

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO  
DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA  
– CEMENTO 0.55 Y 0.60”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**PABLO FABBRI ARONÉS GONZALES**

**ID: 0009-0006-8789-7747**

**ASESOR**

**Mag. MAX HUAYNALAYA RASHUAMAN**

**ID: 0000-0002-8956-2194**

**LIMA – PERÚ**

**2025**

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**

Pablo Fabbri Aronés Gonzales

pablo.arones.g@uni.pe

927619055

Citar/ How to cite	Aronés Gonzales [1]
Referencia/Reference	[1] P. Aronés Gonzales, " <i>Análisis comparativo de los principales métodos de diseño de mezclas existentes, para concretos de relaciones agua – cemento 0.55 y 0.60</i> " [Tesis de pregrado].
Estilo/Style	
APA (7ma ed.)	Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.

Citar/ How to cite	(Aronés, 2024)
Referencia/Reference	Aronés, P. (2024). <i>Análisis comparativo de los principales métodos de diseño de mezclas existentes, para concretos de relaciones agua – cemento 0.55 y 0.60</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style	
APA (7ma ed.)	

## ***Dedicatoria***

*A Fabricio y Alessandro, gracias por su enorme motivación día a día, sé que pronto serán ustedes quienes estarán en esta posición.*

*A mis padres, hermanos, familiares cercanos que me apoyaron en todo el trayecto universitario.*

*A mis amigos, que son sin duda la familia que uno escoge.*

*También para ti, que fuiste primordial en el camino, y que, por diversas razones, hoy no puedes disfrutar de la culminación de este gran esfuerzo.*

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil que durante años me brindó lineamientos claros para poder forjar mi carrera profesional.

A todas aquellas personas que de alguna forma se vieron involucradas en la elaboración del informe final, ensayos, ya sea mediante ánimos, permisos, recomendaciones, entre otros.

Al ingeniero Max Huaynalaya Rashuaman por su asesoría durante la elaboración de esta investigación.

# RESUMEN

A nivel internacional, la correcta selección y dosificación de los materiales del concreto es crucial para garantizar economía, seguridad y funcionalidad en la construcción. Los métodos de dosificación varían según la ubicación geográfica y el tipo de edificación. Aunque el ACI y el Eurocódigo son ampliamente utilizados, alcanzar un equilibrio óptimo entre materiales sigue siendo un desafío debido a las propiedades individuales de cada componente. En Perú, el método ACI predomina, aunque estudios internacionales han demostrado su menor eficiencia en comparación con otros métodos.

Las investigaciones nacionales buscan incorporar nuevos métodos de diseño para mejorar la calidad del concreto en la industria. Sin embargo, estos métodos han mostrado desventajas, como mayor consumo de materiales, requisitos físico-mecánicos insuficientes y prescripciones complejas, lo que refuerza el uso continuo del ACI debido a su claridad metodológica y racionalidad en el uso de materiales.

Esta tesis compara cinco métodos de diseño de mezcla con el ACI en términos de optimización de materiales y propiedades físico-mecánicas. Se utilizó una metodología cuantitativa, aplicada y experimental, con fichas de registro de datos. Los resultados muestran que todos los métodos optimizaron materiales, reduciendo costos frente al ACI. El método ICPA presentó el mayor ahorro, con un costo 11% menor. En estado fresco, el método EBCS logró mejores propiedades de asentamiento, mientras que el IS obtuvo mayor resistencia a la compresión a 28 días, reduciendo en 11% la demanda de agua y aumentando en 27% el uso de agregado fino, lo que mejoró su desempeño estructural.

**Palabras claves:** Métodos, Diseño de Mezcla, propiedades físico-mecánicas, materiales.

# ABSTRACT

Internationally, the correct selection and proportioning of concrete materials are crucial to ensuring economy, safety, and functionality in construction. Proportioning methods vary by geographic location and building type. Although ACI and Eurocode are widely used, achieving an optimal balance between materials remains a challenge due to the individual properties of each component. In Peru, the ACI method predominates, although international studies have shown its lower efficiency compared to other methods.

National research seeks to incorporate new design methods to improve concrete quality in the industry. However, these methods have shown disadvantages, such as increased material consumption, insufficient physical- mechanical requirements, and complex specifications. This reinforces the continued use of ACI due to its methodological clarity and rational use of materials.

This thesis compares five mix design methods with ACI in terms of material and physical–mechanical property optimization. A quantitative, applied, and experimental methodology was used, with data record sheets. The results show that all methods optimized materials, reducing costs compared to ACI. The ICPA method showed the greatest savings, with an 11 % lower cost. In the fresh state, the EBCS method achieved better slump properties, while the IS method obtained higher 28–day compressive strength, reducing water demand by 11 % and increasing the use of fine aggregate by 27 %, which improved its structural performance.

**Keywords:** Methods, Mix Design, Physical-Mechanical Properties, Materials

# PRÓLOGO

El desarrollo de concretos de baja o mala calidad en la industria de la construcción no puede ignorarse. Esto se debe principalmente a las malas prácticas al momento de realizar dosificaciones del concreto, o al desconocimiento de su proceso de diseño. El método de diseño de mezcla más usual en nuestro país es el ACI, y también el del Agregado Global, sin embargo, existen otras opciones que se podrían evaluar aplicar en nuestro país mirando el panorama de otros países con grandes índices de producción de concreto.

En ese sentido, la tesis titulada “Análisis comparativo de los principales métodos de diseño de mezclas existentes, para concretos de relaciones agua – cemento 0.55 y 0.60”, plantea identificar las variaciones que existen en el concreto obtenido cuando hacemos uso de uno u otro método de diseño de mezcla, analizando ensayos que nos brindan una visión clara a cerca de las diferencias que existen entre los resultados conseguidos.

Finalmente, este estudio podría evaluarse también desde el punto de vista económico, evaluado así las optimizaciones que se pueden tener respecto del precio de producción de concreto cuando se tiene en consideración un método de diseño de mezcla que no sea muy habitual en nuestro país, es esa, una de las ramificaciones que debería surgir a raíz de esta tesis.

Mag. Ing. Max Huaynalaya Rashuaman

Asesor

# ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xv</b>
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la Realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del problema .....	3
1.2.1 Problema general .....	3
1.2.2 Problemas específicos .....	3
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo general .....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.4.1 Justificación teórica .....	5
1.4.2 Justificación practica .....	5
1.4.3 Justificación metodológica.....	5
1.4.4 Justificación social.....	5
1.5 Hipótesis .....	5
1.5.1 Hipótesis general.....	5
1.5.2 Hipótesis específicas .....	5
1.6 Metodología de la investigación .....	6
1.6.1 Tipo de investigación.....	6
1.6.2 Diseño de investigación.....	6
1.6.3 Población .....	6
1.6.4 Muestra .....	6

<b>II. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL .....</b>	<b>9</b>
2.1 Antecedentes .....	9
2.2 Bases teóricas.....	14
2.2.1 El Concreto .....	14
2.2.2 Agregados.....	17
2.2.3 Agua Potable.....	18
2.2.4 Propiedades del concreto en estado fresco.....	18
2.2.5 Propiedades del concreto en estado endurecido .....	19
2.2.6 Métodos de Diseño de Mezcla .....	19
<b>III. MATERIALES .....</b>	<b>21</b>
3.1 Agregados.....	21
3.1.1 Agregado Fino.....	22
3.1.2 Agregado Grueso .....	23
3.3 Cemento Portland .....	25
3.4 Agua.....	26
<b>IV. DISEÑO DE MEZCLA.....</b>	<b>27</b>
4.1 Método ACI (American Concrete Institute) .....	28
4.2 Método de diseño ICPA (Instituto de Cemento Portland Argentino).....	35
4.3 Método IS (Indian Standard).....	45
4.4 Método ABCP (Asociación Brasileira de Cemento Portland).....	52
4.5 Método JSCE (Japan Society of Civil Engineers) .....	59
4.6 Método EBCS (Ethiopian Building Code Standard) .....	65
<b>V. ENSAYOS.....</b>	<b>69</b>
<b>5.1 Propiedades del concreto en estado Fresco .....</b>	<b>69</b>
5.1.1 Trabajabilidad (NTP 330.035).....	69
5.1.2 Ensayo de contenido de aire (NTP 339.081) .....	70
5.1.3 Ensayo de peso unitario (NTP.339.046) .....	71
<b>5.2 Propiedades del concreto en estado Endurecido .....</b>	<b>71</b>

5.2.1 Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034) .....	71
<b>VI. RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>74</b>
<b>6.1 Resultados de las dosificaciones del concreto .....</b>	<b>74</b>
6.1.1 Descripción de los componentes resultantes de los diseños de mezclas .....	74
6.1.2 Precios resultantes de la dosificación .....	82
<b>6.2 Resultados de los ensayos en del concreto en estado fresco .....</b>	<b>83</b>
6.2.1 Resultados del peso unitario .....	83
6.2.2 Resultados de asentamiento .....	86
6.2.3 Resultados del ensayo de contenido de aire .....	87
<b>6.3 Resultados del concreto en estado endurecido .....</b>	<b>88</b>
6.3.1 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión.....	88
6.3.2 Evolución de la resistencia a la compresión .....	91
6.3.3 Evolución de la resistencia a la compresión vs $f'_{cr}$ .....	93
<b>VII. DISCUSIÓN Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>96</b>
7.1 Contrastación de hipótesis .....	96
7.2 Discusión de resultados .....	99
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>102</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>114</b>
<b>Anexo 1. Matriz de consistencia.....</b>	<b>114</b>
<b>Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables .....</b>	<b>116</b>
<b>Anexo 3. Análisis de laboratorio.....</b>	<b>117</b>
<b>Anexo 4. Imágenes de los ensayos .....</b>	<b>140</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Cantidad de ensayos para determinar las propiedades del concreto fresco. ....	6
Tabla 2: Cantidad de ensayos para determinar la resistencia a compresión del concreto, para relaciones a/c= 0.55 y 0.60. ....	7
Tabla 3: Análisis granulométrico del agregado fino.....	22
Tabla 4: Propiedades del agregado fino.....	23
Tabla 5: Resultados de granulometría del agregado grueso.....	24
Tabla 6: Propiedades del agregado grueso.....	25
Tabla 7: Parámetros físicos y químicos del cemento sol Tipo I.....	26
Tabla 8: Resistencia media mínima requerida sin datos históricos suficientes.....	28
Tabla 9: Asentamientos recomendados para distintos tipos de construcción.....	29
Tabla 10: Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños de agregados (ACI 211.1).....	30
Tabla 11: Relación entre la relación agua-cemento de los materiales agua-cementantes y la resistencia a la compresión del hormigón.....	31
Tabla 12: Cálculo de la relación al agua/cemento para el método ACI.....	31
Tabla 13: Contenido de cemento para el diseño de mezcla método ACI.....	32
Tabla 14: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón (ACI 211.1).....	32
Tabla 15: Interpolación para obtener la relación b/b0.....	33
Tabla 16: Dosificación de la mezcla en estado seco ACI (a/c=0.55).....	33
Tabla 17: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados – ACI (a/c=0.55).....	35
Tabla 18: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -ACI (a/c=0.55).....	35
Tabla 19: Desviaciones estándar típicos para distintas condiciones de elaboración y control.....	36
Tabla 20: Determinación de asentamiento, consistencia y métodos de compactación	36
Tabla 21: Razones a/c máximas especificadas por razones de durabilidad o por otros motivos.....	38
Tabla 22: Resultados del proporcionamiento de agregados.....	40
Tabla 23: Cálculo de la cantidad de cemento.....	42
Tabla 24: Cálculo de volumen de agregados.....	43
Tabla 25: Cálculo del volumen de agregados por la alternativa a.....	43
Tabla 26: Dosificación en estado seco.....	44

Tabla 27: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados.....	44
Tabla 28: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -ICPA (a/c=0.60) .....	44
Tabla 29: Tabla de Valores de X (factor basado en el grado del concreto) .....	45
Tabla 30: Desviación estándar asumida .....	46
Tabla 31: Determinación del contenido de aire .....	47
Tabla 32: Contenido de agua por metro cúbico de hormigón para tamaño máximo nominal de agregado. ....	48
Tabla 33: Cálculo de la cantidad de cemento .....	48
Tabla 34: Clasificación de las zonas del agregado fino según la norma IS 383:1970..	49
Tabla 35: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de agregado total para diferentes zonas de agregado fino para relación agua-cemento de 0.50. ....	50
Tabla 36: Relación de Volumen de agregado grueso y agregado fino para el método IS .....	51
Tabla 37: Cálculo de Pesos y Volúmenes de Agregados.....	51
Tabla 38: Dosificación en Estado Seco.....	52
Tabla 39: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados.....	52
Tabla 40: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -IS (a/c=0.60) .....	52
Tabla 41: Desviación estándar para la preparación del concreto .....	53
Tabla 42: Correspondencia entre clase de agresividad de exposición del concreto, relación a/c, clasificación de concreto y consumo de cemento por metro cúbico de concreto.....	55
Tabla 43: Clase de agresividad ambiental de exposición del concreto.....	55
Tabla 44: Estimación del consumo de agua por metro cúbico de concreto en función del diámetro máximo característico del agregado grueso y del asentamiento de la mezcla. ....	56
Tabla 45: Cálculo de la cantidad de cemento .....	56
Tabla 46: Volumen compactado seco de agregado grueso por metro cúbico de concreto.....	57
Tabla 47: Dosificación en Estado Seco.....	58
Tabla 48: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados.....	58
Tabla 49: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -ABCP (a/c=0.60) .....	58
Tabla 50: Resistencia media mínima requerida sin datos históricos suficientes.....	59

Tabla 51: Valores aproximados del volumen unitario de agregado grueso, porcentaje de arena y contenido de agua del concreto .....	61
Tabla 52: Cantidad aproximada de corrección para el porcentaje de arena y el contenido de agua debido a variaciones en la calidad de los materiales utilizados en el concreto.....	61
Tabla 53: Dosificación en Estado Seco.....	64
Tabla 54: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados.....	64
Tabla 55: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -JSCE (a/c=0.60) .....	64
Tabla 56: Mezclas estándar para concreto estructural ordinario por saco de 50 kg de cemento.....	65
Tabla 57: Dosificación en volumen para 0.127 m <sup>3</sup> de concreto.....	66
Tabla 58: Dosificación en volumen para 1 m <sup>3</sup> de concreto .....	67
Tabla 59: Dosificación en Estado Seco.....	67
Tabla 60: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados.....	67
Tabla 61: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -EBCS (a/c=0.60) .....	67
Tabla 62: Procedimientos para el asentamiento .....	69
Tabla 63: Resumen de los resultados obtenidos de demanda de agua .....	74
Tabla 64: Resumen de los resultados obtenidos de demanda de agua .....	77
Tabla 65: Resumen de los resultados obtenidos de demanda de agua .....	79
Tabla 66: Resumen de los resultados obtenidos de demanda de agua .....	80
Tabla 67: Resumen de los costos estimados de los materiales necesarios para cada método de diseño de mezcla .....	82
Tabla 68: Resultados de peso unitario para relación a/c=0.55.....	83
Tabla 69: Resultados de peso unitario para relación a/c=0.60.....	84
Tabla 70: Ensayo de asentamiento.....	86
Tabla 71: Relación agua – cemento y porcentaje de aire en la mezcla.....	87
Tabla 72: Resistencia a la compresión (7 días).....	88
Tabla 73: Resistencia a la compresión (28 días).....	89
Tabla 74: Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) vs Tiempo (7, 14 y 28 días).....	91
Tabla 75: Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) vs Tiempo (7, 14 y 28 días).....	92
Tabla 76: Prueba de t de student para la resistencia a la compresión de los diferentes métodos.....	96
Tabla 77: Prueba de t de student para el peso unitario .....	97
Tabla 78: Prueba de t de student para el asentamiento .....	98

Tabla 79: Prueba de t de student para el contenido de aire ..... 99

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva granulométrica del agregado fino .....	22
Figura 2: Resultados de la curva granulométrica del agregado grueso .....	24
Figura 3. Relación a/c vs resistencia a los 28 días método ICPA.....	37
Figura 4: Requisitos mecánicos de las categorías del cemento portland .....	38
Figura 5: Resultados del Agregado Total.....	40
Figura 6: Determinación del agua del concreto en función del asentamiento y el MF del agregado total.....	41
Figura 7: Relación entre la relación agua-cemento y la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para cementos de diversas resistencias a la compresión esperadas a los 28 días.....	46
Figura 8: Zona de finos del Agregado Fino .....	49
Figura 9: Relación a/c del diseño de mezcla.....	54
Figura 10: Medida del asentamiento.....	69
Figura 11: Ensayo para la medición de contenido de aire .....	71
Figura 12: Realización de las probetas .....	72
Figura 13: Esquema de patrones de fracturas de probetas cilíndricas .....	72
Figura 14: Ensayo de resistencia a la compresión .....	73
Figura 15: Contenido de Agua respecto del método de diseño ACI- a/c=0.55 .....	74
Figura 16: Contenido de Agua respecto del método de diseño ACI- a/c=0.60 .....	75
Figura 17: a/c vs Demanda de agua .....	76
Figura 18: Contenido de cemento respecto del método de diseño ACI- a/c=0.55 .....	77
Figura 19: Contenido de cemento respecto del método de diseño ACI- a/c=0.60 .....	77
Figura 20: a/c vs Demanda de Cemento.....	78
Figura 21: Contenido de Agregado Fino respecto del método de diseño ACI- a/c=0.55 .....	79
Figura 22: Contenido de Agregado Fino respecto del método de diseño ACI- a/c=0.60 .....	80
Figura 23: Contenido de Agregado Grueso respecto del método de diseño ACI- a/c=0.55.....	81
Figura 24: Contenido de Agregado Grueso respecto del método de diseño ACI- a/c=0.60.....	81
Figura 25: Costo total de los materiales para la producción de 1m <sup>3</sup> de concreto respecto del método de diseño ACI- a/c=0.55 .....	82

Figura 26: Costo total de los materiales para la producción de 1m <sup>3</sup> de concreto respecto del método de diseño ACI- a/c=0.60 .....	83
Figura 27: Peso unitario con relación A/C = 0.55 .....	84
Figura 28: Peso unitario con relación A/C de 0.60 .....	84
Figura 29: Relación a/c y Peso Unitario .....	85
Figura 30: Resultados de asentamiento.....	86
Figura 31: Porcentaje de contenido de aire en la mezcla.....	87
Figura 32: Resistencia a la compresión (7 días y 0.55 A/C).....	88
Figura 33: Resistencia a la compresión (7 días y 0.60 A/C).....	89
Figura 34: Resistencia a la compresión (28 días y 0.55 A/C).....	90
Figura 35: Resistencia a la compresión (28 días y 0.60 A/C).....	90
Figura 36: Resistencia a la compresión de los diseños con a/c=0.55.....	91
Figura 37: Resistencia a la compresión de los diseños con a/c=0.60.....	92
Figura 38: Resistencia a la compresión vs f'cr, a/c=0.55.....	93
Figura 39: Resistencia a la compresión vs f'cr, a/c=0.60.....	94

## I. INTRODUCCION

### 1.1 Descripción de la Realidad problemática

A nivel internacional, es fundamental clasificar y proporcionar adecuadamente los ingredientes del concreto para construir una mezcla que sea económica y cumpla con los requisitos mínimos de funcionalidad, seguridad y condiciones sismorresistentes, (Demissew, 2022). Este enfoque equilibrado es esencial para satisfacer las demandas tanto de la ingeniería civil como de las consideraciones económicas en el ámbito internacional. Dicho enfoque se ve distorsionando cuando la construcción informal prioriza economía arriesgando calidad (García et al., 2020).

En Lima Metropolitana, de las construcciones realizadas entre 2007 y 2014, el 68.5% fueron de manera informal. Precisamente, existe una mayor vulnerabilidad de estas construcciones informales ante desastres naturales, puesto que de existir un sismo en Lima con una intensidad similar a la de Pisco, esta provocaría más de 50 mil muertos y poco más de medio millón de viviendas inhabilitadas o colapsadas (CAPECO, 2018).

La construcción informal presenta varias características, una de ellas es la calidad del concreto que se usa para estas, la cual se sacrifica con el fin de “ahorrar” gastos para quien lo ejecuta. (García et al., 2020). La dosificación usada para el concreto no puede demostrarse que es la adecuada para las características del proyecto a ejecutar, y esto se ve reflejado cuando se presentan problemas de acabados, resistencia, una vez terminada la obra. Este concreto usado no sigue precisamente lineamientos de diseño basados en investigaciones o ensayos previos, sino más bien obedece únicamente a la experiencia de los constructores informales, maestros de obra, entre otros involucrados en esta modalidad de ejecución.

Es sabido que existe una generalización del uso de diferentes tipos de concreto en construcciones civiles, se deriva en diversos métodos de dosificación o mezclas para lograr la combinación correcta de ingredientes, (Almeida, 2019). Esta variabilidad en los diseños se debe a factores como la ubicación geográfica, el tipo de construcción, las cargas estructurales y otros aspectos particulares de cada proyecto, (Demissew, 2022).

En Latinoamérica, el método más común es ACI 211.1 y O'Reilly que se enfocan en la reducción del contenido de cemento del concreto para obtener beneficios económicos, (Riquett, 2018). En nuestro país particularmente, el método ACI es el que

predomina para el desarrollo de dosificaciones de concreto debido a su fácil procedimiento y amplio margen de uso (Coasaca, 2018).

En los últimos años, la investigación en el campo de la dosificación de mezclas de concreto ha avanzado significativamente, proponiendo métodos que superan las limitaciones de los enfoques tradicionales como el del American Concrete Institute (ACI).

Un enfoque de diseño de mezcla basado en la optimización de la relación agua/cemento ayuda a obtener concretos de mejores propiedades de resistencia a la compresión superiores a la del ACI, reduciendo significativamente el contenido de cemento, lo cual contribuye a la sostenibilidad de la construcción.

De la misma forma, los diseños de mezcla basados en la optimización de las proporciones de los agregados para la mezcla ayudan a obtener concretos de propiedades óptimas y además mejoran la eficiencia con relación al costo de la producción del concreto cuando este se compara con el método ACI tradicional (Kumar et al., 2021).

En esa misma línea, el método ACI es particularmente usado cuando se desea buena trabajabilidad y pocos ajustes a la mezcla de prueba, pero esto incurriendo en un mayor consumo de cemento, lo cual impacta significativamente el costo. Este método también produce mezclas con cantidad de agregado fino en exceso, a comparación de otros métodos que se basan en la obtención de un contenido mínimo de vacíos. (López., y Ordóñez, 2001)

Aun así, en el Perú el método ACI sigue siendo predominante y esto debido principalmente a que los métodos que se insertaron en nuestro país no lograron superar en cuanto a calidad del concreto obtenido y optimización de materiales empleados. Un ejemplo relevante es el estudio realizado por Gómez et al. (2018) en Perú, donde se comparó el método ACI con un enfoque de dosificación basado en la Norma Técnica Peruana (NTP) para la elaboración de concretos de mediana resistencia. Los resultados mostraron que, aunque el método NTP es utilizado en el país, las mezclas diseñadas con este enfoque presentaron resistencias a la compresión hasta un 15% inferiores en comparación con las mezclas diseñadas bajo el método ACI. Los autores atribuyeron esta diferencia a la falta de optimización en la relación agua/cemento y a la variabilidad en la calidad de los agregados locales.

Otro caso documentado es la evaluación el desempeño de un método de dosificación basado en la teoría de empaquetamiento de partículas en la región de Arequipa. A pesar de que este método ha demostrado ser eficiente en otros contextos, en Perú se observó una menor trabajabilidad y una mayor tendencia a la segregación en las mezclas, lo que resultó en resistencias a la flexión inferiores en comparación con las mezclas diseñadas bajo el método ACI. Los investigadores sugirieron que estas limitaciones podrían estar relacionadas con la falta de aditivos superplastificantes de alta calidad y la granulometría irregular de los agregados locales (Ramírez et al., 2020)

En ese sentido se evidencia que, los métodos alternativos al ACI aplicados en nuestro país, aún no presentan resultados positivos en cuanto a dosificación de materiales como para considerar su implementación en la industria de la construcción. Asimismo, las propiedades físico-mecánicas que se obtienen de estas diversas dosificaciones no cumplen aún con los estándares de calidad de los ensayos y no superan al método más popular de nuestro país.

Esto impulsa a que se investiguen otros métodos que hayan sido o sean relevantes en sus respectivas industrias, para indagar sobre cómo se adaptarían en nuestro contexto, cuáles son sus enfoques principales, cuáles resultarían óptimos en cuanto a materiales requeridos y cuáles obtendrían propiedades físico-mecánicas que cumplan con los estándares de calidad y sobre todo que superen al método predominante en el Perú que es el ACI.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿En qué medida varían las propiedades físico-mecánicas del concreto, cuando éste se prepara utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones de agua-cemento 0.55 y 0.60?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuáles son los enfoques de desarrollo de los principales métodos de diseño de mezcla existentes y cómo estos influyen en la dosificación del concreto (ACI, IS, ICPA, EBCS, ABCP y JSCE)?
- ¿De qué manera varían las propiedades del concreto en estado fresco: asentamiento, contenido de aire y peso unitario, cuando éste se prepara

utilizando los principales métodos de diseño de mezclas existentes, para relaciones de agua-cemento 0.55 y 0.60?

- ¿De qué manera varían las propiedades del concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión, cuando éste se prepara utilizando los principales métodos de diseños de mezcla existentes, para relaciones de agua-cemento 0.55 y 0.60?

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo general

Realizar el análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas del concreto, cuando éste se prepara con los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones agua-cemento 0.55 y 0.60

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Precisar el enfoque de desarrollo de los principales métodos de diseño de mezcla existentes y su influencia en la dosificación del concreto. (ACI, IS, ICPA, EBCS, ABCP y JSCE).
- Preparar concreto utilizando los principales métodos de diseño de mezclas existentes, con relaciones  $a/c = 0.55$  y  $0.60$ , para analizar la variación de las propiedades de concreto en estado fresco: peso unitario, asentamiento y contenido de aire.
- Preparar concreto utilizando los principales métodos de diseño de mezclas existentes, con relaciones  $a/c = 0.55$  y  $0.60$ , para analizar la variación de la propiedad del concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión.

### 1.4 Justificación

Los ingenieros de la construcción deben ampliar su visión al elegir el diseño de mezcla y considerar cuidadosamente las variables involucradas, teniendo en cuenta las propiedades del material y las condiciones de operación. Siendo fundamental buscar los métodos óptimos que garanticen los resultados esperados, evitando depender únicamente de un único método. Además, esta investigación permitirá a los ingenieros mejorar sus procesos de construcción porque se obtendrán conocimientos técnicos sobre los diferentes métodos de diseño de mezclas existentes.

#### **1.4.1 Justificación teórica**

La investigación está sustentada por artículos científicos y normas en español e inglés con información sobre los diferentes métodos de diseño de mezcla de concreto que existen a nivel internacional, lo cual es beneficioso para el sector de la construcción debido que estos datos pueden ser utilizados por otros investigadores.

#### **1.4.2 Justificación practica**

La investigación proporcionará resultados prácticos sobre los métodos de diseños de mezclas que serán utilizadas junto con las recomendaciones y restricciones de cada uno, con el objetivo de proporcionar una visión técnica para aquellos ingenieros que deseen conocer los procedimientos que mejor se ajuste a sus necesidades a la hora de diseño de mezclas.

#### **1.4.3 Justificación metodológica**

La investigación proporcionará una serie procedimientos, características a analizar y cuadros de análisis de resultados que servirán para ser tomadas en cuenta, al inicio de su investigación, por otros interesados y de esa manera puedan tener una metodología adecuada a seguir.

#### **1.4.4 Justificación social**

El estudio proporciona conocimientos para el sector de la construcción, los cuales serán beneficiosos para mejorar la calidad y seguridad en las estructuras realizadas en la sociedad, consiguiéndose reducir fallos en el diseño de mezclas y en las edificaciones.

### **1.5 Hipótesis**

#### **1.5.1 Hipótesis general**

El análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas del concreto muestra variaciones positivas respecto al método ACI, cuando éste se prepara con los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones agua-cemento 0.55 y 0.60.

#### **1.5.2 Hipótesis específicas**

- Los enfoques de desarrollo de los principales métodos de diseño de mezcla existentes son distintos unos de los otros e influyen de manera positiva en la optimización de la dosificación del concreto. (IS, ICPA, EBCS, ABCP y JSCE).
- Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran valores óptimos

respecto al método ACI en cuanto a las propiedades del concreto en estado fresco: peso unitario, asentamiento y contenido de aire.

- Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran valores óptimos respecto al método ACI, en cuanto a la propiedad del concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión.

## 1.6 Metodología de la investigación

El método que sigue la investigación es el siguiente:

### 1.6.1 Tipo de investigación

Aplicada

### 1.6.2 Diseño de investigación

Experimental

### 1.6.3 Población

Concreto convencional de mediana resistencia preparado con agregados naturales y cemento portland tipo I.

### 1.6.4 Muestra

Para la investigación se realizarán diseños de mezclas con relaciones a/c de 0.55 y 0.60, buscando una resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y un asentamiento de 4".

Los diseños de mezcla en cuestión serán 6: ACI, IS, ICPA, EBCS, ABCP y JSCE, haciendo un total de 12 diseños de mezcla, 6 para cada relación a/c. Estas estarán de acuerdo con las pruebas y ensayos en el laboratorio ESCON ubicado en San Juan de Lurigancho – Lima.

Teniendo cada caso de relación a/c en estudio, se realizarán 3 ensayos en estado fresco como se muestra a continuación:

Tabla 1: Cantidad de ensayos para determinar las propiedades del concreto fresco.

Diseño de mezclas	Relación agua cemento		Tipo de ensayo		Total, por método de diseño
	a/c	Peso unitario	Asentamiento	Contenido de aire	

Método ACI	0.55	1	1	1	6
	0.60	1	1	1	
Método IS	0.55	1	1	1	6
	0.60	1	1	1	
Método ICPA	0.55	1	1	1	6
	0.60	1	1	1	
Método EBCS	0.55	1	1	1	6
	0.60	1	1	1	
Método ABCP	0.55	1	1	1	6
	0.60	1	1	1	
Método JSCE	0.55	1	1	1	6
	0.60	1	1	1	
				<b>TOTAL</b>	<b>36</b>

Fuente: Propia (2024)

Todos los ensayos serán realizados según instrucciones halladas en las normas NTP 339.035 (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2022b), NTP 339.046 (INACAL, 2019a), NTP 339.077 (INACAL, 2020f), NTP 339.080 (INACAL, 2017b) y NTP 339.082 (INACAL, 2017c).

De la misma forma, para cada caso de relación a/c se realizarán los ensayos en estado endurecido en probetas cilíndricas, dichos especímenes se desmoldarán y curarán hasta la fecha de su ensayo.

