:

Ensayo N°	1	2
m	64	64
V_2	22,9 cm ³	22,1 cm ³
V_1	0,8 cm ³	0,6 cm ³

Tabla 1: Datos para determinar la densidad del cemento



Figura 1: frasco de Le Chatelier

Las densidades de cada ensayo fueron las siguientes:

$$\rho_1 = \frac{m}{V_2 - V_1} = \frac{64 \text{ gr}}{22,9\text{cm}^3 - 0,8\text{cm}^3} = 2,90 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_2 = \frac{m}{V_2 - V_1} = \frac{64 \text{ gr}}{22,1\text{cm}^3 - 0,6\text{cm}^3} = 2,98 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Densidad del cemento adoptada:

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = \frac{2,90 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} + 2,98 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}{2} = 2,94 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

- Agregado Fino:

Se realiza el ensayo según la norma IRAM 1520. Elementos utilizados:

- Balanza: con precisión de 0,1gr
- Matraz aforado: con una capacidad de 500cm³
- Molde troncocónico: metálico, de 40mm±3mm de diámetro superior, 90mm±3mm de diámetro inferior y 75mm±3mm de altura
- Varilla de compactación: metálica, de 340mm±15gr de masa, con una superficie de compactación circular plana de 25mm±3mm de diámetro
- Estufa: regulada a una temperatura de 105°C±5°C
- Bandeja metálica: para secar la muestra
- Frasco de Le Chatelier

La muestra para el ensayo debe estar compuesta por aproximadamente 1Kg de agregado obtenido por cuarteo. Una vez realizado el cuarteo, se coloca la muestra en un recipiente y se seca a una temperatura de 105 °C±5°C hasta masa constantes. A continuación se cubre la muestra con agua y se deja estacionar durante 24 horas

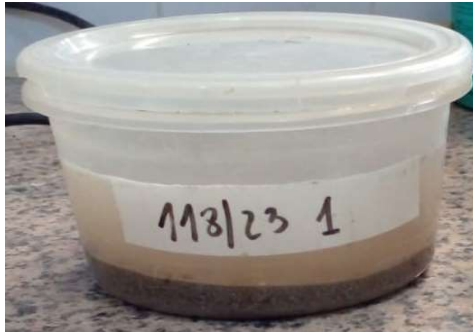
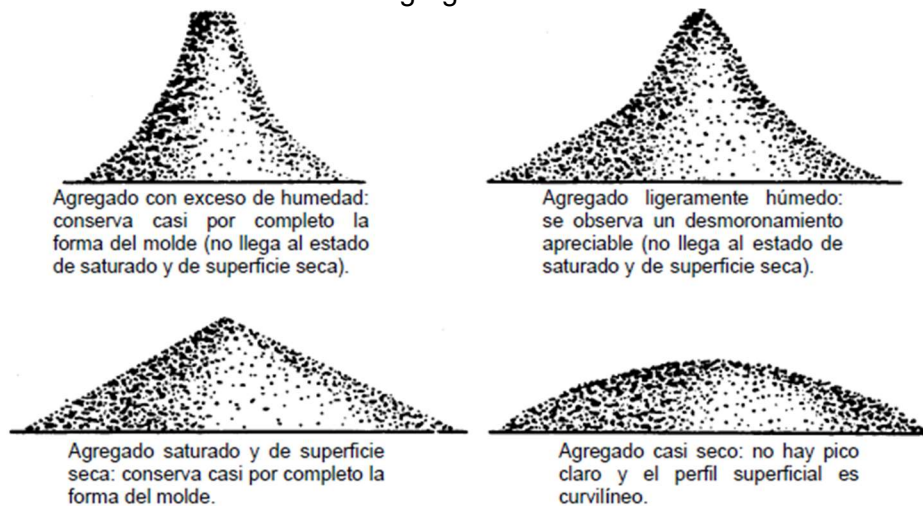


Figura 2: Muestra de agregado fino estacionada en agua

Pasado el tiempo se retira la muestra del agua y se extiende sobre una superficie plana, sometiéndola a la acción de una corriente suave de aire caliente (para ello se lo coloco sobre una hornalla a fuego indirecto), removiendo la muestra con frecuencia con el fin de asegurar un secado uniforme. Esta acción se repite hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre si

Luego, se coloca el agregado en el molde troncocónico llenándolo hasta enrasar, sin apretarlo, se apisona su superficie con 25 golpes de la varilla metálica, dejándola caer la misma altura desde una altura aproximada de 5mm. Una vez realizados los 25 golpes se desmolda, y en caso de retener la forma del molde, significa que el agregado aún tiene humedad superficial, por lo que se debe continuar el secado y repetir el llenado del cono hasta que el agregado se desmorone al sacar el molde, pero conserve una pendiente de generatriz recta y adquiera una forma cónica. En este momento el agregado se encuentra en condición saturado superficie seca



Ya alcanzada la condición de saturado superficie seca se continua con el cálculo de la:

- Densidad relativa real: relación entre la masa, en el aire, del sólido y la masa de un volumen de agua equivalente al volumen real del sólido considerado
- Densidad relativa aparente: relación entre la masa, en el aire, del sólido y la masa de un volumen de agua equivalente al volumen aparente del sólido considerado. Dicha densidad se obtendrá para estado seco y saturado superficie seca

Las densidades se obtuvieron según el método volumétrico:

- Densidad relativa real:

$$d_1 = \frac{m'_s * \left(\frac{m}{m_s}\right)}{(V_f - V_i) * d_a - (m_s - m) * \left(\frac{m'_s}{m_s}\right)}$$

Donde:

- o d_1 : densidad relativa real a (20/20) °C
- o m'_s : masa en aire de la muestra saturada y de superficie seca. Se pesó una cantidad de 55 gramos

- m : masa en aire de la muestra. Se seca la masa m'_s en estufa a $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ hasta peso constante. El peso obtenido fue de 54 gramos
- V_i : lectura inicial del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier. Se llena el frasco con agua hasta un nivel comprendido entre las marcas de 0 y 1cm^3 , a continuación se coloca el frasco en un baño de agua en posición vertical y se mantiene sumergido hasta que las variaciones de temperatura del líquido del frasco sean menores que $0,2^\circ\text{C}$. V_i será el volumen inicial alcanzado en el frasco dentro de un ámbito de temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. La lectura obtenida fue de $0,5\text{cm}^3$
- V_f : lectura final del nivel de agua en el frasco de Le Chatelier. Una vez obtenido la lectura inicial, se colocan los 55 gramos de agregado en condición saturada y de superficie seca, se tapa con el pico de la bomba de vacío y se enciende hasta que deje de observarse el ascenso de burbujas de aire a la superficie del líquido. A continuación, se registra el volumen final alcanzado en el frasco; la lectura obtenida fue de $21,8\text{cm}^3$



Figura 3 frasco de Le Chatelier

- d_a : densidad del agua a 20°C : $1\text{gr}/\text{cm}^3$

Reemplazando los valores:

$$d_1 = \frac{55\text{gr} * \left(\frac{54\text{gr}}{55\text{gr}}\right)}{(21,8\text{cm}^3 - 0,5\text{cm}^3) * 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} - (55\text{gr} - 54\text{gr}) * \left(\frac{55\text{gr}}{55\text{gr}}\right)} = 2,66 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

- Densidad relativa aparente en estado seco:

$$d_2 = \frac{m'_s * \left(\frac{m}{m_s}\right)}{(V_f - V_i) * d_a} = \frac{55\text{gr} * \left(\frac{54\text{gr}}{55\text{gr}}\right)}{(21,8\text{cm}^3 - 0,5\text{cm}^3) * 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 2,54 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

- Densidad relativa aparente en estado saturado superficie seca:

$$d_3 = \frac{m'_s}{(V_f - V_i) * d_a} = \frac{55\text{gr}}{(21,8\text{cm}^3 - 0,5\text{cm}^3) * 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}} = 2,58 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

El siguiente parámetro a determinar es el porcentaje de absorción de agua del agregado:

$$A = \frac{m_s - m}{m} * 100 = \frac{m_s - m}{m} * 100 = \left(\frac{55\text{gr} - 54\text{gr}}{54\text{gr}}\right) * 100 = 1,85\%$$

- Agregado Grueso:

Se realiza el ensayo según la norma IRAM 1533. Elementos utilizados:

- Balanza: con precisión de 0,5gr. Debe estar equipada con un dispositivo para mantener suspendido en el agua, desde el centro del plato de la balanza, el recipiente que contiene la muestra
- Cesto de alambre: el recipiente para contener la muestra consistirá en un cesto de alambre de malla IRAM 3,35mm como máximo, con una capacidad de 4dm³ a 7dm³ para agregados de un tamaño máximo nominal de hasta 37,5mm
- Tanque de agua: recipiente estanco con agua, dentro del cual pueda sumergirse el cesto de alambre con la muestra
- Estufa: regulada una temperatura de 105°C±5°C
- Tamiz IRAM 4,75mm
- Baño de agua: termostatzado a 20°±2°C

El primer paso fue reducir por cuarteo la muestra hasta tener la masa mínima, eliminando todo material pasante del tamiz de 4,75mm por vía seca, correspondiente a un tamaño máximo nominal de 25mm que se muestra en la siguiente tabla:

Tamaño máximo nominal (mm)	Masa mínima de la muestra de ensayo (kg)
≤ 12,5	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
112	50
125	75
150	125

Tabla 2 Muestra mínima en función del tamaño máximo nominal

Ya realizado el cuarteo, se lava el agregado grueso para eliminar el polvo u otro material de la superficie y se pesa obteniendo así el peso húmedo: 4160 gr. Ya obtenido el peso húmedo se seca la muestra hasta masa constante a una temperatura de 105°C±5°C. Luego, ya que el tamaño máximo nominal es menor a 37,5mm, se deja enfriar a temperatura ambiente entre 1 y 3 horas

A continuación se sumerge el agregado en agua a temperatura ambiente durante 24±4 horas. Pasado el tiempo se coloca el agregado en el cesto de alambre, se lo sumerge en agua a 20°C±2°C y se pesa en agua, obteniendo el peso sumergido: m_a=2529,8gr

Se retira la muestra del agua y se envuelve en una tela absorbente hasta eliminar toda el agua visible, evitando la evaporación del agua de los poros. Inmediatamente se pesa la muestra obteniendo la masa saturada y de superficie seca: m_s=4071,6 gr

A continuación se seca la muestra hasta masa constante a una temperatura de 105±5°C y se deja enfriar a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Pasado el tiempo se pesa la muestra obteniendo el peso seco: m=4030,8gr

Se continua con el cálculo de la:

- Densidad relativa real: relación entre la masa, en el aire, del sólido y la masa de un volumen de agua equivalente al volumen real del sólido considerado

- Densidad relativa aparente: relación entre la masa, en el aire, del sólido y la masa de un volumen de agua equivalente al volumen aparente del sólido considerado. Dicha densidad se obtendrá para estado seco y saturado superficie seca

Densidad relativa real:

$$d_1 = \frac{m}{m - m_a} = \frac{4030,8gr}{4030,8gr - 2529,8gr} = 2,69 \frac{gr}{cm^3}$$

Densidad relativa aparente en estado seco:

$$d_2 = \frac{m}{m_s - m_a} = \frac{4030,8gr}{4071,6gr - 2529,8gr} = 2,61 \frac{gr}{cm^3}$$

Densidad relativa aparente en estado saturado superficie seca:

$$d_3 = \frac{m_s}{m_s - m_a} = \frac{4071,6gr}{4071,6gr - 2529,8gr} = 2,64 \frac{gr}{cm^3}$$

Porcentaje de absorción de agua del agregado:

$$A = \frac{m_s - m}{m} * 100 = \frac{m_s - m}{m} * 100 = \left(\frac{4071,6gr - 4030,8gr}{4030,8gr} \right) * 100 = 1,01\%$$

PUV:

El Peso Unitario de Volumen (PUV) se define como el peso de una unidad de volumen del material y se expresa en unidades de kilogramos por metro cúbico (kg/m³).

Para los agregados, el PUV afecta la densidad del hormigón. Agregados con un PUV alto contribuyen a un hormigón más denso y, generalmente, más resistente. En cambio, agregados con un PUV bajo pueden resultar en un hormigón más ligero, lo cual puede ser deseable en aplicaciones que requieran reducción de peso. Además, el PUV de los agregados también impacta la cantidad de agua y cemento necesarios en la mezcla para alcanzar las propiedades mecánicas deseadas.

En resumen, el PUV es un parámetro clave en la fabricación del hormigón que influye en la densidad, resistencia y propiedades generales del producto final, y su control preciso es esencial para garantizar la calidad y funcionalidad del hormigón en aplicaciones constructivas

Se realiza el ensayo según la norma IRAM 1548. Elementos utilizados:

- Balanza: que permita apreciar 50 gramos
- Pisón: varilla recta de acero de 16mm de diámetro y 600mm de largo
- Recipiente: de forma cilíndrica, rígido e indeformable
- Placa de calibración: placa de vidrio de 6mm de espesor
- Estufa: capaz de mantener una temperatura uniforme de 105°C±5°C

Se debe comenzar realizando la calibración del recipiente utilizado. Para ello se determina la masa del recipiente vacío (m_r); a continuación, se llena el recipiente con agua a temperatura ambiente, se cubre con la placa de calibración de manera de eliminar el agua en exceso y se determina la masa del recipiente más el agua contenida (m_{ra}). La masa de agua en el recipiente (m_a) se obtiene como diferencia de las dos masas previas

Las masas obtenidas fueron:

- m_r: 0,45Kg
- m_{ra}: 11,42 Kg
- m_a: m_r-m_{ra}=11,42Kg-0,45Kg=10,97Kg

Luego se mide la temperatura del agua en el recipiente y de la siguiente tabla se obtiene la densidad del agua:

Temperatura (°C)	Densidad (ρ_w) (kg/m ³)
15,6	999,01
18,3	998,54
21,1	997,97
23,0	997,54
23,9	997,32
26,7	996,59
29,4	995,83

Tabla 3 Densidad en función de la T°

Se utilizaron dos termómetros (un termómetro digital y un termómetro de mercurio) y se adoptó como valor de ensayo la temperatura promedio:

- T°₁: 15,4°C
- T°₂: 16,0°C
- T°_{Media}: 15,7°C

Mediante una interpolación lineal entre las densidades correspondientes a las temperaturas de 15,6°C y 18,3°C se obtuvo una densidad de: $\rho_w = 998,99 \text{ Kg/m}^3$. Por lo que el volumen del recipiente utilizado es:

$$V_{\text{recipiente}} = \frac{m_a}{\rho_w} = \frac{10,97 \text{ Kg}}{998,99 \text{ Kg/m}^3} = 0,011 \text{ m}^3$$

Se prosigue con la determinación del PUV. Ya que el tamaño máximo nominal es menor a 37,5mm el ensayo debe realizarse según el Método A especificado en la Norma IRAM 1548

Se llena el recipiente en 3 capas de igual volumen de agregado, compactando uniformemente en toda la superficie mediante varillado de 25 golpes entre capas



Figura 4 Ensayo para determinación de PUV

Terminada la tercer capa, se nivela la capa superficial utilizando el pisón, de manera de enrasarla con el borde superior del recipiente y se registra la masa del recipiente más el agregado (m_{ar}). El valor de PUV será:

$$PUV = \frac{m_{ar} - m_r}{V}$$

El ensayo se repitió tres veces y se adoptó como valor de ensayo al PUV promedio. Los resultados obtenidos fueron:

- Ensayo 1:
 - o m_{ar} : 19,40Kg

$$PUV_1 = \frac{m_{ar} - m_r}{V} = \frac{19,40Kg - 0,45Kg}{0,011m^3} = 1725,24 \frac{Kg}{m^3}$$

- Ensayo 2:
 - o m_{ar} : 19,33Kg

$$PUV_2 = \frac{m_{ar} - m_r}{V} = \frac{19,33Kg - 0,45Kg}{0,011m^3} = 1719,32 \frac{Kg}{m^3}$$

- Ensayo 1:
 - o m_{ar} : 19,50Kg

$$PUV_3 = \frac{m_{ar} - m_r}{V} = \frac{19,50Kg - 0,45Kg}{0,011m^3} = 1734,80 \frac{Kg}{m^3}$$

- Valor de ensayo:

$$PUV = \frac{PUV_1 + PUV_2 + PUV_3}{3} = \frac{1725,24 \frac{Kg}{m^3} + 1719,32 \frac{Kg}{m^3} + 1734,80 \frac{Kg}{m^3}}{3} = 1726,45 \frac{Kg}{m^3}$$

Granulometría:

La granulometría de los agregados se refiere a la distribución del tamaño de las partículas en una muestra de agregado. En la fabricación de hormigón, la granulometría tiene un impacto en varias propiedades del material:

1. **Trabajabilidad:** La granulometría afecta la facilidad con la que se puede mezclar, transportar y colocar el hormigón. Una distribución adecuada de tamaños de partículas ayuda a mejorar la cohesión de la mezcla, reduciendo la segregación y el encofrado. Una mezcla bien graduada facilita el flujo del hormigón, haciéndolo más manejable y fácil de colocar.
2. **Resistencia:** La resistencia del hormigón está influenciada por la granulometría de los agregados. Un rango bien balanceado de tamaños de partículas asegura que los espacios vacíos entre los agregados sean mínimos, lo que mejora la densidad y la cohesión del hormigón. En cambio, los agregados de tamaño uniforme o mal graduados pueden crear vacíos debilitando la mezcla.
3. **Consumo de Cemento:** Una buena graduación de los agregados permite una mejor compactación y reduce la necesidad de cemento para llenar los vacíos entre las partículas. Lo cual puede traducirse como una reducción en el costo del material y mejorar la eficiencia de la mezcla.
4. **Durabilidad:** Una granulometría bien diseñada minimiza los poros y espacios vacíos en el hormigón, lo que ayuda a reducir la penetración de agua y agresivos químicos, logrando una mayor durabilidad en el tiempo

Elementos utilizados para la determinación:

- Tamices IRAM, de tela de alambre tejido, que cumplan con las características indicadas en las IRAM 1501-2/NM-ISO 565 e IRAM 1501-3. Para agregados gruesos se utilizan tamices de diámetro nominal mayor que 200 mm.
- Estufa: a una temperatura de $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Balanzas, que permitan efectuar pesadas con la siguiente precisión
 - o Para agregados finos, 0,1 g o 0,1% de la carga de ensayo
 - o Para agregados gruesos, o mezclas de agregados finos y gruesos, 0,5 g o 0,1% de la carga de ensayo

Para la obtención de la muestra se realiza un cuarteo manual según la norma IRAM 1509:

Los agregados serán cuartados en estado húmedo. Con el total de la muestra se forma una pila en forma cónica y con una pala se tomará el material para formar otra pila de igual forma, dejándolo caer en cada palada sobre

el vértice del cono que se va formando, repitiendo la misma operación tres veces. Luego, con el reverso de la pala se aplana la pila hasta lograr un espesor uniforme y se trazan dos diámetros perpendiculares.

De las cuatro partes que se dividió la muestra se desechan los dos cuartos opuestos. El material de los dos cuartos elegidos se mezcla nuevamente y se parten de la forma indicada anteriormente. El procedimiento se repite hasta lograr el tamaño necesario de la muestra para el ensayo.

Se busca obtener una muestra de material de 300 gr correspondiente al agregado fino 118-23 y de 5000gr correspondientes al agregado grueso 119-23 tal como indica la siguiente tabla

Tamaño máximo nominal (mm)	Masa mínima de la muestra de ensayo (kg)
9,5	1
13,2	2
19,0	5
26,5	10
37,5	15
53	20
63	35
75	60
90	100
106	150
125	300

Tabla 4 Muestra mínima en función del tamaño máximo nominal

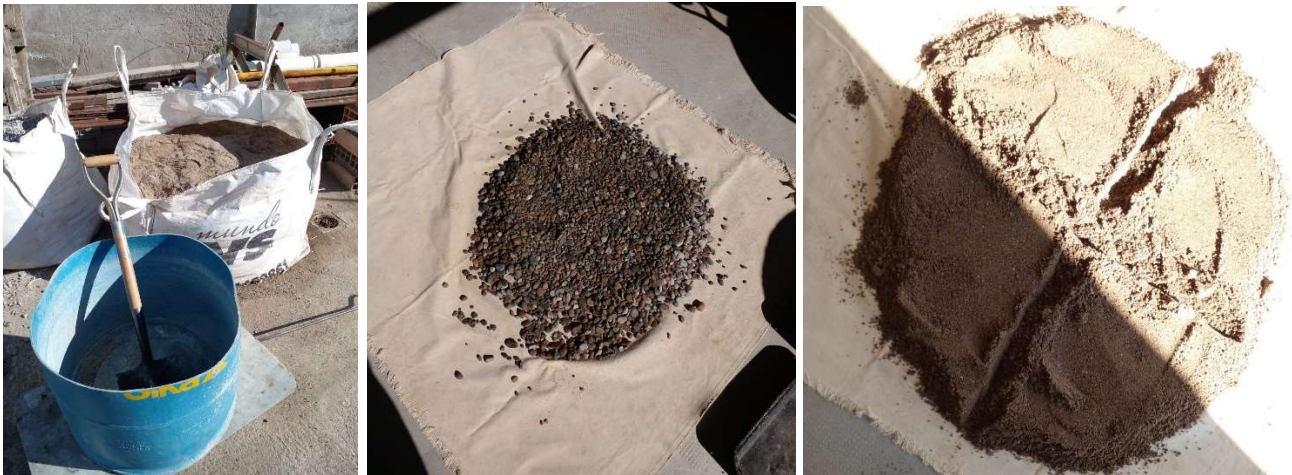


Figura 5 Cuarteo Manual

Una vez obtenida la muestra se seca en estufa durante $24 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$, a la temperatura de $105 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ hasta masa constante.