Los ensayos que se realizarán serán:

- Ensayo de resistencia a la compresión, en probetas cilíndricas de 4"x8" ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

Los ensayos se detallan en la Tabla mostrada:

Tabla 2: Cantidad de ensayos para determinar la resistencia a compresión del concreto, para relaciones a/c= 0.55 y 0.60.

Diseño de mezclas	Relación agua cemento	Edades			Total, por método de diseño
	a/c	7	14	28	
Método ACI	0.55	3	3	9	30
	0.60	3	3	9	
Método IS	0.55	3	3	9	30
	0.60	3	3	9	
Método ICPA	0.55	3	3	9	30

	0.60	3	3	9	
	0.55	3	3	9	
Método EBCS	0.60	3	3	9	30
	0.55	3	3	9	
Método ABCP	0.60	3	3	9	30
	0.55	3	3	9	
Método JSCE	0.60	3	3	9	30
				TOTAL	<b>180</b>

Fuente: Propia (2024)

## II. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 Antecedentes

#### Antecedentes internacionales

Demissew (2022) en su investigación titulada “Comparative Analysis of Selected Concrete Mix Design Methods Based on Cost-Effectiveness”, su objetivo fue realizar un análisis comparativo entre los métodos de diseño ACI, DOE, EBCS y IS. Los resultados mostraron que, en términos de resistencia a la compresión, el método ACI superó a los demás métodos, alcanzando un 33.42 MPa a los 28 días. En cuanto al consumo de material, los métodos EBCS, DOE y ACI mostraron un exceso considerable de cemento en comparación con el método IS (52.2 kg/m<sup>3</sup>, 40kg/m<sup>3</sup> y 20 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente). Se concluyó que, el método ACI destacó en resistencia a la compresión, cumpliendo con los requisitos de manera más efectiva que los otros métodos. Sin embargo, este rendimiento superior también estuvo asociado con un mayor consumo de cemento, lo que hizo que los métodos ACI y DOE fueran de los más costosos por m<sup>3</sup> de concreto (\$73.33 y \$76, respectivamente), en comparación con los \$68.82 del método IS.

El estudio de Kumar et al. (2021) se enfocó en el uso de modelos de empaque para optimizar la distribución granulométrica de los agregados, con el objetivo de reducir el contenido de vacíos en la mezcla. Mediante la aplicación de ecuaciones de empaque, los investigadores lograron aumentar la compacidad del concreto, reduciendo así la cantidad de pasta de cemento necesaria para lograr la resistencia deseada. Los resultados demostraron que, al emplear estos modelos, las mezclas optimizadas presentaron un 20% más de resistencia a la compresión en comparación con las diseñadas utilizando el método ACI, además de una mayor trabajabilidad y menor retracción. Esta investigación nos proporciona un enfoque alternativo para el diseño de mezclas de concreto, basado en principios científicos de optimización de agregados. La aplicación de estos modelos podría ser clave para el desarrollo de concretos más eficientes y sostenibles en contextos donde la disponibilidad de cemento es limitada o se requiere reducir la huella de carbono en la industria de la construcción.

Calderón (2015) en su investigación titulada “Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del río Chanchan a través de los métodos ACI y O'reilly” tuvo como objetivo realizar un estudio de las características y propiedades físicas de los agregados provenientes del río Chanchan y cómo podrían afectar en los diseños de concretos cuya resistencia es de 210 Kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados mostraron que, el método O'Reilly logró

una resistencia a la compresión a los 28 días de 225.79 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el ACI logró 212.26 kg/cm<sup>2</sup>. Ambos cumplieron el objetivo de resistencia, sin embargo, el estudio hace énfasis en que el método ACI utiliza los agregados tal cual se encuentran en la cantera, mientras que el método O'Reilly todavía pasa los agregados por un proceso de selección para que estos den la menor cantidad posible de vacíos. Esto hace que este método demore más tiempo en su preparación y, además, en un inicio, utiliza una relación a/c recomendada por el ACI o por la experiencia del diseñador, en ese sentido, el autor concluye que no resultó beneficioso su uso respecto del método ACI.

Almeida (2019) en su investigación titulada "Análisis comparativo de métodos de diseño de mezclas de un hormigón de alta resistencia conformado por agregados procedentes de la cantera de pintag", tuvo como objetivo analizar el diseño de mezcla de un hormigón de alta resistencia de 60 MPa mediante la aplicación del método ACI, Fuller & Thompson y Densidad Optima. Los resultados mostraron que, las cantidades de materiales en los tres métodos no fueron suficientes para la conformación de una mezcla de hormigón, lo que llevó a la necesidad de ajustar la cantidad de agua en todas las dosificaciones para obtener mezclas con trabajabilidad, aunque segregables. Se lograron resistencias a la compresión de 45 MPa, 38 MPa y 55 MPa para Densidad Óptima, ACI 211.4R y Fuller & Thompson, respectivamente. Se concluyó que, ninguno de los métodos de diseño proporcionó directamente la dosificación definitiva, siendo necesario realizar modificaciones. Aunque, el método de Fuller & Thompson mostró una mayor resistencia a la compresión a los 28 días, pero se descartó en el mercado de la construcción debido a su uso excesivo de cemento, lo que generaría un costo elevado en la producción.

Ostos (2009) en su estudio titulado "Comparación de métodos de diseño de mezclas de concreto de baja consistencia" tuvo como objetivo la comparación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido del Método ACI y O'Reilly; realizando ensayos al concreto bajo la Norma Técnica Mexicana, teniendo las mismas condiciones y materiales. De los resultados obtenidos se determinó que teniendo una misma relación de a/c, el método ACI, obtuvo el asentamiento requerido, mientras que el Método O'Reilly no llegó a los esperados; el desprendimiento de calor de hidratación tuvo una temperatura igual en los métodos de mezclas, y con respecto a la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días ambos ensayos tuvieron resultados muy parecidos con una muy ligera ventaja del método ACI. Se concluyó con que ambos métodos son eficientes, sin embargo, cuando se tenga agregados con una granulometría no adecuada, el método ACI tiene restricciones con respecto a este caso, por lo que conlleva a traer agregado de otro lado acrecentando la economía del proyecto, sin

embargo, el método O'Reilly es capaz de utilizar agregados de granulometría inadecuada y ajustarse a este para las dosificaciones de demás componentes del concreto.

Su y Miao (2003) en su artículo: "Un nuevo método para el diseño de mezclas de hormigón fluido de resistencia media con bajo contenido de cemento" desarrolló una nueva metodología de diseño de mezclas para concretos de mediana resistencia (28-35 MPa), teniendo en cuenta la ineficiencia en cuanto a la cantidad de cemento que demandan los métodos ACI, método del Laboratoire Central des Ponts et Chaussees (LCPC) y el método del Concrete Research Institute (CRI). Obtuvo resultados de resistencias concretos de mediana resistencia con una demanda de cemento de 200 kg/m<sup>3</sup>. Considerando que, para esta demanda, el método ACI obtiene un concreto de 21 MPa únicamente, y valores similares obtienen los otros dos métodos antes mencionados. Su alta resistencia se debe principalmente a que tiene una mayor demanda de agregados; esta combinación de menor demanda de cemento y mayor cantidad de agregados desemboca en beneficios económicos.

Ahmad y Alghamdi (2014) realizaron una investigación titulada "Optimización de mezclas de concreto autocompactantes mediante diseño factorial estadístico". Este estudio se enfocó en el desarrollo y optimización de mezclas de concreto autocompactante, Yahia y Khayat propusieron un método de dosificación basado en un enfoque de diseño factorial estadístico, una técnica que permite analizar y optimizar múltiples variables de manera sistemática. A diferencia de los métodos tradicionales, como el del American Concrete Institute (ACI), que se basan en proporciones fijas y ensayos empíricos, este enfoque consideró variables clave como la relación agua/cemento, el contenido de aditivos superplastificantes y la proporción de agregados finos y gruesos. Los resultados demostraron que el método propuesto logró un 10% más de resistencia a la compresión y la cantidad de cemento se redujo en un 15% respecto al método ACI.

### **Antecedentes nacionales**

Díaz (2023) en su investigación titulada "Comparación de la resistencia al diseñar concretos  $f'c=210$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$  con los métodos ACI, Walker y Módulo de fineza con agregados de la cantera la Victoria de la ciudad de Chiclayo". Tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos con los métodos ACI, Walker y Modulo de fineza con agregados de la cantera La Victoria de la ciudad de

Chiclayo. Los resultados mostraron que, el método ACI generó las mayores resistencias a los 28 días con la menor cantidad de cemento, alcanzando resistencias promedio de 224.56 kg/cm<sup>2</sup> y 304.78 kg/cm<sup>2</sup> para los concretos de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Adicionalmente, en la prueba de asentamiento, se lograron asentamientos dentro del rango de 3" a 4". El estudio concluyó que los métodos Walker y Módulo de Fineza no pudieron superar al método ACI en cuanto a propiedades físico-mecánicas respecta, resultando no conveniente su aplicación en el contexto de la investigación.

Apestegui (2022) en su investigación titulada "Diseño de concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> por los métodos de ACI, WALKER Y FULLER en el Distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Ancash-2022". Tuvo como objetivo análisis comparativo de los métodos ACI, Walker y Fuller para el diseño de mezcla de concreto  $f'c 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados mostraron que, el método ACI logró resistencias de 178.04 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 202.25 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y 228.44 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Sin embargo, a los 28 días, el diseño de mezcla del método Walker alcanzó una resistencia de 193.48 kg/cm<sup>2</sup> y el método Fuller con 213.40 kg/cm<sup>2</sup>. Se concluyó que, el método Walker no alcanzó la resistencia objetivo, y el método Fuller apenas si lo alcanzó. Ambos métodos no demostraron ser eficientes en cuanto a esta propiedad mecánica del concreto.

Cáceres y Chira (2021) en su investigación titulada "Evaluación del Mejor Diseño de Mezclas Utilizando Métodos ACI, Fuller y Modulo De Fineza en un Concreto F'C 210 y 280 KG/CM<sup>2</sup>". Tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo mediante los métodos ACI, FULLER y Módulo de Fineza para el diseño de mezcla  $f'c 210$  y 280 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados mostraron que, el método Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados demostró ser el más eficaz para diseños de  $f'c 210$  y 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Mientras que, el método ACI obtuvo la mayor resistencia promedio a los 7 días en ambas canteras (189.04 kg/cm<sup>2</sup> en Escorpión y 227.92 kg/cm<sup>2</sup> en Adriana Nicoll). Sin embargo, a los 28 días, el método Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados superó a los demás métodos, alcanzando un 245.7 kg/cm<sup>2</sup> y 309.2 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente en dichas canteras. Se concluyó que, el método Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados superó en eficiencia a los otros dos métodos, esto debido principalmente a su composición con una mayor demanda de agregado fino (un 20% más que el método de Fuller y un 50% más que el método ACI). Desembocando también la importancia del proporcionamiento de los agregados al momento de realizar un diseño de mezcla.

Tupac (2021) en su investigación titulada “Influencia de la combinación de agregados y diseño de mezcla en la calidad del concreto para pavimentos rígidos, Huancayo 2021”. Tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo entre los métodos ACI y Shilstone en el diseño de mezcla de concreto. Los resultados mostraron que, se obtuvo 395 kg/cm<sup>2</sup> para resistencia a la compresión y 41.08 kg/cm<sup>2</sup> a la flexión con el método Shilstone, comparado contra los 362 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión y 31.08 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la flexión del método ACI. Respecto a los precios se obtuvo que la producción de 1 m<sup>3</sup> de mezcla con el método ACI cuesta S/. 359.56, mientras que con el método Shilstone; S/359.30. Se concluyó que, aun cuando el método Shilstone ofrece mejores parámetros mecánicos del concreto obtenido, este es muy sensible a la variabilidad de los agregados usados, depende de un análisis detallado de laboratorio que implica mayor costo y tiempo de diseño, y, aunque este método es teóricamente sólido resulta difícil su aplicación en campo debido a las condiciones de la construcción y disponibilidad de materiales.

Coasaca (2018) en su tesis “Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del concreto utilizando distintos métodos de diseños de mezclas con los materiales típicos de la provincia de Arequipa” realizó un análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cuando este se diseña con los métodos: ACI, Walker, Módulo de Fineza, Fuller, Bollomey, Faury, O’Reilly, y Porrero y Grases. La investigación fue experimental obteniendo en un inicio que: i) a mayor resistencia del concreto requerida se obtendrá menor cantidad de aire atrapado, ii) el peso unitario depende principalmente de los agregados, específicamente a mayor cantidad de agregado grueso se obtendrá un peso unitario mayor, iii) a mayor relación a/c, se obtiene un mayor asentamiento, y iv) los métodos más eficientes en función a su cantidad de cemento y resistencia obtenida son O’Reilly (261.84 kg/cm<sup>2</sup>), Fuller (284.89 kg/cm<sup>2</sup>) y Bollomey (229.13 kg/cm<sup>2</sup>). A su vez, el estudio hace énfasis en el mayor desperdicio de materiales que dispone el método de Bollomey, así como su cálculo de la relación a/c de forma generalizada y no aplicado a condiciones especiales de exposición ambiental. También, precisa que el método de Fuller presenta un foco limitado a la granulometría, es decir, no considera parámetros especiales de exposición, ni la relación a/c, ni la trabajabilidad, los cuales resultan hoy en día de suma importancia para toda obra de construcción. Por ende, estos métodos deberían usarse de referencia para obras menores, pero no deberían tomarse como único criterio para ello.

Los párrafos anteriores reflejan que fuera de nuestro país se vienen desarrollando e implementando métodos de diseño de mezcla distintos al ACI que muestran propiedades superiores a las obtenidas con método tradicional y con una mejor optimización en la demanda de materiales. Esto debido principalmente a que tienen un enfoque distinto a la del ACI, como los que consideran la relación agua/cemento y el proporcionamiento de los agregados.

Sin embargo, en el Perú, los estudios sobre implementación de nuevos métodos de diseño de mezcla distintos al ACI aún no muestran resultados válidos que incorporen los concretos preparados en la industria, pues, no muestran propiedades que cumplan con los estándares de calidad o no cuentan con una dosificación de materiales óptimo. En ese sentido, esta investigación propone la búsqueda de nuevos métodos de diseño de mezcla, que cuenten con enfoques distintos a los tradicionales. Esto con el propósito de demostrar que un nuevo enfoque de dosificación brinda dosificaciones óptimas del concreto, con propiedades físico-mecánicas que cumplan los estándares de calidad de la industria e incluso superen al método ACI que es usado tradicionalmente en nuestro país.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 El Concreto**

- **Generalidades**

Hoy en día, el concreto se destaca como uno de los materiales de construcción más utilizados en Perú y en el mundo, debido a su adaptabilidad a diversas formas, su alta resistencia, la capacidad de combinarse con diferentes métodos constructivos, y su costo relativamente bajo, entre otros beneficios. El concreto, similar a la piedra natural, presenta una elevada resistencia a la compresión; sin embargo, su resistencia a la tracción es baja, aproximadamente un 10% de la resistencia a la compresión (Sánchez De Guzmán, 2001), y también muestra limitaciones en resistencia a la flexión. Estas características restringen su uso en elementos estructurales sometidos a tracción o flexión, por lo cual se ha popularizado el uso de concreto reforzado con acero corrugado. Este refuerzo complementa sus debilidades, transformando el concreto armado en un elemento estructural más completo y de costo accesible.

- **Definición**

El concreto se define como una mezcla de un aglomerante, generalmente cemento, junto con agregados y agua, que en su forma más básica puede incluir adiciones o aditivos para mejorar ciertas propiedades del material.

El cemento es un material que, al reaccionar con el agua, fragua y endurece, permitiendo aglutinar los agregados y otorgando al concreto características mecánicas similares a las de la roca en estado sólido.

Agregados son materiales naturales o artificiales que cumplen con estándares específicos en cuanto a tamaño, peso y resistencia para que el concreto alcance las propiedades requeridas.

Agua es esencial en la mezcla, ya que hidrata el cemento, activando su capacidad aglutinante y permitiendo el fraguado y endurecimiento del concreto.

En el proceso de mezcla, se incorpora aire, que en parte se libera durante la compactación o vibrado, aunque siempre queda un porcentaje atrapado. Este porcentaje de aire puede aumentarse mediante el uso de aditivos específicos.

Los aditivos, según la norma ASTM C125, son compuestos químicos que, al añadirse en la etapa de mezcla, reaccionan para modificar ciertas propiedades del concreto. Por ejemplo, los aditivos acelerantes permiten alcanzar mayores resistencias en etapas tempranas y reducen el tiempo de fraguado.

La proporción de cada uno de estos materiales determina las características del concreto tanto en su estado fresco como endurecido.

#### ▪ Tipos de concreto

El concreto es un material altamente versátil tanto en su preparación como en su elaboración, lo que permite obtener diversos tipos que se adaptan a distintas necesidades, ya sea en términos de resistencia, métodos de preparación, compatibilidad con otros materiales o costos. Entre los tipos principales de concreto se destacan:

Por la presencia y tipo de refuerzo:

Concreto simple: Este tipo de concreto no incluye acero de refuerzo y se utiliza principalmente en elementos bajo cargas verticales constantes, como muros, pedestales y estructuras de arco que solo soportan compresión. No es adecuado para elementos que experimenten tensión ni para estructuras que disipen energía sísmica,

como los pilotes. Su resistencia mínima debe ser de 14 MPa, y los materiales deben cumplir con los mismos requisitos que en el concreto armado (SENCICO, 2020).

**Concreto armado:** Este concreto incorpora acero de refuerzo en una cantidad que cumple con los estándares mínimos de la normativa peruana, independientemente de si es preesforzado (SENCICO, 2020).

**Concreto preesforzado:** Contiene acero de alta resistencia (tendones o cables) que aplica una tensión inicial al concreto, aumentando su capacidad para resistir cargas.

Por su lugar de producción:

**Concreto preparado en obra:** Mezclado en el sitio de la construcción, los materiales son transportados hasta el lugar donde se preparará.

**Concreto premezclado:** Dosificado en planta, puede ser mezclado allí o en camiones para su traslado a la obra.

**Concreto prefabricado:** Elementos de concreto moldeados y curados en ambientes controlados para alcanzar la resistencia especificada antes de ser trasladados a la obra (INACAL, 2019b).

Por su uso:

**Concreto ciclópeo:** Es una forma de concreto simple que incluye grandes piedras, las cuales no deben superar el 30% del volumen total de la mezcla ni un tamaño de 250 mm. La resistencia mínima requerida es de 10 MPa (SENCICO, 2020).

**Concreto estructural:** Utilizado para fines estructurales, puede ser simple o reforzado. La resistencia mínima se establece según normativa, en este caso, 17 MPa (SENCICO, 2020).

**Concreto proyectado:** Aplicado mediante proyección mecánica a alta velocidad, este concreto tiene una composición de áridos finos, alto asentamiento y un rápido tiempo de fraguado.

Por su densidad aparente:

**Concreto de peso normal:** Con un peso estándar aproximado de 2400 kg/m<sup>3</sup> (INACAL, 2019b).

**Concreto liviano:** Elaborado con agregados ligeros, alcanza una densidad equilibrada de hasta 1850 kg/m<sup>3</sup>, conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

Concreto pesado: Con un peso unitario superior a  $2800 \text{ kg/m}^3$ , se logra con agregados de alta densidad, como barita o magnetita, que no afectan las propiedades del cemento.

- **Diseño de Mezcla**

El diseño de mezcla de concreto es el proceso sistemático para seleccionar y combinar materiales como cemento, agua, agregados finos y gruesos, y, en algunos casos, aditivos, en proporciones específicas. Este proceso garantiza que el concreto resultante cumpla con las propiedades requeridas de resistencia, durabilidad, trabajabilidad y economía según las condiciones del proyecto. Es fundamental ajustar estos materiales considerando factores como el ambiente, el tipo de estructura y la exposición a la que se someterá el concreto (Coasaca, 2018).

- **Enfoque de Desarrollo**

El enfoque de desarrollo es un método de trabajo, y, particularmente en este ámbito tienen que ver con los pasos a seguir, la metodología de cada diseño de mezcla. Así también, confiere indicar cuál material o qué parámetro está predominando en el diseño de mezcla.

### **2.2.2 Agregados**

El agregado se refiere al "conjunto de partículas, ya sean de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o procesadas y cuyas dimensiones están dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.011" (INACAL, 2020a).

- **Agregado Grueso**

El agregado grueso se define como aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de la roca, que es retenido en el tamiz normalizado de  $4.75 \text{ mm}$  (N° 4), y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 (INACAL, 2021a).

Grava:

Se entiende por grava al agregado grueso que proviene de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándose principalmente en canteras y lechos de ríos, y depositado de forma natural (INACAL, 2021a).

Piedra chancada o triturada:

La piedra chancada o triturada es el agregado grueso que se obtiene mediante la trituración artificial o mecánica de rocas, gravas, escorias u otros materiales (INACAL, 2021a).

### ▪ **Agregado Fino**

El agregado fino se define como aquel que proviene de la desintegración natural o artificial, que pasa a través del tamiz normalizado de 9.5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado de  $\mu\text{m}$  (N° 200), cumpliendo con los límites establecidos en la NTP 400.037 (INACAL, 2021a).

Arena:

Se entiende por arena al agregado fino que proviene de la desintegración natural de las rocas (INACAL, 2021a).

### **2.2.3 Agua Potable**

De acuerdo con INACAL (2019c), el agua potable es aquella que es adecuada para el consumo humano, lo que permite su utilización como agua de mezcla en la producción de concreto sin necesidad de verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la NTP 339.088.

### **2.2.4 Propiedades del concreto en estado fresco**

Se analizan algunas propiedades del concreto en su estado fresco, ya que algunas de ellas afectan las características del concreto endurecido, como el asentamiento, el contenido de aire, entre otras. Estas propiedades dependerán de factores como la forma en que se prepara, la dosificación y la manera en que se coloca en la obra.

#### ▪ **Trabajabilidad**

La trabajabilidad se entiende como la característica del concreto que facilita su manipulación y colocación, independientemente del sistema constructivo utilizado.

#### ▪ **Contenido de Aire**

Durante el proceso de mezcla del concreto, se introduce un volumen de aire conocido como "aire naturalmente atrapado". La cantidad de aire presente depende del diseño de la mezcla, entre otros factores. En la etapa de colocación del concreto, se busca eliminar parcialmente este aire atrapado mediante técnicas mecánicas, como el varillado o el vibrado.

#### ▪ **Peso Unitario**

El peso unitario de concreto se refiere al peso por unidad de volumen de una mezcla de concreto, que se mide en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Este valor es crucial para determinar la densidad del concreto y se ve influenciado por factores como el tipo y las características de los materiales utilizados, así como la relación agua-cemento. El peso

unitario afecta directamente la estabilidad de la mezcla y su comportamiento durante la colocación y el curado (Almeida, 2019).

### 2.2.5 Propiedades del concreto en estado endurecido

#### ▪ Resistencia a la compresión

Se entiende como el esfuerzo que resiste una muestra de concreto, en este caso un cilindro de 4"x8", al aplicarle una fuerza en dirección axial a su eje principal, manteniendo constantes factores como el diseño o la forma de la muestra. Muchos de los esfuerzos a los que se somete el concreto pueden ser aproximados utilizando el valor de su resistencia a la compresión.

### 2.2.6 Métodos de Diseño de Mezcla

- **Método de diseño ACI 211.1:** Es un enfoque ampliamente utilizado, respaldado por la guía "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)" del ACI Committee 211. Este método de diseño es reconocido por su versatilidad, ya que se considera adecuado para cualquier tipo de concreto. También, es considerado el método de dosificación más utilizado en el mundo, (Riquett, 2018).
- **Método de diseño EBCS:** Este método tiene en cuenta la trabajabilidad del concreto, según la prueba del cono de Abrams. Este parámetro es esencial para garantizar que el concreto sea lo suficientemente manejable y se pueda colocar adecuadamente en el lugar de construcción, (Demissew, 2022).
- **Método de diseño IS:** Este método considera la relación agua-cemento y las proporciones de agregados de acuerdo a la trabajabilidad y las características finales del concreto. Además, el método IS se presenta como una guía robusta y específica para el diseño de mezclas de concreto en el contexto de la normativa india, (Demissew, 2022).
- **Método ABCP:** es un método de diseño de mezclas de concreto desarrollado por la Asociación Brasileña de Cemento Portland (ABCP). Este método se basa en la teoría de la densidad máxima y se utiliza para diseñar mezclas de concreto que cumplan con los requisitos de resistencia, durabilidad y economía. El método ABCP se enfoca en la cantidad de agregados y la cantidad de cemento necesarios para producir una mezcla de concreto con la densidad máxima. (Rodrigues, 2020).
- **Metodo de Japan Society of Civil Engineers (JSCE):** este desarrollado varios métodos para el diseño de mezclas de concreto, incluyendo el método de la

densidad máxima, el método de la relación agua-cemento y el método de la resistencia a la compresión. Estos métodos se utilizan para diseñar mezclas de concreto que cumplan con los requisitos de resistencia, durabilidad y economía. De los cuales cuenta con el método de la densidad máxima se basa en la teoría de la densidad máxima y se utiliza para diseñar mezclas de concreto que tengan la densidad máxima posible. Por otra parte, cuenta con el método de la relación agua-cemento se utiliza para diseñar mezclas de concreto que tengan una relación agua-cemento óptima para lograr la resistencia deseada. Por último, el método de la resistencia a la compresión se utiliza para diseñar mezclas de concreto que tengan la resistencia a la compresión deseada, (JSCE, 2010).

- **Método de ICPA:** Aborda tanto las necesidades de la construcción en términos de colocación y manipulación del concreto fresco, como los requisitos de resistencia y durabilidad del concreto endurecido. Al considerar estas diferentes facetas del material, los ingenieros y constructores pueden tener una mayor confianza en la calidad y el rendimiento de sus proyectos de construcción, (ICPA, 2022).

### III. MATERIALES

Para la presente investigación se hizo uso de los siguientes componentes del concreto: Agregado fino, Agregado Grueso, Cemento y Agua. No se utilizarán aditivos y el contenido de aire dependerá de las consideraciones cada diseño de mezcla.

#### 3.1 Agregados

Los agregados, también conocidos como áridos, son materiales de origen natural o artificial cuyas dimensiones deben cumplir los requisitos especificados en la norma NTP-400-037. Si los agregados no cumplen con estos requerimientos, deberán demostrar que satisfacen los criterios de resistencia y durabilidad para ser utilizados en la producción de concreto (SENCICO, 2020).

#### Propiedades

Este apartado presenta las propiedades físicas de los agregados. Los procedimientos, cálculos y resultados de los ensayos realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) de la UNI se detallan en el Anexo N°1.

- i. **Módulo de finura:** mide qué tan fino o grueso es el material, calculado como la suma de los porcentajes retenidos acumulados en las mallas estandarizadas, dividido entre 100.
- ii. **Tamaño máximo:** es el menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso (Instituto Nacional de Calidad, 2020a).
- iii. **Tamaño máximo nominal:** es el menor tamiz de la serie que presenta un retenido entre el 5 y el 10% (Instituto Nacional de Calidad, 2021a).
- iv. **Granulometría:** describe la distribución de partículas en una masa de agregado mediante tamizado; su análisis clasifica los agregados y establece criterios de aceptación.
- v. **Peso unitario:** es el peso por unidad de volumen, considerando los espacios entre los agregados:
  - **Peso unitario suelto:** sin compactación en el volumen.
  - **Peso unitario compactado:** con compactación en el volumen.
- vi. **Contenido de humedad:** indica el porcentaje de humedad que puede evaporarse de la superficie de los agregados.

- vii. **Absorción y densidad o peso específico:** la Absorción se refiere al incremento de masa tras sumergir el agregado en agua, estando en condición de superficie seca; la densidad o peso específico es la relación entre masa y volumen de la muestra sin incluir los vacíos generados entre partículas.

### 3.1.1 Agregado Fino

El árido, de origen natural o artificial, que se retiene en el tamiz número 200 y pasa por el tamiz de 3/8" debe cumplir los límites especificados en la norma NTP-400-037. Para la fabricación de concreto, este material debe estar limpio, preferiblemente con partículas de perfil anguloso y libre de formas escamosas o de otras sustancias perjudiciales; además, debe ser duro, compacto y resistente (SENCICO, 2020).

Si bien los límites granulométricos se consideran un criterio de aceptación, la norma NTP 400.037 permite el uso de agregados fuera de estos límites, siempre y cuando se demuestre a través de ensayos que el agregado produce concreto con propiedades satisfactorias. En esta investigación, el agregado fino utilizado proviene de la cantera de Jicamarca.

#### PROPIEDADES

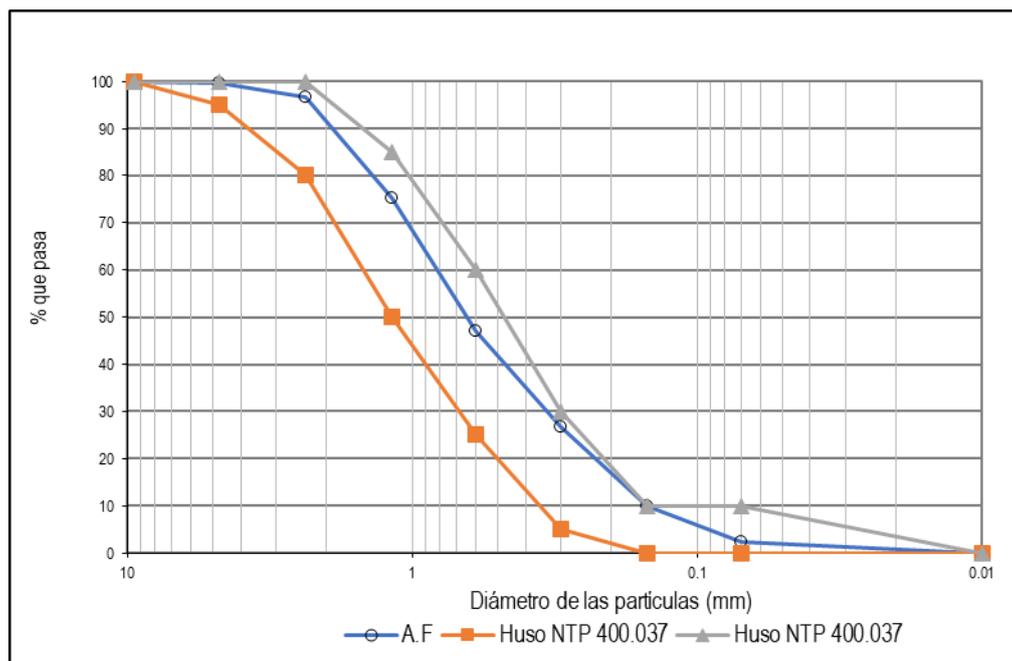
Tabla 3: Análisis granulométrico del agregado fino

TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	Huso NTP 400.037	Huso NTP 400.037
1/2"	---	---	---	---	---	---
3/8"	---	---	---	100	100	100
N°4	2.55	0.50	0.50	99.50	95	100
N°8	13.78	2.72	3.22	96.78	80	100
N°16	108.94	21.47	24.69	75.31	50	85
N°30	143.31	28.25	52.94	47.06	25	60
N°50	102.86	20.28	73.22	26.78	5	30
N°100	84.86	16.73	89.95	10.05	0	10
N°200	39.00	7.69	97.63	2.37	0	10
FONDO	12.00	2.37	100.00	0.00	0	0
TOTAL	507.30	100.00				

Fuente: propia (2024)

Se demostró la curva granulométrica, de acuerdo con las normas pertinentes:

Figura 1: Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: propia (2024)

También, se obtuvieron los siguientes valores para las propiedades del agregado fino:

Tabla 4: Propiedades del agregado fino

Módulo de Finura	MF=2.45
Tamaño máximo	N°4
Tamaño máximo nominal	N°16
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )	1.42
Peso unitario compactado (g/cm <sup>3</sup> )	1.52
%CH agregado fino	3.36
%AB agregado fino	1.23
PE: Peso específico del agregado (g/cm <sup>3</sup> )	2.66

Fuente: propia (2024)

Las características del agregado se encuentran dentro de los parámetros normales, la granulometría se encuentra dentro de su uso granulométrico y esta no presenta discontinuidades, por tanto, el agregado es propicio para la investigación.

### 3.1.2 Agregado Grueso

Los áridos naturales provienen de la desintegración, ya sea natural o artificial, de la roca, y sus características están reguladas por la norma NTP 400.037. Para ser utilizados en la preparación de concreto, estos materiales deben estar limpios, ser

preferentemente angulosos y rugosos, libres de partículas escamosas, y deben ser duros, compactos y resistentes (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO, 2020).

La norma NTP 400.012 especifica que, si el agregado no cumple con los criterios granulométricos de la NTP 400.037, podrá usarse en la fabricación de concreto, siempre y cuando se demuestre, mediante ensayos, que el concreto producido con dicho agregado cumple con los requisitos de resistencia y durabilidad establecidos.

Para la presente investigación, el agregado grueso empleado fue obtenido de la cantera de Jicamarca

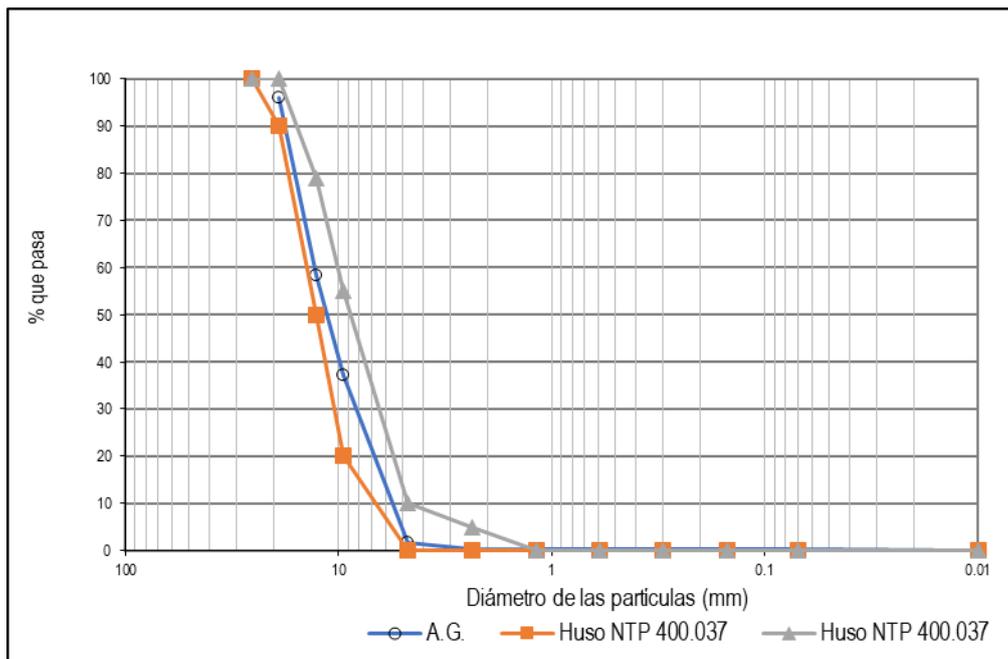
## PROPIEDADES

Tabla 5: Resultados de granulometría del agregado grueso

TAMIZ	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	Huso NTP 400.037	Huso NTP 400.037
2"	---	---	---	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	---	---	---	100.00	100.00	100.00
1"	---	---	---	100.00	100.00	100.00
3/4"	202.60	3.90	3.90	96.10	90.00	100.00
1/2"	1959.00	37.68	41.57	58.43	50.00	79.00
3/8"	1101.20	21.18	62.75	37.25	20.00	55.00
N°4	1846.10	35.51	98.26	1.74	0.00	10.00
N°8	74.80	1.44	99.70	0.30	0.00	5.00
N°16	1.20	0.02	99.72	0.28	0.00	0.00
N°30	0.10	0.00	99.72	0.28	0.00	0.00
N°50	0.10	0.00	99.72	0.28	0.00	0.00
N°100	0.40	0.01	99.73	0.27	0.00	0.00
N°200	2.00	0.04	99.77	0.23	0.00	0.00
FONDO	12.00	0.23	100.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	5199.50	100.00				

Fuente: propia (2024)

Figura 2: Resultados de la curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: propia (2024)

También, se obtuvieron los siguientes valores para las propiedades del agregado grueso:

Tabla 6: Propiedades del agregado grueso

Módulo de Finura	MF=6.63
Tamaño máximo	1"
Tamaño máximo nominal	1/2"
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )	1.55
Peso unitario compactado (g/cm <sup>3</sup> )	1.90
%CH agregado fino	0.75
%AB agregado fino	1.31
PE: Peso específico del agregado (g/cm <sup>3</sup> )	2.58

Fuente: propia (2024)

Las características del agregado se encuentran dentro de los parámetros normales, la granulometría se encuentra dentro de su huso granulométrico y esta no presenta discontinuidades, por tanto, el agregado es propicio para la investigación.

### 3.3 Cemento Portland

Se usó Cemento Sol Tipo 1 de uso general, cuyas propiedades son las siguientes:

Tabla 7: Parámetros físicos y químicos del cemento sol Tipo I

Requisitos	Und.	Requisitos NTP 334.009 / ASTM C150	Cemento Sol tipo I
<b>Composición química</b>			
SiO <sub>3</sub>	%	3.0 máx.	2.9
MgO	%	6.0 máx.	2.8
Perdida al fuego	%	3.5	2.2
Residuo insoluble	%	1.5 máx.	0.9
<b>Fases mineralógicas</b>			
<b>Composición de fase</b>			
C2S	%	No específica	12
C3S	%	No específica	55
C3A	%	No específica	10
C4AF	%	No específica	10
<b>Parámetros Físicos</b>			
Contenido de aire	%	12 máx.	7
Expansión autoclave	%	0.8 máx.	0.09
Superficie específica	m <sup>2</sup> /Kg	Mínimo 260 Máximo 430	323
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	No específica	3.13
<b>Resistencia a la compresión</b>			
Resistencia a la compresión a los 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	Mínimo 122	303
Resistencia a la compresión a los 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	Mínimo 194	382
Resistencia a la compresión a los 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	Mínimo 285	449
fraguado Vicat inicial	kg/cm <sup>2</sup>	45 a 375	129

Fuente: Ficha técnica Cemento Sol (2024).

### 3.4 Agua

El agua utilizada tanto en la preparación del concreto como en el proceso de curado y en la limpieza de los equipos empleados debe ser preferiblemente potable. En caso de no contar con agua potable, es necesario evaluar ciertas características específicas del agua antes de su uso (SENCICO, 2020).

## IV. DISEÑO DE MEZCLA

Mencionar el diseño de mezcla implica la selección de las proporciones adecuadas de cada componente o ingrediente de la mezcla, calculadas utilizando el método más conveniente. El propósito es obtener un concreto que sea rentable y que cumpla con los requisitos básicos de resistencia, durabilidad y consistencia (Neville, 1999).

En esta investigación se busca obtener un concreto de las siguientes propiedades bajo diversos métodos de diseño de mezcla existentes: resistencia a la compresión de 24.5 MPa (245 kg/cm<sup>2</sup>) para el caso  $a/c=0.55$  y 21MPa (210 kg/cm<sup>2</sup>) para el caso  $a/c=0.60$ , asentamiento de 4"; las condiciones de exposición serán normales y las de curado de la misma forma. Las relaciones agua – cemento consideradas serán 0.55 y 0.60.

### Propiedades necesarias para el diseño.

- **Cemento**

Cemento Portland tipo I

Peso Específico = 3.13 g/cm<sup>3</sup>

- **Agua**

Agua potable

Peso específico = 1 g/cm<sup>3</sup>

- **Agregado Fino**

Cantera Jicamarca

Peso específico de masa seco = 2.66 g/cm<sup>3</sup>

Peso unitario compactado = 1524 kg/m<sup>3</sup>

Módulo de Fineza = 2.45

Absorción = 1.23%

Humedad = 3.36%

- **Agregado Grueso**

Cantera Jicamarca

Peso específico de masa seco = 2.58 g/cm<sup>3</sup>

Peso unitario compactado = 1900 kg/m<sup>3</sup>

Módulo de Fineza = 6.63

Absorción = 1.31%

Humedad = 0.75%

Tamaño Máximo = 1"

Tamaño Máximo Nominal = 1/2"

A continuación, se procederá a realizar cada uno de los diseños de mezcla correspondiente teniendo en cuenta el objetivo argumentado previamente.

#### 4.1 Método ACI (American Concrete Institute)

En primera instancia se realiza el diseño de mezcla para concreto con relación agua/cemento de 0.55.

##### **Paso 1. Estimación del $f'_{cr}$ :**

Se realiza la estimación del  $f'_{cr}$ , resistencia a la compresión del diseño de mezcla. Según esté método de diseño tenemos dos alternativas: basado en datos históricos y sin datos históricos.

##### **a) Método 1: Basado en Datos Históricos**

Si se dispone de suficientes datos históricos de resistencia del concreto de la misma mezcla, se puede usar el siguiente procedimiento:

- 1. Calcular la Desviación Estándar (s):** Basado en al menos 30 resultados de pruebas, o al menos 15 si no se tienen 30.
- 2. Cálculo de  $f'_{cr}$ :**
  - $f'_{cr} = f'_c + 1.34s$  ; si se tienen 30 o más datos históricos
  - $f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 3.45$  ; si se tienen entre 15 y 29 datos históricos

Donde:

$f'_{cr}$ : Resistencia media del diseño de mezcla  $kg/cm^2$

$f'_c$ : Resistencia especificada  $kg/cm^2$

s: desviación estándar  $kg/cm^2$

##### **b) Método 2: Sin Datos Históricos**

Si no se tienen datos históricos suficientes, el ACI proporciona una tabla basada en la resistencia de diseño  $f'_c$

Tabla 8: Resistencia media mínima requerida sin datos históricos suficientes

<b>Table 5.2—Minimum required average strength without sufficient historical data*</b>	
<b>Required average compressive strength</b>	<b>Specified compressive strength</b>
$f'_{cr} = f'_c + 1000$ psi ( $f'_{cr} = f'_c + 7$ MPa)	when $f'_c < 3000$ psi ( $f'_c < 21$ MPa)
$f'_{cr} = f'_c + 1200$ psi ( $f'_{cr} = f'_c + 8$ MPa)	when $f'_c \geq 3000$ psi and $f'_c \leq 5000$ psi ( $f'_c \geq 21$ MPa and $f'_c \leq 35$ MPa)
$f'_{cr} = 1.10f'_c + 700$ psi ( $f'_{cr} = 1.10f'_c + 5$ MPa)	when $f'_c > 5000$ psi ( $f'_c > 35$ MPa)

\*Table 5.3.2.2 of ACI 318.

Fuente: American Concrete Institute (ACI). (2011).

De tal modo que la característica de resistencia del concreto proviene de la Resistencia media mínima requerida sin datos históricos suficientes, siendo de un  $f'_{cr}$  de 326 kg/cm<sup>2</sup>.

$$f'_{cr} = f'_c + 8MPa$$

$$f'_{cr} = f'_c + 81 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 326 \text{ kg/cm}^2$$

## **Paso 2. Estimación de la demanda inicial de agua**

Como preámbulo de este paso, se verifica el cumplimiento del asentamiento con los parámetros establecidos por el ACI.

Tabla 9: Asentamientos recomendados para distintos tipos de construcción

**Table 6.3.1 – Recommended slumps for various types of construction\***

Types of construction	Slump, in.	
	Maximum <sup>†</sup>	Minimum
Reinforced foundation walls and footings	3	1
Plain footings, caissons, and substructure walls	3	1
Beams and reinforced walls	4	1
Building columns	4	1
Pavements and slabs	3	1
Mass concrete	2	1

\*Slump may be increased when chemical admixtures are used, provided that the admixture-treated concrete has the same or lower water-cement or water-cementitious material ratio and does not exhibit segregation potential or excessive bleeding.  
<sup>†</sup>May be increased 1 in. for methods of consolidation other than vibration.

Fuente: American Concrete Institute (ACI). (1991).

En este caso, se consideró para el diseño de mezcla un slump entre 3 a 4”.

Para el contenido de agua se considera la siguiente tabla que depende principalmente del asentamiento que se desea obtener, el contenido de aire a considerar y el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Tabla 10: Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes asentamientos y tamaños de agregados (ACI 211.1)

Water, lb/yd <sup>3</sup> of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate								
Slump, in.	¾ in.*	½ in.*	¾ in.*	1 in.*	1-½ in.*	2 in.* <sup>†</sup>	3 in. <sup>†,‡</sup>	6 in. <sup>†,‡</sup>
Non-air-entrained concrete								
1 to 2	350	335	315	300	275	260	220	190
3 to 4	385	365	340	325	300	285	245	210
6 to 7	410	385	360	340	315	300	270	—
More than 7*	—	—	—	—	—	—	—	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
1 to 2	305	295	280	270	250	240	205	180
3 to 4	340	325	305	295	275	265	225	200
6 to 7	365	345	325	310	290	280	260	—
More than 7*	—	—	—	—	—	—	—	—
Recommended averages <sup>§</sup> total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5** <sup>††</sup>	1.0** <sup>††</sup>
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5** <sup>††</sup>	3.0** <sup>††</sup>
Severe exposure <sup>††</sup>	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5** <sup>††</sup>	4.0** <sup>††</sup>

Fuente: American Concrete Institute (ACI). (1991).

Por tanto, como cantidad de agua se obtuvo 216 l/m<sup>3</sup> (luego de haber transformado las unidades) y con un contenido de Aire Atrapado para TMN A.G. 1/2", 2.50%.

### Paso 3. Estimación de la relación agua – cemento

Se hace uso de la siguiente tabla del ACI 211.1 en función de la resistencia a compresión y las condiciones de exposición.

Tabla 11: Relación entre la relación agua-cemento de los materiales agua-cementantes y la resistencia a la compresión del hormigón.

Compressive strength at 28 days, psi*	Water-cement ratio, by weight	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
6000	0.41	—
5000	0.48	0.40
4000	0.57	0.48
3000	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

Fuente: American Concrete Institute (ACI). (1991).

Tabla 12: Cálculo de la relación al agua/cemento para el método ACI

f <sub>cr</sub>	a/c
350	0.48
<b>326</b>	<b>0.51</b>
300	0.55

Fuente: propia (2024)

La relación a/c fue calculada únicamente de forma referencial, dado que para esta investigación contamos con dos casos de estudio ya definidos.

### Paso 4. Estimación de la cantidad de cemento

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$Wc = \frac{W_{agua}}{a/c}; Vc = \frac{Wc}{PEc}$$

$W_c$ = peso del cemento (kg)

$W_{agua}$ = peso del agua (kg)

$a/c$ = relación agua cemento

$V_c$ = volumen del cemento (m<sup>3</sup>)

$PE_c$ = peso específico del cemento (kg/m<sup>3</sup>)

Consiguiéndose los siguientes resultados para el diseño de mezcla:

Tabla 13: Contenido de cemento para el diseño de mezcla método ACI

$a/c=0.55$ W Cemento	392.73 kg
$a/c=0.55$ V Cemento	0.13 m <sup>3</sup>

Fuente: propia (2024)

### **Paso 5. Estimación del agregado grueso**

Para determinar el cálculo de la cantidad de agregado grueso, se establece el volumen absoluto del agregado grueso requerido por unidad de volumen de concreto, basado en el tamaño máximo del agregado y el módulo de finura del agregado fino.

Tabla 14: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón (ACI 211.1)

Nominal maximum size of aggregate, in.	Volume of oven-dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli of fine aggregate+			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: American Concrete Institute (ACI). (1991).

De tal modo que, basado en la tabla anterior se consideró los siguientes cálculos:

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60"

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabbri

- **Cálculo de masa y volumen del agregado grueso**

$$W_{a.g.} = P.U.C. \times \frac{b}{b_0}; \quad V_{a.g.} = \frac{W_{a.g.}}{PE_{a.g.}}$$

Tabla 15: Interpolación para obtener la relación b/b0

TMN del A.G	Módulo de Finura del Agregado Fino				
	2.4	2.45	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.495	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	<b>0.585</b>	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.655	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.705	0.69	0.67	0.65
3"	0.81	0.805	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.865	0.85	0.83	0.81

Fuente: propia (2024)

Tenemos:

$$W_{a.g.} = 1111.5 \text{ kg}; \quad V_{a.g.} = 0.43 \text{ m}^3$$

### **Paso 6. Estimación del agregado fino**

Se realiza el cálculo del Volumen y masa de Agregado fino por diferencia con el Volumen Total

$$V_{a.f.} = 1 - (V_c + V_{agua} + V_{aire} + V_{a.g.})$$

$$W_{a.f.} = V_{a.f.} \times PE_{a.f.}$$

Tenemos:

$$V_c = 0.13 \text{ m}^3$$

$$V_{agua} = 0.22 \text{ m}^3$$

$$V_{aire} = 0.03 \text{ m}^3$$

$$V_{a.g.} = 0.43 \text{ m}^3$$

$$V_{a.f.} = 0.20 \text{ m}^3$$

$$W_{a.f.} = 539.22 \text{ kg}$$

Tabla 16: Dosificación de la mezcla en estado seco ACI (a/c=0.55)

Materiales	a/c=0.55
------------	----------

Cemento	392.73	kg
Agregado Fino	539.22	kg
Agregado Grueso	1111.50	kg
Agua	216.00	l
Aire	2.5	%

Fuente: propia (2024)

### **Paso 7. Ajuste por humedad de los agregados**

Con los pesos de los agregados fino y grueso se determina el aporte de agua de los agregados, producto de la absorción y el contenido de humedad. Adicional a ello se calcula el ajuste de agua para el diseño en estado húmedo.

$$Vap\ af = W\ afs(CHaf - ABaf); Vap\ ag = W\ ags(CHag - ABag)$$

$$\text{Agua diseño húmedo} = \text{Agua diseño seco} - \text{Aporte humedad}$$

Donde:

Vap af: volumen de aporte de agua del agregado fino (Lt)

Vap ag: volumen de aporte de agua del agregado grueso (Lt)

CH af: contenido de humedad de agregado fino (%)

CH ag: contenido de humedad de agregado grueso (%)

AB af: Absorción de agregado fino (%)

AB ag: Absorción de agregado grueso (%)

Tenemos:

$$Vap\ af = 11.49\ l$$

$$Vap\ ag = -6.22\ l$$

$$\text{Agua diseño húmedo} = 210.7\ l$$

A continuación, se corrige el peso de los agregados por su contenido de humedad

$$Waf = W\ afs(1 + CHaf); Wag = W\ ags(1 + CHag)$$

Donde:

Waf: Peso natural del agregado fino (kg)

Wag: Peso natural del agregado grueso (kg)

Tenemos:

$$W_{af} = 557.34 \text{ kg}$$

$$W_{ag} = 1119.84 \text{ kg}$$

Tabla 17: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados – ACI (a/c=0.55)

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	393	kg
Agregado Fino	557	kg
Agregado Grueso	1120	kg
Agua	211	l
Aire	2.5	%

Fuente: propia (2024)

De la misma forma se realiza el diseño para el caso de relación a/c=0.60. A continuación se muestran los resultados.

Tabla 18: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -ACI (a/c=0.55)

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.60</b>	
Cemento	360	kg
Agregado Fino	586	kg
Agregado Grueso	1120	kg
Agua	210	l
Aire	2.5	%

Fuente: propia (2024)

## 4.2 Método de diseño ICPA (Instituto de Cemento Portland Argentino)

### Paso 1. Estimación del f'cm

Para la resistencia media de diseño de la mezcla ( $f'_{cm}$ ) se considera la siguiente fórmula y desviaciones estándar. La fórmula fue extraída del *Reglamento CIRSOC 201-1982*. Este diseño también permite hacer uso de las fórmulas del ACI, sin embargo, nos alinearemos a las fórmulas brindadas únicamente por el estado argentino.

$$f'_{cm} = f'_{ce} + 1.65s$$

$f'_{cm}$ : Resistencia media del diseño de mezcla  $kg/cm^2$

$f'_{ce}$ : Resistencia especificada  $kg/cm^2$

$s$ : desviación estándar  $kg/cm^2$

Tabla 19: Desviaciones estándar típicos para distintas condiciones de elaboración y control

Condiciones de elaboración - Medición de componentes				Desvío estándar
Cemento	Agua	Agregados	Aditivos	MPa
en peso	en peso o volumen con precisión, descontando aporte de agua de los agregados	en peso con corrección por humedad y absorción	en peso o volumen con precisión	4,0
en peso	en peso o volumen con precisión, descontando aporte de agua de los agregados	en volumen, ajustando por humedad y esponjamiento	en peso o volumen con precisión	5,5
en peso (por bolsas enteras)	por volumen, ajustando por la cantidad necesaria para mantener constante la consistencia	en volumen	No recomendado	7.0

Fuente: Tabla 1 del Diseño Racional de Mezclas de Hormigón, ICPA (2016).

$$s = 4 \text{ MPa} = 40.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cm} = 312.32 \text{ kg/cm}^2$$

## **Paso 2. Estimación de la relación agua – cemento**

Como preámbulo a este paso, se verifica las condiciones del asentamiento propuesto; este requiere un método de compactación de varillado o vibración leve y se espera un concreto “blando” cuyo aspecto en estado fresco es cohesivo. Esta información deviene de la tabla mostrada a continuación.

Tabla 20: Determinación de asentamiento, consistencia y métodos de compactación

Ambito de consistencia	Aspecto del hormigón fresco	Gama (rango) de asentamientos [cm]	Métodos de compactación
Hormigón seco	suelto - tendencia a la segregación	1,0 a 4,5	Vibradores potentes alta frecuencia
Hormigón plástico	levemente cohesivo a cohesivo	5,0 a 9,0	Vibración o varillado o apisonado
Hormigón "blando"	cohesivo o levemente fluido	10,0 a 15,0	Varillado o vibración leve
Hormigón superfluidificado	fluido – tiende a segregarse	Mayor que 16 (*)	Varillado o muy leve vibración

(\*) Nota: se recomienda el empleo de la Mesa de Graf, IRAM 1690. Deben emplearse aditivos superfluidificantes.

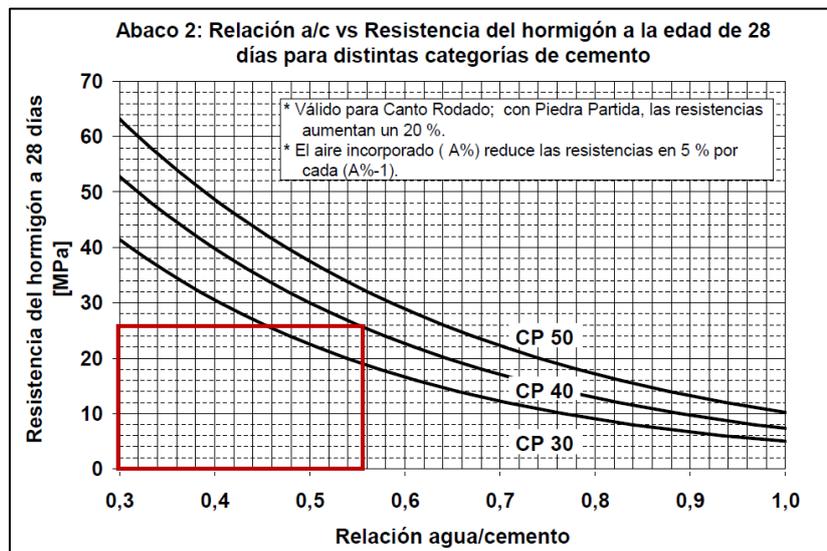
Fuente: Tabla 3 del Diseño Racional de Mezclas de Hormigón, ICPA (2016).

Se considera la Tabla Relación Agua/Cemento del ICPA, que proporciona relaciones típicas en función de la resistencia característica.

Se realizó un ajuste previo al  $f'_{cm}$  teniendo en cuenta que el ábaco 2 indica que la resistencia aumenta en un 20% si se usa piedra partida, el cual, es nuestro caso.

$$f'_{cm} = \frac{312.32}{1.2} = 260.1 \text{ kg/cm}^2 = 26 \text{ MPa}$$

Figura 3. Relación a/c vs resistencia a los 28 días método ICPA



Fuente: Ábaco 2 del Diseño Racional de Mezclas de Hormigón, ICPA (2016).

Es así como, la relación a/c según el método sería de 0.55. El cual, será referencial pues ya se tiene predefinido los casos de estudio para esta variable

### **Paso 3. Determinación del tipo de Cemento a usar y durabilidad**

Para determinar qué tipo de CP es el cemento que usamos: Cemento Sol Tipo I. Hacemos uso de la tabla 5 proporcionada por la norma IRAM 50000, la cual refiere a las

propiedades mecánicas del cemento CP40, el cual es el que más se adecúa al cemento que estaremos empleando para las probetas.

Figura 4: Requisitos mecánicos de las categorías del cemento portland

Categoría	Resistencia a la compresión (MPa) <sup>1)</sup>				Método de ensayo
	2 d	7 d	28 d		
30	–	mín. 16	mín. 30	máx. 50	IRAM 1622
40	mín. 10	–	mín. 40	máx. 60	
50	mín. 20	–	mín. 50	–	

<sup>1)</sup> En todos los casos, los valores de resistencia obtenidos a los 28 d deben ser mayores que los obtenidos a los 2 d y a los 7 d.

Fuente: Tabla 5 de la norma IRAM 50000 (2017).

Para verificar la durabilidad se tomó en cuenta las siguientes consideraciones de la tabla mostrada. Aunque en nuestro caso no aplican puesto que las condiciones de exposición son estándares.

Tabla 21: Razones a/c máximas especificadas por razones de durabilidad o por otros motivos

Condición de exposición	a/c máx (en peso)	Observaciones
Frecuente o continuamente humedecido y expuesto a los efectos de la congelación y deshielo		
• secciones de espesor menor de 500 mm o con recubrimientos libres de las armaduras menores de 25 mm, y todo hormigón expuesto a la acción de sales descongelantes	0,45	(1)
• Todo otro tipo de estructuras	0,50	(2)
Estructuras expuestas al aire, a la intemperie, clima lluvioso o semiárido. Sólo por excepción temperaturas < 0 °C	0,53	

Condición de exposición	a/c máx (en peso)	Observaciones
Cisternas y depósitos para agua, conductos, tuberías y toda estructura que deba resultar impermeable y estar destinada a contener agua o soluciones no agresivas : <ul style="list-style-type: none"> <li>• espesores de 100 a 400 mm</li> <li>• espesores mayores</li> </ul>	0,48 0,53	
Fundaciones de hormigón armado o pretensado y otras estructuras enterradas en contacto con : <ul style="list-style-type: none"> <li>• aguas o suelos húmedos, no agresivos</li> <li>• agua de mar</li> </ul>	0,50 0,45	(3)
Estructuras en ambientes cerrados con frecuentes contactos con aire muy húmedo y fuertes condensaciones a temperatura ambiente (cocinas industriales, baños públicos, lavaderos, ambientes húmedos de natatorios y establos)	0,53	
En contacto con sulfatos solubles en agua : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ataque débil o moderado. Concentraciones de sulfato ( como <math>SO_4^{2-}</math>), en muestras de suelos, comprendidas entre 0,10 y 0,20 % en masa (1000 y 2000 mg/kg), o entre 200 y 1500 ppm (mg/l) en muestras de agua</li> <li>• Ataque fuerte, idem, en muestras de suelos comprendidas entre 0,2 % y 2,0 % en masa (2000 a 20000 mg/kg), o entre 1500 y 10000 ppm (mg/l) en muestras de agua</li> <li>• Ataque muy fuerte. Idem, en muestras de suelos mayores de 2,0 % ( 20000 mg/kg) o de 10000 ppm (mg/l) en muestras de agua</li> </ul>	0,53 0,45 0,45	(3) (4) (5)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con otras sustancias o líquidos químicamente agresivos (agresión ácida, etc.)</li> </ul>	0,40	(6)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormigón colocado bajo agua mediante el método de tolva y tubería vertical</li> </ul>	0,45	

Fuente: Tabla 7 del Diseño Racional de Mezclas de Hormigón, ICPA (2016).

#### **Paso 4. Estimación de proporciones de los agregados**

Para establecer las proporciones de los agregados en el agregado total, se seleccionó una curva o rango granulométrico adecuado conforme a la norma IRAM 1627. Además, se realizó una proporción de las fracciones disponibles para que se ajusten a la mezcla seleccionada, y se calculó el módulo de finura del agregado total, considerando el material retenido en los tamices de la serie estándar.

Es importante señalar que algunas normas o reglamentos, como las normas DIN o IRAM 1627, establecen rangos "preferidos", que pueden usarse como una primera estimación. Otra opción es utilizar curvas teóricas de máxima compactación, como

criterio para ajustar las proporciones de las diferentes fracciones, siendo un ejemplo de estas la parábola de Fuller. La ecuación de la parábola de Fuller se define como:

$$\% \text{ Pasa (un tamiz de abertura } d) = 100 (d / T.M.)^{0,5} \text{ siendo T.M. el tamaño máximo del agregado}$$

Aunque para esta norma es recomendable trabajar con al menos dos fracciones para el agregado fino y dos más para el agregado grueso, en nuestro caso solo será una proporción para el agregado grueso, lo que permite “ajustar” la mezcla a la distribución seleccionada y mantener uniformidad en la producción de concreto.