Figura 6 Horno para secado de agregados

Una vez pasado el tiempo se determina la masa de la muestra de ensayo (se realizaron dos ensayos por muestra). A continuación, el análisis granulométrico se realiza utilizando una serie de tamices por donde se pasa el material secado previamente. A medida que el material va pasando de tamiz en tamiz, la abertura de éstas va disminuyendo. De esta forma tendremos una determinada fracción de la muestra que será retenida en un determinado tamiz y otra pasara, determinando entonces que esta cantidad de material retenida posee un tamaño que oscila entre las dimensiones de las aberturas del tamiz que la retuvo y el anterior.

Los resultados obtenidos fueron:

- Muestra 118-23 (1): Peso 300,1 gr

Tamiz	Retiene	Pasa	%Pasa
2"			100
1 1/2"			100
1"			100
3/4"			100
1/2"			100
3/8"			100
#4	20,3	279,8	93
	Peso	279,8	
Tamiz	Retiene	Pasa	
#8	83,8	196	65
#16	70	126	42
#30	33,2	92,8	31
#50	27,8	65	22
#100	51,2	13,8	5
#200	10	3,8	1,3

Tabla 5 Granulometría Muestra (1) 118-23

- Muestra 118-23 (2): Peso 300,3 gr

Tamiz	Retiene	Pasa	%Pasa
2"			100
1 1/2"			100
1"			100
3/4"			100
1/2"			100
3/8"			100
#4	12,9	287,4	96
	Peso	287,4	
Tamiz	Retiene	Pasa	
#8	89,6	197,8	66
#16	69,1	128,7	43
#30	32,7	96	32
#50	32,1	63,9	21
#100	52,9	11	4
#200	7	4	1,3

Tabla 6 Granulometría Muestra (2) 118-23



Figura 7 Muestra 118-23

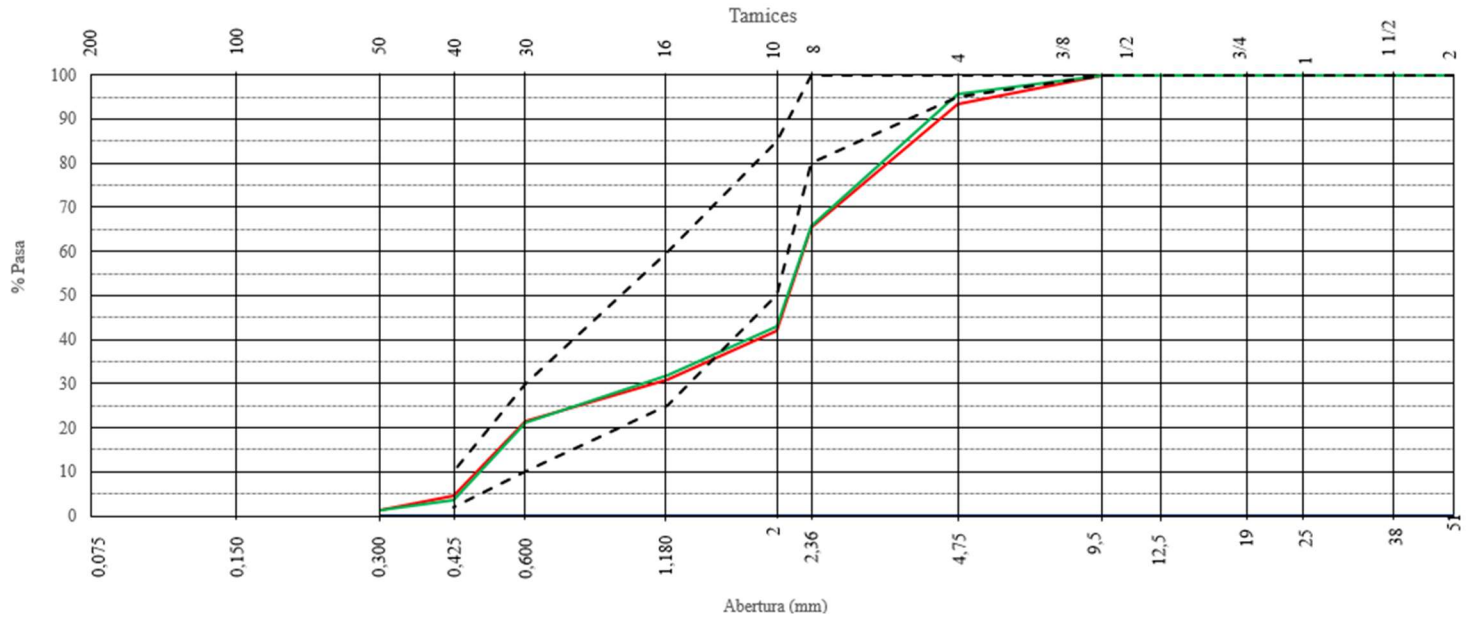
La norma establece ciertos tipos de curvas límite granulométricas, dentro de las cuales tiene que encontrarse la del agregado a ensayar para que sea considerado apto para la elaboración del hormigón.

El CIRSOC 201/05, establece que para los agregados finos las curvas límites pueden ser A, B y C:

Tamices de mallas cuadradas IRAM 1501-2/ NM-ISO 565	Porcentaje máximo que pasa, en masa		
	Granulometría A	Granulometría B	Granulometría C
9,5 mm	100	100	100
4,75 mm	95	100	100
2,36 mm	80	100	100
1,18 mm	50	85	100
600 µm	25	60	95
300 µm	10	30	50
150 µm	2	10	10

Tabla 7 Curvas límites para granulometría de AF

A continuación, se grafican ambas granulometrías y se verifica que se encuentren entre las curvas dadas por el reglamento:



Curva 1 Curva granulométrica muestra 118-23 (1) y 118-23 (2)

Se observa que tanto la muestra 118-23 (1) (curva naranja) y 118-23 (2) curva verde poseen tramos por debajo de los límites dados, por lo que el reglamento Cirsoc 201/05 no permite utilizar dichos agregados en su estado original para la elaboración de hormigón

Por lo tanto es necesario corregir la muestra. Para dicha corrección se tiene en cuenta el promedio de los pesos retenidos en cada una de los análisis previos:

	Peso	300,2	
Tamiz	Retiene	Pasa	%
2"			100
1 1/2"			100
1"			100
3/4"			100
1/2"			100
3/8"			100
#4	16,6	283,6	94
	Peso	283,6	
Tamiz	Retiene	Pasa	
#8	86,7	196,9	66
#16	69,55	127,35	42
#30	32,95	94,4	31
#50	29,95	64,45	21
#100	52,05	12,4	4
#200	8,5	3,9	1,3

Tabla 8 Granulometría corregida Muestra 118-23

Se plantea una nueva granulometría en donde no exista material retenido en el tamiz N°4 y en la cual el material retenido en el tamiz N°8 es un 40% del material original. La nueva muestra posee un peso de:

$$Peso\ Corregido = Peso_{promedio} - Retenie\ #4_{promedio} - Retenie\ #8_{promedio} - Retenie\ #8_{corregido}$$

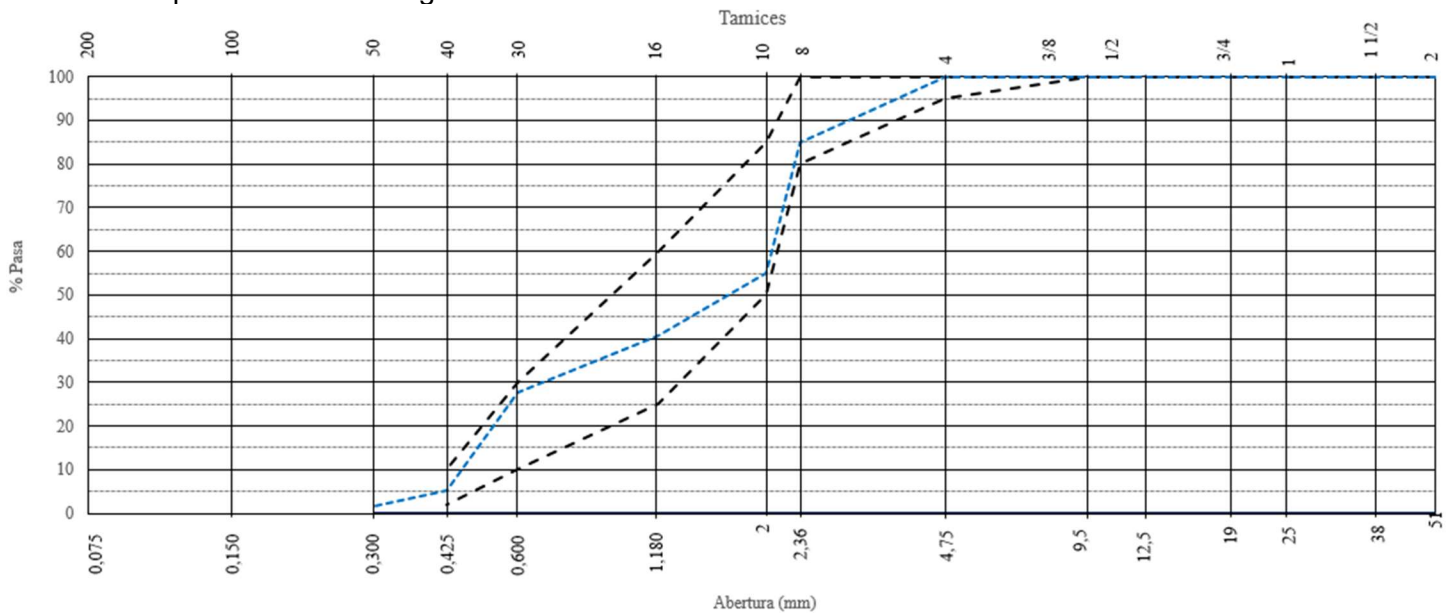
$$Peso\ Corregido = 300,2gr - 16,6gr - 86,7gr - 0,4 * 86,7gr = 231,9\ gr$$

La granulometría obtenida es:

	Peso	231,9	
Tamiz	Retiene	Pasa	%
2"			100
1 1/2"			100
1"			100
3/4"			100
1/2"			100
3/8"			100
#4	0	231,9	100
	Peso	231,9	
Tamiz	Retiene	Pasa	
#8	35	196,9	85
#16	69,55	127,35	55
#30	32,95	94,4	41
#50	29,95	64,45	28
#100	52,05	12,4	5
#200	8,5	3,9	1,7

Tabla 9 Granulometría corregida Muestra 118-23

Se observa que la nueva curva granulométrica si se encuentra entre los límites establecidos:



Curva 2 Curva granulométrica corregida muestra 118-23

En el caso de los agregados gruesos éstos tendrán que estar entre dos curvas granulométricas que da la norma de acuerdo a su tamaño máximo nominal.

Tamaño Nominal	Porcentajes en masa que pasan por los tamices IRAM de mallas cuadradas								
	63,0 mm	53,0 mm	37,5 mm	26,5 mm	19,0 mm	13,2 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm
53,0 a 4,75	100	95 a 100	---	35 a 70	---	15 a 30	---	0 a 5	---
37,5 a 4,75	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---
26,5 a 4,75	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5
19,0 a 4,75	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5
13,2 a 4,75	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5
53,0 a 26,5	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---
37,5 a 19,0	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---

Tabla 10 Curvas límites agregados gruesos

Nuevamente se tienen en cuenta dos muestras cuyos pesos retenidos y pasantes son:

Peso 5240,0				Peso 5000,0			
Tamiz	Retiene	Pasa	%	Tamiz	Retiene	Pasa	%
3		5240,0	100	3		5000,0	100
2 1/2		5240,0	100	2 1/2		5000,0	100
2		5240,0	100	2		5000,0	100
1 1/2	0,0	5240,0	100	1 1/2	0,0	5000,0	100
1	0,0	5240,0	100	1	0,0	5000,0	100
3/4	515,0	4725,0	90	3/4	450,0	4550,0	91
1/2	2210,0	2515,0	48	1/2	1555,0	2995,0	60
3/8	1050,0	1465,0	28	3/8	1170,0	1825,0	37
4	1380,0	85,0	1,6	4	1685,0	140,0	2,8

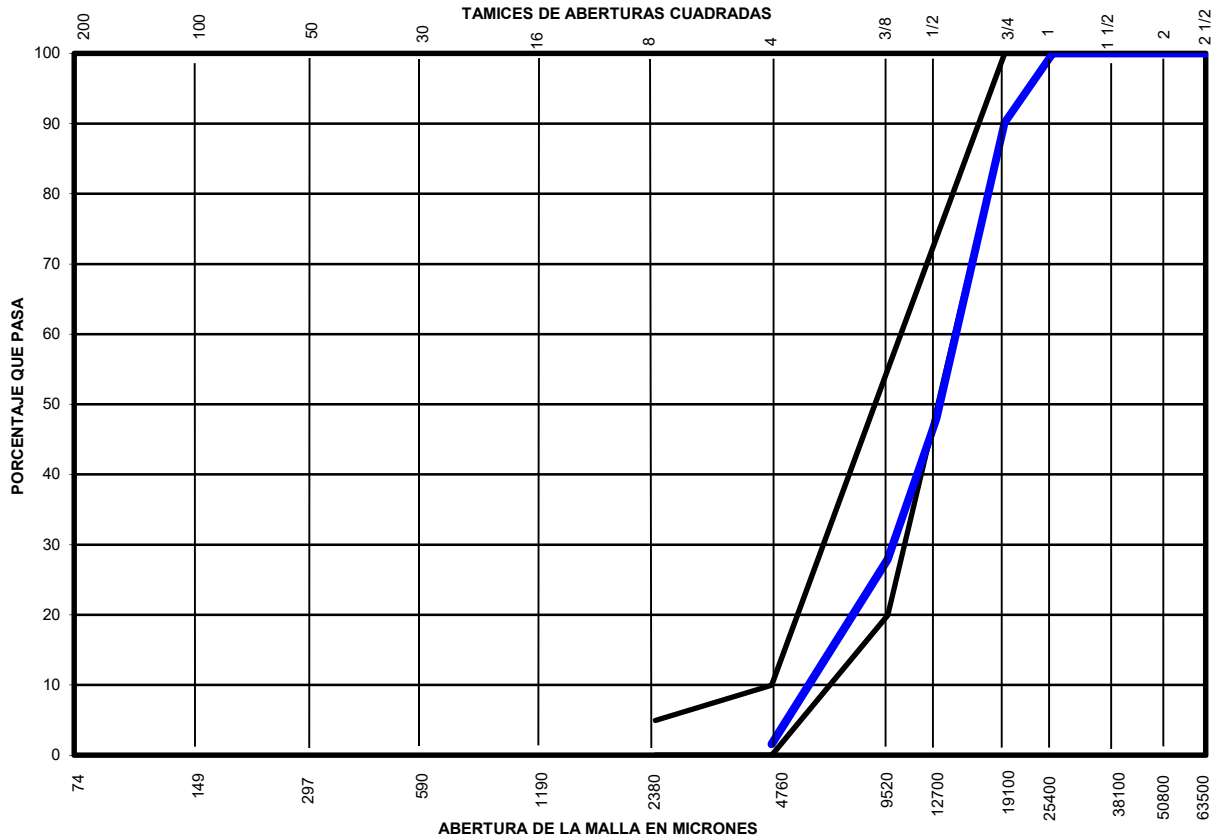
Peso 85,0				Peso 140,0			
Tamiz	Retiene	Pasa	%	Tamiz	Retiene	Pasa	%
8	22,7	62,3	1	8	80,0	60,0	1
16	0,0	62,3	1	16	0,0	60,0	1
30	0,0	62,3	1	30	0,0	60,0	1
50	0,0	62,3	1	50	0,0	60,0	1
100	0,0	62,3	1	100	0,0	60,0	1
200	0,0	62,3	1,2	200	0,0	60,0	1,2

Tabla 11 Granulometría muestras 119-23 (1) y 119-23(2)



Figura 8 Muestra 119-23

A continuación se realiza la curva granulométrica y se verifica que se encuentren entre los límites dados por el reglamento:



Curva 3 Curva granulométrica muestra 119-23

Donde las curvas negras corresponden a los límites y la curva azul corresponde a las granulometrías realizadas. Se observa que se encuentran dentro de los límites, por lo que no es necesario corregir el agregado al momento de la dosificación

DOSIFICACIÓN Y ENSAYOS DE ASENTAMIENTO:

Se denomina dosificación al proceso mediante el cual se determinan y se mezclan las proporciones adecuadas de los diferentes componentes del hormigón para lograr las propiedades deseadas. La dosificación es crucial para garantizar que el hormigón tenga la resistencia, durabilidad, trabajabilidad y características específicas requeridas.

- **Cemento:** El cemento actúa como el aglutinante que une los agregados y se endurece con el tiempo para formar la estructura sólida del hormigón.
- **Agregados:** La dosificación de los agregados, tanto finos (arena) como gruesos (grava o piedra triturada), debe ser precisa para asegurar una mezcla homogénea.
- **Agua:** La cantidad de agua se dosifica cuidadosamente para lograr la consistencia adecuada de la mezcla y permitir que el cemento se hidrate correctamente.

La precisión en este proceso es esencial para evitar problemas como la falta de resistencia, la segregación o la mala trabajabilidad.

Se realiza el cálculo de la cantidad de materiales a emplear en la fabricación del hormigón según el reglamento ACI-PRC 211-1 2022. Como se mencionó previamente se busca obtener distintos valores de asentamientos para determinadas relaciones agua/cemento planteadas con el fin de obtener una función matemática que relaciones ambos parámetros.

Los pasos a seguir son:

- I. **Selección del Asentamiento:** Si no se especifica el asentamiento, se puede seleccionar de la siguiente tabla, dichos valores se aplican al hormigón producido sin aditivo reductor de agua. Se debe aclarar que los valores de asentamiento dados por dicha tabla deben ajustarse en función de diversas condiciones y no debe aplicarse como especificación.

Rangos típicos de asentamiento para hormigón sin aditivos reductores de agua para varios tipos de construcción	
Rangos típicos de asentamiento (cm)	Tipos de construcción
2,5 a 10	Fluida
5 a 10	Hormigón masivo
5 a 12,5	Losas y pavimentos, zapatas, pilotes, muros de cimentación y muros de sub-estructura sencillos
7,5 a 12,5	Vigas, muros reforzados, columnas
El asentamiento puede ser incrementado cuando se utilicen aditivos reductores de agua de medio o alto rango, otorgando a la mezcla de hormigón tratada con la misma o menor relación a/c y que no exhiba segregación ni lechada excesiva.	

Tabla 12 Rangos de Asentamientos (método ACI)

- II. **Selección del tamaño máximo del agregado:** se utiliza el valor obtenido en el análisis granulométrico. El mismo no debe exceder 1/5 de la menor dimensión del elemento estructural, 1/3 del espesor de las losas o 3/4 del espaciamiento mínimo entre barras
- III. **Estimación de agua de mezclado y contenido de aire:** La cantidad de agua por metro cubico de hormigón depende del tamaño máximo nominal (1"-26,5mm), forma de la partícula, textura de la superficie y clasificación de los agregados; la temperatura del hormigón; el contenido de aire incorporado; y el uso de aditivos químicos. La estimación inicial del peso del agua de mezclado puede ser adoptado de la siguiente tabla, la cual establece los pesos aproximados de agua de mezclado por metro cubico de hormigón en función del tamaño máximo nominal de los agregados

Contenido aproximado de agua y aire para diferentes asentamientos de hormigón sin aditivos reductores de agua de mezclado y tamaños máximos nominales de los agregados							
Contenido de Agua en kg/m³ de hormigón							
Asentamiento (cm)/Tam. Max Nom. (mm) *	9,5	13,2	19,0	26,5	37,5	53**	75**
Hormigón sin aire intencionalmente incorporado							
De 2,5 a 5,0	208	199	187	178	163	154	131
De 7,5 a 10,0	228	217	202	193	178	169	145
De 12,5 a 15,0	237	222	208	196	181	172	151
De 15,0 a 17,5	243	228	214	202	187	178	160
Contenido aproximado de aire atrapado (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3
Hormigón con aire intencionalmente incorporado							
De 2,5 a 5,0	181	175	166	160	148	142	122
De 7,5 a 10,0	202	193	181	175	163	157	133
De 12,5 a 15,0	211	199	187	178	166	160	142
De 15,0 a 17,5	217	205	193	184	172	166	154
Contenido de aire incorporado recomendado por exposición (%)							
Exposición moderada	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5
Exposición severa	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5
* Los asentamientos son valores máximos para agregados angulares clasificados dentro de los límites de las especificaciones aceptadas.							
** Los valores de asentamiento se basan en la prueba de asentamiento realizada después de la eliminación de partículas más grandes que 38mm mediante tamizado húmedo.							

Tabla 13 Kg de agua por m³ de H° según asentamiento

En nuestro caso se adoptan los valores correspondientes a un hormigón sin aire intencionalmente incorporado. El valor obtenido se corrige de acuerdo a las siguientes condiciones especificadas por el reglamento

Ajuste estimado del contenido de agua para varias condiciones	
Cambio de condición	Ajuste del contenido de agua (%)
Agregado redondeado	-8
Cada 1% de aumento del contenido de aire	-3
Cada 1% de disminución del contenido de aire	+3
Uso de aditivo reductor de agua de mezclado	-5
Uso de aditivo reductor de agua de mezclado de alto rango	-12
Cada 2,5cm de aumento del asentamiento	+3
Cada 2,5cm de disminución del asentamiento	-3
Cada 12°C de aumento de la temperatura del hormigón	+2
Cada 12°C de disminución de la temperatura del hormigón	-2
Cada 10% de aumento en el contenido de cenizas volantes como reemplazo del cemento, en peso	-3
Cada 10% de disminución en el contenido de cenizas volantes como reemplazo del cemento, en peso	+3
Cada 10% de aumento en el contenido de cemento de escoria como reemplazo de cemento, en peso	-5
Cada 10% de disminución en el contenido de cemento de escoria como reemplazo de cemento, en peso	+5
Uso de arena elaborada	+5

Estos ajustes asumen que se utilizaron condiciones estándar de laboratorio de control de temperatura en hormigones con asentamiento de 7,5cm a 10cm que contengan agregados dentro de los límites de las especificaciones y arena natural con un módulo de finura de 2,75.