El proceso de mezcla puede llevarse a cabo de manera gráfica (para dos o tres fracciones) o analíticamente, utilizando un programa de optimización. Otra opción es hacer las mezclas en una hoja de cálculo, como Excel o Quattro-Pro. En general, tras algunos intentos, se puede llegar a una solución adecuada.

Por esta razón, se realizaron varias iteraciones para determinar los porcentajes de los agregados fino y grueso, tomando como referencia la parábola de Fuller.

Tabla 22: Resultados del proporcionamiento de agregados

PORCENTAJES													
Agregado Grueso												58%	
Agregado Fino												42%	
PORCENTAJES QUE PASA													
AGREGADO GRUESO				AGREGADO FINO				AGREGADOS - LÍMITES - IRAM 1627			AGREGADOS - TOTAL	PARÁBOLA DE FULLER	
TAMIZ	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO (%)	% QUE PASA ACUMULADO	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO (%)	% QUE PASA ACUMULADO	CURVA A	CURVA B			CURVA C
2"	50.8	0.00	0.00	100.00	50.8			100.00					
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	100.00	38.1			100.00					
1"	25.4	0.00	0.00	100.00	25.4			100.00	100	100	100	100.00	100.0
3/4"	19.05	202.60	3.90	96.10	19.05			100.00	94	97	100	97.74	100.0
1/2"	12.7	1959.00	37.68	58.43	12.7			100.00	70	77	93	75.89	81.6
3/8"	9.53	1101.20	21.18	37.25	9.53			100.00	55	65	86	63.60	70.7
N°4	4.75	1846.10	35.51	1.74	4.75	2.55	0.50	99.50	41	46	72	42.80	49.9
N°8	2.36	74.80	1.44	0.30	2.36	13.78	2.72	96.78	32	43	58	40.82	35.2
N°16	1.18	1.20	0.02	0.28	1.18	108.94	21.47	75.31	22	36	44	31.79	24.9
N°30	0.59	0.10	0.00	0.28	0.59	143.31	28.25	47.06	11	24	28	19.93	17.6
N°50	0.3	0.10	0.00	0.28	0.3	102.86	20.28	26.78	4	10	15	11.41	12.5
N°100	0.15	0.40	0.01	0.27	0.15	84.86	16.73	10.05	1	2	4	4.38	8.9
N°200	0.07	2.00	0.04	0.23	0.07	39.00	7.69	2.37					
FONDO	0.01	12.00	0.23	0.00	0.01	12.00	2.37	0.00					

MODULO DE FINURA DE LA MEZCLA 4.49

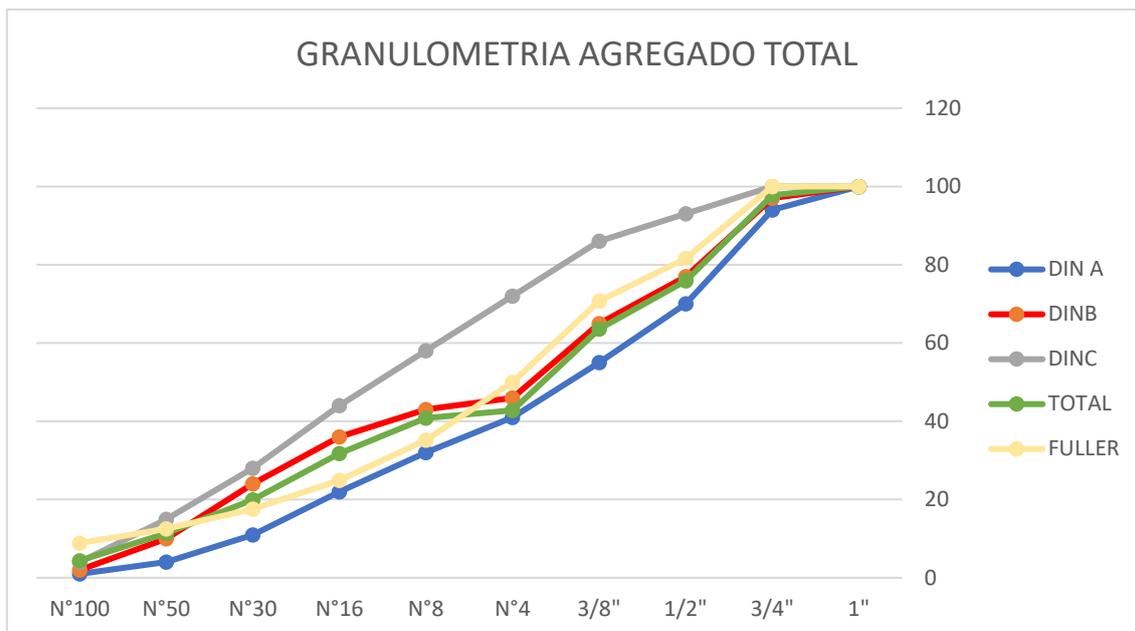
Fuente: propia (2024)

Se muestran también los resultados del análisis granulométrico, cabe recalcar que la parábola de Fuller nos ayudó a realizar el proporcionamiento de agregados, la curva DIN A es la representación de la curva A de los Agregados – Límites – IRAM 1627, y es análogo para las curvas DIN B y DIN C.

Figura 5: Resultados del Agregado Total

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60”

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabbri



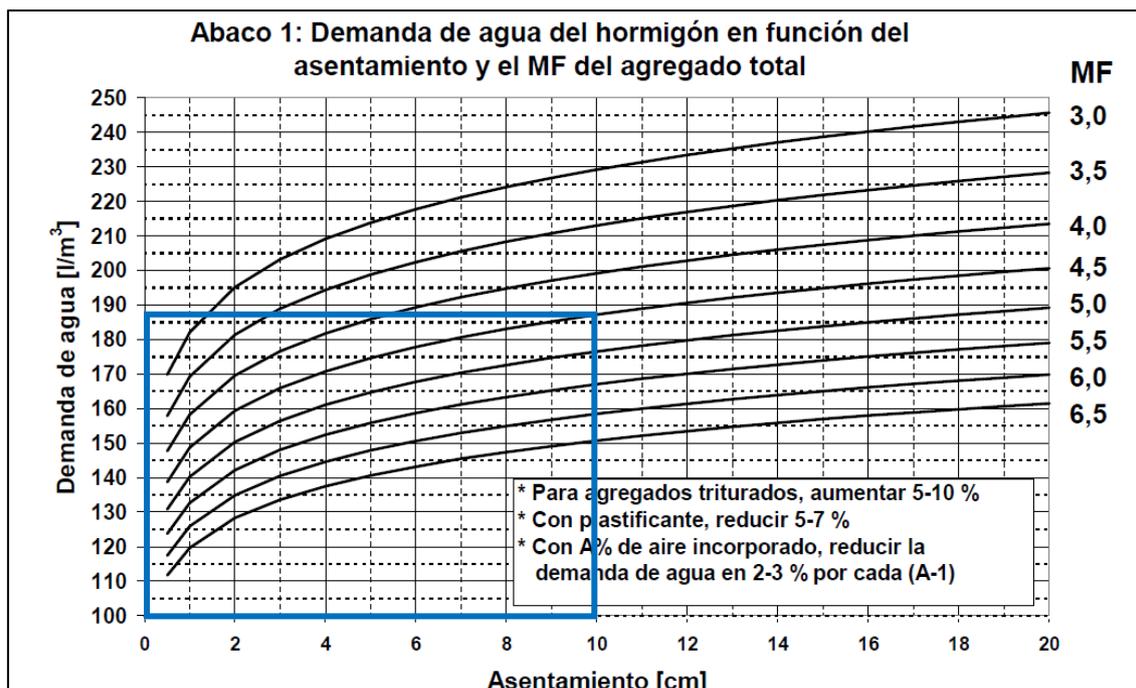
Fuente: propia (2024)

La norma IRAM 1627 indica que la zona óptima para el Agregado Total es entre la Curva DIN A y la Curva DIN B, mientras que entre la curva DIN B y DIN C delimitan una zona aceptable para agregados discontinuos. Nuestro caso obedece más bien a una zona óptima para el agregado total.

### **Paso 5. Estimación de la demanda inicial de agua**

El ábaco 1 del método ICPA ayuda a calcular la demanda de agua del concreto, teniendo en cuenta el asentamiento ya definido (4" = 10 cm) y el módulo de Fineza del Agregado Total, 4.50, que se calculó previamente.

Figura 6: Determinación del agua del concreto en función del asentamiento y el MF del agregado total



Fuente: Ábaco 1 del Diseño Racional de Mezclas de Hormigón, ICPA (2016).

Del ábaco observamos que: Demanda de agua = 187 l/m<sup>3</sup>.

### **Paso 6. Estimación de la cantidad de cemento**

Luego, para el cálculo o estimación de la cantidad de cemento se utilizó la siguiente fórmula. El proceso es análogo para todos los métodos, así que sólo se indicará la fórmula a usar.

$$W_c = \frac{W_{agua}}{a/c}; V_c = \frac{W_c}{PE_c}$$

Tabla 23: Cálculo de la cantidad de cemento

a/c=0.55	W Cemento	340.00 kg
a/c=0.55	V Cemento	0.11 m <sup>3</sup>

Fuente: propia (2024)

### **Paso 7. Estimación de la cantidad los agregados**

En cuanto al cálculo de volúmenes y pesos de los agregados, si los pesos específicos de las diversas fracciones de agregados utilizados son similares, se puede trabajar indistintamente con proporciones en peso o en volumen (opción a). Sin embargo, si los pesos específicos difieren considerablemente, es necesario emplear solo ecuaciones en volumen (opción b).

- **Alternativa a: ecuaciones en “peso”.**

$$V_{TOTAL\ AGREGADOS} = 1m^3 - \sum Volúmenes (agua + cemento + aire)$$

$$W_{A.G.} = V_{TOTAL\ AGREGADOS} * \% A.G. en la mezcla * PE_{A.G.}$$

$$W_{A.F.} = V_{TOTAL\ AGREGADOS} * \% A.F. en la mezcla * PE_{A.F.}$$

- **Alternativa b: ecuaciones en volumen**

Si  $PE_{A.G.}$ ,  $PE_{A.F.}$ , difieren en gran magnitud, entonces se plantea el siguiente sistema de ecuaciones, para trabajar en volúmenes:

$$(i) V_{TOTAL\ AGREGADOS} = 1m^3 - \sum Volúmenes (agua + cemento + aire)$$

$$(ii) V_{TOTAL\ AGREGADOS} = \sum Volumen (A.G. + A.F.) = W_{A.G.}/PE_{A.G.} + W_{A.F.}/PE_{A.F.}$$

$$(iii) V_{TOTAL\ AGREGADOS} = \sum Volumen (A.G. + A.F.) = W_{TOTAL} * [\% A.G. en la mezcla / PE_{A.G.} + \% A.F. en la mezcla / PE_{A.F.}]$$

Igualando (i) con (iii) se obtiene el  $W_{TOTAL}$  del agregado, el que se distribuye luego según los porcentajes de participación en la mezcla (% AG, % AF)

$$W_{A.G.} = W_{TOTAL\ DE\ AGREGADOS} * \% A.G. en la mezcla$$

$$W_{A.F.} = W_{TOTAL\ DE\ AGREGADOS} * \% A.F. en la mezcla$$

Siguiendo las instrucciones, procedemos a calcular el volumen de agregados.

Tabla 24: Cálculo de volumen de agregados

Materiales	a/c=0.55	
Cemento	0.109	m3
Agua	0.187	m3
Volumen de Agregados	0.704	m3

Fuente: propia (2024)

Luego, se calcula el volumen de cada agregado teniendo en cuenta el proporcionamiento ya realizado previamente. Asimismo, dado que los pesos específicos de los agregados no tienen una diferencia considerable, se optará por realizar el cálculo mediante la Alternativa a.

Tabla 25: Cálculo del volumen de agregados por la alternativa a

Materiales	a/c=0.55
------------	----------

V Agregados	0.70	m3
V agregado fino	0.30	m3
V agregado grueso	0.41	m3
W agregado fino	786.93	kg
W agregado grueso	1054.02	kg

Fuente: propia (2024)

Tabla 26: Dosificación en estado seco

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	340.00	kg
Agregado Grueso	1054.02	kg
Agregado Fino	786.93	kg
Agua	187.00	l

Fuente: propia (2024)

### **Paso 8. Ajuste por humedad de los agregados**

Posteriormente, se realizó ajustes en las cantidades de agregados considerando su contenido de humedad y capacidad de absorción para asegurar que el agua efectiva en la mezcla sea adecuada, considerando las fórmulas del método anterior, las cuales serán las mismas para todos los métodos, de forma que únicamente se presentará el resumen de resultados.

Tabla 27: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados.

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	340	kg
Agregado Fino	792.8	kg
Agregado Grueso	1089.4	kg
Agua	176	l

Fuente: propia (2024)

Análogamente se realiza el diseño para el caso de relación  $a/c=0.60$ . A continuación se muestran los resultados.

Tabla 28: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -ICPA ( $a/c=0.60$ )

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.60</b>	
Cemento	312	kg
Agregado Fino	803.02	kg
Agregado Grueso	1103.44	kg
Agua	176	l

Fuente: propia (2024)

### 4.3 Método IS (Indian Standard)

#### Paso 1. Estimación del $f'_{ck}$

Se estima la resistencia a la compresión media objetivo ( $f'_{ck}$ ), análogo al  $f'_{cr}$  en el método ACI, para ello se consideró las siguientes fórmulas, de las cuales se toma el mayor de los valores.

$$f'_{ck} = f_{ck} + 1.65 S$$

$$f'_{ck} = f_{ck} + X$$

Donde:

$f'_{ck}$  = resistencia a la compresión media objetivo a los 28 días, en N/mm<sup>2</sup>;

$f_{ck}$  = resistencia a la compresión característica a los 28 días, en N/mm<sup>2</sup>;

$S$  = desviación estándar, en N/mm<sup>2</sup>

$X$  = factor basado en el grado del concreto

Cabe mencionar que, los valores de  $X$  y  $S$  se obtienen de las siguientes tablas:

Tabla 29: Tabla de Valores de  $X$  (factor basado en el grado del concreto)

Sl No. (1)	Grade of Concrete (2)	Value of X (3)
i)	M10 } M15 }	5.0
ii)	M20 } M25 }	5.5
iii)	M30 } M35 } M40 } M45 } M50 } M55 } M60 }	6.5
iv)	M65 and above	8.0

Fuente: Bureau of Indian Standards (BIS). (2009).

Para fines prácticos, se referirá a N/mm<sup>2</sup> como MPa, pues representan la misma unidad.

En la figura anterior, se puede observar que la letra "M" en la clasificación del grado del concreto. Lo cual significa "Mix" o "Mezcla" en inglés. El número que sigue a la "M" indica la resistencia característica del concreto a la compresión medida en megapascales (MPa), para nuestro caso sería 24.5 MPa.

Tabla 30: Desviación estándar asumida

Table 2 Assumed Standard Deviation (Clause 4.2.1.3)		
Sl No.	Grade of Concrete	Assumed Standard Deviation N/mm <sup>2</sup>
(1)	(2)	(3)
i)	M10	3.5
	M15	
ii)	M20	4.0
	M25	
iii)	M30	5.0
	M35	
	M40	
	M45	
	M50	
	M55	
iv)	M60	6.0
	M65	
	M70	
	M75	
	M80	

Fuente: Bureau of Indian Standards (BIS). (2019)

En la tabla anterior, se seleccionó el diseño de resistencia  $f'c$  245 kg/cm<sup>2</sup> = 24.5 Mpa ubicado en el caso 2. Así, procedemos a calcular  $f'_{ck}$ .

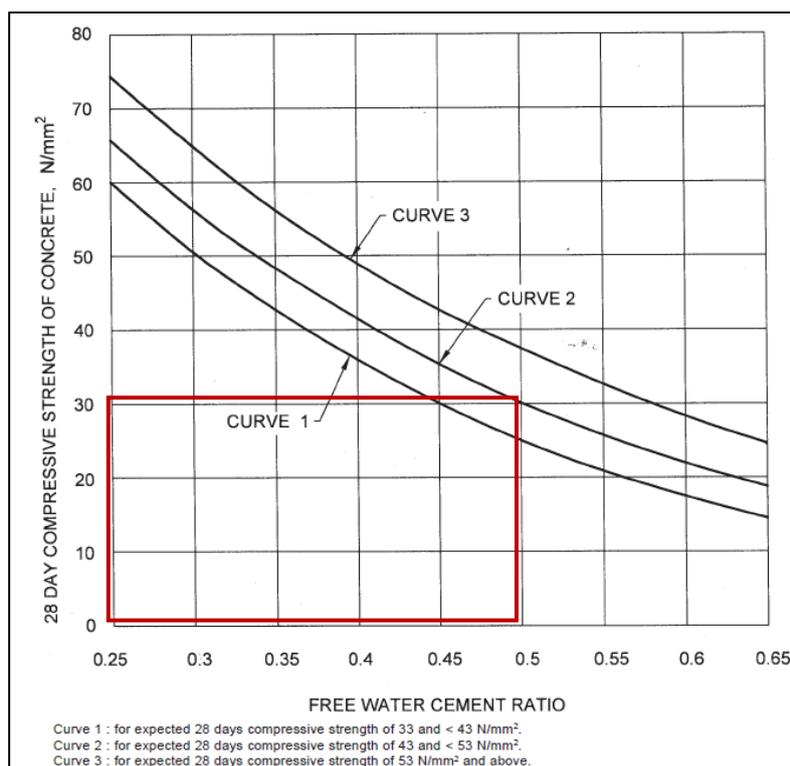
$$f'_{ck} = f_{ck} + 1.65 S = 24.5 + 4 = 28.5MPa$$

$$f'_{ck} = f_{ck} + X = 24.5 + 5.5 = 30.0 MPa$$

De aquí tomamos el mayor y tenemos que  $f'_{ck} = 30MPa = 311.6 kg/cm^2$ .

### **Paso 2. Estimación de la relación agua – cemento**

Figura 7: Relación entre la relación agua-cemento y la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para cementos de diversas resistencias a la compresión esperadas a los 28 días.



Fuente: Bureau of Indian Standards (BIS). (2019)

Tenemos que la relación a/c sugerida según el método es de 0.49, sin embargo, este valor es referencial pues se continuará el diseño con los dos casos de estudio ya propuestos.

Asimismo, para la determinación del contenido de aire se consideró lo siguiente, 1% de contenido de aire.

Tabla 31: Determinación del contenido de aire

Sl No.	Nominal Maximum Size of Aggregate mm	Entrapped Air, as Percentage of Volume of Concrete
(1)	(2)	(3)
i)	10	1.5
ii)	20	1.0
iii)	40	0.8

Fuente: Bureau of Indian Standards (BIS). (2019)

### Paso 3. Estimación de la demanda inicial de agua

Ahora, procedemos a calcular la demanda de agua, de la misma forma, con las tablas proporcionadas por la norma IS.

Tabla 32: Contenido de agua por metro cúbico de hormigón para tamaño máximo nominal de agregado.

<b>Table 4 Water Content per Cubic Metre of Concrete For Nominal Maximum Size of Aggregate</b> <i>(Clause 5.3)</i>		
SI No.	Nominal Maximum Size of Aggregate mm	Water Content <sup>1)</sup> kg
(1)	(2)	(3)
i)	10	208
ii)	20	186
iii)	40	165

Fuente: Bureau of Indian Standards (BIS). (2019)

La norma menciona que la cantidad de agua indicada en la tabla se basa en un rango de asentamiento de 25 a 50 mm. Si se desea un asentamiento mayor, es necesario ajustar el contenido de agua. Para la trabajabilidad deseada (que no sea un asentamiento de 50 mm), el contenido de agua requerido se puede aumentar o disminuir en aproximadamente un **3% por cada aumento o disminución de 25 mm** de asentamiento o se puede establecer mediante un ensayo.

Agua inicial: 186 l

Slump objetivo: 100 mm

Aumento de Slump respecto de 50mm : +50mm

Variación porcentual del agua : 6%

Agua final = Agua inicial \* (1 + 6%) = 197.16 l

#### **Paso 4. Estimación de la cantidad de cemento**

Luego, para el cálculo o estimación de la cantidad de cemento se utilizó la siguiente fórmula. El proceso es análogo para todos los métodos, así que sólo se indicará la fórmula a usar.

$$Wc = \frac{W_{agua}}{a/c}; Vc = \frac{Wc}{PEc}$$

Tabla 33: Cálculo de la cantidad de cemento

<b>a/c=0.55</b> W Cemento	358.47 kg
<b>a/c=0.55</b> V Cemento	0.11 m <sup>3</sup>

Fuente: propia (2024)

### **Paso 5. Determinación de la zona del agregado fino**

Se obtuvo mediante un análisis granulométrico bajo los lineamientos que proporciona la norma en cuestión. Se utilizó una serie de tamices estándar para el análisis granulométrico. Los tamices más comúnmente utilizados son los de 10 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 600 µm, 300 µm, y 150 µm.

Posteriormente, se comparó los porcentajes acumulados que pasan por los tamices con los valores especificados para cada zona en la norma IS 383:1970. Aunque, la zona se determina según cómo se ajustan los porcentajes acumulados a los rangos establecidos para cada tamiz y zona.

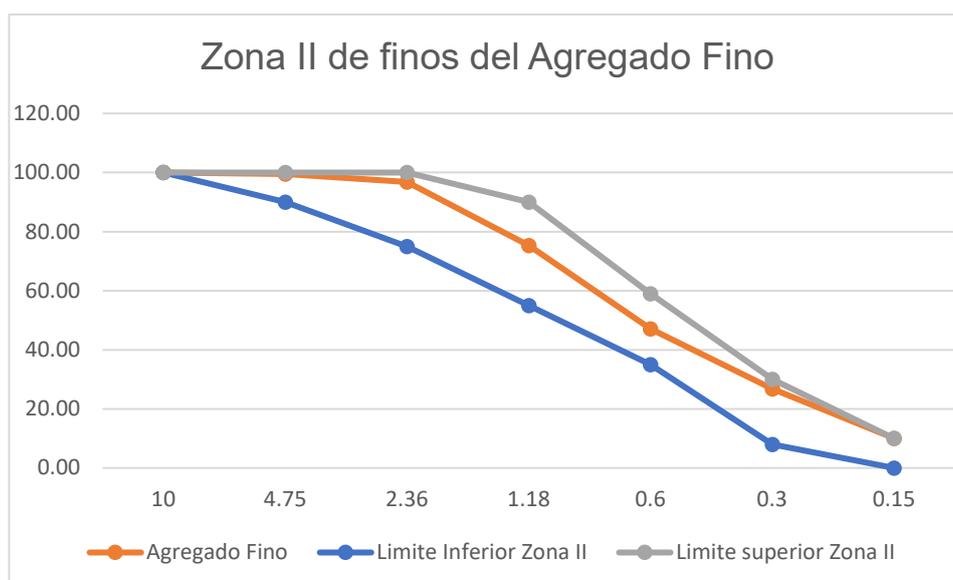
A continuación, se presenta la clasificación de las zonas del agregado fino según la norma IS 383:1970, basada en los porcentajes acumulados que pasan por los tamices estándar.

Tabla 34: Clasificación de las zonas del agregado fino según la norma IS 383:1970

Tamiz IS (mm)	Zona I (%)	Zona II (%)	Zona III (%)	Zona IV (%)
10	100	100	100	100
4.75	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.36	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.18	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
600 µm	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
300 µm	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
150 µm	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Fuente: Bureau of Indian Standards (BIS). (2019)

Figura 8: Zona de finos del Agregado Fino



Fuente: Propia (2024)

### **Paso 6. Estimación de proporciones de los agregados**

Ahora, para el cálculo de agregados, la norma IS brinda valores sobre la proporción de agregado grueso como porcentaje del volumen total de agregados. Esta proporción depende del tamaño máximo nominal del agregado y de la zona de fino en que se encuentre el agregado fino.

Tabla 35: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de agregado total para diferentes zonas de agregado fino para relación agua-cemento de 0.50.

Sl No.	Nominal Maximum Size of Aggregate mm	Volume of Coarse Aggregate per Unit Volume of Total Aggregate for Different Zones of Fine Aggregate			
		Zone IV	Zone III	Zone II	Zone I
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
i)	10	0.54	0.52	0.50	0.48
ii)	20	0.66	0.64	0.62	0.60
iii)	40	0.73	0.72	0.71	0.69

NOTES  
 1 Volumes are based on aggregates in saturated surface dry condition.  
 2 These volumes are for crushed (angular) aggregate and suitable adjustments may be made for other shape of aggregate.  
 3 Suitable adjustments may also be made for fine aggregate from other than natural sources, normally, crushed sand or mixed sand may need lesser fine aggregate content. In that case, the coarse aggregate volume shall be suitably increased.  
 4 It is recommended that fine aggregate conforming to Grading Zone IV, as per IS 383 shall not be used in reinforced concrete unless tests have been made to ascertain the suitability of proposed mix proportions.]

Fuente: Bureau of Indian Standards (BIS). (2019)

De la Zona de Agregado Fino y la Tabla 5 de la Norma IS mencionada página arriba, se tiene un volumen de Agregado Grueso respecto del Volumen Total de Agregados de 0.62.

La tabla 5 de la norma IS muestra valores de relación de volumen de Agregado Grueso para una relación agua-cemento de 0.5, la cual puede ajustarse adecuadamente para otras relaciones. La proporción del volumen de agregados gruesos con respecto al de agregados totales aumenta a una tasa de 0.01 por cada disminución de la relación agua-cemento en 0.05 y disminuye a una tasa de 0.01 por cada aumento de la relación agua-cemento en 0.05.

Tabla 36: Relación de Volumen de agregado grueso y agregado fino para el método IS

a/c	0.55
Variación respecto de a/c=0.5	+0.05
Variación de la relación Va.g. / V agregados	-0.01
Relación Va.g. / V Total =(a)	0.61
Relación Va.f. / V Total = 1-(a)	0.39

Fuente: propia (2024)

Ahora, se procedió a calcular el Volumen Total de Agregados y también cada uno de los volúmenes y pesos de Agregados.

El volumen total de agregados resulta del siguiente razonamiento:

$$V_{\text{agregados}} = 1m^3 - V_{\text{cemento}} - V_{\text{agua}} - V_{\text{aire}}$$

$$V_{\text{cemento}} = 0.11m^3$$

$$V_{\text{agua}} = 0.20m^3$$

$$V_{\text{aire}} = 0.01m^3$$

Tabla 37: Cálculo de Pesos y Volúmenes de Agregados

Materiales	a/c=0.55	
V Agregados	0.68	
V agregado fino	0.26	m3
V agregado grueso	0.41	m3
W agregado fino	703.68	kg
W agregado grueso	1067.53	kg

Fuente: propia (2024)

### **Paso 7. Estimación de la cantidad los agregados**

En seguida, se procede a presentar el diseño en estado seco.

Tabla 38: Dosificación en Estado Seco

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	358.47	kg
Agregado Fino	1067.53	kg
Agregado Grueso	703.68	kg
Agua	197.16	l

Fuente: propia (2024)

### **Paso 8. Ajuste por humedad de los agregados**

Luego, se realiza los ajustes de agregados y agua por factores de humedad. Este procedimiento es análogo para todos los métodos, así que se muestra únicamente los resultados a continuación.

Tabla 39: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	358	kg
Agregado Fino	708.96	kg
Agregado Grueso	1103.40	kg
Agua	188	l
Aire	1	%

Fuente: propia (2024)

Análogamente se realiza el diseño para el caso de relación a/c=0.60. A continuación se muestran los resultados.

Tabla 40: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -IS (a/c=0.60)

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.60</b>	
Cemento	329	kg
Agregado Fino	737.37	kg
Agregado Grueso	1100.58	kg
Agua	187.53	l
Aire	1	%

Fuente: propia (2024)

## **4.4 Método ABCP (Asociación Brasileira de Cemento Portland)**

### Paso 1. Estimación del $f_{cj}$

Se realiza el cálculo de la resistencia promedio a compresión con la siguiente fórmula:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1.65 s_d$$

Donde:

$f_{cj}$  es la resistencia promedio a compresión especificada.

$f_{ck}$  es la resistencia característica especificada.

$s_d$  es la desviación estándar de la resistencia a compresión del concreto.

Cabe mencionar que, cuando el concreto se prepare con los mismos materiales, utilizando equipos similares y en condiciones equivalentes, el valor numérico de la desviación estándar deberá fijarse con al menos 20 resultados consecutivos obtenidos dentro de un intervalo de 30 días, en el período inmediatamente anterior de  $s_d$  adoptado podrá ser inferior a 2 MPa.

Por otro lado, al inicio del trabajo, o en cualquier otra circunstancia en la que se desconozca el valor de la desviación estándar, se debe adoptar el valor presentado de la siguiente tabla:

Tabla 41: Desviación estándar para la preparación del concreto

Condição de preparo do concreto	Desvio-padrão MPa
A	4,0
B	5,5
C	7,0

Fuente: Instituto Brasileño de Normas Técnicas (ABNT). (2015).

Las condiciones de preparación de concreto se explican a continuación:

**a) Condición A:** Es aplicable a todas las clases de concreto, el cemento y los agregados se miden en masa, el agua de mezcla se mide en masa o volumen con un dispositivo dosificador y se corrige según el contenido de humedad de los agregados.

**b) Condición B:** Se puede aplicar a las clases C10 a C20, el cemento se mide en masa, el agua de amasado se mide en volumen mediante un dosificador y los agregados se miden en masa combinada con volumen.

**c) Condición C:** Sólo se puede aplicar a concretos clase C10 y C15, el cemento se mide en masa, los agregados se miden en volumen, el agua de amasado se mide en

volumen y su cantidad se corrige dependiendo de la estimación de humedad de los agregados para determinar el asentamiento del concreto, según lo dispuesto en la ABNT NBR NM 67 u otro método estandarizado.

$$f_{ck} = 24.5 \text{ Mpa} = 245 \text{ kg/cm}^2$$

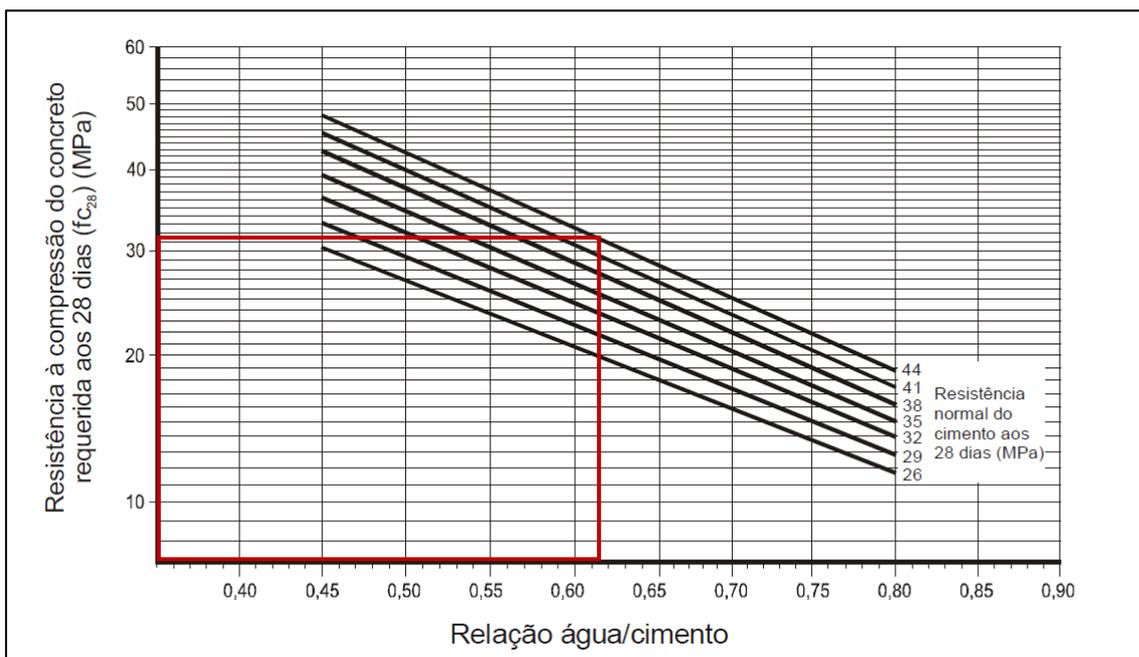
$$s_d = 4 \text{ MPa}$$

$$f_{cj} = 31 \text{ MPa} = 312.32 \text{ kg/cm}^2$$

## **Paso 2. Estimación de la relación agua – cemento**

Ahora, procedemos a realizar el cálculo de la relación a/c, teniendo en cuenta que este valor será referencial, pues nuestros casos de estudio ya están definidos inicialmente. Para hacer uso de la siguiente tabla debemos aclarar previamente que el cemento Sol usado en los diseños presenta una resistencia a la compresión de 449kg/cm<sup>2</sup> (44Mpa) a los 28 días.

Figura 9: Relación a/c del diseño de mezcla



Fuente: Bucher (1989)

Del gráfico, se obtiene una relación a/c de 0.61.

La relación agua cemento considerada para el diseño del concreto, debe cumplir, en cuanto a durabilidad con la siguiente tabla:

Tabla 42: Correspondencia entre clase de agresividad de exposición del concreto, relación a/c, clasificación de concreto y consumo de cemento por metro cúbico de concreto.

Concreto	Tipo	Clase de agresividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Clase de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cemento Portland por metro cúbico de concreto kg/m <sup>3</sup>	CA e CP	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

CA Componentes e elementos estruturais de concreto armado.  
CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fuente: Instituto Brasileño de Normas Técnicas (ABNT). (2015).

En primera instancia, la siguiente tabla fue la que se usó para determinar la clase de agresividad a la que se expone el concreto. La misma que obedece a las condiciones normales de exposición del concreto definidas inicialmente.

Tabla 43: Clase de agresividad ambiental de exposición del concreto.

Clase de agresividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).  
<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.  
<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.

Fuente: Instituto Brasileño de Normas Técnicas (ABNT). (2015).

La clase de concreto  $\geq C20$  hace referencia a que el concreto debe superar la resistencia de diseño de 20 Mpa. En este caso, tenemos un concreto de 24.5Mpa, así que también se cumple dicho parámetro.

Respecto al consumo de cemento por metro cubico de concreto  $\geq 260$  kg, se comprobará líneas después.

### **Paso 3. Estimación de la demanda inicial de agua**

Ahora, se procede a calcular el consumo de agua por m<sup>3</sup> de concreto según el Tamaño máximo del agregado grueso: 1" =25mm para nuestro caso, y el slump, cuyo valor es de 4" =100mm.

Tabla 44: Estimación del consumo de agua por metro cúbico de concreto en función del diámetro máximo característico del agregado grueso y del asentamiento de la mezcla.

ABATIMENTO DO TRONCO DO CONE	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO ( $\Phi_{max}$ )				
	9,5mm	19mm	25mm	32mm	38mm
40 a 60mm	220 l/m <sup>3</sup>	195 l/m <sup>3</sup>	190 l/m <sup>3</sup>	185 l/m <sup>3</sup>	180 l/m <sup>3</sup>
60 a 80mm	225 l/m <sup>3</sup>	200 l/m <sup>3</sup>	195 l/m <sup>3</sup>	190 l/m <sup>3</sup>	185 l/m <sup>3</sup>
80 a 100mm	230 l/m <sup>3</sup>	205 l/m <sup>3</sup>	200 l/m <sup>3</sup>	200 l/m <sup>3</sup>	190 l/m <sup>3</sup>

Fuente: Rodrigues (1998)

### **Paso 4. Estimación de la cantidad de cemento**

Luego, para el cálculo o estimación de la cantidad de cemento se utilizó la siguiente formula. El proceso es análogo para todos los métodos, así que sólo se indicará la fórmula a usar.

$$W_c = \frac{W_{agua}}{a/c}; V_c = \frac{W_c}{PEc}$$

Tabla 45: Cálculo de la cantidad de cemento

a/c=0.55	W Cemento	363.64 kg
a/c=0.55	V Cemento	0.12 m3

Fuente: propia (2024)

### **Paso 5. Estimación del agregado grueso**

Para calcular los agregados, este método permite obtener mezclas con un determinado grado de asentamiento (slump) y el menor volumen posible de espacios

vacíos entre los agregados. De esta manera, el contenido óptimo de agregado grueso en la mezcla se logra mediante una proporción adecuada entre el agregado grueso y el fino. Este proceso se basa en maximizar el volumen de agregado seco compactado por cada metro cúbico de concreto.

Además, la siguiente tabla presenta los valores obtenidos experimentalmente por la Asociación Brasileña de Cemento Portland (ABCP), donde se detallan los volúmenes secos compactados de agregado grueso por metro cúbico de concreto, en función del Diámetro Máximo del agregado grueso ( $\phi_{max}$ ) y el Módulo de Finura (MF) del agregado fino.

Tabla 46: Volumen compactado seco de agregado grueso por metro cúbico de concreto

MÓDULO DE FINURA DA AREIA	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA DO AGREGADO GRAÚDO ( $\Phi_{max}$ )				
	9,5mm	19mm	25mm	32mm	38mm
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Fuente: Rodrigues (1998)

Contamos con un M.F. del agregado fino de 2.45, de esa forma, interpolando, obtenemos una relación  $b/b_0 = 0.73$ .

$$Wa.g. = P.U.C. \times \frac{b}{b_0}; \quad Va.g. = \frac{Wa.g.}{PEa.g.}$$

Tenemos:

$$Wa.g. = 1387.00 \text{ kg}; \quad Va.g. = 0.54 \text{ m}^3$$

### **Paso 6. Estimación del agregado fino**

Ahora, para el cálculo de peso y volumen del Agregado Fino, el proceso es el mismo que para el método de diseño del ACI. Es así que, se mencionarán las fórmulas en cuestión y se procederán a mostrar los resultados.

$$Va.f. = 1 - (Vc + Vagua + Vaire + V a. g)$$

$$Wa.f. = Va.f. \times PE a.f.$$

Para el caso a/c=0.55, tenemos:

$$Va.f. = 0.14 m^3$$

$$Wa.f. = 367.93 kg$$

En seguida, se presenta el diseño en estado seco.

Tabla 47: Dosificación en Estado Seco

Materiales	a/c=0.55	
Cemento	363.64	kg
Agregado Fino	388.96	kg
Agregado Grueso	1387.00	kg
Agua	200.00	l

Fuente: propia (2024)

### Paso 7. Ajuste por humedad de los agregados

Luego, se realiza los ajustes de agregados y agua por factores de humedad. Este procedimiento es análogo para todos los métodos, así que se muestra únicamente los resultados a continuación.

Tabla 48: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados

Materiales	a/c=0.55	
Cemento	363.64	kg
Agregado Fino	402.03	kg
Agregado Grueso	1397.40	kg
Agua	199.48	l

Fuente: propia (2024)

Análogamente se realiza el diseño para el caso de relación a/c=0.60. A continuación se muestran los resultados.

Tabla 49: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -ABCP (a/c=0.60)

Materiales	a/c=0.60	
Cemento	333.33	kg
Agregado Fino	428.65	kg
Agregado Grueso	1397.40	kg
Agua	198.93	l

Fuente: propia (2024)

#### 4.5 Método JSCE (Japan Society of Civil Engineers)

##### Paso 1. Estimación del $f'_{cr}$

Se determinó la resistencia a compresión requerida de la siguiente manera:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.64 s$$

Donde:

$f'_{cr}$  = Resistencia promedio a compresión especificada

$f'_c$  = Resistencia característica del concreto

$s$  = Desviación estándar del concreto

Es importante señalar que, para alcanzar la resistencia especificada del concreto, se debe calcular el coeficiente de variación de las resistencias a la compresión obtenidas en el lugar de construcción y ajustar el factor de sobrediseño en consecuencia. Este factor debe establecerse con base en la experiencia previa, el equipo disponible en el sitio, las variaciones en la calidad de los materiales empleados, y el nivel de habilidad de los trabajadores, entre otros aspectos. Sin embargo, al inicio de la obra, suele ser complicado estimar el coeficiente de variación con precisión debido a la falta de información sobre el equipo, las fluctuaciones en la calidad de los materiales, entre otros factores. En estos casos, es conveniente utilizar un factor de sobrediseño ligeramente mayor para calcular la resistencia necesaria. En su defecto, pueden valerse de las indicaciones del ACI, norma que sirvió de base para generar este método.

Tabla 50: Resistencia media mínima requerida sin datos históricos suficientes

<b>Table 5.2—Minimum required average strength without sufficient historical data*</b>	
<b>Required average compressive strength</b>	<b>Specified compressive strength</b>
$f'_{cr} = f'_c + 1000$ psi ( $f'_{cr} = f'_c + 7$ MPa)	when $f'_c < 3000$ psi ( $f'_c < 21$ MPa)
$f'_{cr} = f'_c + 1200$ psi ( $f'_{cr} = f'_c + 8$ MPa)	when $f'_c \geq 3000$ psi and $f'_c \leq 5000$ psi ( $f'_c \geq 21$ MPa and $f'_c \leq 35$ MPa)
$f'_{cr} = 1.10f'_c + 700$ psi ( $f'_{cr} = 1.10f'_c + 5$ MPa)	when $f'_c > 5000$ psi ( $f'_c > 35$ MPa)

\*Table 5.3.2.2 of ACI 318.

Fuente: American Concrete Institute (ACI). (2011).

De tal modo que la característica de resistencia del concreto proviene de la Resistencia media mínima requerida sin datos históricos suficientes, siendo de un  $f'_{cr}$  de  $326 \text{ kg/cm}^2$ .

$$f'_{cr} = f'_c + 8 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = f'_c + 81 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 326 \text{ kg/cm}^2 = 32 \text{ MPa}$$

## **Paso 2. Estimación de la relación agua – cemento**

Para calcular la relación agua/cemento (a/c), se considerará el cálculo de la relación cemento/agua (c/a) y su vinculación con la resistencia requerida  $f'_{cr}$ . Este enfoque sugiere que, dentro de cierto rango, la relación entre cemento/agua (C/W) y la resistencia a la compresión requerida ( $f'_{cr}$ ) sigue un patrón lineal, lo que permite estimar la relación entre la resistencia del concreto y la proporción agua/cemento. No obstante, aún no se ha logrado una fórmula lineal universal aplicable a cualquier tipo de material que determine esta relación. Por esta razón, como norma general, se requiere determinar experimentalmente la relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la proporción cemento/agua.

La relación C/W– $f'_{cr}$  se obtiene de la siguiente manera:

Se prueban tres o más mezclas de concreto, cada una con diferentes proporciones de cemento/agua dentro de un rango adecuado, con el fin de trazar las curvas C/W– $f'_{cr}$ . En el caso de concreto con aire incorporado, las muestras se preparan utilizando el contenido de aire especificado. La relación entre C/W y  $f'_{cr}$  cambia en función del contenido de aire, pero si este contenido es constante, la relación C/W– $f'_{cr}$  puede aproximarse mediante una ecuación lineal.

Por tal razón, para medir la relación a/c se tomó en cuenta la siguiente relación lineal:

$$f'_{cr} = -10 + 20(c/a); \text{ en MPa}$$

Dicha relación sirve de manera referencial para el cálculo de la relación a/c, misma que fue desarrollada en la Universidad de Saitama, Japón.

Reemplazando el  $f'_{cr}$  obtenido, obtenemos:

$$c/a = 1.94$$

$$a/c = 0.52$$

### **Paso 3. Estimación de las proporciones iniciales de los materiales**

A continuación, para el cálculo de la cantidad de agua, cemento, agregados y aire atrapado, el método sugiere partir el diseño de una muestra de valores típicos del volumen unitario de agregado grueso, el porcentaje de arena y el contenido de agua para concreto con una relación agua/cemento de aproximadamente 0.55, Módulo de Finura del Agregado Fino de 2.80 y un asentamiento de aproximadamente 80 mm.

Tabla 51: Valores aproximados del volumen unitario de agregado grueso, porcentaje de arena y contenido de agua del concreto

**Table C4.5.2 Approximate values of the unit bulk volume of coarse aggregate, sand percentage and water content of concrete**

Maximum size of coarse aggregate	Unit bulk volume of coarse aggregate	Air-entrained concrete				
		Air content	With air-entraining agent		With air-entraining water-reducing agent	
			Sand percentage s/a	Water content W	Sand percentage s/a	Water content W
(mm)	(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(kg)	(%)	(kg)
15	0.58	7.0	47	180	48	170
20	0.62	6.0	44	175	45	165
25	0.67	5.0	42	170	43	160
40	0.72	4.5	39	165	40	155

The values shown above are average values determined with reference to the standard mix proportions adopted by ready-mixed concrete industrial associations in Japan and are for concrete made by using sand of an ordinary particle size distribution (fineness modulus: about 2.80) and crushed stone.

Fuente: Japan Society of Civil Engineers (JSCE). (2007).

Asimismo, la siguiente tabla muestra cantidades aproximadas de corrección para el porcentaje de agregado fino y el contenido de agua en los casos en que se cambian los materiales utilizados y la calidad del concreto que se muestran en la Tabla anterior.

Tabla 52: Cantidad aproximada de corrección para el porcentaje de arena y el contenido de agua debido a variaciones en la calidad de los materiales utilizados en el concreto

**Table C4.5.3 Approximate amounts of correction for the sand percentage and the water content due to variations in the quality of materials used or concrete**

Category	Correction of s/a (%)	Correction of W
For every 0.1 in fineness modulus of sand greater (smaller) than reference value	Increase (decrease) by 0.5.	No correction
For every 1 cm in slump greater (smaller) than reference value	No correction	Increase (decrease) by 1.2%.
For every 1% in air content higher (lower) than reference value	Decrease (increase) by 0.5 to 1.	Decrease (increase) by 3%.
For every 0.05 in water/cement ratio higher (lower) than reference value	Increase (decrease) by 1.	No correction
For every 1% in s/a higher (lower) than reference value	—	Increase (decrease) by 1.5 kg.
When river gravel is used	Decrease by 3 o 5.	Decrease by 9 to 15 kg.

If the unit bulk volume of coarse aggregate is used, the unit bulk volume of coarse aggregate is decreased (increased) by 1% for every 0.1 in the fineness modulus of sand greater (smaller) than the reference value.

Fuente: Japan Society of Civil Engineers (JSCE). (2007).

En nuestro caso, se busca un concreto de slump: 100mm, relaciones a/c: 0.55 y 0.60, contenido de aire (sugerido por el ACI): 2.50% y Módulo de Finura del Agregado Fino: 2.45.

Dado que el Tamaño Máximo del Agregado Grueso es 1”=25mm. Tenemos las proporciones de volumen de agregados, contenido de aire, porcentaje de agregado fino y contenido de agua.

**Table C4.5.2 Approximate values of the unit bulk volume of coarse aggregate, sand percentage and water content of concrete**

Maximum size of coarse aggregate (mm)	Unit bulk volume of coarse aggregate (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Air-entrained concrete				
		Air content (%)	With air-entraining agent		With air-entraining water-reducing agent	
			Sand percentage s/a (%)	Water content W (kg)	Sand percentage s/a (%)	Water content W (kg)
15	0.58	7.0	47	180	48	170
20	0.62	6.0	44	175	45	165
25	0.67	5.0	42	170	43	160
40	0.72	4.5	39	165	40	155

The values shown above are average values determined with reference to the standard mix proportions adopted by ready-mixed concrete industrial associations in Japan and are for concrete made by using sand of an ordinary particle size distribution (fineness modulus: about 2.80) and crushed stone.

Se cuenta con los siguientes valores iniciales:

$$V_{\text{agregados}} = 0.67 \text{ m}^3$$

$$\text{Contenido de Aire} = 5.0\%$$

$$\text{Porcentaje de } a.f = s/a = 42.0\%$$

$$\text{Agua} = 170 \text{ kg}$$

#### **Paso 4. Ajuste de las proporciones iniciales de los materiales**

Ahora, con ayuda de la tabla C4.5.3 se busca las variaciones que deberán sufrir estas proporciones iniciales de componentes del concreto. Así, tenemos:

##### **Caso 1: a/c=0.55**

- i. Variación del Módulo de Finura: Por cada 0.1 mayor (menor) al valor de referencia se aumentará (disminuirá) en 0.5 el porcentaje de agregado fino.

$$\Delta MF = -3.5 \text{ veces } 0.1$$

$$\Delta s/a = -3.5 * 0.5\% = -1.75\%$$

- ii. Variación del Asentamiento: Por cada 1cm de asentamiento mayor (menor) que el valor de referencia se aumentará (disminuirá) en 1.2% el contenido de agua.

$$\Delta Slump = +2 \text{ veces } 1\text{cm}$$

$$\Delta \%agua = +2 * 1.2\% = +2.4\%$$

- iii. Variación del contenido de aire: Por cada 1% de contenido de aire superior (inferior) al valor de referencia se disminuirá (aumentará) en 0.50 el porcentaje de agregado fino y, se disminuirá (aumentará) en 3% el contenido de agua.

$$\Delta Aire = -2.5 \%$$

$$\Delta s/a = +2.5 * 0.50\% = +1.25\%$$

$$\Delta \%agua = +2.5 * 3\% = +7.5\%$$

En total, en variaciones se tiene:

$$\Delta s/a = -0.50\%$$

$$\Delta \%agua = +9.90\%$$

Así:

$$s/a = 41.5\%$$

$$agua = 186.83 \text{ kg}$$

Ahora, reemplazando los valores iniciales, las variaciones obtenidas y los datos de los agregados como del cemento, se obtiene lo siguiente:

Tabla 53: Dosificación en Estado Seco

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	343.0	kg
Agregado Fino	746.81	kg
Agregado Grueso	1021.08	kg
Agua	188.65	l
Aire	2.5	%

Fuente: propia (2024)

### **Paso 5. Ajuste por humedad de los agregados**

Luego, se realiza los ajustes de agregados y agua por factores de humedad. Este procedimiento es análogo para todos los métodos, así que se muestra únicamente los resultados a continuación.

Tabla 54: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	343	kg
Agregado Fino	771.91	kg
Agregado Grueso	1028.73	kg
Agua	178	l
Aire	2.5	%

Fuente: propia (2024)

Análogamente se realiza el diseño para el caso de relación a/c=0.60. A continuación se muestran los resultados.

Tabla 55: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -JSCE (a/c=0.60)

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.60</b>	
Cemento	317	kg
Agregado Fino	797.79	kg
Agregado Grueso	1020.47	kg
Agua	179.62	l
Aire	2.5	%

Fuente: propia (2024)

## 4.6 Método EBCS (Ethiopian Building Code Standard)

### Paso 1. Estimación de las proporciones iniciales de los materiales

El método EBCS proporciona directamente la dosificación para el concreto en función de la resistencia, tamaño máximo nominal del agregado grueso y la trabajabilidad.

Tabla 56: Mezclas estándar para concreto estructural ordinario por saco de 50 kg de cemento

Concrete	Nominal max. size of Aggregate (mm)	40		20		14		10			
	Grade	Workability		Medium		High		Medium		High	
	Limits of slump that may be expected (mm)	30 to 60	60 to 120	20 to 50	50 to 100	10 to 30	30 to 60	10 to 25	25 to 50		
C 5	Total Aggregate (kg)	640	550	540	480	-	-	-	-		
	Fine Aggregate (%)	30 - 45	30 - 45	35 - 50	35 - 50	-	-	-	-		
	Vol. of finished concrete (m³)	0.112	0.275	0.277	0.252	-	-	-	-		
C 15	Total Aggregate (kg)	370	330	320	280	-	-	-	-		
	Fine Aggregate (%)	30 - 45	30 - 45	35 - 50	35 - 50	-	-	-	-		
	Vol. of finished concrete (m³)	0.200	0.183	0.178	0.160	-	-	-	-		
C 20	Total Aggregate (kg)	305	270	280	250	255	220	240	200		
	Fine Aggregate (%)	30 - 35	30 - 40	30 - 40	35 - 45	35 - 45	40 - 50	40 - 50	45 - 55		
	Vol. of finished concrete (m³)	0.165	0.155	0.156	0.143	0.146	0.130	0.137	0.121		
C25	Total Aggregate (kg)	265	240	240	215	220	195	210	175		
	Fine Aggregate (%)	30 - 35	30 - 40	30 - 40	35 - 45	35 - 45	40 - 50	40 - 50	45 - 55		
	Vol. of finished concrete (m³)	0.147	0.137	0.137	0.127	0.130	0.118	0.124	0.110		
C 30	Total Aggregate (kg)	235	215	210	190	195	170	180	150		
	Fine Aggregate (%)	30 - 35	30 - 40	30 - 40	35 - 45	35 - 45	40 - 50	40 - 50	45 - 55		
	Vol. of finished concrete (m³)	0.134	0.127	0.124	0.115	0.115	0.106	0.109	0.097		

Fuente: EBCS-2 (1995)

En la tabla anterior, se puede observar los grados de concreto, estos representan la resistencia a la compresión que se espera que el concreto alcance a los 28 días de curado. Esta clasificación es comúnmente utilizada en normas europeas e internacionales como el Eurocode 2, y está relacionada directamente con el diseño estructural y la selección del concreto para diferentes aplicaciones. Cabe mencionar que, el término “C” se utiliza para designar que la clasificación se refiere a la resistencia del concreto. Luego, le sigue un número que menciona la resistencia característica a la compresión del concreto, medida en megapascales (MPa). Por ejemplo:

- **C25:** Indica que el concreto tiene una resistencia característica de 25 MPa.

Luego de la aclaración, se obtiene de la tabla lo siguiente:

$$W_{\text{agregados}} = 215 \text{ kg}$$

$$\text{Porcentaje de a. f.} = 40.0\%$$

$$V_{concreto} = 0.127 \text{ m}^3$$

### Paso 2. Ajuste de materiales para 1 m<sup>3</sup>

- i. Cálculo de la cantidad de agua (peso y volumen), y volumen de cemento.

$$W_{agua} = a/c * W_c; V_{agua} = \frac{W_{agua}}{PE_{agua}}; V_c = \frac{W_c}{PE_c};$$

$$W_{agua} = 27.50 \text{ kg}$$

$$V_{agua} = 0.028 \text{ m}^3$$

$$V_c = 0.016 \text{ m}^3$$

- ii. Cálculo de Volumen de Agregados.

$$V_{agregados} = 0.127 - (V_c + V_{agua})$$

$$V_{agregados} = 0.082 \text{ m}^3$$

$$V_{a.f} = 0.097 \text{ m}^3 * 40\% = 0.033 \text{ m}^3$$

$$V_{a.g} = 0.097 \text{ m}^3 * 60\% = 0.049 \text{ m}^3$$

$$W_{a.f.} = V_{a.f.} * PE_{a.f.} = 87.70 \text{ kg}$$

$$W_{a.g.} = V_{a.g.} * PE_{a.g.} = 127.59 \text{ kg}$$

$$W_{agregados} = 215.30 \text{ kg} \approx W_{referencia} = 215.00 \text{ kg}$$

- iii. Presentación de volúmenes para 0.127 m<sup>3</sup>

Tabla 57: Dosificación en volumen para 0.127 m<sup>3</sup> de concreto

Materiales	a/c=0.55	
Cemento	0.02	m <sup>3</sup>
Agregado Fino	0.03	m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	0.05	m <sup>3</sup>
Agua	0.03	m <sup>3</sup>
Aire	0.001	m <sup>3</sup>
TOTAL	0.127	m <sup>3</sup>

Fuente: propia (2024)

Se considera una cantidad mínima de volumen de aire atrapado para que se pueda cumplir la referencia del peso de los agregados.

- iv. Presentación de volúmenes para 1 m<sup>3</sup>

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60"

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabbri

Tabla 58: Dosificación en volumen para 1 m<sup>3</sup> de concreto

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	0.13	m3
Agregado Fino	0.26	m3
Agregado Grueso	0.39	m3
Agua	0.22	m3
Aire	0.01	m3
TOTAL	1.000	m3

Fuente: propia (2024)

Se aprecia finalmente un volumen de 1% de aire cuando hacemos la proporción para 1 m<sup>3</sup> de concreto.

A continuación, la presentación de la dosificación en estado seco.

Tabla 59: Dosificación en Estado Seco

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	393.70	kg
Agregado Fino	690.56	kg
Agregado Grueso	1004.68	kg
Agua	216.54	l
Aire	1	%

Fuente: propia (2024)

### **Paso 3. Ajuste por humedad de los agregados**

Luego, se procede a realizar los ajustes de agregados y agua por factores de humedad. Este procedimiento es análogo para todos los métodos, así que se muestra únicamente los resultados a continuación.

Tabla 60: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.55</b>	
Cemento	394	kg
Agregado Fino	713.8	kg
Agregado Grueso	1012.2	kg
Agua	207	l
Aire	1	%

Fuente: propia (2024)

Análogamente se realiza el diseño para el caso de relación a/c=0.60. A continuación se muestran los resultados.

Tabla 61: Ajuste de dosificación con corrección por humedad de los agregados -EBCS (a/c=0.60)

<b>Materiales</b>	<b>a/c=0.60</b>	
Cemento	350	kg
Agregado Fino	737.7	kg
Agregado Grueso	1046.2	kg
Agua	200	l
Aire	1	%

Fuente: propia (2024)

## V. ENSAYOS

### 5.1 Propiedades del concreto en estado Fresco

#### 5.1.1 Trabajabilidad (NTP 330.035)

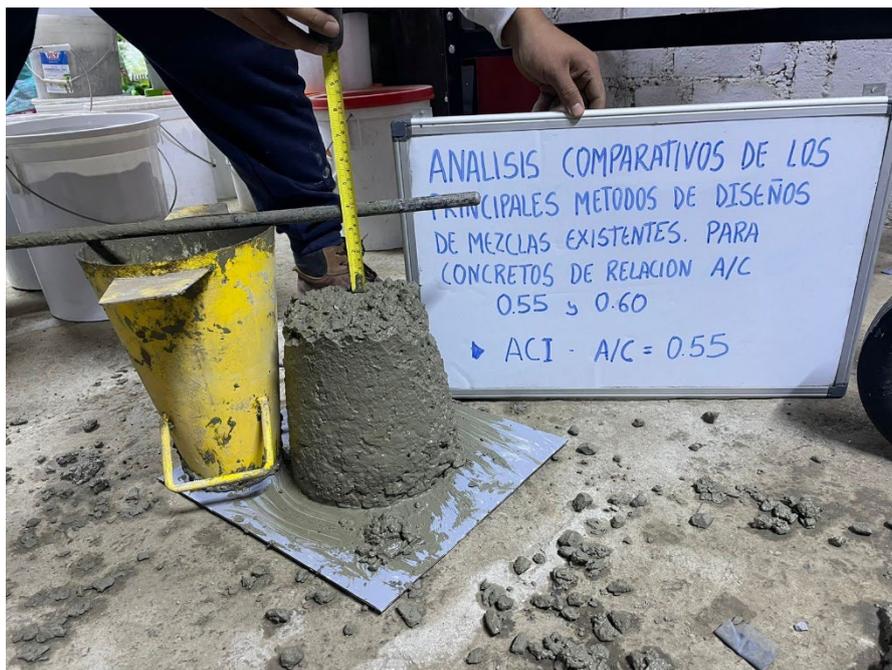
La trabajabilidad es la propiedad inherente del concreto que facilita su colocación, independientemente del sistema constructivo utilizado. La prueba relacionada con esta propiedad es el "Método de ensayo para medir el asentamiento del concreto de cemento portland". Es importante considerar que las mezclas con un asentamiento menor a 15 mm pueden no ser suficientemente plásticas, mientras que aquellas con un asentamiento superior a 230 mm pueden carecer de cohesión (Instituto Nacional de Calidad, 2022)

Tabla 62: Procedimientos para el asentamiento

<b>Objetivo:</b> Tiene como finalidad controlar el contenido de agua de la mezcla y con ello la relación a/c	
<b>N°</b>	<b>Procedimiento</b>
<b>1</b>	Remezclar la muestra
<b>2</b>	El llenado del molde debe hacerse en 3 capas de igual volumen en cada capa también deben hacerse 25 varillados para compactar y todo el proceso de llenado deben transcurrir 2.5 min
<b>3</b>	Limpiar el exceso de concreto que este al lado del cono de Abrams. Con el fin de que al momento de levantar dicho cono le mezcla pueda influir y así evitar malos resultados en el asentamiento
<b>4</b>	Finalmente acotar la distancia que hay entre el borde interior de la varilla y el centro del concreto

Fuente: propia (2024)

Figura 10: Medida del asentamiento



Fuente: propia (2024)

### 5.1.2 Ensayo de contenido de aire (NTP 339.081)

Durante el proceso de mezcla del concreto, se introduce un volumen de aire conocido como "aire naturalmente atrapado". La cantidad de este aire depende del diseño de la mezcla, el tamaño de los agregados, el tipo de mezclado y otros factores. Este aire atrapado suele ser perjudicial, ya que, al endurecerse el concreto, genera vacíos que afectan su resistencia. No obstante, en algunos casos, se añade aire al concreto con el objetivo de mejorar su durabilidad en condiciones de cambios bruscos de temperatura. Este aire adicional se introduce mediante aditivos que producen pequeñas burbujas distribuidas uniformemente.