Tabla 14 Ajuste del contenido de agua

- IV. *Selección de la relación agua cemento:* está determinado por los requerimientos de resistencia y por los requerimientos de durabilidad. En caso de no poseer dichos datos pueden ser adoptados lo de la siguiente tabla:

Relación entre a/c y resistencia a la compresión del hormigón		
	Relación a/c en peso	
Resistencia a la compresión a 28 días (MPa)	Hormigón sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
48,26	0,34	
41,37	0,41	0,33
34,47	0,48	0,40
27,58	0,57	0,48
20,68	0,68	0,59
13,79	0,82	0,74

Valores estimados por resistencia promedio de hormigón de no más de 2% de contenido de aire para hormigón sin aire incorporado y 6% de contenido de aire para hormigón con aire incorporado. Para una a/c constante, la resistencia del hormigón se reduce cuando se incrementa el contenido de aire. Los valores de resistencia a 28 días son conservativos y pueden cambiar cuando se utilizan varios cementos. El ritmo al que se desarrolla la fuerza de 28 días también puede cambiar. La resistencia a la compresión es basada en el ensayo de probetas de 15 x 30 cm o 10 x 20 cm cilindros curados de acuerdo a la norma IRAM 1534 y ASTM C31/31M.

Hormigones con a/c menores a 0,33 requieren el uso de aditivos químicos, adiciones de materiales cementicios para lograr resistencia a 28 días de 48,26 MPa.

Tabla 15 Relación entre a/c y resistencia a la compresión

Las relaciones mostradas asumen un tamaño máximo nominal del agregado de aproximadamente 19mm a 25mm. Las resistencias mostradas se refieren a ensayos a 28 días de probetas curadas bajo condiciones estándar de laboratorio.

- V. *Calculo del contenido de cemento:* La cantidad requerida de cemento es igual al contenido de agua estimado del Paso 3 dividido por la relación a/c del Paso 4
- VI. *Estimación del contenido de agregado grueso:* Los valores apropiados para este volumen de agregado se muestran en la siguiente tabla.

Volumen suelto del agregado grueso por unidad de volumen de hormigón				
Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Volumen varillado secado al horno del agregado grueso por unidad de volumen del hormigón en función del módulo de finura del agregado fino			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
13,2	0,59	0,57	0,55	0,53
19,0	0,66	0,64	0,62	0,60
26,5	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
53,0	0,78	0,76	0,74	0,72
75,0	0,82	0,80	0,78	0,76

Los volúmenes son basados en agregado grueso en condición varillado y secado en horno descrito en la norma IRAM 1548 ASTM C29/29M. Estos volúmenes fueron seleccionados por experiencias empíricas para elaborar hormigón con un grado de trabajabilidad adecuada usuales para construcciones armadas. Para hormigón con menor trabajabilidad, como hormigón para pavimento, estos valores deben ser incrementados un 10% aproximadamente.

Tabla 16 Volumen suelto del agregado grueso por unidad de volumen de hormigón

Este volumen se convierte al peso seco del agregado grueso multiplicando el volumen suelto por la densidad del agregado grueso varillado y secado en horno. El peso obtenido se convierte en un peso saturado a superficie seca equivalente multiplicándolo por 1 más la absorción.

- VII. *Estimación del contenido de agregado fino:* Calcular la cantidad requerida de agregado fino implica el uso del desplazamiento de los agregados. El volumen total desplazado por los ingredientes conocidos se resta de la unidad de volumen del hormigón. El volumen obtenido se debe convertir a peso en condición de saturada a superficie seca en base a su densidad saturada a superficie seca multiplicando el volumen por la gravedad específica del agregado por la densidad del agua.
- VIII. *Resumen de pesos de diseño:* Una vez obtenido los pesos de todos los materiales se debe completar la siguiente tabla

Resumen de pesos de diseño	
	Peso de diseño
Agua de mezclado	Paso 3
Cemento	Paso 5
Agregado grueso (Saturado a superficie seca)	Paso 6
Agregado fino (Saturado a superficie seca)	Paso 7
Peso total	-

Si son utilizados aditivos, se debe aclarar la dosificación por metro cubico de hormigón. Aclarar el porcentaje de contenido de aire de acuerdo a los valores de la Tabla 5.3.3 (Paso 3)

Tabla 17 Resumen de Pesos de diseño

IX. Pastón de prueba-Ajuste de humedad: El diseño de la mezcla obtenida se debe ajustar para tener en cuenta los cambios de humedad de los agregados antes del procesamiento del pastón. Estos ajustes son para adaptarse a los cambios en las condiciones de las reservas de los materiales y no son ajustes al diseño de la mezcla.

Generalmente, ya que los agregados tendrán un mayor contenido de humedad que su condición de saturado superficie seca, será necesario aumentar la cantidad dosificada del peso de diseño, expresado como saturado a superficie seca, por el agua libre en el agregado para que se use la cantidad correcta de agregado. Como caso opuesto puede suceder que el agregado esté tan seco que la cantidad a pesar deba disminuirse agregando agua adicional.

Se utiliza la siguiente fórmula para determinar el peso del agregado a usar en el pastón:

$$Peso\ Agregado_{paston} = \frac{(1 + \% Humedad)}{(1 + \% Absorción)} \times Peso\ agregado_{diseño}$$

El peso de agua libre será la diferencia entre el peso del agua del pastón y el peso del agua de mezclado. El peso obtenido se resta del peso del agua de diseño para obtener el peso del agua a utilizar en el pastón.

A modo de verificación el peso de agua de diseño más el agua libre debe ser igual al peso del agua del pastón. Y el peso total del pastón, después de los ajustes de humedad, debe coincidir con el peso total de diseño.

Resumen de pesos del pastón		
	Peso de diseño	Peso de pastón
Agua de mezclado	Paso 3	
Cemento	Paso 5	
Agregado grueso (Saturado a superficie seca)	Paso 6	
Agregado fino (Saturado a superficie seca)	Paso 7	
Peso total	-	
Si son utilizados aditivos, se debe aclarar la dosificación por metro cubico de hormigón. Aclarar el porcentaje de contenido de aire de acuerdo a los valores de la Tabla 5.3.3 (Paso 3).		

Tabla 18 Resumen de pesos del pastón

A continuación se detallan las dosificaciones realizadas y los resultados obtenidos:

I. Dosificación 4/11/2023 (árido sin corregir) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:

Datos:

- Rango de asentamiento esperado: 7,5 – 10cm
- Densidad del cemento: 2,94 gr/cm³
- Kg de agua: 193 Kg

Contenido de Agua en kg/m ³ de hormigón							
Asentamiento (cm)/Tam. Max Nom. (mm) *	9,5	13,2	19,0	26,5	37,5	53**	75**
Hormigón sin aire intencionalmente incorporado							
De 2,5 a 5,0	208	199	187	173	163	154	131
De 7,5 a 10,0	228	217	202	193	178	169	145
De 12,5 a 15,0	237	222	208	196	181	172	151
De 15,0 a 17,5	243	228	214	202	187	178	160
Contenido aproximado de aire atrapado (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3

- Kg de agua (corregida): se realiza una corrección considerando al árido como redondeado (-8%)

$$Kg\ agua = 193Kg - 8\% * 193Kg = 178Kg$$
- Módulo de finura: 3,4
- Volumen de agregado grueso suelto: se obtiene de realizar una interpolación para los volúmenes en función del módulo de finura de la siguiente tabla:

Volumen suelto del agregado grueso por unidad de volumen de hormigón				
Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Volumen varillado secado al horno del agregado grueso por unidad de volumen del hormigón en función del módulo de finura del agregado fino			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
13,2	0,59	0,57	0,55	0,53
19,0	0,66	0,64	0,62	0,60
26,5	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
53,0	0,78	0,76	0,74	0,72
75,0	0,82	0,80	0,78	0,76

Para un módulo de finura de 3,4 se obtiene un volumen suelto de $0,61m^3$

- PUV medio: $1726,45\text{ Kg}/m^3$
- Absorción agregado grueso: 1,01%
- Absorción agregado fino: 1,85%
- Densidad del agua: $1000\text{ Kg}/m^3$
- Densidad agregado fino (saturado superficie seca): $2580\text{ Kg}/m^3$
- Densidad agregado grueso (saturado superficie seca): $2641\text{ Kg}/m^3$

Se comienza calculando las cantidades en peso de cada material correspondiente a un pastón de $1m^3$:

- Cemento:

- Peso:

$$W_c = \frac{Kg\ agua\ (corregida)}{Relación\ a/c} = \frac{178Kg}{0,55} = 322,84Kg$$

- Volumen:

$$V_c = \frac{W_c}{Densidad\ cemento} = \frac{322,84Kg}{2940\frac{Kg}{m^3}} = 0,110m^3$$

- Agregado Grueso:

- Peso:

$$W_{AG} = Vol_{AG(suelto)} * PUV_{medio} * (1 + Absorción_{AG}) = 0,61m^3 * 1726,5\frac{Kg}{m^3} * \left(1 + \frac{1,01}{100}\right) = 1063,80\text{ Kg}$$

- Volumen:

$$V_{AG} = \frac{W_{AG}}{Densidad_{AG}} = \frac{1063,8Kg}{2641\frac{Kg}{m^3}} = 0,403m^3$$

- Agua:

- Peso:

$$W_w = 178Kg$$

- Volumen:

$$V_w = \frac{W_w}{Densidad_w} = \frac{178Kg}{1000\frac{Kg}{m^3}} = 0,178m^3$$

- Agregado Fino:

- Volumen:

$$V_{AF} = 1m^3 - V_c - V_{AG} - V_w - \left(\frac{\% Aire}{100}\right) = 1m^3 - 0,110m^3 - 0,403m^3 - 0,178m^3 - \left(\frac{1,5\%}{100}\right) = 0,295m^3$$

○ Peso:

$$W_{AF} = V_{AF} * Densidad_{AF} = 0,295m^3 * 2580 \frac{Kg}{m^3} = 760,87 Kg$$

Los pesos y volúmenes para un pastón de 1m³ obtenidos son:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	177,56 kg	0,178 m ³
Cemento	322,84 kg	0,110 m ³
AG	1063,80 kg	0,403 m ³
AF	760,87 kg	0,295 m ³
Total	2325,06 kg	0,985 m ³

Tabla 19 Pesos por m³ de H° Relación a/c=0,55 (Áridos sin Corregir)

El pastón a hormigonar posee un volumen de 0,03m³, por lo que haciendo una interpolación lineal los pesos para el pastón a analizar son:

0,03 m ³	Peso
Agua	5,33 kg
Cemento	9,69 kg
AG	31,91 kg
AF	22,83 kg
Total	69,75 kg

Tabla 20 Pesos p/ pastón de H° Relación a/c=0,55 (Áridos sin Corregir)

Para obtener los valores finales de agua y agregados a utilizar se debe realizar una corrección por humedad. El día en que se realizó el hormigonado se obtuvieron humedades del 0,57% en el caso del agregado grueso y de 1,78% para el agregado fino. Por lo que los pesos finales fueron:

- Agregado Grueso:

$$W_{AG} = W_{AG(\sin\text{ corregir})} * \frac{1 + Humedad_{AG}}{1 + Absorción_{AG}} = 31,91Kg * \frac{1 + \frac{0,57}{100}}{1 + \frac{1,01}{100}} = 31,77Kg$$

- Agregado Fino:

$$W_{AF} = W_{AF(\sin\text{ corregir})} * \frac{1 + Humedad_{AF}}{1 + Absorción_{AF}} = 22,83Kg * \frac{1 + \frac{1,78}{100}}{1 + \frac{1,85}{100}} = 22,81Kg$$

- Agua:

$$W_w = W_{w(\sin\text{ corregir})} + (W_{AG(\sin\text{ corregir})} - W_{AG}) + (W_{AF(\sin\text{ corregir})} - W_{AF})$$

$$W_w = 5,33 Kg + (31,91Kg - 31,77Kg) + (22,83Kg - 22,81Kg) = 5,48Kg$$

Las cantidades finales utilizadas se muestran en la siguiente tabla:

0,03 m ³	Peso	Peso Corregido
Agua	5,33 kg	5,48 kg
Cemento	9,69 kg	9,69 kg
AG	31,91 kg	31,77 kg
AF	22,83 kg	22,81 kg
Total	69,75 kg	69,75 kg

Tabla 21 Pesos Corregidos p/ pastón de H° Relación a/c=0,55 (Áridos sin Corregir)

La preparación del pastón se realizó según lo especificado en la norma IRAM 1534-2004:

1. Antes de comenzar la rotación del mezclador, se incorpora el agregado fino y grueso con aproximadamente un tercio del total del agua de mezclado.
2. Luego se pone en movimiento el mezclador y se homogeneizan estos componentes durante 30 segundos

3. Pasados los 30 segundos se incorporan el cemento, el agua, y en caso de haber, los aditivos y las adiciones minerales
4. Se realiza un mezclado durante 3 min, seguidos por 3 min de reposo y por 2 min de mezclado final, cubriéndose el extremo abierto del mezclador, para evitar la evaporación, durante el período de reposo.
5. Se coloca el hormigón en la bandeja de mezclado, limpia y humedecida y se vuelve a hasta que la mezcla tome un aspecto uniforme.



Figura 9 Proceso de fabricación del H° a/c: 0,55 (Áridos sin Corregir)

Con la mezcla obtenida se realizó el ensayo para determinar el asentamiento utilizando el cono de Abraham según la norma IRAM 1536-1978 tal como se detalla a continuación

1. Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie plana, humedad y no absorbente
2. El operador debe pararse sobre los soportes del molde con el fin de que el mismo esté firmemente apoyado sobre la base
3. Se llena el molde en tres capas:
 - a. Primera capa: tendrá un volumen de aproximadamente un tercio del volumen total del molde. Se debe compactar golpeándola 25 veces con una varilla metálica; dichos golpes deben estar distribuidos uniformemente en la superficie y la varilla debe atravesar el espesor de la capa
 - b. Segunda capa: se realiza de igual forma que la primera capa con la salvedad que en la compactación se debe hacer penetrar la varilla hasta la capa inferior
 - c. Tercera capa: se realiza de igual forma que en la segunda capa, pero considerando lo siguiente:
 - i. Antes de comenzar la compactación se coloca suficiente cantidad de hormigón para que exceda el borde del molde
 - ii. Si durante la compactación la superficie del hormigón está por debajo del borde del molde se añade un exceso de hormigón sobre la superficie del molde
 - iii. Luego de compactar la última capa se enrasa la superficie de forma que el molde quede totalmente lleno
4. Se retira el molde en forma vertical y con un movimiento constante
5. Se mide el asentamiento en cm, por diferencia entre la altura del molde y la altura de la probeta resultante medida a eje como se muestra en la siguiente imagen

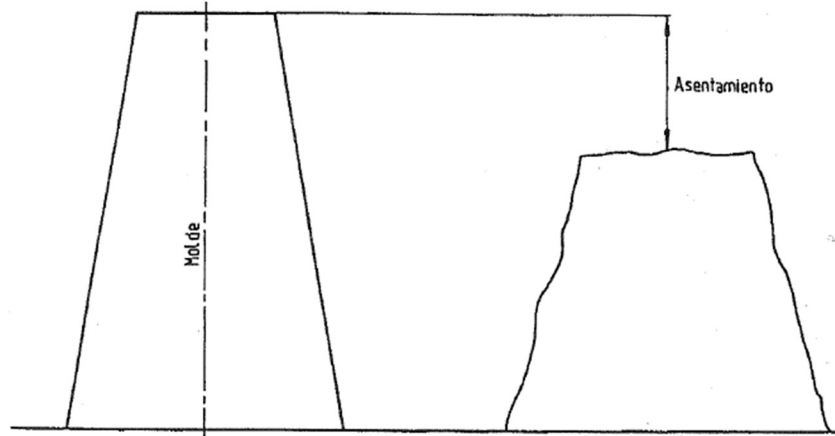


Figura 10 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55 (Áridos sin Corregir)

El ensayo de asentamiento se repitió tres veces. **ASENTAMIENTOS OBTENIDO: 16,5cm; 10cm; 11cm**
 A continuación se moldearon 5 probetas que serán ensayadas a compresión a la edad de 28 día. Dichas probetas fueron moldeadas según lo indicado en la norma IRAM 1534-2004

1. Previo al moldeo de las probetas, los moldes y sus bases deben ser aceitados con una delgada película de aceite mineral. Además, la superficie de apoyo debe ser rígida, horizontal y libre de vibraciones
2. Antes de colocar el hormigón se lo debe volver a mezclar para lograr su uniformidad. Inmediatamente después, el hormigón se coloca dentro de los moldes en el número de capas que indica la siguiente tabla, mediante una cuchara plana, de sección U.

Diámetro del molde (mm)	Diámetro de la varilla (mm)	Número de capas	Número de varillados por capa
100	10	2	25
150	16	3	25
200	16	4	50
250	16	5	75
300	16	6	100
450	16	9	225

Tabla 22 N° de capas y varillados

3. Al compactar la primera capa, se atraviesa con la varilla en todo su espesor, evitando golpear la base. Cada una de las capas siguientes también se compacta en todo su espesor, haciendo penetrar la varilla, además, 20 mm en la capa anterior. En caso de al finalizar la compactación de cada capa, se observan huecos dejados por la varilla, se golpean los costados del molde en el comienzo de la capa, con una maza de material no metálico, hasta lograr el cierre y la eliminación de los huecos. El hormigón de la última capa se coloca de modo tal que la superficie superior del molde se llene con un ligero sobrante, el cual se debe eliminar mediante la compactación de la última capa y el enrasado superficial.
4. Después del llenado, durante las primeras 24 h ± 2 h, las probetas se almacenan protegidas de la intemperie bajo condiciones capaces de mantener su temperatura ambiente a 23°C ± 2°C, evitando todo movimiento y pérdida de humedad.
5. Pasado el tiempo mencionado en el paso 4, se desmoldan las probetas y se almacenan hasta el momento del ensayo, en una pileta con una solución saturada de hidróxido de calcio a la temperatura de 23°C ± 2°C



Figura 11 Procesos de fabricación probetas a/c 0,55 (Áridos sin Corregir)

Las probetas moldeadas se identificaron con la siguiente numeración:

- Probeta 139/23
- Probeta 140/23
- Probeta 141/23
- Probeta 142/23
- Probeta 143/23

II. Dosificación 15/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:

Datos:

- o Rango de asentamiento esperado: 7,5 – 10cm
- o Densidad del cemento: 2,94 gr/cm³
- o Kg de agua: 193 Kg
- o Kg de agua (corregida): se realiza una corrección considerando al árido como redondeado (-8%)

$$Kg\ agua = 193Kg - 8\% * 193Kg = 178Kg$$
- o Módulo de finura: 2,86
- o Volumen de agregado

Volumen suelto del agregado grueso por unidad de volumen de hormigón				
Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Volumen varillado secado al horno del agregado grueso por unidad de volumen del hormigón en función del módulo de finura del agregado fino			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44

13,2	0,59	0,57	0,55	0,53
19,0	0,66	0,64	0,62	0,60
26,5	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
53,0	0,78	0,76	0,74	0,72
75,0	0,82	0,80	0,78	0,76

Realizando una interpolación lineal, para un módulo de finura de 2,86 se obtiene un volumen suelto de $0,664\text{m}^3$

- PUV medio: $1726,45\text{ Kg/m}^3$
- Absorción agregado grueso: $1,01\%$
- Absorción agregado fino: $1,85\%$
- Densidad del agua: 1000 Kg/m^3
- Densidad agregado fino (saturado superficie seca): 2580 Kg/m^3
- Densidad agregado grueso (saturado superficie seca): 2641 Kg/m^3

Cantidades en peso de cada material correspondiente a un pastón de 1m^3 :

- Cemento:

○ Peso:

$$W_c = \frac{\text{Kg agua (corregida)}}{\text{Relación a/c}} = \frac{178\text{Kg}}{0,55} = 322,84\text{Kg}$$

○ Volumen:

$$V_c = \frac{W_c}{\text{Densidad cemento}} = \frac{322,84\text{Kg}}{2940 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,110\text{m}^3$$

- Agregado Grueso:

○ Peso:

$$W_{AG} = Vol_{AG(\text{suelto})} * PUV_{\text{medio}} * (1 + Absorción_{AG}) = 0,664\text{m}^3 * 1726,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \left(1 + \frac{1,01}{100}\right) = 1157,97\text{ Kg}$$

○ Volumen:

$$V_{AG} = \frac{W_{AG}}{\text{Densidad}_{AG}} = \frac{1157,97\text{ Kg}}{2641 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,438\text{m}^3$$

- Agua:

○ Peso:

$$W_w = 178\text{Kg}$$

○ Volumen:

$$V_w = \frac{W_w}{\text{Densidad}_w} = \frac{178\text{Kg}}{1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,178\text{m}^3$$

- Agregado Fino:

○ Volumen:

$$V_{AF} = 1\text{m}^3 - V_c - V_{AG} - V_w - \left(\frac{\% \text{ Aire}}{100}\right) = 1\text{m}^3 - 0,110\text{m}^3 - 0,438\text{m}^3 - 0,178\text{m}^3 - \left(\frac{1,5\%}{100}\right) = 0,259\text{m}^3$$

○ Peso:

$$W_{AF} = V_{AF} * \text{Densidad}_{AF} = 0,259\text{m}^3 * 2580 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 668,79\text{ Kg}$$

Los pesos y volúmenes para un pastón de 1m^3 obtenidos son:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	177,56 kg	0,178 m ³
Cemento	322,84 kg	0,110 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	668,79 kg	0,259 m ³
Total	2327,16 kg	0,985 m ³

Tabla 23 Pesos por m³ de H° Relación a/c=0,55

El pastón a hormigonar posee un volumen de 0,03m³, por lo que haciendo una interpolación lineal los pesos para el pastón a analizar son:

0,03 m ³	Peso
Agua	5,33 kg
Cemento	9,69 kg
AG	34,74 kg
AF	20,06 kg
Total	69,81 kg

Tabla 24 Pesos por pastón de H° Relación a/c=0,55

Corrección por humedad: El día en que se realizó el hormigonado se obtuvieron los siguientes pesos en estado natural y en estado seco de una muestra de material.