El proceso de colocación del concreto incluye la reducción parcial del aire atrapado mediante métodos mecánicos, como el varillado o el vibrado. Sin embargo, puede quedar algo de aire atrapado, el cual se mide con el "Método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del hormigón fresco" (Instituto Nacional de Calidad, 2017c).

Procedimiento: El equipo utilizado es la olla de Washington, y el procedimiento consiste en llenar la olla con concreto en tres capas. Cada capa se compacta con 25 golpes de una varilla de 5/8 de pulgada y se golpea con un martillo de goma. Luego, la superficie de la muestra se nivela con una placa metálica para colocar la tapa. Se inyecta agua a través de las válvulas laterales de la tapa hasta que dejen de salir burbujas de aire; después, se cierran las válvulas y se bombea aire manualmente. Cuando la aguja

del manómetro alcanza el valor de calibración, se acciona la palanca de aire y se registra el porcentaje de aire atrapado en la mezcla.

Figura 11: Ensayo para la medición de contenido de aire



Fuente: propia (2024)

### 5.1.3 Ensayo de peso unitario (NTP.339.046)

El peso unitario se define como el peso del concreto por unidad de volumen y se calculará de acuerdo con la norma NTP 339.046, utilizando un recipiente metálico con un volumen equivalente a  $1/3$  de un metro cúbico. El procedimiento a seguir implica llenar el recipiente en tres capas con concreto fresco. Entre cada capa, se compacta con una varilla de  $5/8$  de pulgada, aplicando 25 golpes de manera uniforme sobre toda la superficie, asegurándose de que la varilla penetre ligeramente en la capa inferior. Después de compactar, se golpea con un martillo de goma y, finalmente, se nivela la mezcla y se registra el peso.

## 5.2 Propiedades del concreto en estado Endurecido

### 5.2.1 Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034)

Se aplica una fuerza axial a un espécimen de concreto endurecido hasta que falle, registrando la fuerza en el momento de la ruptura, que luego se divide entre el área transversal del espécimen. El área transversal de los cilindros se calcula promediando los diámetros de la parte central de la probeta, tomando dos mediciones; la segunda medición se obtendrá al girar el espécimen 90° sobre su eje. En esta investigación, se utilizaron probetas cilíndricas de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura.

Para el caso de la precisión dentro del ensayo, se tiene:

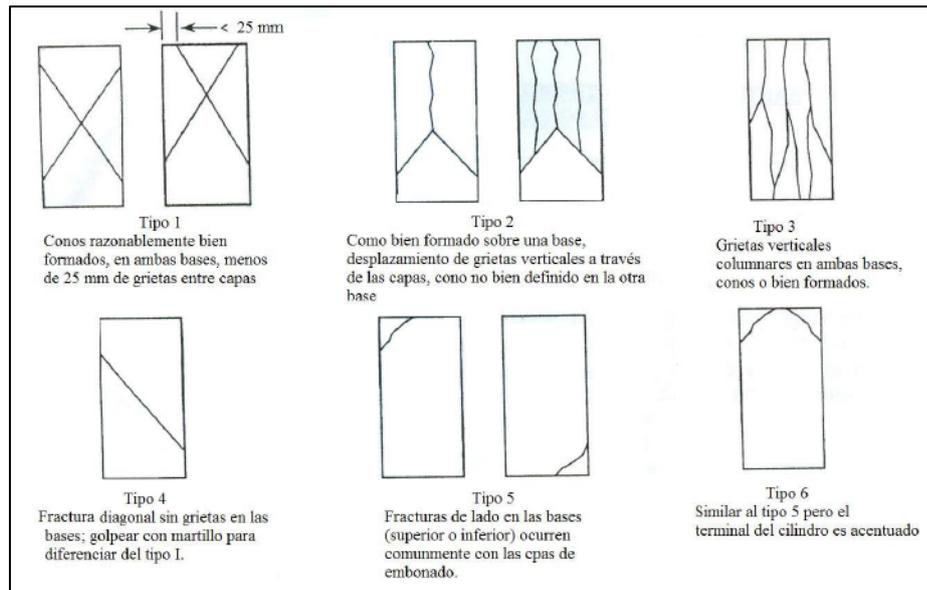
Figura 12: Realización de las probetas



Fuente: propia (2024)

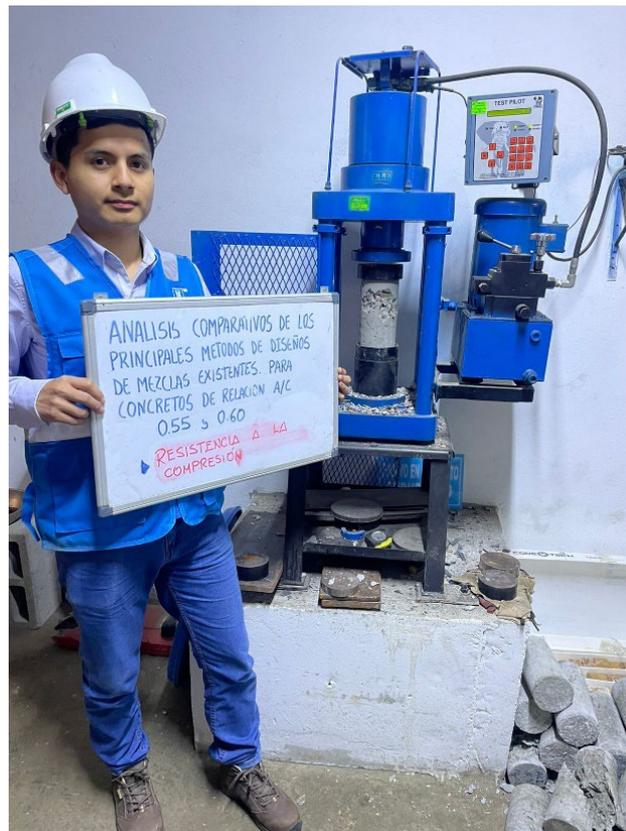
Posteriormente, se le llevo a cabo un curado en condiciones controladas de humedad y temperatura durante unos días. Estas se colocaron en máquinas para la compresión con una carga gradual para determinar el soporte de carga de las probetas. Cabe mencionar que, la resistencia a la compresión se calculo dividiendo la carga máxima aplicada por el área de la sección transversal de la probeta.

Figura 13: Esquema de patrones de fracturas de probetas cilíndricas



Fuente: Instituto Nacional de Calidad, 2021d

Figura 14: Ensayo de resistencia a la compresión



Fuente: propia (2024)

## VI. RESULTADOS OBTENIDOS

### 6.1 Resultados de las dosificaciones del concreto

#### 6.1.1 Descripción de los componentes resultantes de los diseños de mezclas

Una vez obtenidos los resultados de dosificaciones de los 6 métodos de diseño de mezcla estudiados, se procede a realizar un reporte de los componentes principales del concreto respecto de los resultados obtenidos, viendo la variación de estos respecto del método de diseño ACI (de las dosificaciones en estado húmedo).

La demanda de agua para cada método de diseño, como ya vimos, depende de diversos parámetros:

- ACI: depende del slump requerido, granulometría del agregado grueso y el contenido de aire.
- IS: depende del slump requerido y la granulometría del agregado grueso.
- ICPA: depende del proporcionamiento de agregados para el agregado global, asentamiento, contenido de aire y el tipo de proceso que se consideró para obtener los agregados.
- ABCP: depende del slump requerido y la granulometría del agregado grueso.
- JSCE: depende del agregado grueso principalmente.
- EBCS: de la relación a/c, slump y granulometría del agregado grueso.

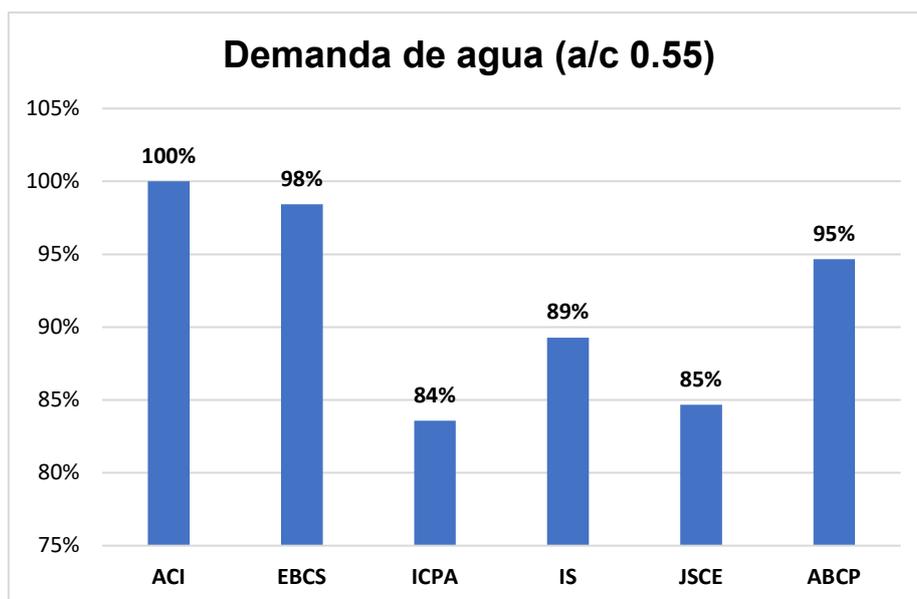
A continuación, se muestra la demanda de agua de todos los métodos para poder realizar la comparación con el método ACI.

Tabla 63: Resumen de los resultados obtenidos de demanda de agua

Demanda de agua (L/m <sup>3</sup> )		
Método	a/c=0.55	a/c=0.60
ACI	211	210
EBCS	207	200
ICPA	176	176
IS	188	188
JSCE	178	180
ABCP	199	199

Fuente: propia (2024)

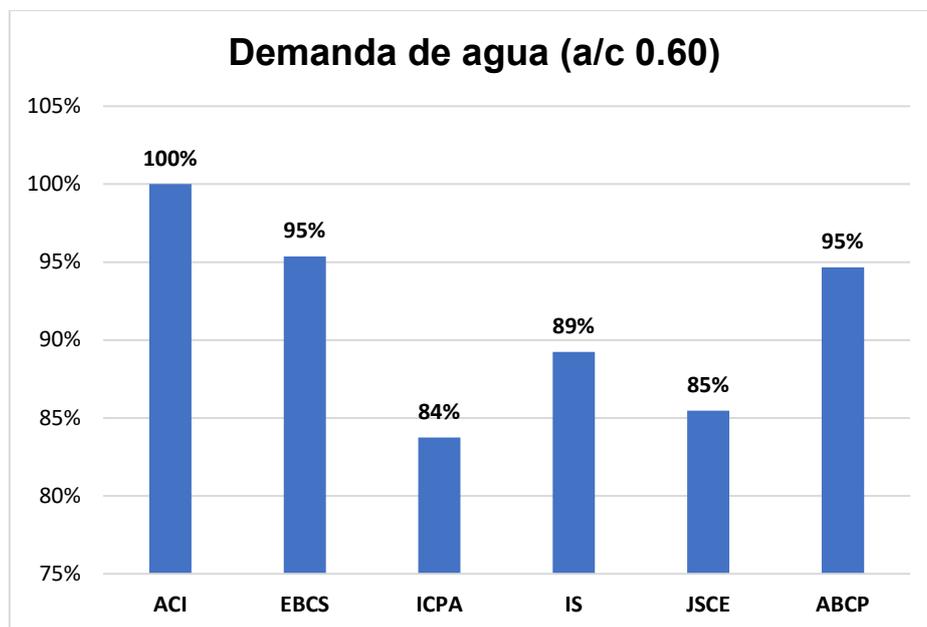
Figura 15: Contenido de Agua respecto del método de diseño ACI- a/c=0.55



Fuente: propia (2024)

Todos los métodos resultan en una menor demanda de agua para este caso de relación a/c, de los cuales el método ICPA es el que menor cantidad de agua demanda, y el método EBCS es el que más se asemeja en proporción al ACI.

Figura 16: Contenido de Agua respecto del método de diseño ACI- a/c=0.60

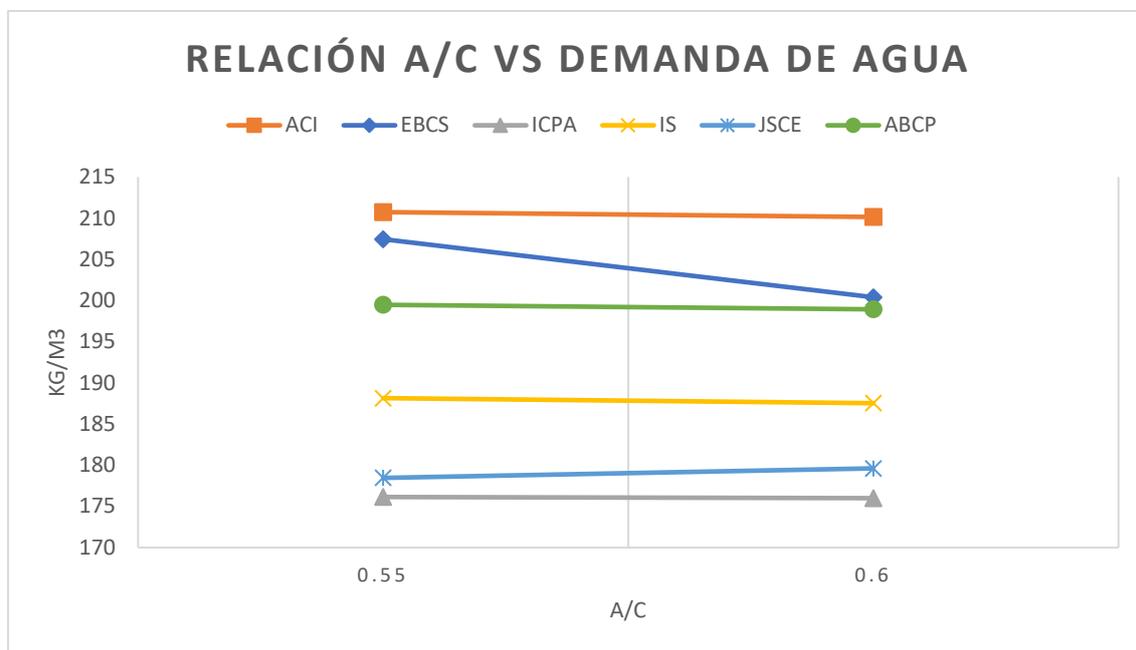


Fuente: propia (2024)

Todos los métodos resultan en una menor demanda de agua para este caso de relación a/c, de los cuales el método ICPA es el que menor cantidad de agua demanda, y el método ABCP es el que más se asemeja en proporción.

Ahora también evaluaremos el comportamiento de la demanda de agua para cada método conforme aumenta la relación a/c.

Figura 17: a/c vs Demanda de agua



Fuente: propia (2024)

Se observa que los métodos ACI, ABCP, IS, EBCS e ICPA tienden a disminuir la demanda de agua conforme aumenta la relación a/c de 0.55 a 0.60. Mientras que para el método JSCE ocurre exactamente lo contrario. Todos los métodos muestran ligeras variaciones, el caso más llamativo es del método EBCS que disminuyó 7kg/m<sup>3</sup> su demanda de agua. Estos valores de demanda de agua son resultado de la incidencia de los agregados y su aporte de humedad a la mezcla para cada caso de diseño.

Si bien es cierto, la cantidad de cemento deviene de la demanda de agua y la relación a/c, observamos varios métodos cuya relación a/c recomendada difiere de los casos de estudio planteados. Así, tenemos las siguientes relaciones a/c recomendadas para cada método:

- ACI: a/c = 0.56
- IS: a/c=0.49
- ICPA: a/c=0.59
- ABCP: a/c= 0.57
- JSCE: a/c= 0.52
- EBCS: no especifica la relación recomendada.

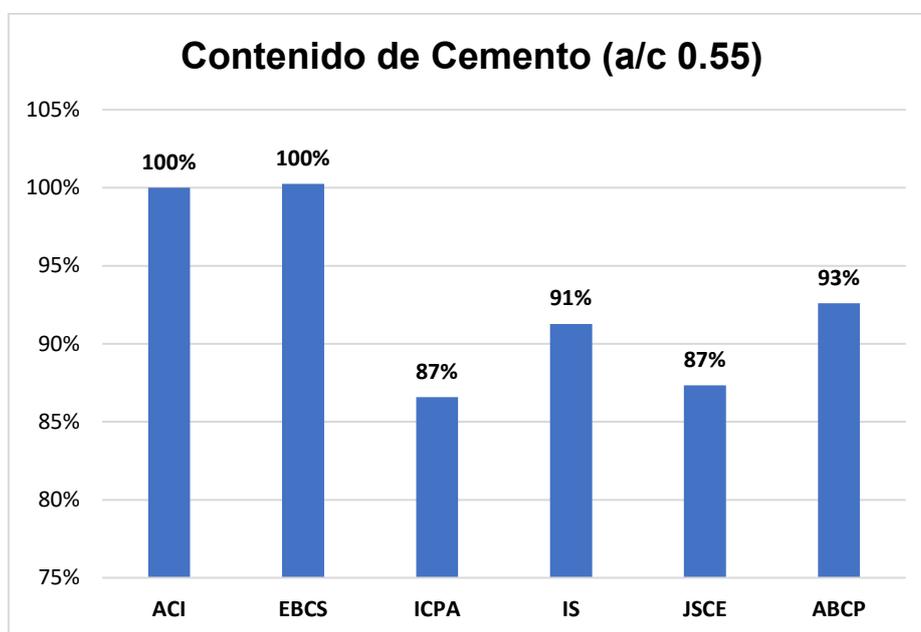
A continuación, se muestra el contenido de cemento de todos los métodos para poder realizar la comparación con el método ACI.

Tabla 64: Resumen de los resultados obtenidos de demanda de agua

Contenido de Cemento (kg/m <sup>3</sup> )		
Método	a/c=0.55	a/c=0.60
ACI	393	360
EBCS	394	350
ICPA	340	312
IS	358	329
JSCE	343	317
ABCP	364	333

Fuente: propia (2024)

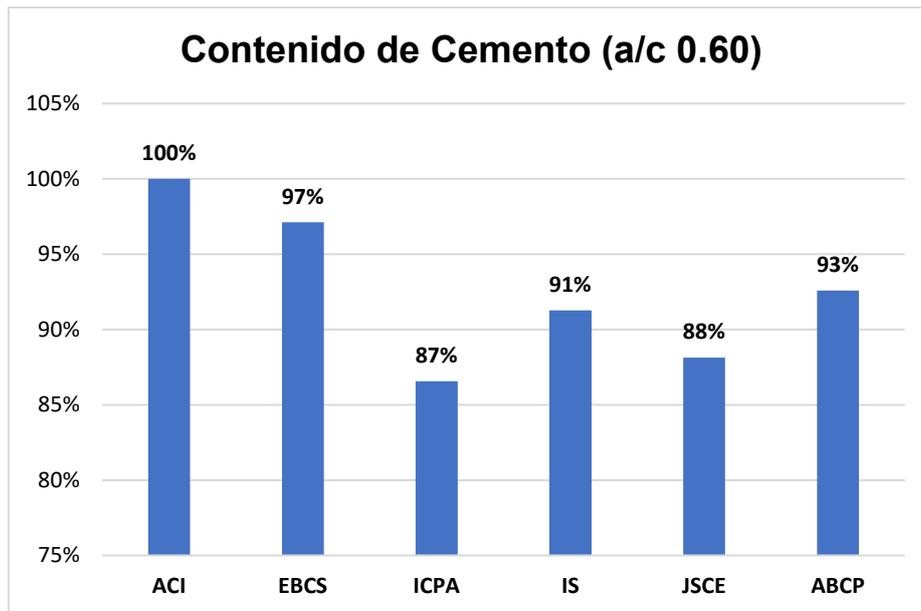
Figura 18: Contenido de cemento respecto del método de diseño ACI- a/c=0.55



Fuente: propia (2024)

Todos los métodos resultan en una menor demanda de cemento para este caso de relación a/c, a excepción del EBCS, de los cuales el método JSCE e ICPA son los que menor cantidad de cemento demandan (87%), y el método ABCP es el que más se asemeja en proporción (95%).

Figura 19: Contenido de cemento respecto del método de diseño ACI- a/c=0.60

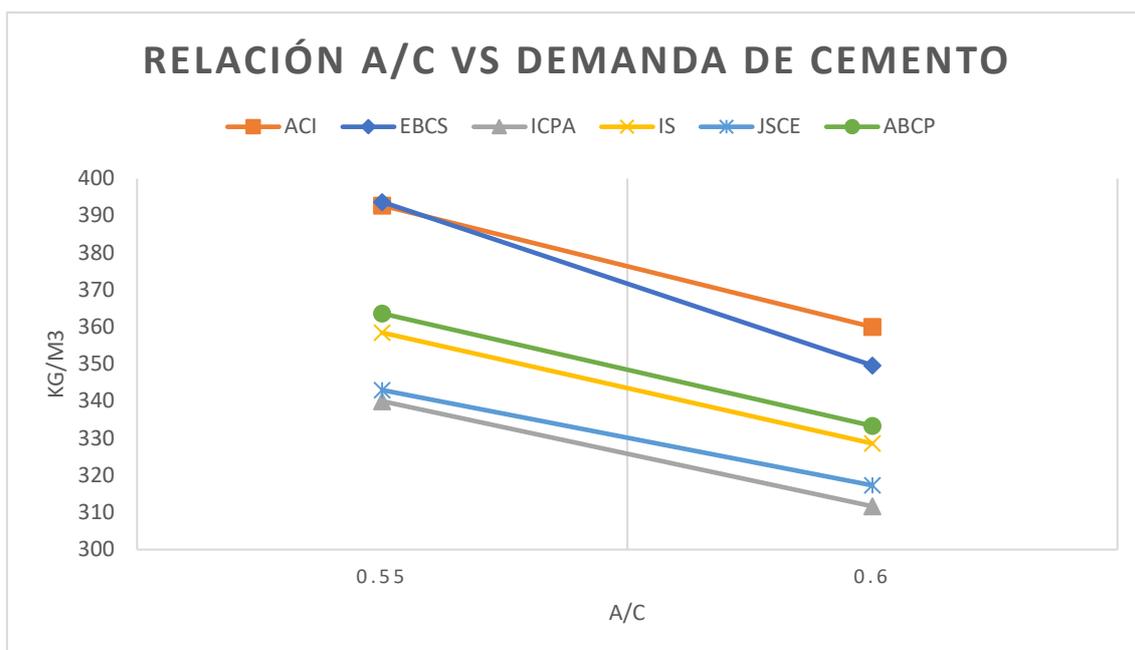


Fuente: propia (2024)

Todos los métodos resultan en una menor demanda de cemento para este caso de relación a/c, de los cuales el método ICPA es el que menor cantidad de cemento demanda, y el método EBCS es el que más se asemeja en proporción.

Ahora también evaluaremos el comportamiento de la demanda de cemento para cada método conforme aumenta la relación a/c.

Figura 20: a/c vs Demanda de Cemento



Fuente: propia (2024)

Todos los métodos presentan una tendencia a disminuir la cantidad de cemento conforme aumenta la relación a/c. Esta conclusión es comprensible pues este cálculo es una división simple de la cantidad inicial de agua y la relación a/c, y, para la mayoría de los casos la demanda de agua inicial es la misma.

Respecto del agregado fino, existen dos formas principales para su cálculo basados en lo revisado para cada método. Uno de ellos es la diferencia de volumen total y los volúmenes de agregado grueso, cemento, agua y aire. En segundo lugar, tenemos la forma mediante el cual se le asigna un porcentaje a cada agregado en función de la granulometría.

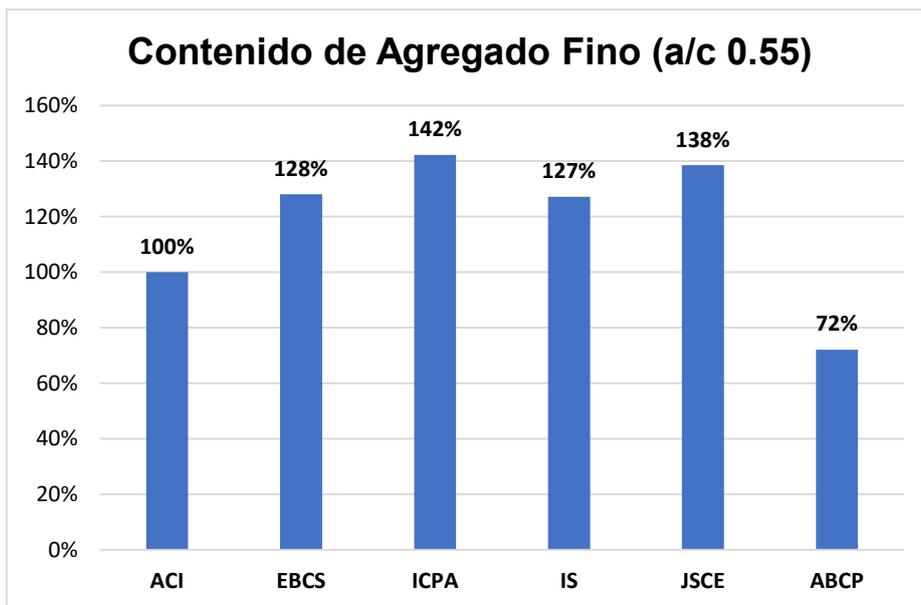
A continuación, se muestra el contenido de agregado fino de todos los métodos para poder realizar la comparación con el método ACI.

Tabla 65: Resumen de los resultados obtenidos de demanda de agua

Contenido de Agregado Fino (kg/m3)		
Método	a/c=0.55	a/c=0.60
ACI	557	586
EBCS	714	738
ICPA	793	803
IS	709	737
JSCE	772	798
ABCP	402	429

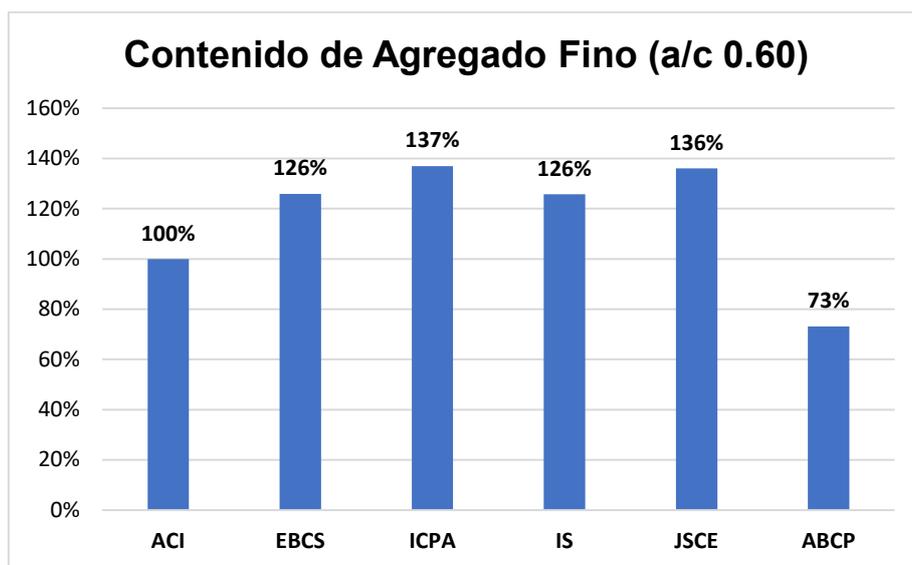
Fuente: propia (2024)

Figura 21: Contenido de Agregado Fino respecto del método de diseño ACI- a/c=0.55



Fuente: propia (2024)

Figura 22: Contenido de Agregado Fino respecto del método de diseño ACI- a/c=0.60



Fuente: propia (2024)

A continuación, se muestra el contenido de agregado grueso de todos los métodos para poder realizar la comparación con el método ACI.

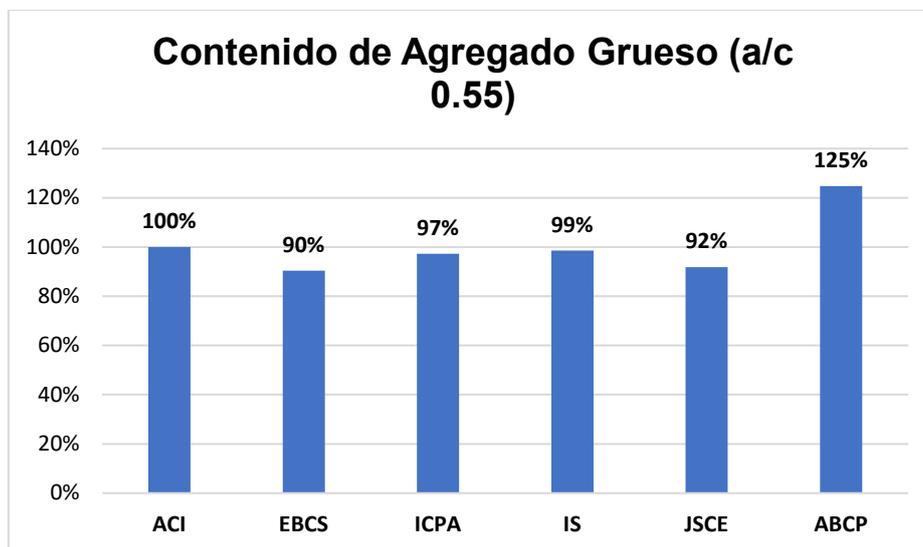
Tabla 66: Resumen de los resultados obtenidos de demanda de agua

Contenido de Agregado Grueso (kg/m <sup>3</sup> )		
Método	a/c=0.55	a/c=0.60
ACI	1120	1120
EBCS	1012	1046

ICPA	1089	1103
IS	1103	1101
JSCE	1029	1020
ABCP	1397	1397

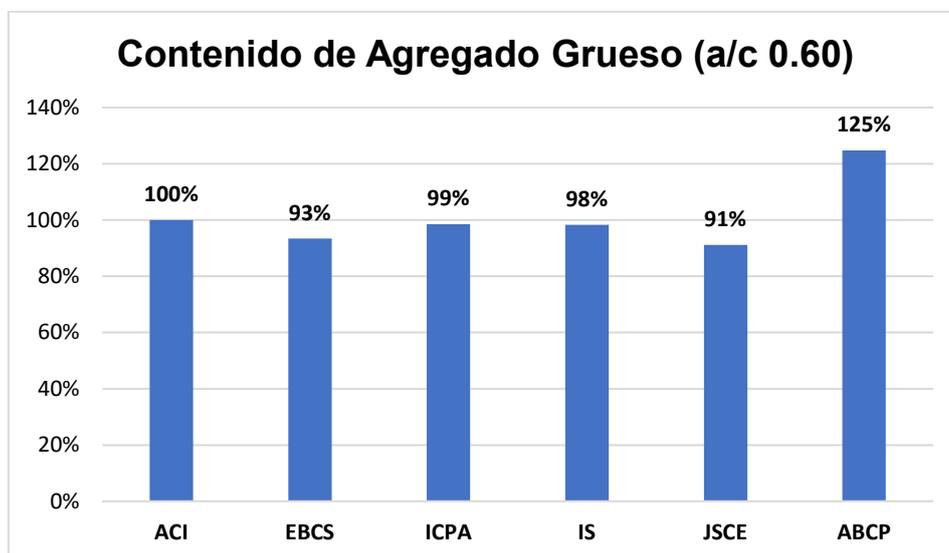
Fuente: propia (2024)

Figura 23: Contenido de Agregado Grueso respecto del método de diseño ACI-  $a/c=0.55$



Fuente: propia (2024)

Figura 24: Contenido de Agregado Grueso respecto del método de diseño ACI-  $a/c=0.60$



Fuente: propia (2024)

El agregado grueso también mostró tener dos principales métodos para su estimación, uno de ellos, similar al del agregado fino, mediante la asignación de porcentajes en función de la granulometría. El otro método le asigna una proporción en función del módulo de finura del agregado fino y la granulometría del agregado grueso

### 6.1.2 Precios resultantes de la dosificación

Para realizar las estimaciones de costo de producción por m<sup>3</sup> de concreto para cada método se tuvieron en cuenta los siguientes precios para los materiales:

- Cemento, bolsa de 42.5 kg: S/ 28.00
- Agregado fino, 1 m<sup>3</sup>: S/ 45.00
- Agregado grueso, 1 m<sup>3</sup>: S/ 50.00
- Agua (referencial), 1 m<sup>3</sup>: S/ 3.00

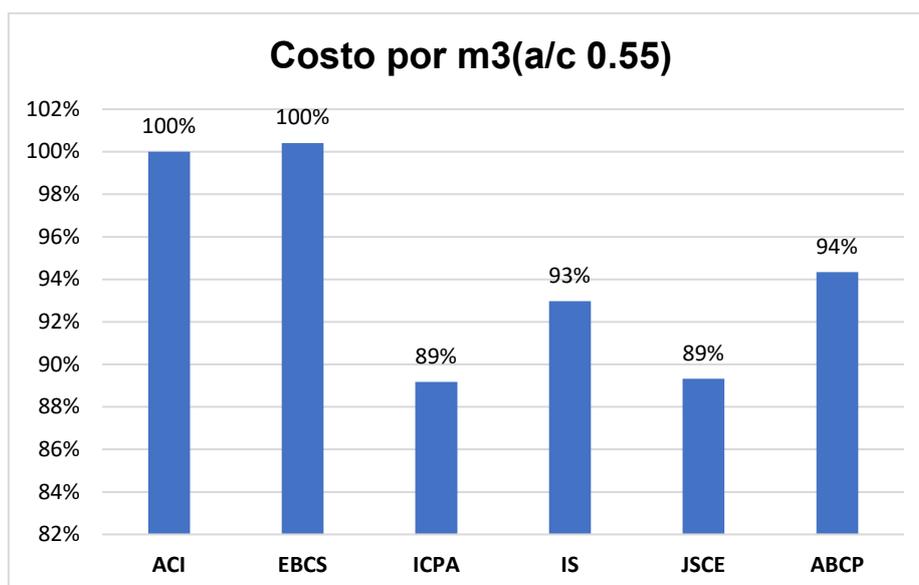
Fueron con estos datos y los pesos específicos ya antes desarrollados que se pudo calcular los precios unitarios de los materiales de cada dosificación resultante.

Tabla 67: Resumen de los costos estimados de los materiales necesarios para cada método de diseño de mezcla

Producción por m3 (S/.)		
Método	a/c=0.55	a/c=0.60
ACI	S/ 290.5	S/ 269.4
EBCS	S/ 291.7	S/ 263.7
ICPA	S/ 259.1	S/ 240.8
IS	S/ 270.1	S/ 250.9
JSCE	S/ 259.5	S/ 242.9
ABCP	S/ 274.1	S/ 254.5

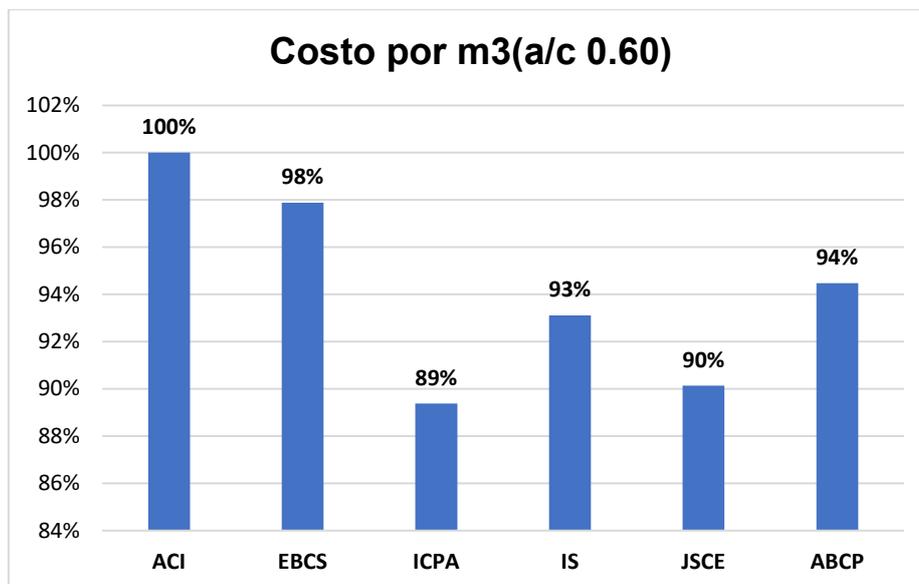
Fuente: propia (2024)

Figura 25: Costo total de los materiales para la producción de 1m3 de concreto respecto del método de diseño ACI- a/c=0.55



Fuente: propia (2024)

Figura 26: Costo total de los materiales para la producción de 1m<sup>3</sup> de concreto respecto del método de diseño ACI- a/c=0.60



Fuente: propia (2024)

El método de Argentina y Japón son los que se encuentran 11% por debajo del presupuesto del ACI, y en general los demás se encuentran por debajo del precio de este último. Salvo el método EBCS todos mostraron tener un mejor rendimiento en ambos casos de estudio. Estos resultados son alentadores pues demuestran que sus enfoques de desarrollo ya son mejores en el factor económico que el método tradicional de nuestro país.

## 6.2 Resultados de los ensayos en del concreto en estado fresco

### 6.2.1 Resultados del peso unitario

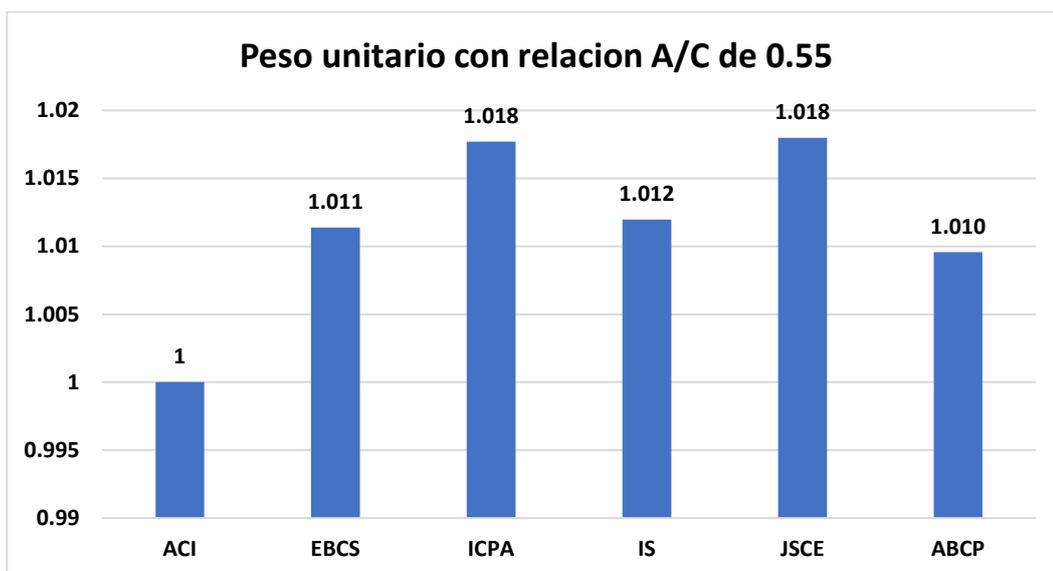
Se midió el peso unitario del concreto en estado fresco obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 68: Resultados de peso unitario para relación a/c=0.55

Método	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )
ACI	2372.7
EBCS	2399.7
ICPA	2414.7
IS	2401.1
JSCE	2415.4
ABCP	2395.4

Fuente: propia (2024)

Figura 27: Peso unitario con relación A/C = 0.55



Fuente: propia (2024)

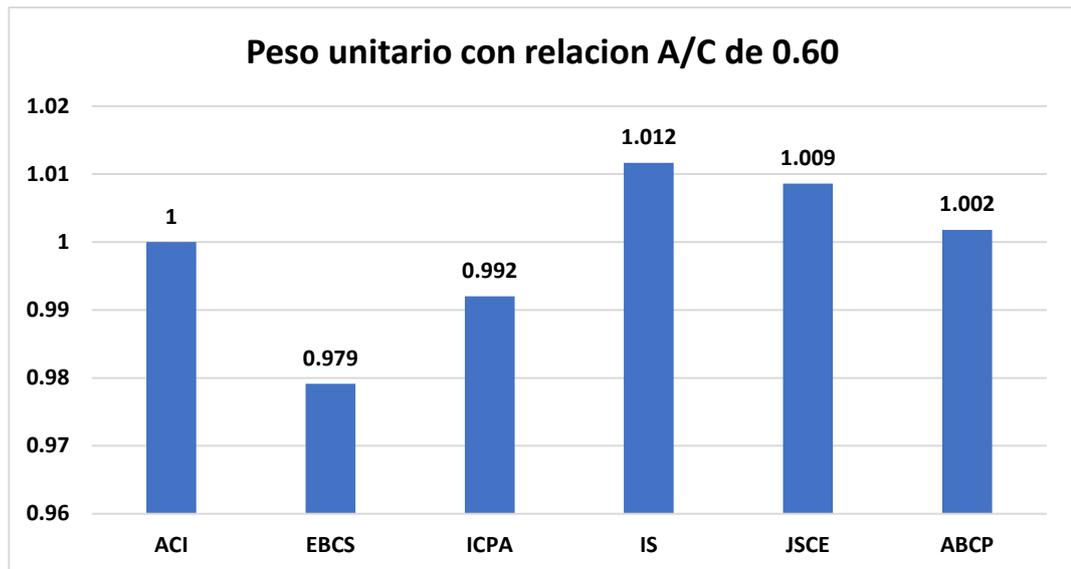
Para este caso de relación a/c, todos son superiores al método ACI, se determinó que el método de JSCE e ICPA mostraron un peso unitario mayor de 100.018% en comparación con el método ACI.

Tabla 69: Resultados de peso unitario para relación a/c=0.60

Metodo	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )
ACI	2386.9
EBSC	2369.8
ICPA	2395.4
IS	2414.7
JSCE	2420.3
ABCP	2399.7

Fuente: propia (2024)

Figura 28: Peso unitario con relación A/C de 0.60

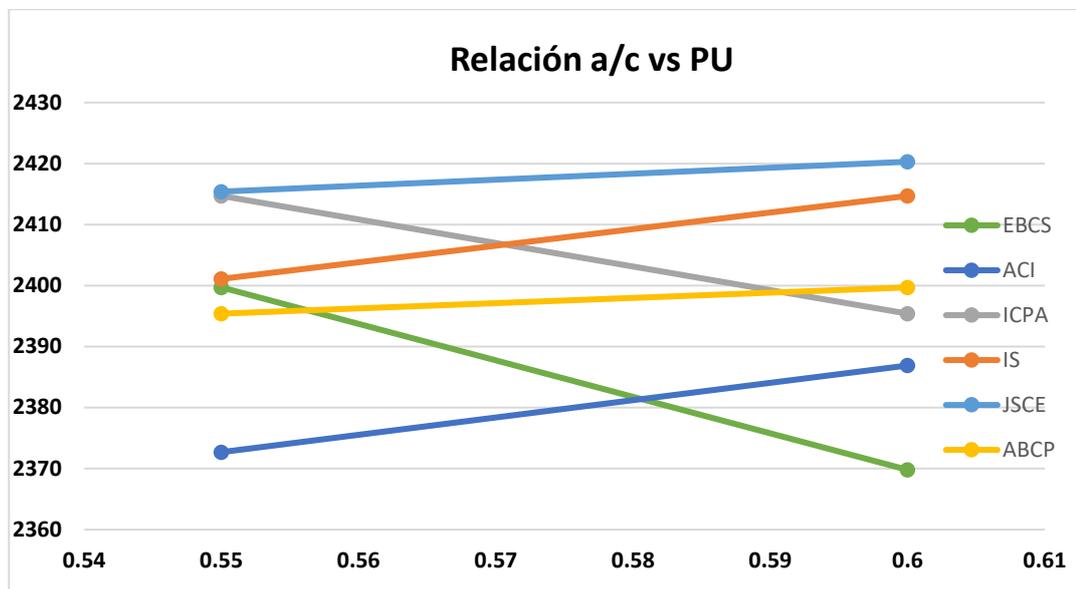


Fuente: propia (2024)

Observamos que los métodos ICPA y EBCS son los que se encuentran por debajo del ACI. Asimismo, el método IS fue el que mayor peso unitario obtuvo con índice de 100,012% en comparación con el método ACI en una relación a/c de 0.60.

Se nota que el Peso Unitario se comporta de manera distinta cuando variamos la relación a/c, como se muestra a continuación:

Figura 29: Relación a/c y Peso Unitario



Fuente: propia (2024)

De aquí se nota que los métodos ACI, IS, ABCP y JSCE tienden a aumentar el peso unitario cuando aumenta la relación a/c, es decir, cuando el concreto requiere más agua en su diseño. Ocurre lo contrario con los métodos ICPA y EBCS.

## 6.2.2 Resultados de asentamiento

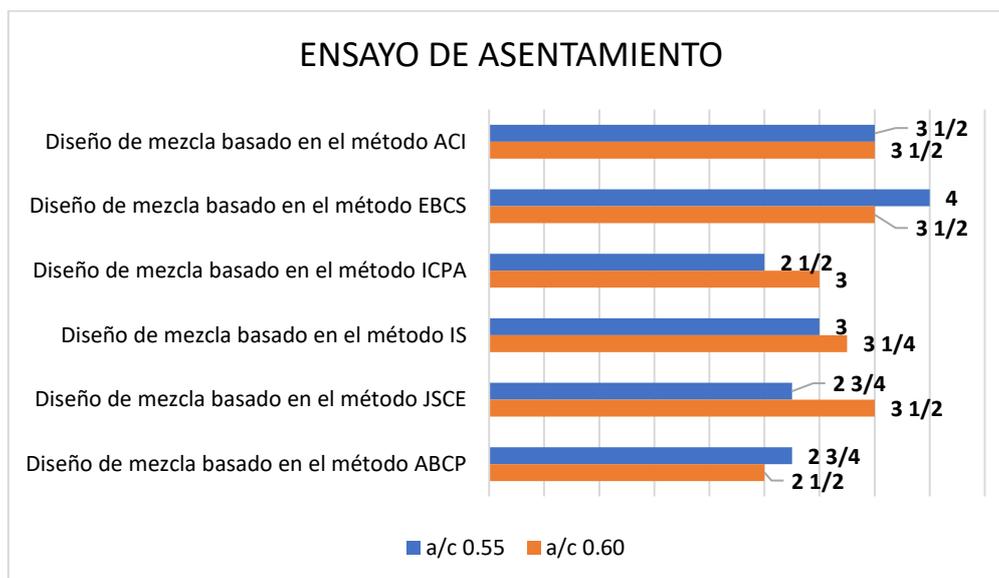
Los métodos de diseño ACI, ABCP, ICPA, EBCS sugieren trabajar con 4" de slump. De estos, el último diseño tiene en gran consideración el asentamiento, pues de ello depende la proporción de materiales. Por otro lado, el método IS y JSCE consideran en su diseño asentamientos iniciales de 2", y en base a este es que se van realizando ajustes para que se pueda obtener 4".

Tabla 70: Ensayo de asentamiento

DISEÑO DE MEZCLA	ASENTAMIENTO (pulg)	
	a/c 0.55	a/c 0.60
Diseño de mezcla basado en el método EBCS	4	3 1/2
Diseño de mezcla basado en el método ACI	3 1/2	3 1/2
Diseño de mezcla basado en el método ICPA	2 1/2	3
Diseño de mezcla basado en el método IS	3	3 1/4
Diseño de mezcla basado en el método JSCE	2 3/4	3 1/2
Diseño de mezcla basado en el método ABCP	2 3/4	2 1/2

Fuente: propia (2024)

Figura 30: Resultados de asentamiento



Fuente: propia (2024)

Observamos que el método EBCS logró el objetivo de asentamiento, lo cual es coherente con el método de diseño, pues este tiene como parámetro primordial para la proporción de materiales, el asentamiento requerido. El método ABCP es el que más bajos valores obtuvo, esto podría relacionarse directamente con que es el método que más cantidad de agregado grueso requiere. Los métodos restantes se encuentran entre

1/2"-1" por debajo del objetivo, es decir, sus diseños también aseguran en cierta forma lo deseado.

### 6.2.3 Resultados del ensayo de contenido de aire

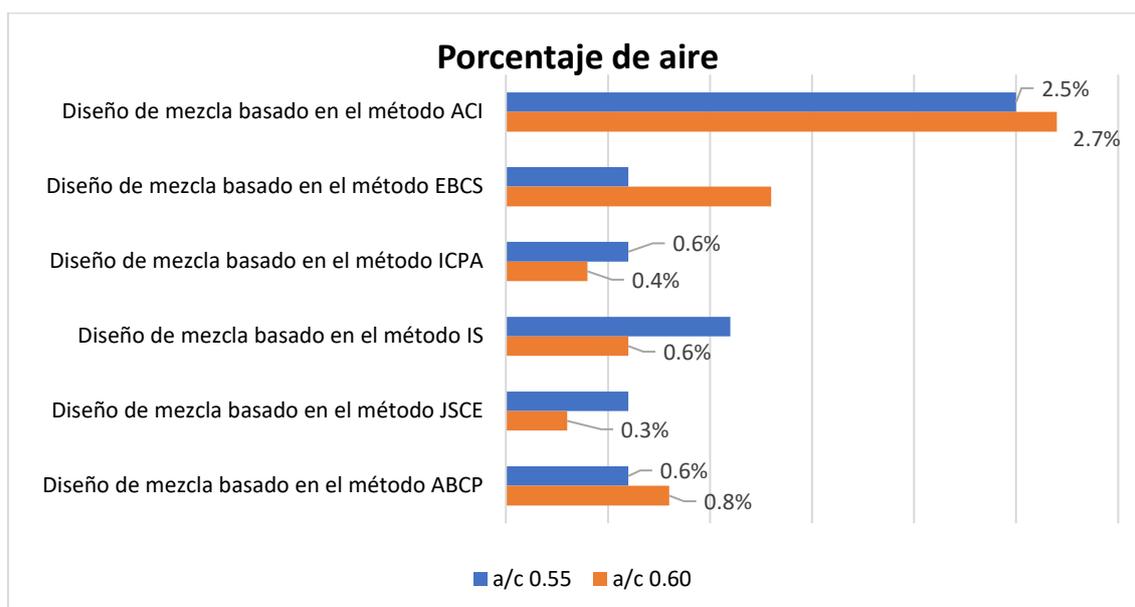
Respecto al contenido de aire, de los métodos en cuestión tenemos que el ACI, IS y JSCE son los métodos que indican el porcentaje de aire que se requeriría para la mezcla aun cuando el concreto no estará expuesto a condiciones especiales. De los métodos restantes, para el método EBCS consideramos un porcentaje de contenido de aire en su diseño pues con las proporciones brindadas no se lograba cumplir al 100% el total de m<sup>3</sup> de diseño. Los dos últimos métodos, ABCP e ICPA no sugieren porcentajes de contenido de aire para condiciones normales de exposición al medio ambiente.

Tabla 71: Relación agua – cemento y porcentaje de aire en la mezcla

DISEÑO DE MEZCLA	% de aire en la mezcla	
	a/c = 0.55	a/c = 0.60
Diseño de mezcla basado en el método ACI	2.5%	2.7%
Diseño de mezcla basado en el método IS	1.1%	0.6%
Diseño de mezcla basado en el método ICPA	0.6%	0.4%
Diseño de mezcla basado en el método EBCS	0.6%	1.3%
Diseño de mezcla basado en el método ABCP	0.6%	0.8%
Diseño de mezcla basado en el método JSCE	0.6%	0.3%

Fuente: propia (2024)

Figura 31: Porcentaje de contenido de aire en la mezcla



Fuente: propia (2024)

Los métodos ABCP e ICPA no consideran porcentaje de contenido aire en su método de diseño de mezcla, y resultaron valores menores al 1%. El método JSCE sugirió 2.5% de contenido de aire, sin embargo, es el método que menos logró el objetivo. El método EBCS sugería porcentajes de 2% y 1% para las relaciones a/c de 0.55 y 0.60, respectivamente, y sus resultados de 1.30%, 0.60% reflejan que estuvieron próximos a conseguir el porcentaje teórico del diseño. El método IS tuvo como contenido de aire teórico 1%, con la relación a/c=0.55 consiguió un 0.60%, por debajo, sin embargo, con la relación a/c=0.60 obtuvo 1.1%. Finalmente, el método ACI fue el que logró con éxito su objetivo de contenido de aire: 2.5%.

### 6.3 Resultados del concreto en estado endurecido

#### 6.3.1 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

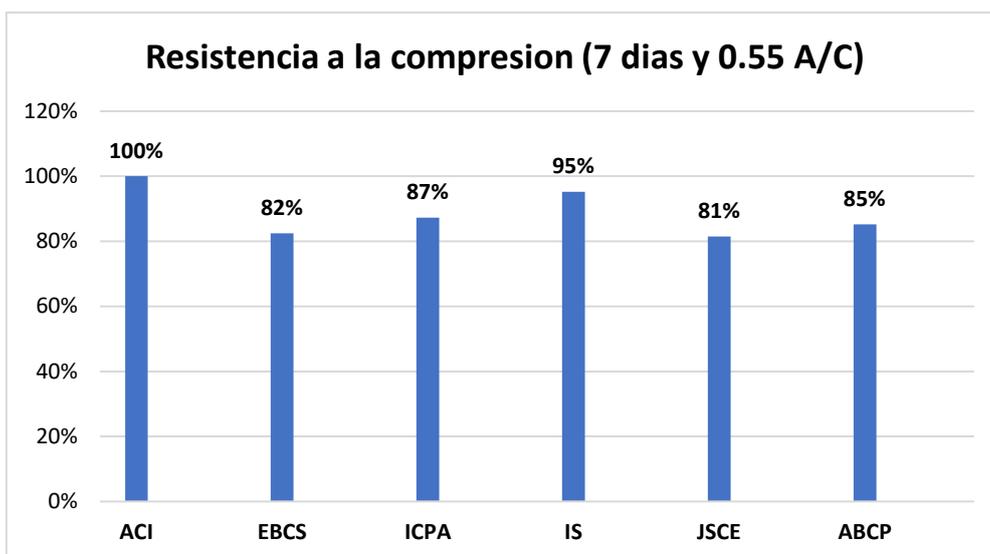
Se realizaron 3 probetas de ensayo a los 7 días, 3 a los 14 días y 9 a los 28 días, esto para cada método y para cada caso de relación a/c de estudio. Teniendo en total 180 probetas de ensayo, a continuación, realizamos la presentación de resultados únicamente con el promedio de estos. Los resultados de las probetas pueden apreciarse en los Anexos.

Tabla 72: Resistencia a la compresión (7 días)

Resistencia a la compresión (7 días)		
Método	Relación A/C	Kg/cm2 promedio
ACI	0.55	291
	0.6	254
EBCS	0.55	240
	0.6	216
ICPA	0.55	254
	0.60	221
IS	0.55	277
	0.60	242
JSCE	0.55	237
	0.60	201
ABCP	0.55	248
	0.60	233

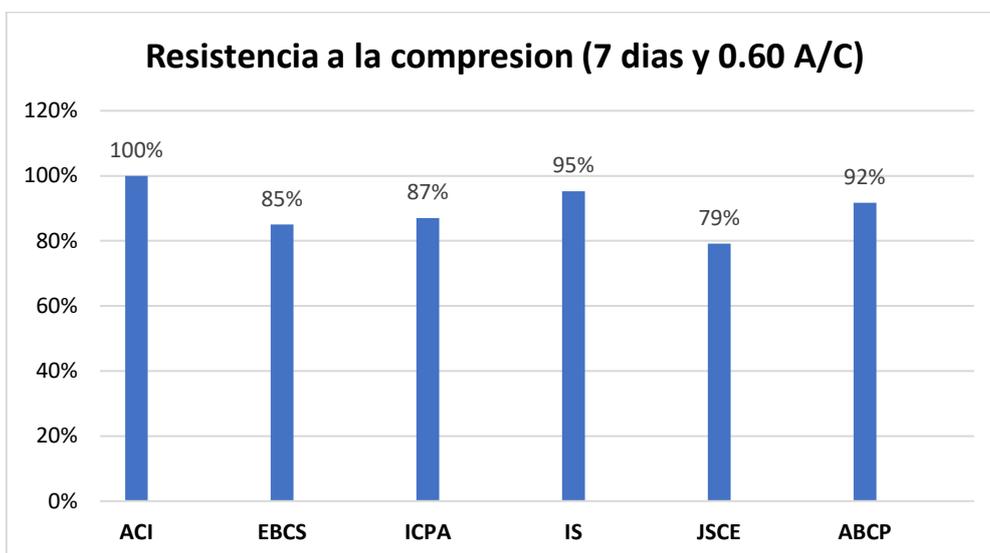
Fuente: propia (2024)

Figura 32: Resistencia a la compresión (7 días y 0.55 A/C)



Fuente: propia (2024)

Figura 33: Resistencia a la compresión (7 días y 0.60 A/C)



Fuente: propia (2024)

En relación con la resistencia a la compresión a los 7 días, edad temprana, todos los métodos lograron alcanzar una resistencia menor a la del ACI, en ambos casos, teniendo las resistencias más bajas los métodos JSCE y EBCS. Es importante resaltar que estos dos métodos son los que parten de una dosificación ya especificada y se van ajustando en base a las especificaciones que uno busca.

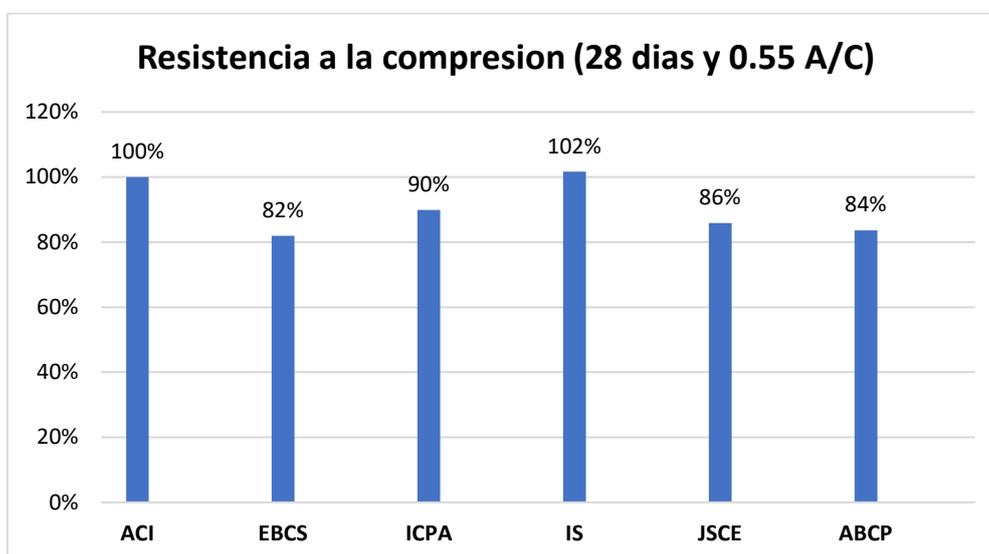
Tabla 73: Resistencia a la compresión (28 días)

Resistencia a la compresión (28 días)		
Método	Relación A/C	Kg/cm2 promedio
ACI	0.55	355

	0.6	314
EBCS	0.55	291
	0.6	265
ICPA	0.55	267
	0.6	256
IS	0.55	334
	0.6	283
JSCE	0.55	256
	0.6	225
ABCP	0.55	285
	0.6	257

Fuente: propia (2024)

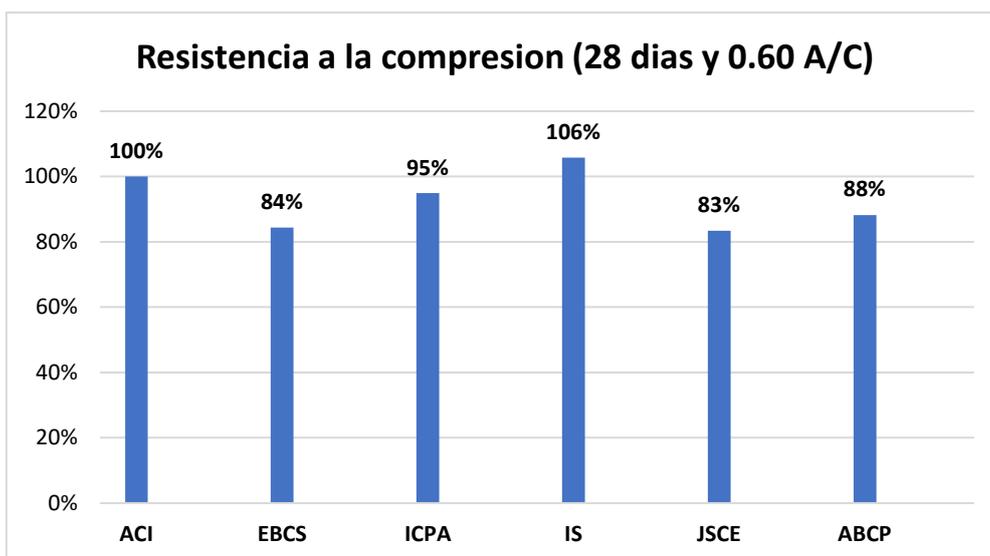
Figura 34: Resistencia a la compresión (28 días y 0.55 A/C)



Fuente: propia (2024)

En este caso, el método IS se mostró superior al método ACI, fue el único que lo superó, aunque por poco, mientras todos los demás se encuentra por debajo de este. Tengamos en cuenta que este método posee proporciones similares en cuanto a agua y cemento con el ACI, sin embargo, presenta mayores proporciones de agregados.