- Agregado grueso: Peso nat=1000gr; Peso seco=995gr

$$\text{Humedad} = \frac{P_{nat} - P_{seco}}{P_{seco}} * 100 = \frac{1000gr - 995gr}{995gr} * 100 = 0,50\%$$

- Agregado fino: Peso nat=545gr; Peso seco=540gr

$$\text{Humedad} = \frac{P_{nat} - P_{seco}}{P_{seco}} * 100 = \frac{545gr - 540gr}{540gr} * 100 = 0,93\%$$

Por lo que los pesos finales fueron:

- Agregado Grueso:

$$W_{AG} = W_{AG(\text{sin corregir})} * \frac{1 + \text{Humedad}_{AG}}{1 + \text{Absorción}_{AG}} = 34,74Kg * \frac{1 + \frac{0,50}{100}}{1 + \frac{1,01}{100}} = 34,56Kg$$

- Agregado Fino:

$$W_{AF} = W_{AF(\text{sin corregir})} * \frac{1 + \text{Humedad}_{AF}}{1 + \text{Absorción}_{AF}} = 20,06Kg * \frac{1 + \frac{0,93}{100}}{1 + \frac{1,85}{100}} = 19,88Kg$$

- Agua:

$$W_w = W_{w(\text{sin corregir})} + (W_{AG(\text{sin corregir})} - W_{AG}) + (W_{AF(\text{sin corregir})} - W_{AF})$$

$$W_w = 5,33 Kg + (34,74Kg - 34,56Kg) + (20,06Kg - 19,88Kg) = 5,68Kg$$

Las cantidades finales utilizadas se muestran en la siguiente tabla:

0,03 m ³	Peso	Peso nat
Agua	5,33 kg	5,68 kg
Cemento	9,69 kg	9,69 kg
AG	34,74 kg	34,56 kg
AF	20,06 kg	19,88 kg
Total	69,81 kg	69,81 kg

Tabla 25 Pesos corregidos por pastón de H° Relación a/c=0,55

Se realizó la preparación del pastón de igual forma que en la dosificación anterior. Con la mezcla obtenida se realizó el ensayo para determinar el asentamiento:



Figura 12 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55

El ensayo de asentamiento se repitió dos veces. **ASENTAMIENTOS OBTENIDO: 6,5cm ; 6cm**

Una de las posibles causas de que el valor de asentamiento obtenido esté por debajo rango esperado es que en el momento de la preparación de la mezcla se produjo una falla de la hormigonera, la cual produjo que la misma esté detenida un tiempo mucho mayor al establecido en la norma, por lo que no fue posible respetar los tiempos de mezclado y de reposo estipulados

Sin embargo, igualmente se moldearon 2 probetas que fueron ensayadas a compresión a la edad de 28 día. Dichas probetas fueron moldeadas de igual forma que en el pastón anterior



Figura 13 Probetas a/c 0,55

Las probetas moldeadas se identificaron con la siguiente numeración:

- Probeta 157/23
- Probeta 158/23

III. Dosificación 21/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:
Se repitió la dosificación “II” obteniendo los siguientes asentamientos: 10cm; 8cm



Figura 14 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55

Se moldearon dos probetas:

- Probeta 159/23
- Probeta 160/23

IV. Dosificación 24/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:

Se repitieron los pasos de las dosificaciones previas, pero para un rango de asentamiento esperado de entre 12,5 a 15cm. Los datos utilizados fueron:

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
Asentamiento	12,5 a 15cm
kg de agua	196 kg
kg de agua corregida	180 kg
Relación a/c elegida	0,55
Modulo de finura	2,86
Volumen de AG suelto	0,664
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 26 Datos dosificación a/c 0,55

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	180,32 kg	0,180 m ³
Cemento	327,85 kg	0,112 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	657,25 kg	0,255 m ³
Total	2323,39 kg	0,985 m ³

Tabla 27 Pesos por pastón de H° Relación a/c=0,55

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0% y los agregados finos de 0,85%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,03m³ fueron:

0,03 m ³	Peso	Peso nat
Agua	5,41 kg	5,95 kg
Cemento	9,84 kg	9,84 kg
AG	34,74 kg	34,39 kg
AF	19,72 kg	19,52 kg
Total	69,70 kg	69,70 kg

Tabla 28 Pesos corregidos a/c 0,55

El ensayo de asentamiento se repitió dos veces. **ASENTAMIENTOS OBTENIDO: 15cm; 13cm**



Figura 15 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55

Se moldearon dos probetas:

- Probeta 161/23
- Probeta 162/23

V. Dosificación 27/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:

Se repitió la dosificación “IV” obteniendo los siguientes asentamientos: 17cm; 15cm



Figura 16 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55

Se moldearon dos probetas:

- Probeta 163/23
- Probeta 164/23

VI. Dosificación 28/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:

Se repitieron los pasos mencionados para un rango de asentamiento esperado de entre 15 a 17,5cm. Los datos utilizados fueron:

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
Asentamiento	15 a 17,5cm
kg de agua	202 kg
kg de agua corregida	186 kg
Relación a/c elegida	0,55
Modulo de finura	2,86
Volumen de AG suelto	0,6640
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 29 Datos dosificación a/c 0,55

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	185,84 kg	0,186 m ³
Cemento	337,89 kg	0,115 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	634,17 kg	0,246 m ³
Total	2315,87 kg	0,985 m ³

Tabla 30

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0 % y los agregados finos de 0,85%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,03m³ fueron:

0,03 m ³	Peso	Peso nat
Agua	5,58 kg	6,11 kg
Cemento	10,14 kg	10,14 kg
AG	34,74 kg	34,39 kg
AF	19,03 kg	18,84 kg
Total	69,48 kg	69,48 kg

Tabla 31

El ensayo de asentamiento se repitió dos veces. **ASENTAMIENTOS OBTENIDO: 15cm; 17cm**



Figura 17 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55 (árido corregido)

Se moldearon dos probetas:

- Probeta 165/23
- Probeta 166/23

VII. Dosificación 30/11/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:
Se repitió la dosificación “VI” obteniendo los siguientes asentamientos: 16cm; 15cm



Figura 18 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55 (árido corregido)

Se moldearon dos probetas:

- Probeta 167/23
- Probeta 168/23

VIII. Dosificación 04/12/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:
Se repitieron los pasos mencionados para un rango de asentamiento esperado de entre 2,5 a 5cm. Los datos utilizados fueron:

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
Asentamiento	2,5 a 5cm
kg de agua	178 kg
kg de agua corregida	164 kg
Relación a/c elegida	0,55
Modulo de finura	2,86
Volumen de AG suelto	0,6640
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 32 Datos dosificación a/c 0,55 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	163,76 kg	0,164 m ³
Cemento	297,75 kg	0,101 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	726,49 kg	0,281 m ³
Total	2345,96 kg	0,985 m ³

Tabla 33

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,49 % y los agregados finos de 1,14%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,03m³ fueron:

0,03 m ³	Peso	Peso nat
Agua	4,91 kg	5,25 kg
Cemento	8,93 kg	8,93 kg
AG	34,74 kg	34,56 kg
AF	21,79 kg	21,64 kg
Total	70,38 kg	70,38 kg

Tabla 34

El ensayo de asentamiento se repitió dos veces. **ASENTAMIENTOS OBTENIDO: 9cm; 8cm**



Figura 19 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55 (árido corregido)

Se moldearon dos probetas:

- Probeta 169/23
- Probeta 170/23

Ya que los asentamientos obtenidos tuvieron una diferencia considerable con el rango esperado se optó por repetir la dosificación

IX. Dosificación 05/12/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:

Se repitió la dosificación “VIII” pero adoptando una cantidad de agua menor (dicha cantidad fue adoptada adrede). Además, al momento de corregir los Kg de agua se tuvieron en cuenta la reducción del 8% debido a la forma del árido y un 3% adicional debido a la búsqueda de disminuir el asentamiento en 2,5cm

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
Asentamiento	2,5 a 5cm
kg de agua	178 kg
kg de agua corregida	158 kg
Relación a/c elegida	0,55
Modulo de finura	2,86
Volumen de AG suelto	0,6640
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 35 Datos dosificación a/c 0,55 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	158,42 kg	0,158 m ³
Cemento	288,04 kg	0,098 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	748,82 kg	0,290 m ³
Total	2353,24 kg	0,985 m ³

Tabla 36

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,11 % y los agregados finos de 0,59%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,03m³ fueron:

0,03 m ³	Peso	Peso nat
Agua	4,75 kg	5,34 kg
Cemento	8,64 kg	8,64 kg
AG	34,74 kg	34,43 kg
AF	22,46 kg	22,19 kg
Total	70,60 kg	70,60 kg

Tabla 37

El ensayo de asentamiento se repitió dos veces. **ASENTAMIENTOS OBTENIDO: 9cm; 7cm**



Figura 20 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55 (árido corregido)

Se moldearon dos probetas:

- Probeta 171/23
- Probeta 172/23

Ya que los asentamientos obtenidos tuvieron una diferencia considerable con el rango esperado se optó por repetir la dosificación

X. **Dosificación 06/12/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:**

Se repitió la dosificación “XI” pero adoptando una cantidad de agua menor (dicha cantidad fue adoptada adrede).

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
Asentamiento	2,5 a 5cm
kg de agua	150 kg
kg de agua corregida	138 kg
Relación a/c elegida	0,55
Modulo de finura	2,86
Volumen de AG suelto	0,6640
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 38 Datos dosificación a/c 0,55 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	138,00 kg	0,138 m ³
Cemento	250,91 kg	0,085 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	834,19 kg	0,323 m ³
Total	2381,07 kg	0,985 m ³

Tabla 39

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,52 % y los agregados finos de 0%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,03m³ fueron:

0,03 m ³	Peso	Peso nat
Agua	4,14 kg	4,76 kg
Cemento	7,53 kg	7,53 kg
AG	34,74 kg	34,57 kg
AF	25,03 kg	24,57 kg
Total	71,43 kg	71,43 kg

Tabla 40

El ensayo de asentamiento se repitió dos veces. **ASENTAMIENTOS OBTENIDO: 4,5cm; 3cm**



Figura 21 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55 (árido corregido)

Se moldearon dos probetas:

- Probeta 174/23
- Probeta 175/23

XI. Dosificación 15/12/2023 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:

Se repitió la dosificación “XI” pero adoptando una cantidad de agua de 160Kg (dicha cantidad fue adoptada adrede).

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
Asentamiento	2,5 a 5cm
kg de agua	160 kg
kg de agua corregida	147 kg
Relación a/c elegida	0,55
Modulo de finura	2,86
Volumen de AG suelto	0,6640
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 41 Datos dosificación a/c 0,55 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	147,20 kg	0,147 m ³
Cemento	267,64 kg	0,091 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	795,73 kg	0,308 m ³
Total	2368,53 kg	0,985 m ³

Tabla 42

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,30 % y los agregados finos de 2,04%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,03m³ fueron:

0,03 m ³	Peso	Peso nat
Agua	4,42 kg	4,62 kg
Cemento	8,03 kg	8,03 kg
AG	34,74 kg	34,49 kg
AF	23,87 kg	23,92 kg
Total	71,06 kg	71,06 kg

Tabla 43

El ensayo de asentamiento se realizó una única vez. **ASENTAMIENTOS OBTENIDO: 4,8cm**



Figura 22 Ensayo de Asentamiento a/c 0,55 (árido corregido)

Se moldearon tres probetas:

- Probeta 176/23
- Probeta 177/23
- Probeta 178/23

XII. Dosificación 19/03/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:

Se repitió la dosificación “XI” pero adoptando una cantidad de agua de 170Kg.

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
Asentamiento	2,5 a 5cm
kg de agua	170 kg
kg de agua corregida	156 kg
Relación a/c elegida	0,55
Modulo de finura	2,86
Volumen de AG suelto	0,6640
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 44 Datos dosificación a/c 0,55 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	156,40 kg	0,156 m ³
Cemento	284,36 kg	0,097 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	757,26 kg	0,293 m ³
Total	2355,99 kg	0,985 m ³

Tabla 45

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,50 % y los agregados finos de 1,52%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,03m³ fueron:

0,03 m ³	Peso	Peso nat
Agua	4,69 kg	4,94 kg
Cemento	8,53 kg	8,53 kg
AG	34,74 kg	34,56 kg
AF	22,72 kg	22,64 kg
Total	70,68 kg	70,68 kg

Tabla 46

El ensayo de asentamiento se realizó una única vez. **ASENTAMIENTO OBTENIDO: 5cm**

Se moldearon cuatro probetas:

- 025/24
- 026/24
- 027/24
- 028/24

XIII. Dosificación 19/03/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,55 – Pastón 0,03m³:

Se repitió la dosificación “XI” pero adoptando una cantidad de agua de 180Kg.

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
kg de agua	180 kg
kg de agua corregida	166 kg
Relación a/c elegida	0,55
Modulo de finura	2,86
Volumen de AG suelto	0,6640
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 47 Datos dosificación a/c 0,55 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	165,60 kg	0,166 m ³
Cemento	301,09 kg	0,103 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	718,80 kg	0,278 m ³
Total	2343,46 kg	0,985 m ³

Tabla 48

Con las humedades de la dosificación “XII” los pesos corregidos para un pastón de 0,03m³ fueron:

0,03 m ³	Peso	Peso nat
Agua	4,97 kg	5,43 kg
Cemento	9,03 kg	9,03 kg
AG	34,74 kg	34,56 kg
AF	21,56 kg	21,28 kg
Total	70,30 kg	70,30 kg

Tabla 49

El ensayo de asentamiento se realizó una única vez. **ASENTAMIENTO OBTENIDO: 11cm**

Se moldearon cuatro probetas:

- 029/24
- 030/24
- 031/24
- 032/24

XIV. Dosificación 03/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,50 – Pastón 0,05m³:

Se repitieron los pasos del método, pero para una relación a/c de 0.5:

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
kg de agua	187 kg
kg de agua corregida	172 kg
Relación a/c elegida	0,5
Modulo de finura	2,86
Volumen de AG suelto	0,6640
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 50 Datos dosificación a/c 0,55 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	172,04 kg	0,172 m ³
Cemento	344,08 kg	0,117 m ³
AG	1157,97 kg	0,438 m ³
AF	664,36 kg	0,257 m ³
Total	2338,45 kg	0,985 m ³

Tabla 51

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,50 % y los agregados finos de 1,01%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,05m³ fueron:

0,05 m ³	Peso	Peso nat
Agua	8,60 kg	9,17 kg
Cemento	17,20 kg	17,20 kg
AG	57,90 kg	57,61 kg
AF	33,22 kg	32,94 kg
Total	116,92 kg	116,92 kg

Tabla 52

El ensayo de asentamiento se realizó una única vez. **ASENTAMIENTO OBTENIDO: 14cm**

Se moldearon ocho probetas:

- 042/24
- 043/24
- 044/24
- 045/24
- 046/24

- 047/24
- 048/24
- 049/24



Figura 23 Ensayo de asentamiento y moldeo relación a/c 0,55

XV. Dosificación 03/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,45 – Pastón 0,05m³:

Se repitió la dosificación XIV, pero para una relación a/c de 0.45:

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
kg de agua	187 kg
kg de agua corregida	172 kg
Relación a/c elegida	0,45
Modulo de finura	3,4
Volumen de AG suelto	0,6100
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 53 Datos dosificación a/c 0,45 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	172,04 kg	0,172 m ³
Cemento	382,31 kg	0,130 m ³
AG	1063,80 kg	0,403 m ³
AF	722,83 kg	0,280 m ³
Total	2340,97 kg	0,985 m ³

Tabla 54

En el momento del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,50 % y los agregados finos de 0%. En función de las humedades de los agregados los pesos corregidos fueron:

0,05 m ³	Peso	Peso nat
Agua	8,60 kg	9,53 kg
Cemento	19,12 kg	19,12 kg
AG	53,19 kg	52,92 kg
AF	36,14 kg	35,48 kg
Total	117,05 kg	117,05 kg

Tabla 55

El ensayo de asentamiento se realizó una única vez. **ASENTAMIENTO OBTENIDO: 13,5cm**

Se moldearon ocho probetas:

- 034/24
- 035/24
- 036/24
- 037/24
- 038/24
- 039/24
- 040/24
- 041/24



Figura 24 Ensayo de asentamiento y moldeo relación a/c 0,45

XVI. Dosificación 10/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,40 – Pastón 0,45m³:

Se repitieron los pasos del método, pero para una relación a/c de 0.4:

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
kg de agua	187 kg
kg de agua corregida	172 kg
Relación a/c elegida	0,4
Modulo de finura	3,4
Volumen de AG suelto	0,6100
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 56 Datos dosificación a/c 0,40 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	172,04 kg	0,172 m ³
Cemento	430,10 kg	0,146 m ³
AG	1063,80 kg	0,403 m ³
AF	680,80 kg	0,264 m ³
Total	2346,74 kg	0,985 m ³

Tabla 57

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,50 % y los agregados finos de 1,01%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,04m³ fueron:

0,040 m ³	Peso	Peso nat
Agua	6,88 kg	7,32 kg
Cemento	17,20 kg	17,20 kg
AG	42,55 kg	42,34 kg
AF	27,23 kg	27,01 kg
Total	93,87 kg	93,87 kg

Tabla 58

El ensayo de asentamiento se realizó una única vez. **ASENTAMIENTO OBTENIDO: 5cm**

Se moldearon seis probetas:

- 053/24
- 054/24
- 055/24
- 056/24
- 057/24
- 058/24



Figura 25 Ensayo de asentamiento relación a/c 0,40

XVII. Dosificación 15/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,60 – Pastón 0,45m³:

Se repitieron los pasos del método, pero para una relación a/c de 0.6:

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
kg de agua	187 kg
kg de agua corregida	172 kg
Relación a/c elegida	0,6
Modulo de finura	3,4
Volumen de AG suelto	0,6100
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 59 Tabla 56 Datos dosificación a/c 0,60 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	172,04 kg	0,172 m ³
Cemento	286,73 kg	0,098 m ³
AG	1063,80 kg	0,403 m ³
AF	806,87 kg	0,312 m ³
Total	2329,44 kg	0,985 m ³

Tabla 60

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,33 % y los agregados finos de 1,01%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,04m³ fueron:

0,040 m ³	Peso	Peso nat
Agua	6,88 kg	7,43 kg
Cemento	11,47 kg	11,47 kg
AG	42,55 kg	42,27 kg
AF	32,27 kg	32,01 kg
Total	93,18 kg	93,18 kg

Tabla 61

El ensayo de asentamiento se realizó una única vez. **ASENTAMIENTO OBTENIDO: 20cm**
Se moldearon seis probetas:

- 063/24
- 064/24
- 065/24
- 066/24
- 067/24
- 068/24

XVIII. Dosificación 15/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,65 – Pastón 0,40m³:

Se repitieron los pasos del método, pero para una relación a/c de 0.65:

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
kg de agua	187 kg
kg de agua corregida	172 kg
Relación a/c elegida	0,65
Modulo de finura	3,4
Volumen de AG suelto	0,6100
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 62 Tabla 56 Datos dosificación a/c 0,65 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	172,04 kg	0,172 m ³
Cemento	264,68 kg	0,090 m ³
AG	1063,80 kg	0,403 m ³
AF	826,27 kg	0,320 m ³
Total	2326,78 kg	0,985 m ³

Tabla 63

El día del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0% y los agregados finos de 1,01%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,04m³ fueron:

0,040 m ³	Peso	Peso nat
Agua	6,88 kg	7,58 kg
Cemento	10,59 kg	10,59 kg
AG	42,55 kg	42,13 kg
AF	33,05 kg	32,78 kg
Total	93,07 kg	93,07 kg

Tabla 64

El ensayo de asentamiento dio como resultado un valor mayor a 20cm
Se moldearon seis probetas:

- 069/24
- 070/24
- 071/24
- 072/24
- 073/24
- 074/24

XIX. Dosificación 15/04/2024 (árido corregido) – Relación a/c=0,35 – Pastón 0,40m³

Se repitieron los pasos del método, pero para una relación a/c de 0.35:

DATOS	
Densidad cemento	2,94 gr/cm ³
kg de agua	187 kg
kg de agua corregida	172 kg
Relación a/c elegida	0,35
Modulo de finura	3,4
Volumen de AG suelto	0,6100
PUV medio	1726,5 kg/m ³
Absorción Grueso	1,01%
Absorción Fino	1,85%
Densidad agua	1000 kg/m ³
Contenido de aire (%)	1,5
Densidad arena	2,58 gr/cm ³
Dsss grueso	2641 kg/m ³

Tabla 65 Tabla 56 Datos dosificación a/c 0,35 (árido corregido)

Pesos obtenidos para 1m³ de hormigón:

1 m ³	Peso	Volumen
Agua	172,04 kg	0,172 m ³
Cemento	491,54 kg	0,167 m ³
AG	1063,80 kg	0,403 m ³
AF	626,77 kg	0,243 m ³
Total	2354,15 kg	0,985 m ³

Tabla 66

En el momento del hormigonado el agregado grueso poseía una humedad de 0,5% y los agregados finos de 1,35%. Por lo que los pesos corregidos para un pastón de 0,04m³ fueron:

0,040 m ³	Peso	Peso nat
Agua	6,88 kg	7,22 kg
Cemento	19,66 kg	19,66 kg
AG	42,55 kg	42,34 kg
AF	25,07 kg	24,95 kg
Total	94,17 kg	94,17 kg

Tabla 67

Debido a la consistencia de la mezcla obtenida, no fue posible realizar el ensayo de asentamiento. Se moldearon seis probetas:

- 075/24
- 076/24
- 077/24
- 078/24
- 079/24
- 080/24

ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS DE H° (1er Etapa)

El procedimiento para determinar la resistencia a compresión del hormigón consiste en ensayar las probetas representativas moldeadas previamente que se cargan hasta la ruptura, por lo que dicho procedimiento es un ensayo destructivo.

Los extremos de las probetas deberán ser preparados para poder asegurar la alineación de la carga con el eje. De forma previa al ensayo se prepara una mezcla de azufre y grafito, y se procede al encabezado. Lo cual tiene la función de asegurar el paralelismo de las caras superior e inferior y además evitar la curvatura de las caras de las probetas a ensayar, ya que esto podría dar lugar a la aparición de esfuerzos no deseados y concentraciones de esfuerzos, generando una disminución de la carga última.

Una vez realizado el encabezado se procede a aplicar una carga axial de compresión creciente hasta su ruptura; la carga máxima que se alcanza dividida entre la sección transversal corresponde al esfuerzo máximo aplicado, el cual define la resistencia del hormigón a compresión simple.

La carga alcanzada depende de la velocidad con que se incrementan los esfuerzos de compresión al efectuar el ensayo, ya que a medida que los esfuerzos se aplican con mayor rapidez se incrementa la carga máxima alcanzable, lo cual se traduce como un aumento en la resistencia aparente del hormigón. Con el fin de evitar esto, el método de prueba IRAM 1546 establece que el ensayo de las probetas se realice aplicando los esfuerzos de compresión a una velocidad comprendida entre 1.5 y 3.5 kg/cm²/seg.

Los resultados obtenidos fueron:

Identificación	Fecha		Edad [días]	d [mm]	Q [kN]	σ_c [MPa]	σ_{cm} [MPa]
	Laboratorio	Moldeo					
139/23	02/11/23	30/11/23	28	153	442,9	24,1	23,4
140/23	02/11/23	30/11/23	28	152	415,5	22,9	
141/23	02/11/23	30/11/23	28	151	454,7	25,4	
142/23	02/11/23	30/11/23	28	152	407,4	22,5	
143/23	02/11/23	30/11/23	28	152	398,4	22,0	
157/23	15/11/23	13/12/23	28	151	400,2	22,3	-
158/23	15/11/23	13/12/23	28	152	522,9	28,8	
159/23	21/11/23	19/12/23	28	151	487,3	27,2	-
160/23	21/11/23	19/12/23	28	152	345,6	19,0	
161/23	24/11/23	30/11/23	6	152	280,9	15,5	-
162/23	24/11/23	30/11/23	6	151	180,4	10,1	
163/23	27/11/23	04/12/23	7	151	335,7	18,7	-
164/23	27/11/23	04/12/23	7	151	250,1	14,0	
165/23	28/11/23	05/12/23	7	151	214,1	12,0	-
166/23	28/11/23	05/12/23	7	151	336,8	18,8	
167/23	30/11/23	07/12/23	7	151	257,7	14,4	-
168/23	30/11/23	07/12/23	7	151	353,6	19,7	
169/23	04/12/23	11/12/23	7	151	247,8	13,8	-
170/23	04/12/23	11/12/23	7	151	344,4	19,2	
171/23	05/12/23	12/12/23	7	151	326,1	18,2	-
172/23	05/12/23	12/12/23	7	151	236,9	13,2	
174/23	06/12/23	13/12/23	7	151	334,9	18,7	-
175/23	06/12/23	13/12/23	7	150	260,1	14,7	
176/23	15/12/23	22/12/23	7	151	335,7	18,7	18,7
177/23	15/12/23	22/12/23	7	151	229,1	12,8	
178/23	15/12/23	22/12/23	7	151	333,7	18,6	

Tabla 68 Resultados Ensayos a Compresión (1er etapa)

Como se puede observar en la gran mayoría de los ensayos (aquellos resaltados en amarillo) se debió descartar la resistencia obtenida ya que la diferencia entre resultados individuales fue mayor a la diferencia admisible (la diferencia de los valores extremos debe ser como máximo el 15% del valor medio)

Analizando la metodología seguida en los procesos de mezclado y llenado de las probetas a ensayar, se concluyó que una posible causa de estas diferencias fue que en todos los casos dichas probetas fueron llenadas por operadores distintos, debido a esto, es muy difícil estén fabricadas en las mismas condiciones. Por ejemplo, ya que la energía del varillado para dos probetas consecutivas puede variar considerablemente

En consecuencia se debieron repetir las dosificaciones realizadas:

Laboratorio		Fecha		Edad	d	Q	σ_c	σ_{cm}
Identificación	Rel a/c	Moldeo	Rotura	[días]	[mm]	[kN]	[MPa]	[MPa]
025/24	0,55	19/03/24	16/04/24	28	151	378,4	21,1	-
026/24	0,55	19/03/24	16/04/24	28	151	507,9	28,4	
027/24	0,55	19/03/24	16/04/24	28	152	294,2	16,2	
028/24	0,55	19/03/24	16/04/24	28	150	555,5	31,4	
029/24	0,55	19/03/24	16/04/24	28	151	405,0	22,6	
030/24	0,55	19/03/24	16/04/24	28	152	420,3	23,2	
031/24	0,55	19/03/24	16/04/24	28	151	546,1	30,5	
032/24	0,55	19/03/24	16/04/24	28	151	506,6	28,3	
034/24	0,45	03/04/24	10/04/24	7	152	294,4	16,2	
035/24	0,45	03/04/24	10/04/24	7	152	382,4	21,1	
036/24	0,45	03/04/24	01/05/24	28	152	489,0	27,0	28,9
037/24	0,45	03/04/24	01/05/24	28	151	530,7	29,6	
038/24	0,45	03/04/24	01/05/24	28	152	507,9	28,0	
039/24	0,45	03/04/24	01/05/24	28	152	229,1	12,6	
040/24	0,45	03/04/24	01/05/24	28	152	525,7	29,0	
041/24	0,45	03/04/24	01/05/24	28	152	561,9	31,0	
042/24	0,5	03/04/24	10/04/24	7	151	394,3	22,0	21,7
043/24	0,5	03/04/24	10/04/24	7	151	383,0	21,4	
044/24	0,5	03/04/24	01/05/24	28	152	518,9	28,6	30,1
045/24	0,5	03/04/24	01/05/24	28	151	542,6	30,3	
046/24	0,5	03/04/24	01/05/24	28	151	543,8	30,4	
047/24	0,5	03/04/24	01/05/24	28	151	537,0	30,0	
048/24	0,5	03/04/24	01/05/24	28	152	536,6	29,6	
049/24	0,5	03/04/24	01/05/24	28	152	577,9	31,8	
053/24	0,4	10/04/24	08/05/24	28	151	605,0	33,8	31,7
054/24	0,4	10/04/24	08/05/24	28	153	587,1	31,9	
055/24	0,4	10/04/24	08/05/24	28	151	522,4	29,2	
056/24	0,4	10/04/24	08/05/24	28	151	455,7	25,4	
057/24	0,4	10/04/24	08/05/24	28	152	563,1	31,0	
058/24	0,4	10/04/24	08/05/24	28	152	595,6	32,8	
063/24	0,6	15/04/24	13/05/24	28	151	440,7	24,6	23,4
064/24	0,6	15/04/24	13/05/24	28	152	409,7	22,6	
065/24	0,6	15/04/24	13/05/24	28	152	420,4	23,2	
066/24	0,6	15/04/24	13/05/24	28	152	127,9	7,1	
067/24	0,6	15/04/24	13/05/24	28	152	424,0	23,4	
068/24	0,6	15/04/24	13/05/24	28	151	416,5	23,3	
069/24	0,65	15/04/24	13/05/24	28	151	191,3	10,7	12,2
070/24	0,65	15/04/24	13/05/24	28	151	219,3	12,2	
071/24	0,65	15/04/24	13/05/24	28	152	200,6	11,1	
072/24	0,65	15/04/24	13/05/24	28	153	246,4	13,4	
073/24	0,65	15/04/24	13/05/24	28	151	224,4	12,5	
074/24	0,65	15/04/24	13/05/24	28	151	240,6	13,4	
075/24	0,35	15/04/24	13/05/24	28	151	661,9	37,0	36,5
076/24	0,35	15/04/24	13/05/24	28	152	580,4	32,0	
077/24	0,35	15/04/24	13/05/24	28	151	644,2	36,0	
078/24	0,35	15/04/24	13/05/24	28	151	673,4	37,6	
079/24	0,35	15/04/24	13/05/24	28	152	652,9	36,0	
080/24	0,35	15/04/24	13/05/24	28	153	656,0	35,7	

Tabla 69 Resultados Ensayos a Compresión (Repetición)

Los resultados correspondientes a la relación a/c de 0,55 y al pastón de relación a/c 0,45 compuesto por las probetas 034/24 y 035/25 debieron descartarse ya que las diferencia entre resistencias individuales fueron mayores a las admisibles. De igual forma y por la misma justificación se rechazaron los valores individuales marcados en amarillo correspondiente a los pastones posteriormente fabricados. Sin embargo, aunque en las restantes relaciones a/c si fueron posibles obtener valores de resistencia a 28 días, al graficar dichos valores se obtuvo la siguiente curva:

A/C	σ_{cm} a 28 días MPA
0,35	36,5
0,4	31,7
0,45	28,9
0,5	30,1
0,55	-
0,6	23,4
0,65	12,2

Tabla 70 Resistencia a 28 días vs A/C (1er Etapa)

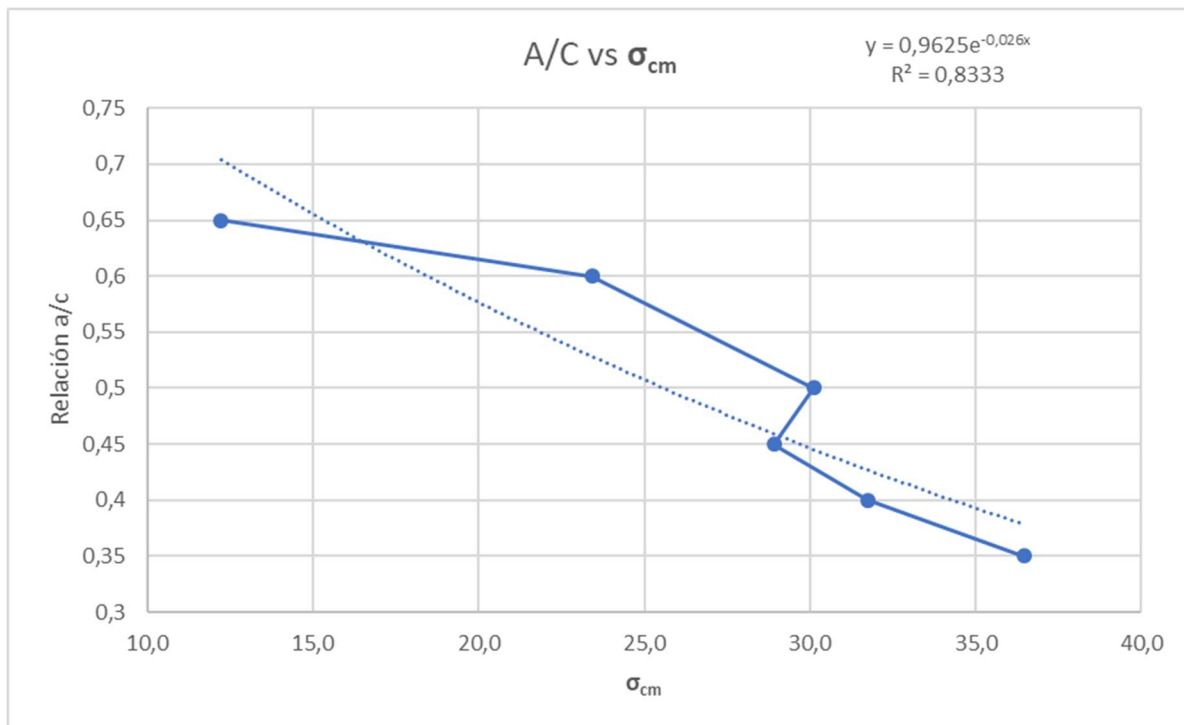


Gráfico 1 Resistencia a 28 días vs A/C (1er Etapa)

En el gráfico obtenido se observaron los siguientes inconvenientes:

- No se obtuvo una tendencia apreciable de los resultados
- Al no poseer un resultado admisible para una relación a/c de 0,55 se debió omitir la resistencia para dicha relación en el gráfico
- Se observa que para una relación a/c de 0,45 la resistencia a 28 días es menor que para la relación a/c de 0,5, lo cual no es razonable ya que a medida que se disminuye la relación agua cemento la resistencia debe aumentar su valor.

En el proceso de fabricación de las probetas, con el fin de evitar el error supuesto en el llenado de probetas realizados en la primer etapa, se optó por tener un solo operador para dicha fabricación. A pesar de ello, como se explicó previamente, los resultados obtenidos no fueron congruentes entre sí. Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que esto se puede deber a un mal procedimiento en el proceso de obtención de la humedad, ya que solo se analizó la porción superior del recipiente de agregados. Otra causa analizada como fuente de error es que en el momento del mezclado utilizando la hormigonera se respetaron estrictamente los tiempos de mezclado dado por la norma, sin analizar si la mezcla se encontraba en el estado adecuado o si debería continuar mezclando un tiempo adicional

DOSIFICACIÓN Y ENSAYOS DE ASENTAMIENTO (2da Etapa):

Nuevamente se repitieron las dosificaciones prestando especial atención en el momento del mezclado y de llenado de las probetas

I. Relación A/C 0,5. Fecha: 04/07/2024:

Dosificación 1 m ³ Hmed			Dosificación 0,065 m ³		
	Peso SSS (kg)	Volumen (m3)		Peso SSS (kg)	Peso Nat. (kg)
Agua	154,56	0,155	Agua	10,046	10,110
Cemento	309,12	0,105	Cemento	20,093	20,093
A. Grueso	1211,36	0,459	A. Grueso	78,739	78,411
A. Fino	701,33	0,272	A. Fino	45,586	45,850
Aire		0,010	Total	154,464	154,464
Total	2376,37	1	<i>Contenido de aire aproximado 1,0%</i>		

Tabla 71 Dosificación A/C 0,5 (2da Etapa)

Asentamiento obtenido: 8,5cm

Para comprobar la resistencia se moldearon tres probetas y tres vigas:

- Probetas 176/24 – 177/24 – 178/24



Figura 26 Ensayo de asentamiento y moldeo relación a/c 0,50

II. Relación A/C 0,55. Fecha: 04/07/2024:

Dosificación 1 m ³ Hmed			Dosificación 0,039 m ³		
	Peso SSS (kg)	Volumen (m ³)		Peso SSS (kg)	Peso Nat. (kg)
Agua	151,75	0,152	Agua	5,868	5,903
Cemento	303,50	0,103	Cemento	11,737	11,737
A. Grueso	1211,36	0,459	A. Grueso	46,845	46,650
A. Fino	713,52	0,276	A. Fino	27,593	27,752
Aire		0,010	Total	92,042	92,042
Total	2380,13	1	Contenido de aire aproximado 1,0%		

Tabla 72 Dosificación A/C 0,55 (2da Etapa)

Asentamiento obtenido: 5cm

Para comprobar la resistencia se moldearon tres probetas:

- Probetas 179/24 – 180/24 – 181/24



Figura 27 Ensayo de asentamiento relación a/c 0,55

III. Relación A/C 0,60. Fecha: 10/07/2024:

Dosificación 1 m ³ Hmed			Dosificación 0,070 m ³		
	Peso SSS (kg)	Volumen (m ³)		Peso SSS (kg)	Peso Nat. (kg)
Agua	148,94	0,149	Agua	10,426	9,554
Cemento	248,23	0,084	Cemento	17,376	17,376
A. Grueso	1211,36	0,459	A. Grueso	84,795	84,493
A. Fino	769,31	0,298	A. Fino	53,852	55,025
Aire		0,010	Total	166,449	166,449
Total	2377,85	1	Contenido de aire aproximado 1,0%		

Tabla 73 Dosificación A/C 0,60 (2da Etapa)

Asentamiento obtenido: 12,5cm

Para comprobar la resistencia se moldearon tres vigas y tres probetas:

- Probetas 195/24 – 196/24 – 197/24



Figura 28 Ensayo de asentamiento relación a/c 0,60

IV. Relación A/C 0,65. Fecha: 10/07/2024:

Dosificación 1 m ³ Hmed			Dosificación 0,035 m ³		
	Peso SSS (kg)	Volumen (m3)		Peso SSS (kg)	Peso Nat. (kg)
Agua	146,12	0,146	Agua	5,084	4,630
Cemento	224,80	0,076	Cemento	7,822	7,822
A. Grueso	1211,36	0,459	A. Grueso	42,150	42,000
A. Fino	797,17	0,309	A. Fino	27,738	28,343
Aire		0,010	Total	82,795	82,795
Total	2379,45	1	Contenido de aire aproximado 1,0%		

Tabla 74 Dosificación A/C 0,65 (2da Etapa)

Asentamiento obtenido: 7,5cm

Para comprobar la resistencia se moldearon cinco probetas:

- Probetas 198/24 – 199/24 – 200/24 – 201/24 - 202/24



Figura 29 Ensayo de asentamiento relación a/c 0,65

V. Repetición relación A/C 0,60. Fecha: 31/07/2024:

Dosificación 1 m ³ Hmed			Dosificación 0,025 m ³		
	Peso SSS (kg)	Volumen (m3)		Peso SSS (kg)	Peso Nat. (kg)
Agua	148,94	0,149	Agua	3,724	3,918
Cemento	248,23	0,084	Cemento	6,206	6,206
A. Grueso	1211,36	0,459	A. Grueso	30,284	30,146
A. Fino	769,31	0,298	A. Fino	19,233	19,176
Aire		0,010	Total	59,446	59,446
Total	2377,85	1	Contenido de aire aproximado 1,0%		

Tabla 75 Repetición Dosificación A/C 0,60 (2da Etapa)

Asentamiento obtenido: 4,5cm:



Figura 30 Ensayo de asentamiento relación a/c 0,60 (Repetición)

Para comprobar la resistencia se moldearon tres probetas:

- Probetas 209/24 – 210/24 – 211/24

VI. Relación A/C 0,35. Fecha: 10/07/2024:

Dosificación 1 m ³ Hmed			Dosificación 0,025 m ³		
	Peso SSS (kg)	Volumen (m3)		Peso SSS (kg)	Peso Nat. (kg)
Agua	162,75	0,163	Agua	4,069	4,247
Cemento	465,00	0,158	Cemento	11,625	11,625
A. Grueso	1211,36	0,459	A. Grueso	30,284	30,146
A. Fino	543,28	0,210	A. Fino	13,582	13,542
Aire		0,010	Total	59,560	59,560
Total	2382,39	1	Contenido de aire aproximado 1,0%		

Tabla 76 Dosificación A/C 0,35 (2da Etapa)

Asentamiento obtenido: 2,5cm

Para comprobar la resistencia se moldearon tres probetas:

- Probetas 212/24 – 213/24 – 214/24



Figura 31 Ensayo de asentamiento relación a/c 0,35

VII. Relación A/C 0,40. Fecha: 08/08/2024:

Dosificación 1 m ³ Hmed			Dosificación 0,069 m ³		
	Peso SSS (kg)	Volumen (m3)		Peso SSS (kg)	Peso Nat. (kg)
Agua	186,00	0,186	Agua	12,804	13,344
Cemento	465,00	0,158	Cemento	32,009	32,009
A. Grueso	1211,36	0,459	A. Grueso	83,387	82,850
A. Fino	483,25	0,187	A. Fino	33,265	33,262
Aire		0,010	Total	161,465	161,465
Total	2345,61	1	Contenido de aire aproximado 1,0%		

Tabla 77 Dosificación A/C 0,40 (2da Etapa)

Asentamiento obtenido: 10,5cm



Figura 32 Ensayo de asentamiento relación a/c 0,40

Para comprobar la resistencia se moldearon tres vigas y tres probetas:

- Probetas 233/24 – 234/24 – 235/24

VIII. Repetición relación A/C 0,55. Fecha: 08/08/2024:

Dosificación 1 m ³ Hmed		
	Peso SSS (kg)	Volumen (m ³)
Agua	151,75	0,152
Cemento	275,91	0,094
A. Grueso	1211,36	0,459
A. Fino	737,75	0,286
Aire		0,010
Total	2376,77	1

Tabla 78 Repetición Dosificación A/C 0,55 (2da Etapa)

Asentamiento obtenido: 4,5cm:



Figura 33 Ensayo de asentamiento relación a/c 0,55 (Repetición)

Para comprobar la resistencia se moldearon tres probetas:

- Probetas 209/24 – 210/24 – 211/24

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE

Se realizó el ensayo según la norma IRAM 1562-1978, utilizando los siguientes instrumentos:

- Balanza, con una precisión de 50gr.
- Varilla de Compactación.
- Recipiente, de forma cilíndrica y de material no atacable por la pasta de cemento
- Placa de Vidrio

El primer paso fue determinar el peso del recipiente vacío. A continuación se llena dicho recipiente con agua hasta que rebese y se enrasa con una placa plana

Se seca la superficie exterior y se determina la masa del recipiente más el agua contenida

A la masa total obtenida se le quita la masa del recipiente obteniendo así la masa de agua:

$$P_{balde} = 0,490 \text{ Kg}$$

$$P_{balde+agu} = 11,550 \text{ Kg}$$

$$P_{agua} = P_{balde+agua} - P_{balde} = 11,550 \text{ Kg} - 0,490 \text{ Kg} = 11,06 \text{ Kg}$$

Una vez calibrado el recipiente se prosigue con el llenado del mismo. El llenado se realizó en tres capas:

- 1° Capa: se coloca un volumen aproximadamente igual a un tercio del recipiente, se realiza una compactación por varillado de 25 golpes, haciendo penetrar la varilla en todo su espesor, pero evitando golpear el fondo del recipiente

Una vez compactado se golpea el molde con una maza con el fin de eliminar los huecos de la varilla

- 2° y 3° Capa: el llenado se realiza de forma similar a la primer capa haciendo penetrar levemente la varilla en la capa inferior

Una vez realizada la compactación se realizó el enrase de la superficie

Finalmente se limpió el exterior del recipiente y se determinó su masa

El ensayo se repitió para las relaciones a/c de 0,55 y 0,65:

- **Relación a/c 0,55:**

El siguiente paso fue calcular la masa del hormigón:

$$m = m_1 - m_2$$

Donde:

m1: masa del hormigón más la masa del recipiente

m2: masa del recipiente

Reemplazando:

$$m = 26,90 \text{ Kg} - 0,49 \text{ Kg} = 26,41 \text{ Kg}$$

Por lo que la densidad es:

$$\rho = \frac{m}{v} * 1000$$

Donde v es el volumen del recipiente:

$$v = \frac{P_{agua}}{\rho_{agua}} = \frac{11,06 \text{ Kg}}{0,9986 \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3}} = 11,076 \text{ dm}^3$$

Reemplazando:

$$\rho = \frac{26,41 \text{ Kg}}{11,076 \text{ dm}^3} * \frac{1000 \text{ dm}^3}{1 \text{ m}^3} = 2384,54 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Una vez obtenida la densidad del hormigón se calculó su rendimiento:

$$R = \frac{m_c + m_f + m_g + m_a}{\rho}$$

Donde:

- m_c: masa de cemento en el pastón, en Kg.
- m_f: masa de agregado fino en la condición de humedad en la que fue empleado en el pastón, en Kg.
- m_g: masa de agregado grueso en la condición de humedad en la que fue empleado en el pastón, en Kg.
- m_a: masa de agua agregada en el pastón, en Kg.

$$R = \frac{11,737 \text{ Kg} + 27,752 \text{ Kg} + 46,650 \text{ Kg} + 5,903 \text{ Kg}}{2384,54 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,03854 \text{ m}^3$$

Con el rendimiento obtenido se determina el contenido de cemento en el hormigón:

$$C = \frac{m_c}{R} = \frac{11,737 \text{ Kg}}{0,03854 \text{ m}^3} = 304,65 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Con las densidades correspondientes se obtuvo el volumen total de los componentes del pastón:

$$V_t = \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_g}{\rho_g} + \frac{m_a}{\rho_a}$$

$$V_t = \frac{11,737 \text{ Kg}}{2940 \text{ Kg/m}^3} + \frac{27,752 \text{ Kg}}{2582 \text{ Kg/m}^3} + \frac{46,650 \text{ Kg}}{2641 \text{ Kg/m}^3} + \frac{5,903 \text{ Kg}}{998,6 \text{ Kg/m}^3} = 0,03826 \text{ m}^3$$

Por lo que el contenido de aire es:

$$A = \frac{R - V_t}{R} * 100 = \frac{0,03854m^3 - 0,03826 m^3_t}{0,03854m^3} * 100 = 0,73\%$$

- **Relación a/c 0,65:**

Masa del hormigón:

$$m = m_1 - m_2 = 26,81Kg - 0,49Kg = 26,32Kg$$

Densidad:

$$\rho = \frac{m}{v} * 1000 = \frac{26,32Kg}{11,076 dm^3} * \frac{1000 dm^3}{1 m^3} = 2376,42 \frac{Kg}{m^3}$$

Rendimiento:

$$R = \frac{m_c + m_f + m_g + m_a}{\rho}$$

$$R = \frac{7,822 Kg + 28,343 Kg + 42,000 Kg + 4,630 Kg}{2376,42 \frac{Kg}{m^3}} = 0,03484m^3$$

Contenido de cemento en el hormigón:

$$C = \frac{m_c}{R} = \frac{7,822 Kg}{0,03484m^3} = 224,5 \frac{Kg}{m^3}$$

Volumen total de los componentes del pastón:

$$V_t = \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_g}{\rho_g} + \frac{m_a}{\rho_a}$$

$$V_t = \frac{7,822 Kg}{2940 Kg/m^3} + \frac{28,343 Kg}{2582 Kg/m^3} + \frac{42,000 Kg}{2641 Kg/m^3} + \frac{4,630 Kg}{998,6 Kg/m^3} = 0,03418 m^3$$

Por lo que el contenido de aire es:

$$A = \frac{R - V_t}{R} * 100 = \frac{0,03484m^3 - 0,03418 m^3_t}{0,03484m^3} * 100 = 1,90\%$$

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una vez realizados los moldeos se ensayaron nuevamente a compresión con el fin de obtener una relación que explique la variación de la resistencia a distintas edades y para las diversas relaciones agua cemento. Para ello se buscó obtener las siguientes gráficas:

- Curva de variación de resistencia en función del tiempo para las relaciones agua cemento 0,45 y 0,50 (ya que de dichas dosificaciones se realizaron ensayos de resistencia a 3,7,14 y 28 días)
- Gráfico que compare la curva de resistencia a 28 días obtenida en el presente informe con las curvas correspondientes a los distintos métodos de dosificación (García Balado, ACI y curva obtenida por la Universidad)
- Gráfico que relacione los distintos valores de resistencia a 28 días para las distintas relaciones a/c planteadas

A continuación se muestran la totalidad de los resultados correspondientes a los ensayos de compresión realizados para cada uno de los pastones dosificados:

Laboratorio		Fecha		Edad	d	Q	σ_c	σ_{cm}
Identificación	Rel a/c	Moldeo	Rotura	[días]	[mm]	[kN]	[MPa]	[MPa]
140/24	0,5	11/06/24	09/07/24	28	151	516,7	28,9	27,5
141/24	0,5	11/06/24	09/07/24	28	152	471,1	26,0	
142/24	0,5	11/06/24	09/07/24	28	150	541,5	30,6	
143/24	0,4	11/06/24	09/07/24	28	150	614,1	34,8	34,4
144/24	0,4	11/06/24	09/07/24	28	150	600,3	34,0	
148/24	0,6	13/06/24	11/07/24	28	150	491,4	27,8	29,6
149/24	0,6	13/06/24	11/07/24	28	151	556,7	31,1	
150/24	0,6	13/06/24	11/07/24	28	151	537,8	30,0	
153/24	0,5	25/06/24	28/06/24	3	151	238,8	13,3	13,2
154/24	0,5	25/06/24	28/06/24	3	151	234,9	13,1	
155/24	0,5	25/06/24	02/07/24	7	151	364,9	20,4	19,5
156/24	0,5	25/06/24	02/07/24	7	150	328,3	18,6	
174/24	0,55	04/07/24	11/07/24	7	150	377,8	21,4	-
175/24	0,55	04/07/24	11/07/24	7	151	307,2	17,2	
176/24	0,5	04/07/24	01/08/24	28	150	535,4	30,3	29,8
177/24	0,5	04/07/24	01/08/24	28	151	528,2	29,5	
178/24	0,5	04/07/24	01/08/24	28	152	535,4	29,5	
179/24	0,55	04/07/24	01/08/24	28	151	538,5	30,1	29,0
180/24	0,55	04/07/24	01/08/24	28	151	486,1	27,1	
181/24	0,55	04/07/24	01/08/24	28	151	534,6	29,9	
195/24	0,6	10/07/24	07/08/24	28	149	414,6	23,8	23,8
196/24	0,6	10/07/24	07/08/24	28	151	423,6	23,7	
197/24	0,6	10/07/24	07/08/24	28	150	421,0	23,8	
198/24	0,65	10/07/24	07/08/24	28	150	363,7	20,6	20,75
199/24	0,65	10/07/24	07/08/24	28	150	376,4	21,3	
200/24	0,65	10/07/24	07/08/24	28	151	306,1	17,1	
201/24	0,65	10/07/24	07/08/24	28	149	361,0	20,7	23,5
202/24	0,65	10/07/24	07/08/24	28	151	364,9	20,4	
209/24	0,6	31/07/24	28/08/24	28	151	412,8	23,1	
210/24	0,6	31/07/24	28/08/24	28	151	429,0	24,0	33,0
211/24	0,6	31/07/24	28/08/24	28	151	420,3	23,5	
212/24	0,35	31/07/24	28/08/24	28	151	550,4	30,7	
213/24	0,35	31/07/24	28/08/24	28	151	585,3	32,7	17,0
214/24	0,35	31/07/24	28/08/24	28	150	627,2	35,5	
218/24	0,45	05/08/24	08/08/24	3	151	311,9	17,4	
219/24	0,45	05/08/24	08/08/24	3	151	281,1	15,7	24,8
220/24	0,45	05/08/24	08/08/24	3	151	321,6	18,0	
221/24	0,45	05/08/24	12/08/24	7	151	332,0	18,5	
222/24	0,45	05/08/24	12/08/24	7	151	451,4	25,2	30,2
223/24	0,45	05/08/24	12/08/24	7	151	437,0	24,4	
224/24	0,45	05/08/24	19/08/24	14	151	459,2	25,6	
225/24	0,45	05/08/24	19/08/24	14	150	525,1	29,7	33,8
226/24	0,45	05/08/24	19/08/24	14	150	542,4	30,7	
227/24	0,45	05/08/24	02/09/24	28	153	392,0	21,3	
228/24	0,45	05/08/24	02/09/24	28	151	584,1	32,6	33,1
229/24	0,45	05/08/24	02/09/24	28	150	616,5	34,9	
233/24	0,4	08/08/24	05/09/24	28	151	545,4	30,5	
234/24	0,4	08/08/24	05/09/24	28	151	638,1	35,6	25,1
235/24	0,4	08/08/24	05/09/24	28	152	410,5	22,6	
236/24	0,55	08/08/24	05/09/24	28	151	445,4	24,9	25,1
237/24	0,55	08/08/24	05/09/24	28	151	429,2	24,0	
238/24	0,55	08/08/24	05/09/24	28	151	470,3	26,3	

Tabla 79 Resultados Ensayos a Compresión (2da etapa)

Nuevamente se descartaron los valores marcados en amarillo ya que la diferencia entre los mismos y el valor de resistencia media del pastón es mayor al admisible

Resultados (relación a/c 0,5):

Los resultados de correspondientes a la relación a/c de 0,50 se muestran a continuación:

A/c	Dias	σ_{cm} MPa
0,5	0	0
0,5	3	13,2
0,5	7	19,5
0,5	28	29,77

Tabla 80 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,5)

La curva obtenida fue:

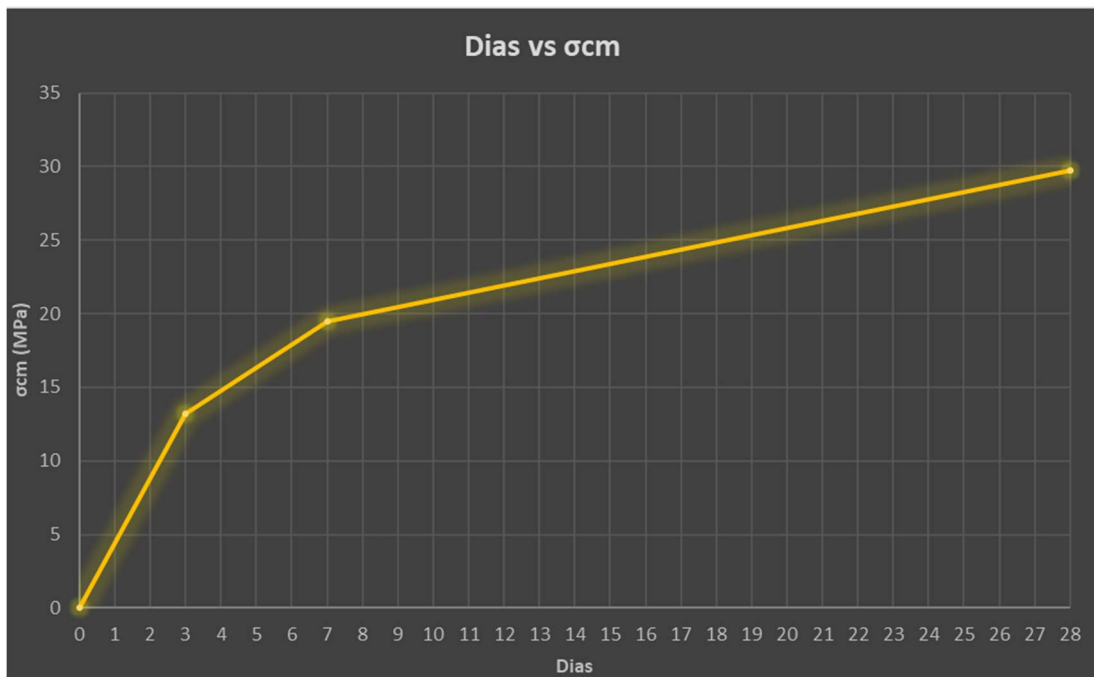


Gráfico 2 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,5)

Con el fin de obtener una línea de tendencia que se ajuste adecuadamente a la variación obtenida, se desplazó manualmente la curva, con el objetivo de poder aplicar una línea de tendencia logarítmica (ya que no se podría aplicar en caso de existir valores igual a cero).

El valor de R más cercano a 1 se obtuvo para un desplazamiento de 1:

A/c	Dias	σ_{cm} MPa
0,5	1	1
0,5	4	14,2
0,5	8	20,5
0,5	28	30,77

Tabla 81 Resistencia a Compresión Desplazada (Relación a/c 0,5)

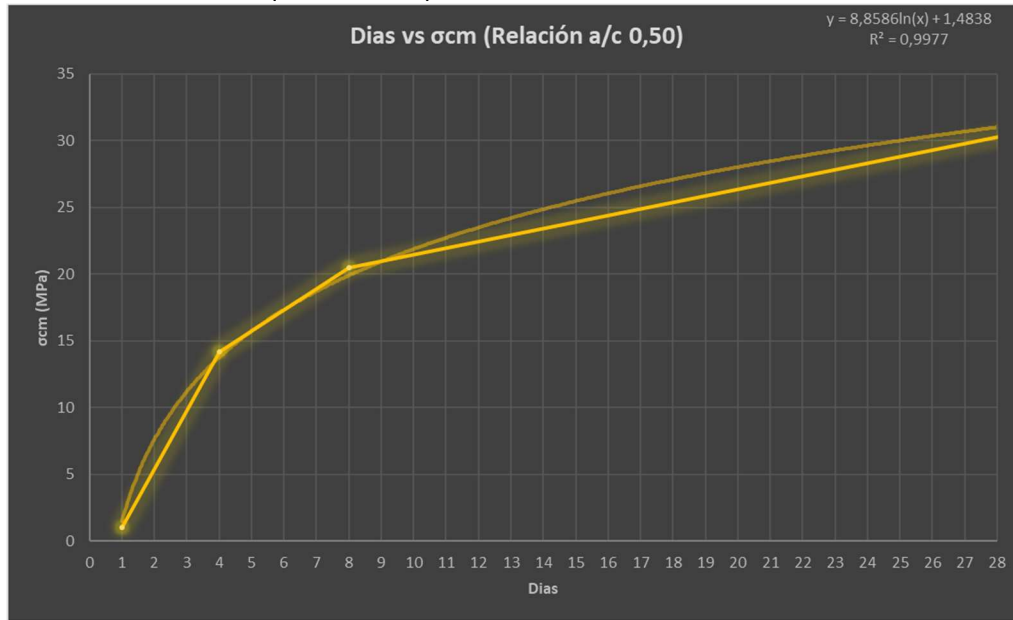


Grafico 3 Resistencia a Compresión Desplazada (Relación a/c 0,5)

La ecuación obtenida fue:

$$\sigma_{cm} = 8,8586 * \ln(x) + 1,438$$

Considerando el desplazamiento agregado, la ecuación que permite determinar la resistencia a compresión en MPa, para una relación a/c de 0,50 es:

$$\sigma_{cm} = (8,8586 * \ln(Días + 1) + 1,438) - 1$$

Aplicando la ecuación obtenida se confecciono una nueva curva utilizando los valores correspondientes a los primeros 28 días:

Días	σ_{cm} MPa	Días	σ_{cm} MPa
0	0,48	15	25,05
1	6,62	16	25,58
2	10,22	17	26,09
3	12,76	18	26,57
4	14,74	19	27,02
5	16,36	20	27,45
6	17,72	21	27,87
7	18,90	22	28,26
8	19,95	23	28,64
9	20,88	24	29,00
10	21,73	25	29,35
11	22,50	26	29,68
12	23,21	27	30,00
13	23,86	28	30,31
14	24,47		

Tabla 82 Resistencia a Compresión PPS (Relación a/c 0,5)

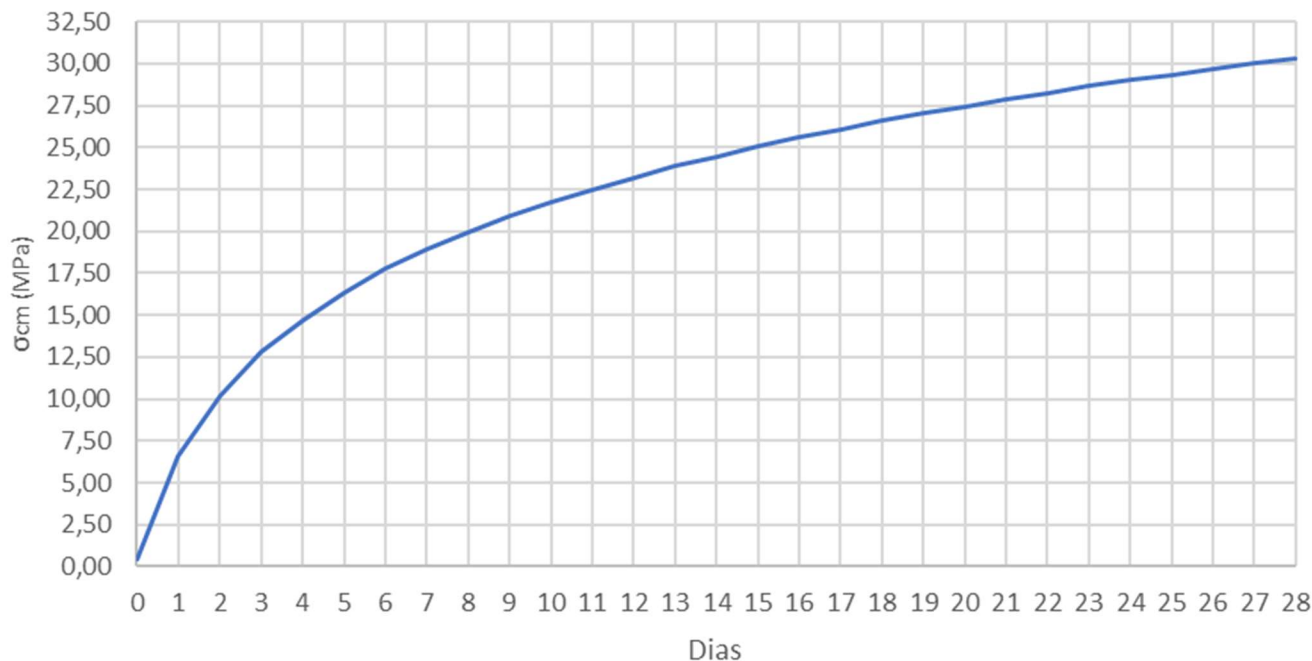
Días vs σ_{cm} (Relación a/c 0,50)

Gráfico 4 Resistencia a Compresión PPS (Relación a/c 0,5)

Conclusión:

Observando la variación podemos verificar que la resistencia del hormigón no es uniforme en el tiempo. En cambio, se observa un aumento significativo en la resistencia durante los primeros días luego de la fabricación. Se pueden distinguir las siguientes etapas:

1. Etapa Inicial (0-7 días): Curado Temprano. En los primeros días, la resistencia del hormigón aumenta rápidamente ya que la mayor parte de la hidratación del cemento ocurre en esta etapa. El hormigón puede alcanzar aproximadamente el 30-40% de su resistencia final a los 3-7 días. En los ensayos realizados, la resistencia a los 3 días fue de un 44% respecto de la resistencia final
2. Etapa Intermedia (7-28 días): Desarrollo Continuo. Una vez transcurrida la primera semana, la resistencia disminuye su intensidad de crecimiento, pero continúa de manera constante. A los 28 días, el hormigón puede alcanzar alrededor del 70-90% de su resistencia final.
3. Etapa Larga (más de 28 días): Maduración Lenta. En caso de haber ensayado la resistencia pasados los 28 días, se hubiera observado un leve aumento en la misma. Esto se debe a que, aunque la mayor parte del desarrollo de la resistencia ocurre en los primeros 28 días, el hormigón sigue ganando resistencia lentamente durante meses y, en algunos casos, años. La resistencia final puede superar la resistencia medida a los 28 días, especialmente si se ha mantenido un curado adecuado.

Resultados (relación a/c 0,45):

Para el caso de la relación agua/cemento igual a 0,45, tal como se preveía, se observó un aumento en la resistencia para los distintos días ensayados. Es decir, que se produjo un desplazamiento en sentido vertical de la curva obtenida para la relación a/c de 0,5

A/c	Días	σ_{cm}
0,45	0	0
0,45	3	17
0,45	7	24,8
0,45	14	30,2
0,45	28	33,75

Tabla 83 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,45)

La curva obtenida fue:

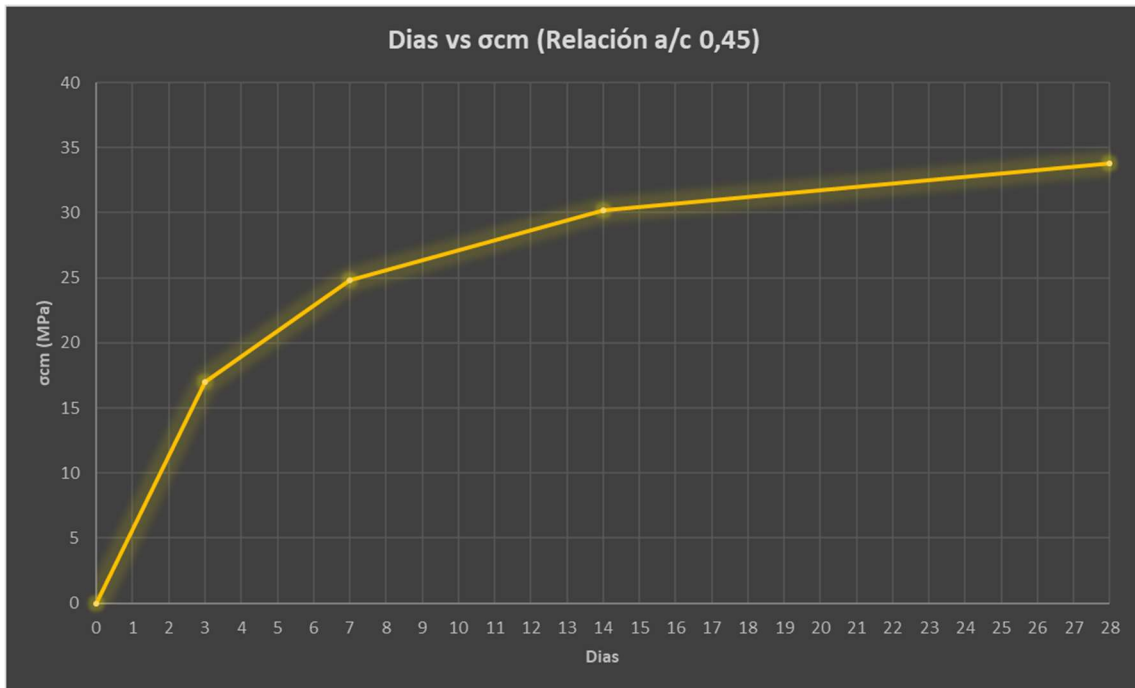


Grafico 5 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,45)

Nuevamente se aplicó un desplazamiento manual de 1, con el fin de obtener una línea de tendencia logarítmica

A/c	Días	σ_{cm}
0.45	1	1
0,45	4	18
0,45	8	25,8
0,45	15	31,2
0,45	29	34,75

Tabla 84 Resistencia a Compresión Desplazada(Relación a/c 0,45)

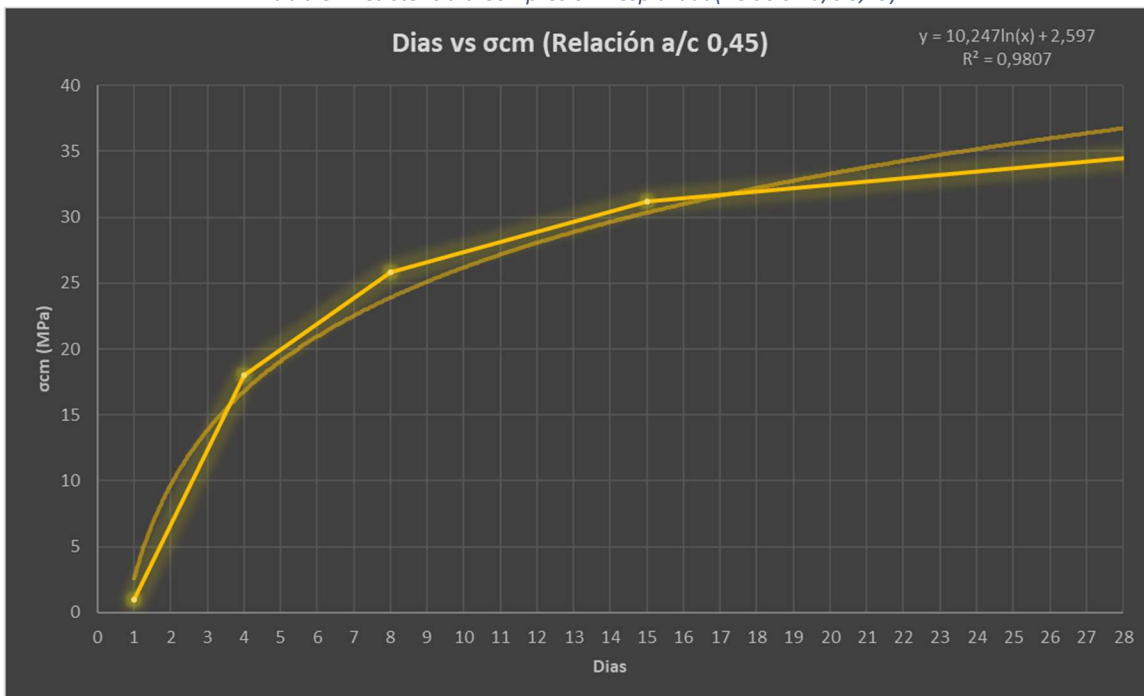


Grafico 6 Resistencia a Compresión Desplazada(Relación a/c 0,45)

La ecuación obtenida fue:

$$\sigma_{cm} = 10,247 * \ln(x) + 2,597$$

Considerando el desplazamiento agregado, la ecuación que permite determinar la resistencia a compresión en MPa, para una relación a/c de 0,45 es:

$$\sigma_{cm} = (10,247 * \ln(x + 1) + 2,597) - 1$$

Aplicando la ecuación obtenida se confecciono una nueva curva utilizando los valores correspondientes a los primeros 28 días:

Dias	σ_{cm} MPa	Dias	σ_{cm} MPa
0	1,60	15	30,01
1	8,70	16	30,63
2	12,85	17	31,21
3	15,80	18	31,77
4	18,09	19	32,29
5	19,96	20	32,79
6	21,54	21	33,27
7	22,91	22	33,73
8	24,11	23	34,16
9	25,19	24	34,58
10	26,17	25	34,98
11	27,06	26	35,37
12	27,88	27	35,74
13	28,64	28	36,10
14	29,35		

Tabla 85 Resistencia a Compresión PPS (Relación a/c 0,45)

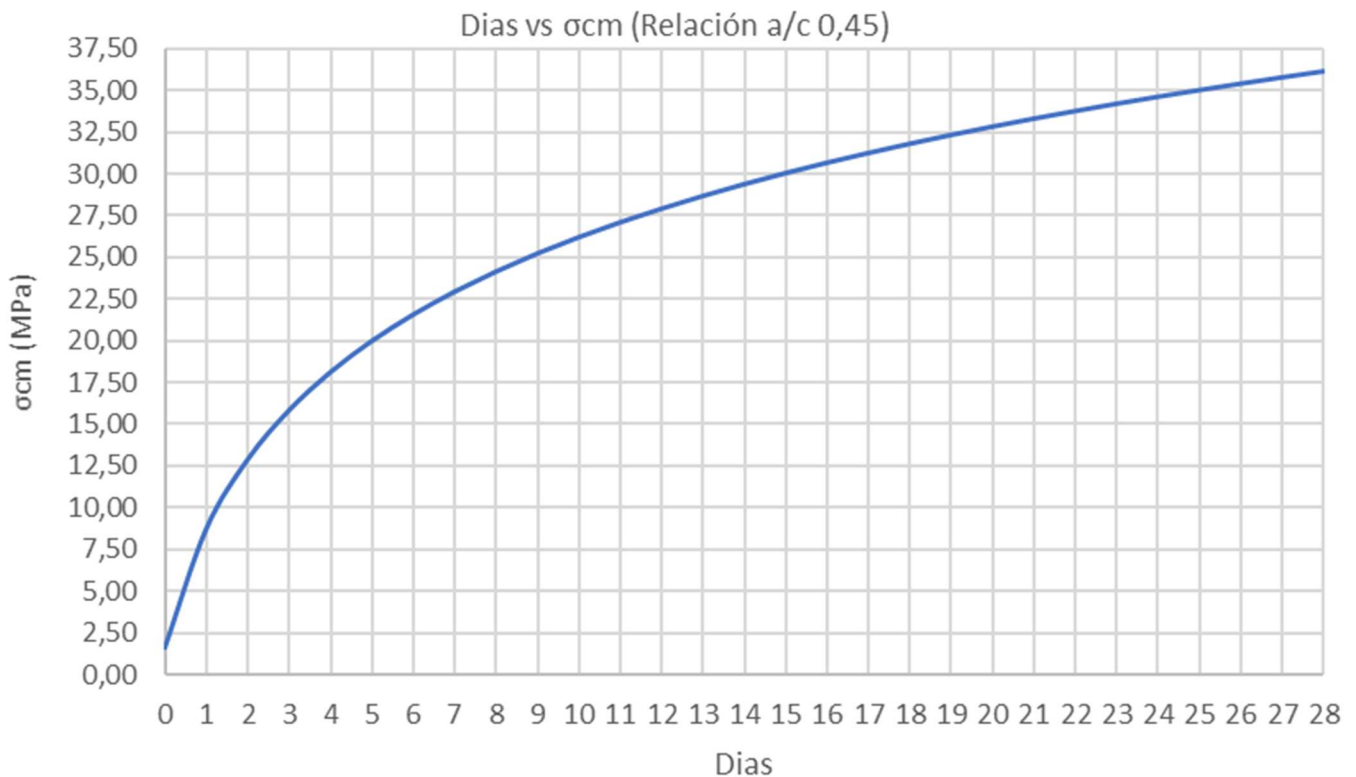


Gráfico 7 Resistencia a Compresión PPS (Relación a/c 0,45)

Conclusión:

Observando ambas curvas podemos concluir que la relación agua-cemento es un factor crítico en el diseño del hormigón que influye directamente en sus propiedades finales. Una relación menor implica menos agua en comparación con la cantidad de cemento, lo que afecta la curva de resistencia del hormigón a lo largo del tiempo. A continuación se muestran las curvas días vs Resistencias originales correspondientes a las relaciones 0,45 y 0,50:

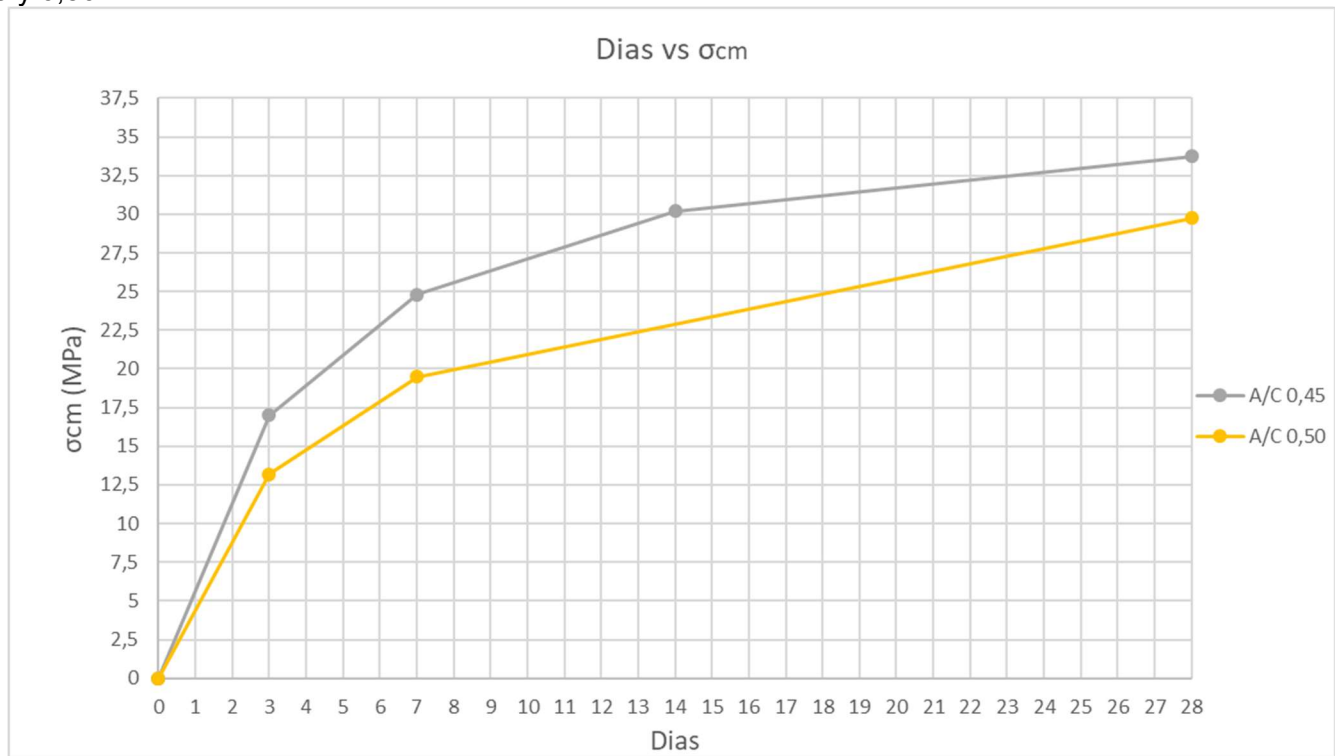


Grafico 8 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,45 vs a/c 0,55)

Los efectos que produce en la curva de resistencia una relación agua-cemento menor son:

- Aumento en la resistencia inicial: Una relación agua-cemento menor resulta en una mayor resistencia inicial en comparación con una relación a/c más alta. Esto se debe a que una menor cantidad de agua reduce la porosidad de la mezcla, lo que resulta en una estructura más densa y resistente. Tal como podemos ver en la curva correspondiente a una relación de 0,45 la cual comienza con una mayor pendiente respecto a la curva de relación a/c de 0,50.
- Disminución en la tasa de crecimiento: A medida que pasa el tiempo, la resistencia del hormigón con una relación a/c menor continúa aumentando a un ritmo más lento que el del hormigón con una relación a/c más alta. Esto se debe a que el menor contenido de agua puede restringir el crecimiento de los productos de hidratación a medida que el cemento se seca y se endurece.
- Mayor resistencia final: En términos generales, el hormigón con una relación agua-cemento menor tiende a alcanzar una resistencia final mayor. Sin embargo, se debe tener en cuenta que esto también depende de otros factores como el tipo de cemento, la calidad de los áridos, y las condiciones de curado.
- Menor Permeabilidad: Una relación agua-cemento menor reduce la permeabilidad del hormigón, lo cual mejora su durabilidad y resistencia a la penetración de agua y sustancias químicas.
- Mayor Fragilidad: en contraparte, una relación a/c demasiado baja puede hacer que el hormigón tienda a sufrir problemas de trabajabilidad y a poseer una menor ductilidad.

En resumen, una relación agua-cemento menor generalmente resulta en una curva de resistencia que muestra una mayor resistencia inicial y un crecimiento de resistencia más lento en etapas posteriores. Esta relación proporciona un hormigón más resistente y menos permeable, aunque puede afectar negativamente algunas propiedades de trabajabilidad y ductilidad.

Variación Porcentual de la resistencia en función del tiempo

El siguiente análisis a realizar tuvo el objetivo de encontrar el porcentaje de resistencia, respecto de la resistencia final obtenida a 28 días, desarrollado a las edades de 3, 7, y 14 días, para las relaciones a/c de 0,45 y 0,5.

Como se observa en la *tabla 80 "Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,5)"*, para dicha relación no se realizó un ensayo a rotura para la edad de 14 días, lo cual si se realizó en la relación a/c 0,45. Debido a esto se adoptó el valor obtenido en la "*Tabla 86 Resistencia a Compresión PPS (Relación a/c 0,5)"*, con el fin de tener la misma cantidad de valores analizados para ambas relaciones.

A/c	Dias	σ_{cm} MPa
0,5	0	0
0,5	3	13,2
0,5	7	19,5
0,5	14	25,47
0,5	28	29,77

Tabla 87

Con el nuevo valor añadido, quedaron conformadas ambas curvas con la misma cantidad de valores:

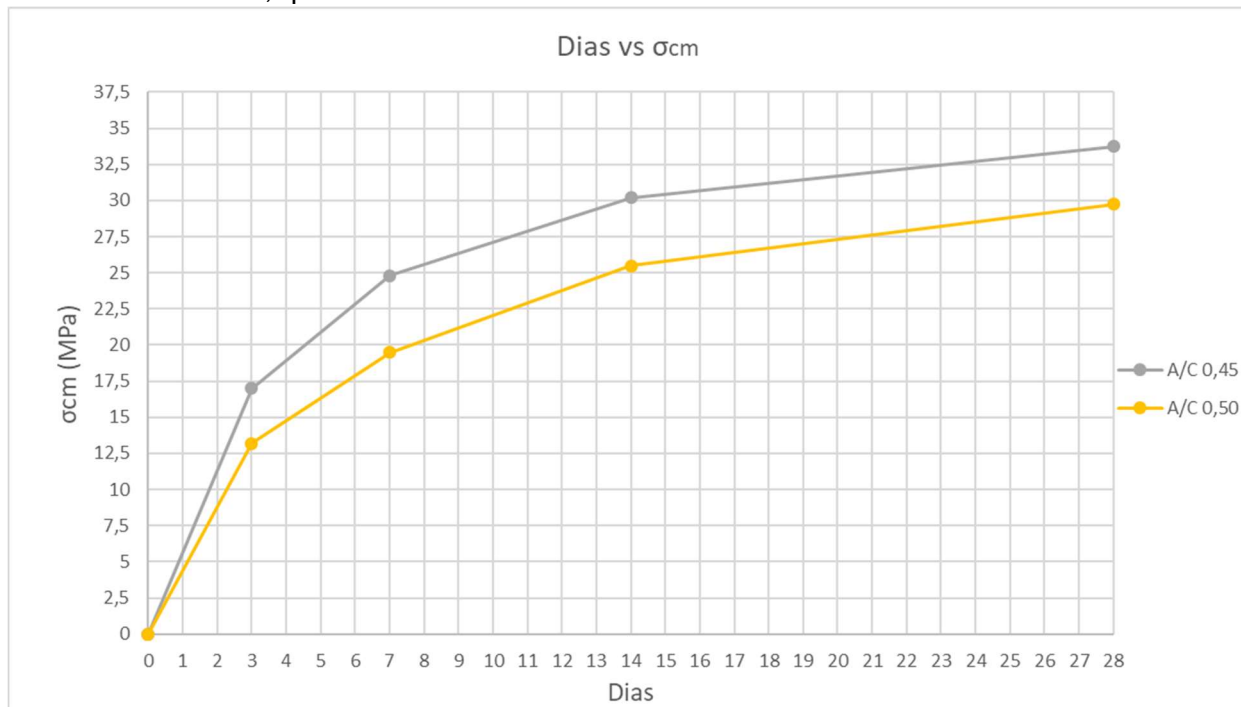


Gráfico 9 Resistencia a Compresión (Relación a/c 0,45 vs a/c 0,55)

En las siguientes tablas se muestran el porcentaje de resistencia respecto de la total que se alcanzaron en las diferentes edades

A/c	Dias	σ_{cm} MPa	Variación %
0,5	0	0	0%
0,5	3	13,2	44%
0,5	7	19,5	66%
0,5	14	25,47	86%
0,5	28	29,77	100%

Tabla 88: Variación % de la resistencia respecto de la total (a/c 0,5)

A/c	Días	σ_{cm}	Variación %
0,45	0	0	0%
0,45	3	17	50%
0,45	7	24,8	73%
0,45	14	30,2	89%
0,45	28	33,75	100%

Tabla 89 Variación % de la resistencia respecto de la total (a/c 0,45)

En el siguiente gráfico se representan los porcentajes obtenidos

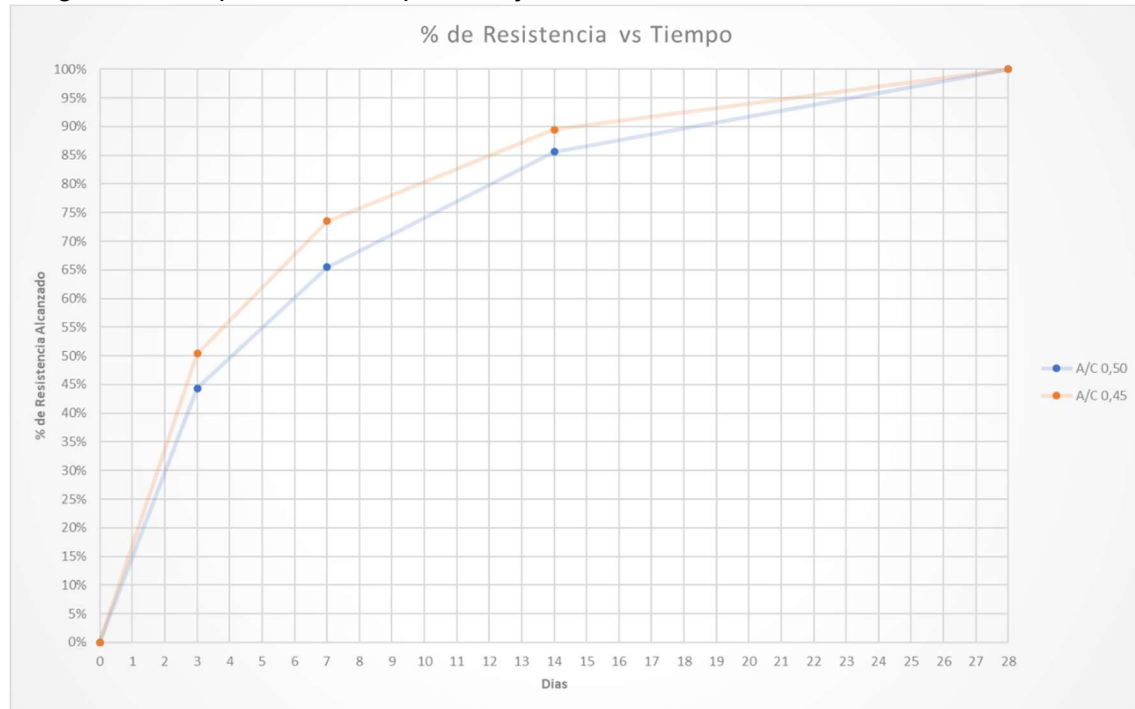


Gráfico 10 % de Resistencia vs Tiempo

Conclusión:

Observando ambas tablas podemos concluir que para una relación a/c más baja y una mayor resistencia se observa un crecimiento de resistencias, respecto de la total, más rápido.

En cuanto al valor de la resistencia respecto de la final, observamos valores relativamente similares. Podemos ver que, a una edad de 3 días, la resistencia alcanza un valor de aproximadamente igual a la mitad de la resistencia total, en el caso de la relación a/c 0,50. En cambio, para la relación a/c 0,45 se alcanza un valor igual a la mitad de la resistencia final.

A los 7 días, si bien nuevamente observamos una variación del porcentaje para ambas relaciones, podemos concluir que la resistencia puede alcanzar valores comprendidos entre el 65 y 75 % respecto a la final.

Finalmente, a los 14 días se obtuvieron porcentajes muy similares por lo que podemos concluir que la resistencia a dicha edad se encontrará entre el 85 y el 90% respecto de la resistencia final alcanzada a los 28 días.

Comparación curva resistencia a 28 con diversos autores

Con la totalidad de los ensayos realizados se confeccionó una curva que relacione la resistencia a compresión a los 28 días, y se la comparó con las curvas realizadas por García Balado, método ACI y con la curva obtenida por la Universidad.

Los resultados obtenidos fueron:

Relación a/c	Resistencia a compresión a 28 días (Mpa)							
	PPS	ICPA	Garcia Balado		ACI		Curva UNPSJB - LABIEVI	
			Canto Rodado	Agregado Triturado	Rel a/c	Canto Rodado		Agregado Triturado
0,35	32,97	45,5	43	46	0,34	45,26	48,26	
0,4	33,05	39,5	37,3	40,3	0,41	38,37	41,37	36,5
0,45	33,8	34,5	32,4	35,4				32
0,5	29,8	30	28	31	0,48	31,47	34,47	28,5
0,55	25,1	26	24	27	0,57	24,58	27,58	25,5
0,6	23,5	22,5	20,7	23,7				22,8
0,65	20,8	19,5	17,8	20,8	0,68	17,68	20,68	20,6

Tabla 90 Comparación Resultados Diversos Autores

Para aclarar los resultados obtenidos la “tabla 90”, es importante destacar que tanto los resultados asociados al método de García-Balado como los del método ACI se refieren específicamente a la utilización de agregados triturados. Esta distinción es fundamental, ya que las propiedades mecánicas y el comportamiento del hormigón pueden variar significativamente dependiendo del tipo de agregado utilizado.

Es por ello que, García-Balado, propone un ajuste en los resultados para adaptarlos a las características de los agregados de tipo canto rodado. Se sugiere restar un valor de 3 MPa a las resistencias obtenidas a partir del uso de agregados triturados. Esta recomendación busca reflejar de manera más precisa las propiedades mecánicas del hormigón cuando se utilizan agregados de canto rodado, que, en general, tienden a presentar un rendimiento inferior en comparación con los agregados triturados.

A continuación, se muestran cada una de las curvas:

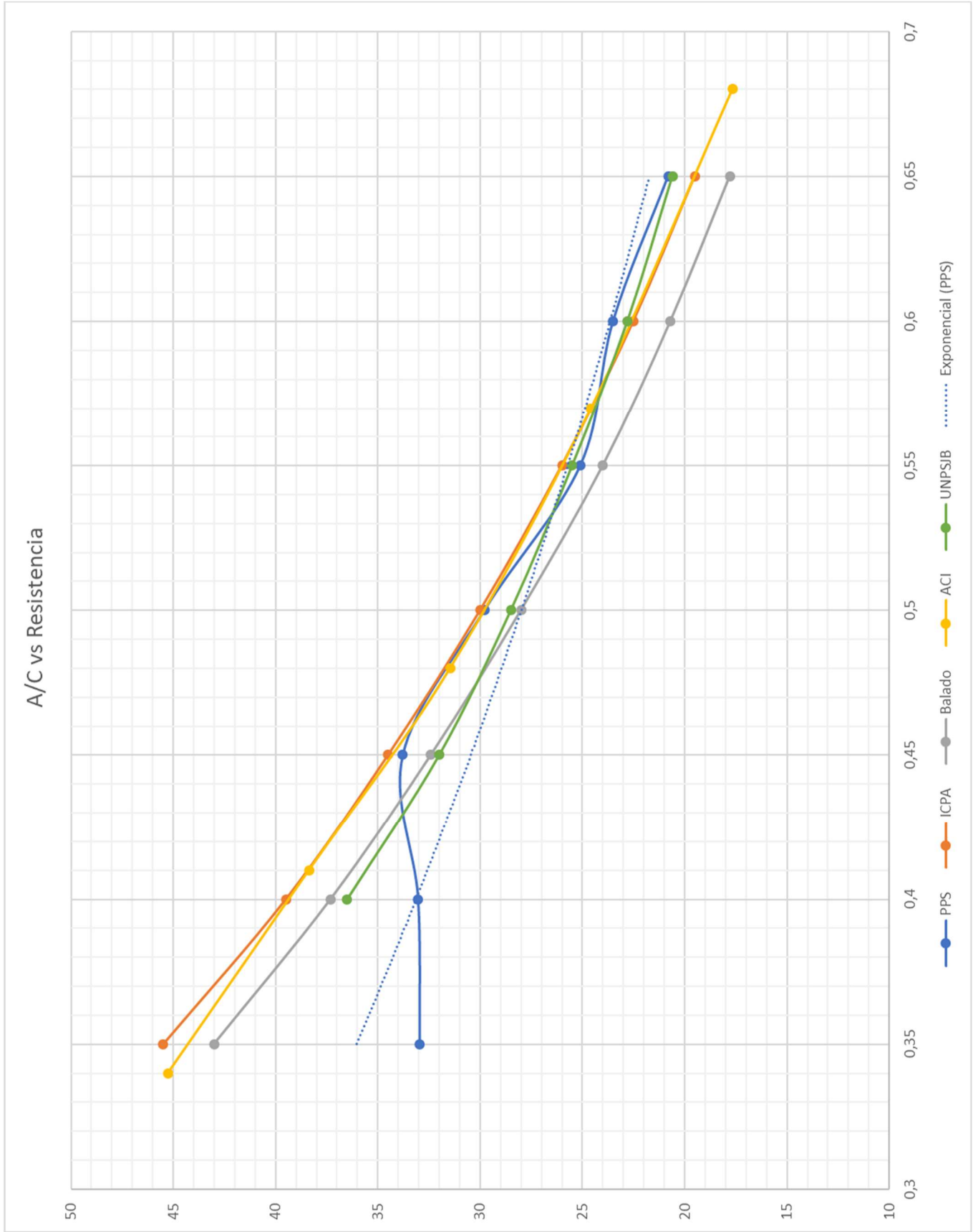


Grafico 11 Comparación Resultados Diversos Autores

Conclusión:

Basado en los resultados obtenidos, se puede concluir que las relaciones a/c de 0,65; 0,60; 0,55; 0,50 y 0,45 mostraron una variación en la resistencia que se ajusta a lo esperado: a medida que disminuye la relación agua/cemento, la resistencia aumenta. Sin embargo, este patrón no se observó en las relaciones a/c de 0,40 y 0,35. En particular, la relación 0,40 exhibió una resistencia a 28 días muy similar a la de la relación 0,45, mientras que la resistencia para la relación 0,35 resultó ser incluso menor que la de la relación 0,40.

Una posible explicación para estos resultados atípicos podría ser la gran cantidad de cemento requerida en cada una de estas dos mezclas mencionadas

Se puede observar que la curva obtenida de acuerdo a los resultados del presente informe guarda una gran similitud con la curva correspondiente al método ACI. Es por ello que, en caso de utilizar relaciones a/c de 0,35 o 0,40, sería posible hacer uso de los valores dados por la curva del método ACI, pero haciendo uso de aditivos reductores de agua.

Curva relación a/c en función de las resistencias a 28 días

Se confeccionó una curva que vincule las relaciones agua cemento en función de la resistencia a compresión a 28 días. Los resultados obtenidos fueron:

A/C	R a 28 días (Mpa)
0,35	32,97
0,4	33,05
0,45	33,8
0,5	29,8
0,55	25,1
0,6	23,5
0,65	20,8

Tabla 91 Resistencia a 28 días vs A/C (2da Etapa)

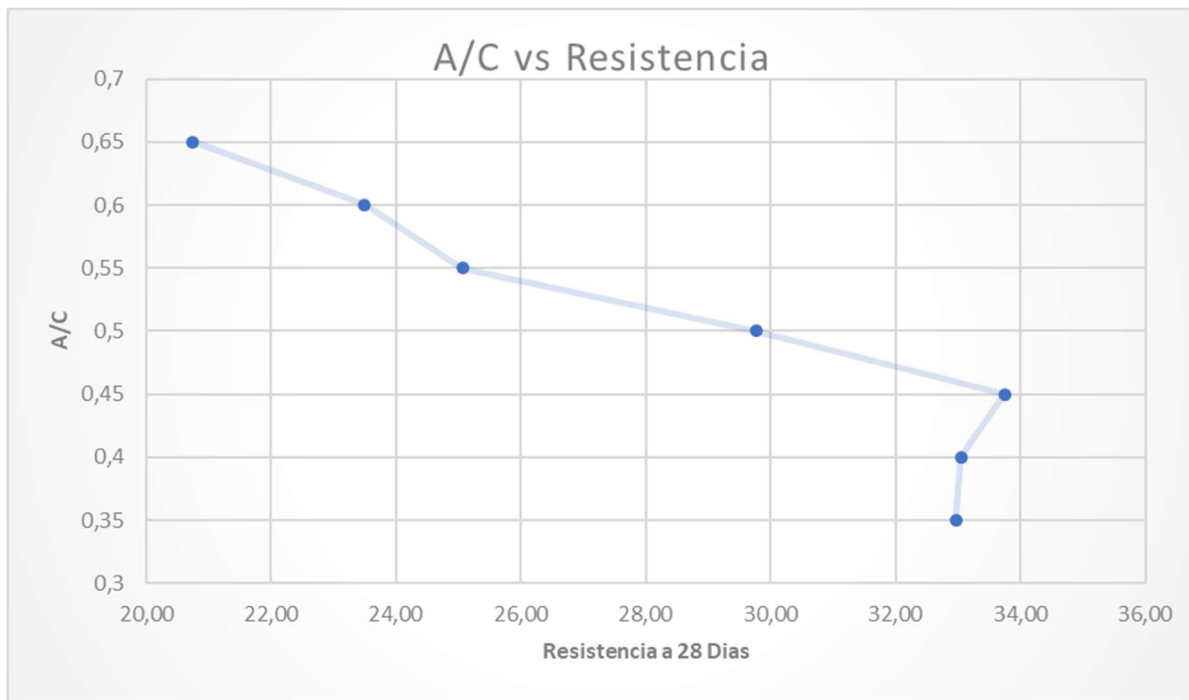


Gráfico 12 Resistencia a 28 días vs A/C (2da Etapa)

Se puede observar ver que el resultado correspondiente a una relación a/c 0,35 y a/c 0,40 presentan una dispersión atípica en comparación con los valores obtenidos para las restantes relaciones.

Debido a esto se planteó una nueva curva sin considerar dichos valores y se trazó una línea de tendencia con el fin de obtener una ecuación que relacione los parámetros mencionados:

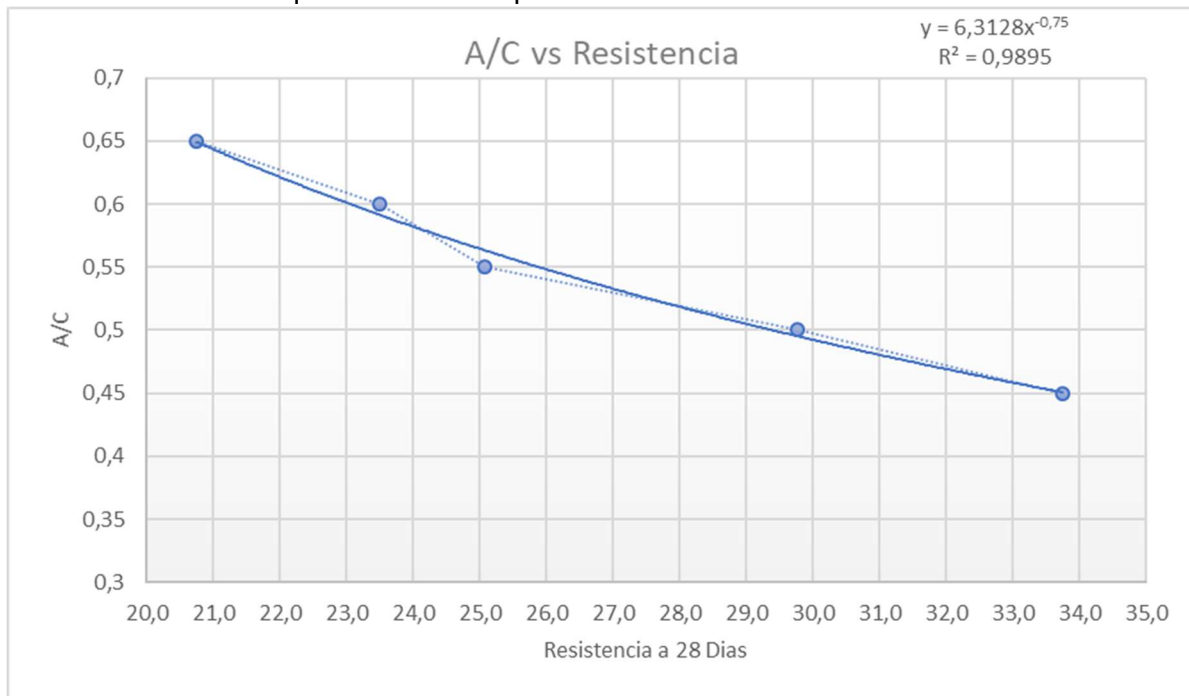


Grafico 13 Resistencia a 28 días vs A/C

La función que mejor se ajustó a la curva obtenida se obtuvo una línea de tendencia potencial. La ecuación obtenida fue:

$$\text{Relación } \frac{a}{c} = 6,3128 * (\text{Resistencia a compresion a 28 días Mpa})^{-0,75}$$

Conclusión

Analizando el gráfico obtenido podemos ver que se cumple el comportamiento esperado del hormigón. Como se observa, en general, existe una tendencia clara: a medida que disminuye la relación agua/cemento, la resistencia a compresión aumenta. Esto coincide con la teoría, que sugiere que una menor proporción de agua en relación con el cemento favorece una mayor densidad y resistencia del material.

Sin embargo, como se mencionó previamente, se identificaron valores atípicos en las relaciones agua/cemento más bajas (0,40 y 0,35). Para estas relaciones, la resistencia no aumentó de manera uniforme con la disminución de la proporción de agua. La resistencia a 28 días para una relación de 0,40 fue comparable a la de 0,45, y la de 0,35 resultó ser menor que la de 0,40. Estos resultados inesperados podrían deberse a que se llevó a cabo una búsqueda de un asentamiento adecuado para lograr una óptima compactación en el moldeo de las probetas, sin embargo, es importante considerar que, al mantener una baja relación agua/cemento, se observa un incremento en el contenido de cemento necesario para obtener las características deseadas en dichas probetas, lo que puede haber influido negativamente en la calidad del hormigón.

En resumen, aunque la tendencia general es coherente con las expectativas teóricas, las anomalías observadas en las relaciones agua/cemento más bajas sugieren que se deben considerar otros factores, como las cantidades de cemento y las técnicas de preparación, para optimizar la resistencia del Hormigón.

Clase del Hormigón según CIRSOC 201/82 y CIRSOC 201/05

De acuerdo a la curva de “relación a/c vs Resistencia” obtenida previamente se buscó determinar las relaciones a/c correspondientes a las clases de hormigón dados por los reglamentos CIRSOC 201/82 y CIRSOC 201/05. De la siguiente tabla extraída del reglamento CIRSCOC 201/82 se obtuvieron las resistencias correspondientes a las distintas clases de hormigón.

Tabla 3. Clases de resistencia del hormigón y aplicaciones

1	2	3		4		5	6
Hormigón Grupo	Hormigón de Clase de resistencia	Resistencia caracterís- tica (σ'_{bk}) a la edad de 28 días, según lo establecido en el artí- culo 6.6.2.1.		Resistencia media míni- ma de cada serie de 3 en- sayos consecutivos, se- gún lo establecido en el artículo 6.6.3.11.2.a)		Cumple las condiciones estableci- das en los artículos	Aplica- ciones
		MN/m ²	(kgf/cm ²)	MN/m ²	(kgf/cm ²)		
H - I	H - 4	4	(40)	7,0	(70)	6.6.3.	Hormigón simple únicamente
	H - 8	8	(80)	12,0	(120)		Hormigón simple y Hormigón armado
	H - 13	13	(130)	17,5	(175)		
	H - 17	17	(170)	21,5	(215)		
H - II	H - 21	21	(210)	26,0	(260)	6.6.4.	Hormigón simple, Hormigón armado y Hormigón pretensado
	H - 30	30	(300)	35,0	(350)		
	H - 38	38	(380)	43,0	(430)		
	H - 47	47	(470)	52,0	(520)		

Tabla 92: Clase de Hormigón (CIRSOC 201/82)

Debido a que el número de ensayos realizados por pastón no permite calcular el desvió estándar, se consideró el criterio de la media de tres ensayos consecutivos.

Con los valores de resistencias mostrados en la “Tabla 92” se aplicó la ecuación obtenida del “Grafico 13” (página 73) obteniendo la relación a/c correspondiente:

$$Ralción \frac{a}{c} = 6,3128 * (Resistencia a compresion a 28 dias Mpa)^{-0,75}$$

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Clase	R a 28 días	Relación
(Cirsoc 201/82)	(Mpa)	a/c
H-4	7	1,47
H-8	12,0	0,98
H-13	17,5	0,74
H-17	21,5	0,63
H-21	26,0	0,55
H-30	35,0	0,44
H-38	43,0	0,38
H-47	52,0	0,33

Tabla 93: Relación a/c para clases de hormigón CIRSOC 201/82

Se repitió el análisis para las clases de hormigón dados por el reglamento CIRSOC 201/05. Por no haber fabricado el hormigón en una planta elaboradora se adoptará como criterio el Modo 2: Se considerará que todo el hormigón evaluado posee la resistencia especificada si se cumplen las dos condiciones siguientes:

- a) La resistencia media móvil de todas las series posibles de tres (3) ensayos consecutivos, correspondientes al hormigón evaluado, es igual o mayor que la resistencia especificada más 5 MPa.

$$f'_{cm,3} \geq f'_c + 5 \text{ MPa}$$

De la siguiente tabla extraída del reglamento se obtuvieron las resistencias correspondientes a las distintas clases de hormigón:

Clase de hormigón	Resistencia especificada a compresión f'_c (MPa)	A utilizar en hormigones
H – 15	15	simples (sin armar)
H – 20	20	simples y armados
H – 25	25	Simples, armados y pretensados
H – 30	30	
H – 35	35	
H – 40	40	
H – 45	45	
H – 50	50	
H – 60	60	

Tabla 94: Clase de Hormigón (CIRSOC 201/05)

Es decir, a las resistencias mostradas en la “Tabla 94” se le adicionaron 5MPa, y con el valor obtenido se aplicó nuevamente la ecuación del “Grafico 13”. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Clase (Cirsoc 201/82)	f'_c (Mpa)	f'_{cm3} (Mpa)	Relación a/c
H-15	15	20	0,67
H-20	20	25	0,56
H-25	25	30	0,49
H-30	30	35	0,44
H-35	35	40	0,40
H-40	40	45	0,36
H-45	45	50	0,34
H-50	50	55	0,31
H-60	60	65	0,28

Tabla 95: Relación a/c para clases de hormigón CIRSOC 201/05

VALORACIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

En la presente práctica profesional, se logró profundizar y reforzar los conocimientos previamente adquiridos en las diversas materias relacionadas con la tecnología de los materiales. Este proceso también se extendió hacia la exploración de nuevos temas y situaciones que surgen en el campo de la fabricación de mezclas de hormigón.

Durante esta investigación, se abordaron de manera detallada los inconvenientes que pueden surgir en el proceso de producción de hormigón, lo que permitió una comprensión más amplia de los desafíos prácticos que surgen en esta área. Se analizaron las causas subyacentes de estos problemas, identificando factores como la calidad de los materiales, las condiciones ambientales y los métodos de mezcla. Este análisis fue fundamental para entender cómo cada uno de estos elementos puede influir en la calidad del producto final.

Además, se discutieron diversas estrategias y soluciones para prevenir la recurrencia de estos inconvenientes en el futuro. A través de la identificación de prácticas adecuadas y la implementación de controles de calidad más rigurosos, se propusieron medidas que pueden contribuir a mejorar significativamente el proceso de fabricación de hormigón.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2005). *Densidad del cemento* (IRAM 1624-2005). IRAM
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2002). *Agregado Fino. Densidad y absorción* (IRAM 1520-2002-A)
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2002). *Agregado Grueso. Densidad y absorción* (IRAM 1533-2002-A)
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2003). *Densidad a granel y espacios vacíos* (IRAM 1548-2003)
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (1997). *Tamices de ensayo* (IRAM 1501-1997).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (1987). *Muestreo de agregado para hormigones* (IRAM 1509-1987).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2004). *Preparación y curado en laboratorio de probetas* (IRAM 1534-2004).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (1978). *Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono* (IRAM 1536-1978).
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (1978). *Densidad, rendimiento y contenido de aire* (IRAM 1562-1978)
- Comité Argentino de Grandes Estructuras (CIRSOC). (2005). *Norma CIRSOC 201/05: Estructuras de hormigón*
- Positieri, M. J., López, R., Baronetto, C. E., & Gonzalez, M. (2016). Influencia de la forma y textura de las arenas en la demanda de agua de los hormigones. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*
- Ciencias y Tecnología de los Materiales. (2020). *Apuntes de Cátedra*. UNPSJB sede Trelew