Figura 35: Resistencia a la compresión (28 días y 0.60 A/C)



Fuente: propia (2024)

Se obtuvo la misma observación que para el caso de  $a/c = 0.55$ . Aunque en este caso la diferencia del IS con el ACI fue superior que el anterior. De aquí podríamos notar que los agregados influyeron en gran medida para lograr estos resultados.

### 6.3.2 Evolución de la resistencia a la compresión

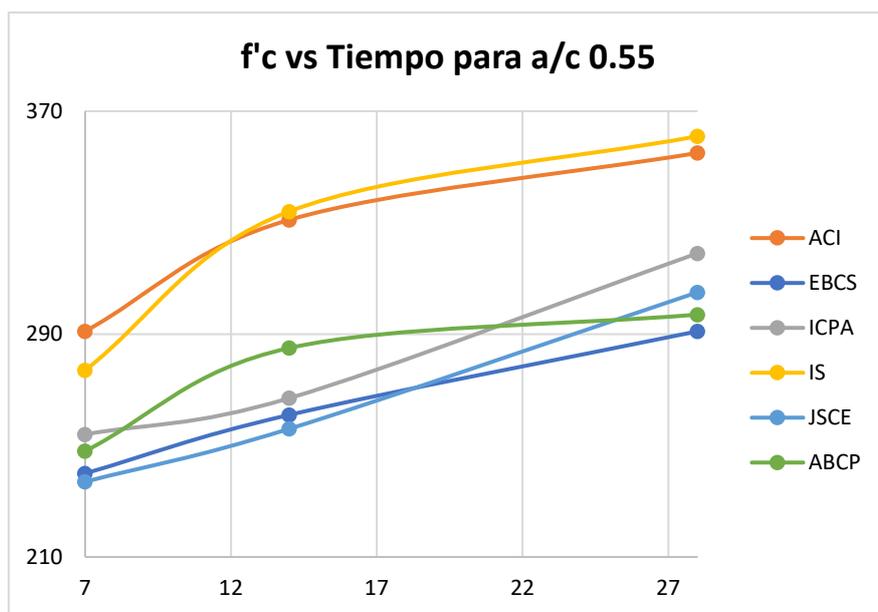
Los siguientes gráficos fueron realizados a partir de los resultados obtenidos (en promedio) del ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 74: Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>) vs Tiempo (7, 14 y 28 días)

Resistencia a la compresión con relación a/c 0.55			
Método/Tiempo (días)	7	14	28
ACI	291	331	355
EBCS	240	261	291
ICPA	254	267	319
IS	277	334	361
JSCE	237	256	305
ABCP	248	285	297

Fuente: propia (2024)

Figura 36: Resistencia a la compresión de los diseños con  $a/c=0.55$



Fuente: propia (2024)

Para este caso de relación a/c se observa que los métodos IS y ACI poseen una curva similar en cuanto a valores obtenidos, mientras que los demás se encuentran por debajo de estas. Sin embargo, todas superaron desde los 7 días la resistencia esperada al final de los 28 días.

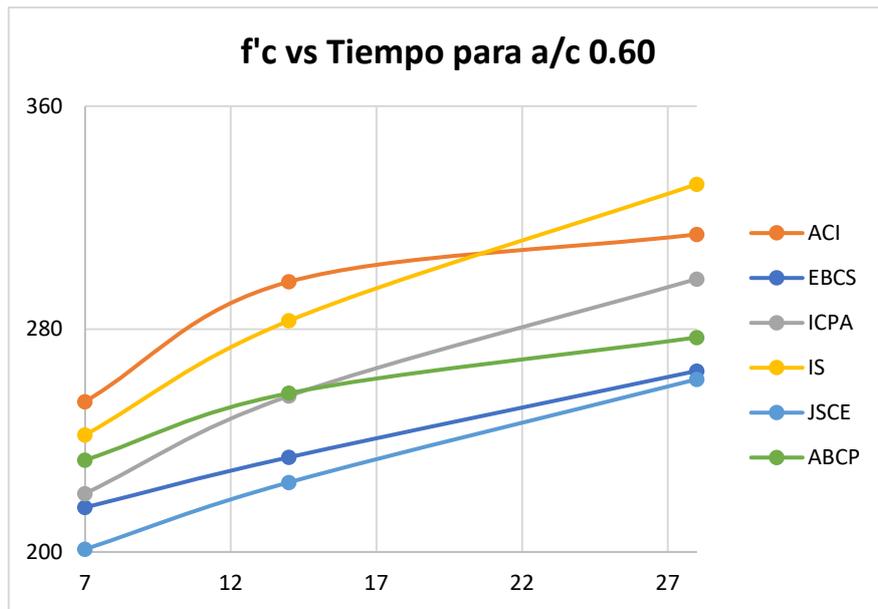
De la misma manera, se procedió a realizar el gráfico de resistencia a la compresión para la relación a/c 0.60.

Tabla 75: Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>) vs Tiempo (7, 14 y 28 días)

Resistencia a la compresión con relación a/c 0.60			
Método/Tiempo (días)	7	14	28
ACI	254	297	314
EBCS	216	234	265
ICPA	221	256	298
IS	242	283	332
JSCE	201	225	262
ABCP	233	257	277

Fuente: propia (2024)

Figura 37: Resistencia a la compresión de los diseños con a/c=0.60



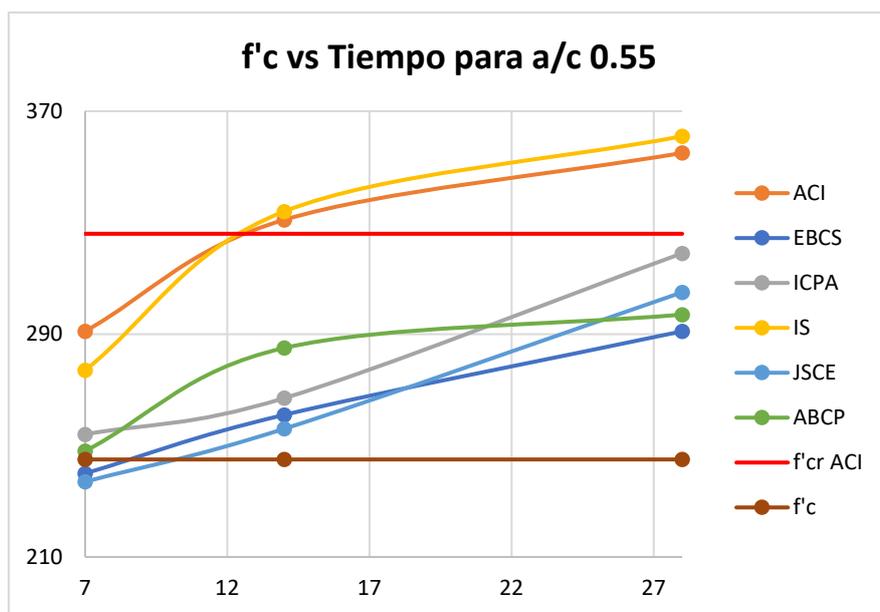
Fuente: propia (2024)

En esta ocasión, el método JSCE no logró el objetivo a los 7 días, pero lo hizo en los siguientes ensayos. El patrón del anterior caso se repite, los métodos ACI e IS muestran relaciones por encima de los demás métodos, aunque esta vez menos pronunciados.

### 6.3.3 Evolución de la resistencia a la compresión vs f'cr

El método ACI sugiere una resistencia f'cr de 326 kg/cm<sup>2</sup>. Los gráficos mostrados a continuación comparan la resistencia obtenida de los métodos con f'cr.

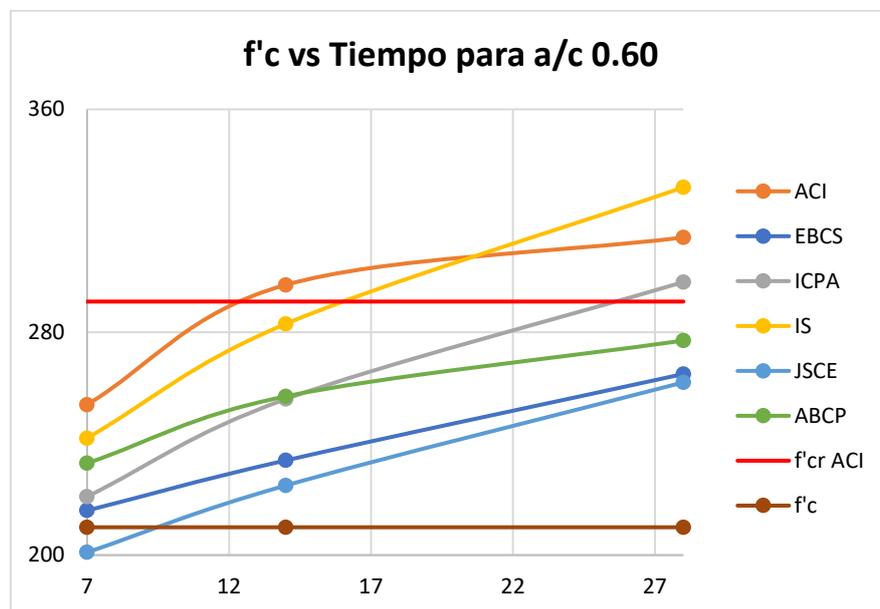
Figura 38: Resistencia a la compresión vs f'cr, a/c=0.55



Fuente: propia (2024)

Para el caso de relación  $a/c=0.55$  observamos que solo dos de los métodos llegaron al  $f'_{cr}$  sugerido del ACI a los 28 días. Justamente el ACI obtuvo esta resistencia a los 14 días.

Figura 39: Resistencia a la compresión vs  $f'_{cr}$ ,  $a/c=0.60$



Fuente: propia (2024)

Este caso de estudio muestra valores más interesantes para los métodos de diseño, pues 3 métodos: ABCP, EBCS y JSCE no lograron llegar al  $f'_{cr}$  de diseño del ACI.

El método ABCP es el que como singularidad tiene una mayor proporción de agregado grueso en su diseño y la menor cantidad de agregado fino respecto del ACI y de todos los métodos. Los métodos EBCS y JSCE son aquellos que parten de una proporción inicial de materiales y en función de cada propiedad objetiva se van realizando ajustes al diseño inicial de referencia.

## VII. DISCUSIÓN Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

### 7.1 Contratación de hipótesis

Se aplicó la prueba de t de student este es una herramienta estadística utilizada para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos, (Hernández y Mendoza, 2018). Asimismo, se consideró una significancia menor a 0.05, es decir una aceptación de error de 5% ante una confianza de 95% de aceptación en los datos. Por tanto, se planteó la siguiente regla de decisión:

#### Regla de decisión:

Valor p (sig.) > a: 0.05, las variables no tienen una diferencia significativa

Valor p (sig.) < a: 0.05, las variables si tienen una diferencia significativa

**H1:** Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran variaciones respecto a la propiedad del concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión.

**H0:** Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 no muestran variaciones respecto a la propiedad del concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión.

Tabla 76: Prueba de t de student para la resistencia a la compresión de los diferentes métodos

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
EBCS	76,923	17	,000	278,222	270,59	285,85
ACI	61,255	17	,000	334,667	323,14	346,19
ICPA	101,174	17	,000	308,333	301,90	314,76
IS	95,160	17	,000	346,556	338,87	354,24
JSCE	53,214	17	,000	283,389	272,15	294,62
ABCP	96,739	17	,000	286,778	280,52	293,03

Fuente: propia (2024)

En la tabla anterior, se obtuvo que en promedio el método IS fue el que tuvo mayor resistencia a la compresión siendo de 346,556 kg/cm<sup>2</sup>, junto con una puntuación T de 95,160 y una significancia de 0,000<0.05. Por tanto, se rechazó la hipótesis nula y

se aceptó la hipótesis alterna, la descripción del procedimiento de diseño varía para los principales métodos de diseño de mezclas existentes (ACI, IS, ICPA, EBCS, ABCP y JSCE)

Por otro lado, se comparó las medias del peso unitario entre los diferentes métodos a través de la prueba de t de student, considerando la siguiente regla de decisión:

**Regla de decisión:**

Valor p (sig.) > a: 0.05, las variables no tienen una diferencia significativa

Valor p (sig.) < a: 0.05, las variables si tienen una diferencia significativa

**H1:** Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran variaciones respecto al peso unitario

**H0:** Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 no muestran variaciones respecto al peso unitario

Tabla 77: Prueba de t de student para el peso unitario

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
PesoACI	403,300	1	,002	20,165000	19,52969	20,80031
PesoIS	428,684	1	,001	20,362500	19,75896	20,96604
PesoICPA	629,000	1	,001	20,442500	20,02955	20,85545
PesoABCP	1623,400	1	,000	20,292500	20,13367	20,45133
PesoJSCE	1167,571	1	,001	20,432500	20,21014	20,65486
PesoEBCS	192,381	1	,003	20,200000	18,86585	21,53415

Fuente: propia (2024)

En la tabla anterior, se obtuvo que en promedio el método ICPA fue el que tuvo mayor peso unitario en su estado fresco siendo de 20,442 kg/cm<sup>3</sup>, junto con una puntuación T de 629,000 y una significancia de 0,001 < 0.05. Por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna, los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran variaciones respecto al peso unitario

Posteriormente, para el asentamiento se tomó en cuenta la prueba de t de student considerando la siguiente regla de decisión:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60”

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabbri

**Regla de decisión:**

Valor  $p$  (sig.)  $>$  a: 0.05, las variables no tienen una diferencia significativa

Valor  $p$  (sig.)  $<$  a: 0.05, las variables si tienen una diferencia significativa

**H1:** Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran variaciones respecto al peso unitario

**H0:** Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran variaciones respecto al peso unitario

Tabla 78: Prueba de t de student para el asentamiento

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Slump EBCS	15,000	1	,042	3,75000	,5734	6,9266
Slump ICPA	11,000	1	,058	2,75000	-,4266	5,9266
Slump IS	25,000	1	,025	3,12500	1,5367	4,7133
Slump JSCE	8,333	1	,076	3,12500	-1,6398	7,8898
Slump ABCP	21,000	1	,030	2,62500	1,0367	4,2133

Fuente: propia (2024)

En la tabla anterior, se obtuvo que en promedio el método EBCS obtuvo mayor promedio en asentamiento siendo de 3,75” junto con una puntuación T de 15,00 y una significancia de  $0,042 < 0.05$ . Por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna, los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran variaciones respecto al peso unitario

Adicionalmente, para el contenido de aire se tomó en cuenta la prueba de t de student considerando la siguiente regla de decisión:

**Regla de decisión:**

Valor  $p$  (sig.)  $>$  a: 0.05, las variables no tienen una diferencia significativa

Valor  $p$  (sig.)  $<$  a: 0.05, las variables si tienen una diferencia significativa

**H1:** Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran variaciones respecto al contenido de aire.

**H0:** Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 no muestran variaciones respecto al contenido de aire.

Tabla 79: Prueba de t de student para el contenido de aire

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
AireACI	26,000	1	,024	2,60000	1,3294	3,8706
AireIS	3,400	1	,182	,85000	-2,3266	4,0266
AireICPA	5,000	1	,126	,50000	-,7706	1,7706
AireEBCS	2,714	1	,225	,95000	-3,4972	5,3972
AireABCP	7,000	1	,090	,70000	-,5706	1,9706
AireJSCE	3,000	1	,205	,45000	-1,4559	2,3559

Fuente: propia (2024)

En la tabla anterior, se obtuvo que en promedio el método ACI obtuvo una mayor cantidad de aire en promedio siendo de 2,60%, mostrando una significancia de  $0,024 < 0,05$ . De tal manera, que se debió rechazar la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna, los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran variaciones respecto al contenido de aire.

## 7.2 Discusión de resultados

En la investigación se obtuvo que, en la resistencia a la compresión, el método IS logró superar al método ACI a los 28 días cuando se utilizó una relación agua–cemento de 0.55, se obtuvo  $361 \text{ kg/cm}^2$  en el IS en comparación con los  $355 \text{ kg/cm}^2$  del ACI. Sin embargo, cuando se aumenta la relación agua–cemento a 0.60, el método IS alcanzó una resistencia promedio de  $332 \text{ kg/cm}^2$ , superando al método ACI. Mientras que, en el estudio de Demissew (2022), el método ACI fue el más eficaz en términos de resistencia, alcanzando un 133.68% en relación con otros métodos como EBCS, DOE y ACI. Sin embargo, Díaz (2023) alcanzó altas resistencias con cantidades de cemento más moderadas, logrando hasta  $224.56 \text{ kg/cm}^2$  y  $304.78 \text{ kg/cm}^2$  para concretos de 210 y  $280 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente con el método ACI.

De la misma manera, Apestegui (2022) demostró la capacidad del método ACI para alcanzar resistencias de 178.04 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 202.25 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días, y 228.44 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Sin embargo, con los métodos Walker y Fuller lograron resistencias a los 28 días de 193.48 kg/cm<sup>2</sup> y 213.40 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, aunque estas resistencias fueron menores que las obtenidas con el método ACI como en los estudios anteriores mencionados, fueron sufrientes para cumplir con las especificaciones de resistencias  $f'c$ .

Por tanto, se planteó que por lo general los métodos IS y ACI son los que ofrecen mayores ventajas en su resistencia a la compresión en comparación con otros métodos, incluso llegan a requerir menos cantidad de cemento en el diseño de mezcla. Asimismo, esto es favorable para la reducción de costos por materiales.

Con respecto al asentamiento, el método EBCS alcanzó el mayor asentamiento con 4 pulgadas en la prueba de asentamiento (asentamiento), mientras que los métodos JSCE y ACI obtuvieron 3 ½ pulgadas, seguidos por los métodos IS y ABCP con 3 ¼ pulgadas y, finalmente, el ICPA con 3 pulgadas. De tal manera que, el método EBCS ofrece una mezcla de concreto más fluida y con mayor trabajabilidad. Estos hallazgos se relacionan con el estudio de Diaz (2023) donde obtuvo entre un rango de 3 a 4" de asentamiento, determinando que a mayor peso volumétrico en el concreto fresco generalmente contribuye a una mayor resistencia a compresión.

Por tanto, cuando el diseño de mezcla mantiene un alto asentamiento permite una mejor distribución del material y una reducción de los vacíos, lo que mejora la densidad y, en última instancia, la resistencia del concreto. Esto es relevante, ya que facilita el trabajo en el sector de la construcción para aplicación en losas delgadas o elementos esbeltos estos pueden ser realizados por el método EBCS.

No obstante, hay que considerar que si supera el rango de asentamiento puede generar problemas de segregación y debilitamiento en la mezcla si no se controla adecuadamente. Por tanto, en proyectos que priorizan la resistencia, es crucial balancear el asentamiento con la densidad adecuada del concreto fresco, ajustando la mezcla para alcanzar un asentamiento suficiente para trabajabilidad sin comprometer la resistencia estructural.

Por último, de acuerdo al contenido de aire, el método ACI presentó el mayor contenido de aire, con un 2.70%, en comparación con otros métodos como EBCS (1.30%), IS (1.10%), ABCP (0.80%), ICPA y JSCE (0.60%). Estos resultados son consistentes con el estudio de Tupac (2021), quien también determinó que el método

ACI produce el mayor contenido de aire (2.53%) en comparación con otros métodos como el Shilstone, que alcanzó un máximo de 1.93%. Aunque, un mayor contenido de aire puede mejorar la durabilidad en ciertos contextos, generalmente se asocia a una reducción de la resistencia a compresión del concreto, ya que el aire incorporado genera vacíos en la mezcla.

Por ello, métodos de diseños como el de ICPA y JSCE que lograron 0.60%, pueden ofrecer concretos más densos y, por lo tanto, potencialmente más resistentes. Así, el contenido de aire debe ser cuidadosamente ajustado para no comprometer la resistencia cuando la durabilidad por exposición no es el principal factor.

De igual manera, la elección del contenido de aire ideal dependerá del contexto del proyecto. El método ACI, con su mayor contenido de aire, podría ser adecuado en regiones con climas fríos o en estructuras expuestas al hielo, ya que el aire mejora la durabilidad al evitar la expansión interna del agua. En climas más templados o en elementos internos, los métodos con menor contenido de aire, como ICPA y JSCE, son más útiles por resistencia

## CONCLUSIONES

Inicialmente, se realizó la descripción de cada uno de los principales métodos de diseño de mezcla existentes, se reconoció que existen grandes diferencias entre estos procedimientos de diseño puesto que hacen uso de diversas fórmulas, tablas y figuras para la determinación de las dosificaciones, las cuales, obedecen a ensayos realizados de cada país de diseño. Estas variaciones en los procedimientos devienen en una variación de los componentes del concreto en estado seco y húmedo, algunas de las cuales, como se observó en la presentación de resultados, fueron muy diferentes respecto del método ACI, que es el que se usa habitualmente en nuestro país. Es así que el método ACI fue el que se tomó como referencia para realizar las comparaciones.

### 1. Respecto de los métodos y dosificaciones obtenidas.

- En principio, el método ACI presenta un enfoque de diseño de mezcla basado en la relación agua/cemento, teniendo como prioridad el cálculo de la demanda de agua y de cemento para realizar la dosificación. Por el contrario, el método ICPA se basa en el principio de máxima compacidad granular, es decir, prioriza la proporción de los agregados para la dosificación. El método IS, es más incisivo que el método ICPA, de modo que tiene un enfoque basado en la priorización de la demanda del agregado fino y su análisis. En esa misma línea que el IS, el método ABCP le da mayor énfasis al contenido de agregado grueso de la mezcla, produciendo concretos mucho más densos debido principalmente a este enfoque.

El método JSCE presenta un enfoque de diseño basado en la trabajabilidad, la relación agua/cemento y las propiedades del agregado fino. Por su lado, el método EBCS brinda una fuerte importancia a la trabajabilidad deseada, lo cual se ve reflejado en los resultados del ensayo de concreto fresco.

- Respecto a la demanda de agua, en el caso  $a/c=0.55$ , es importante destacar que todos los métodos demandan menor cantidad de agua respecto del ACI. De los métodos estudiados, el que más se aleja del ACI es el método ICPA con un 16% menos de demanda respecto del ACI y el que más se asemeja, el ABCP con un 3% por debajo. Al método ABCP, le siguen los métodos IS, EBCS y JSCE, con 11%, 13% y 15% por debajo, en ese orden. En el caso  $a/c 0.60$ , ocurre algo similar al caso anterior, todos muestran menor demanda de agua para el concreto y el que más se asemeja al valor del ACI es el ABCP con un 3% menos,

- seguido, en esta ocasión del EBCS (5% por debajo), IS (11% menos), JSCE (15% menos) e ICPA (16% por debajo), en ese orden.
- En cuanto al contenido de cemento, para el caso  $a/c=0.55$ , se empiezan a notar diferencias más pronunciadas en porcentajes respecto de la demanda de agua. Así, el que más se asemeja al ACI es el método IS con un 9% de demanda por debajo del ACI, seguido del método EBCS (11% menos), ICPA (13% menos), ABCP (16% menos) y JSCE (21% menos). En el caso  $a/c=0.60$ , ocurre que el método EBCS (3% por debajo del ACI) presenta mayor similitud al método ACI, seguido del método ABCP (5% menos), IS (9% por debajo), JSCE (12% por debajo) e ICPA (13% por debajo); notamos que el método ICPA presenta grandes diferencias respecto del ACI, lo cual desembocará seguramente en una menor resistencia a la compresión.
  - Al evaluar el contenido de Agregado Fino, para el caso  $a/c=0.55$ , se observa que todos los métodos muestran mayor porcentaje respecto del ACI, es decir, demandan más kilogramos de este agregado, a excepción del ABCP, el cual representa un caso aislado. Así, el método ICPA muestra mayor cantidad respecto del ACI (42% por encima), seguido del JSCE (38% más), EBCS (33% más), IS (27% más) y ABCP (34% menos). Como se mencionó, el método ABCP representa un caso aislado, pues presenta gran diferencia en este aspecto respecto de todos los demás métodos, por ello se tuvo especial cuidado al momento de la elaboración de dichas probetas. Por otro lado, el hecho de que los métodos sugieran mayor cantidad de finos que el ACI, sugiere que estos presentarán menor cantidad de vacíos al momento de realizar la mezcla, lo cual, es beneficioso sin duda para las propiedades mecánicas. En el caso  $a/c=0.60$ , tenemos algo muy similar al caso anterior, el método ICPA es el que se encuentra en la cima de demanda de agregado fino con un 37% más respecto del ACI, seguido del JSCE (36% más), IS (26% más), EBCS (26% más) y ABCP (30% menos). Destacar, es que, con excepción del ABCP, estos métodos presentan similar cantidad de demanda de finos en sus dosificaciones.
  - Al evaluar el Contenido de Agregado Grueso, en el caso  $a/c=0.55$  se muestran valores muy próximos al ACI, en los métodos IS (1% por debajo), ICPA (3% por debajo), EBCS (6% por debajo) y JSCE (8% por debajo). Por su lado, el método ABCP presenta una gran diferencia, demandando más kg de este agregado, con un 25% más respecto al ACI, representando, al igual que en los finos, un caso aislado. Es importante mencionar que al igual que en la demanda de cemento, el método IS es el más parecido al ACI, la cual es seguramente la principal razón

de que finalmente muestre mejores resultados de resistencia a la compresión. Asimismo, el método JSCE es el que menos demanda de Agregado Grueso posee, y es este factor que determinó seguramente su baja resistencia a la compresión. Para el caso  $a/c=0.60$ , se repite el mismo patrón que el caso anterior, tenemos valores respecto del ACI, los métodos ICPA (1% menos), IS (2% menos), EBCS (6% menos) y JSCE (9% menos). El método ABCP demanda mayor cantidad de agregado grueso con un 125%.

- La tabla de resultados muestra que los métodos con otros enfoques de desarrollo cuentan con precios óptimos en relación al método tradicional ACI. Aunque en porcentajes puedan parecer no muy significativos, teniendo en cuenta el orden de magnitud de concreto usado en los proyectos de construcción este ahorro se ve potenciado finalmente.

Producción por m3 (S/.)				
Método	a/c=0.55		a/c=0.60	
ACI	S/	290.5	S/	269.4
EBCS	S/	263.9	S/	263.7
ICPA	S/	259.1	S/	240.8
IS	S/	270.1	S/	250.9
JSCE	S/	259.5	S/	242.9
ABCP	S/	274.1	S/	254.5

## 2. Respecto de las propiedades físicas del concreto en estado fresco

Se determinaron las variaciones del Peso Unitario respecto del ACI. Para el caso  $a/c=0.55$ , todos los métodos mostraron mayor peso unitario, algunos más que otros, siendo el ICPA (1.5% más) y el JSCE (1.5% más) los que mayor PU registraron, seguidos de IS (1% por encima), ABCP (1% por encima) y EBCS (0.9% por encima). Estos dos métodos con mayor PU deben estos valores a que también son los que presentan la mayor cantidad de agregado en su dosificación, lo cual es justificado pues este agregado hace que se tengan menor cantidad de vacíos en la mezcla. Por otro lado, para  $a/c=0.60$ , tenemos que los valores mostrados respecto del ACI, son: IS (1.2% más), JSCE (0.9% más), ABCP (0.2% más), ICPA (0.8% por debajo) y EBCS (2.1% por debajo).

Los ensayos de asentamiento mostraron valores similares para la mayoría de los diseños. Caso  $a/c=0.55$ , el método EBCS consiguió obtener el slump planteado desde un inicio, 4", lo cual refleja que la trabajabilidad es un parámetro fundamental en este diseño, tal como refleja su método de diseño. Le siguen los métodos ACI (3 ½"), IS (3"), ABCP (2 ¾"), JSCE (2 ¾") e ICPA (2 ½"). Para el caso  $a/c=0.60$ , los métodos que mejor

se acercaron al slump objetivo fueron el ACI (3 ½”), EBCS (3 ½”) y JSCE (3 ½”), seguidos de IS (3 ¼”), ICPA (3”) y ABCP (2 ½”). En ambos casos el método ABCP obtuvo bajos slump en relación al objetivo, y la principal razón es que demandan mayor cantidad de agregado grueso que los demás diseños. Por otra parte, el EBCS y ACI muestran mejor trabajabilidad para ambos casos de estudio, aun cuando sus componentes presentan diversas variaciones porcentuales.

Respecto de los porcentajes de aire en la mezcla, tenemos diversos valores dispersos, esto debido principalmente porque de los 6 métodos de estudio, únicamente 2 presentan lineamientos para la consideración de aire incorporado aun cuando las condiciones de exposición, de curado o de traslado no sean las normales. Específicamente el ACI (2.5% según las tablas de diseño) y el IS (1% según las tablas de diseño) son los métodos que sí presentan dichas tablas para la consideración de aire incorporado en este caso. Así, que para el caso  $a/c=0.55$  se obtuvo que el ACI presenta 2.5% de contenido de aire, seguido del IS (1.1%), ICPA (0.6%), EBCS (0.6%), ABCP (0.6%), JSCE (0.6%). Se resalta que el ACI e IS lograron el contenido de aire que sugería su diseño de mezcla, mientras que el EBCS no lo logró, se encuentra muy por debajo del 2% que se obtuvo en la dosificación. Por otra parte, para el caso  $a/c=0.60$ , los métodos ACI (2.7%), IS (0.6%) y EBCS (1.3%) consiguieron valores muy próximos al teórico del diseño: 2.5%, 1% y 1.3%. Los siguientes valores obtenidos fueron menores que estos, en el siguiente orden: ABCP (0.8%), ICPA (0.4%) y JSCE (0.3%).

### *3. Respecto de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido*

Con relación a la resistencia a la compresión, caso  $a/c=0.55$ , se tiene que, para una temprana edad de 7 días, todos los métodos superaron la resistencia especificada de 245 kg/cm<sup>2</sup>. Y en tanto de los porcentajes de comparación respecto del ACI, el IS presenta un 5% menos respecto del ACI, lo cual ya se venía mencionando en las anteriores conclusiones respecto de elementos como demanda de cemento y de agregado grueso del método. Los métodos que siguen de mayor a menor resistencia son ICPA (13% por debajo), ABCP (15% por debajo), EBCS (18% menos) y JSCE (19% menos). El método JSCE es el que menor resistencia presenta, lo cual se esperaba pues a diferencia de los demás, menor demanda de agregado grueso requiere. Es así que, el cemento y el agregado grueso juegan un papel crucial respecto de esta propiedad mecánica del concreto. Para el caso  $a/c=0.60$ , lo mencionado para el caso anterior es más notorio, el método IS se aleja aún más de los otros métodos y se aproxima al ACI obteniendo un 5% menos respecto de este método. El método JSCE

con un 21% por debajo presenta aún menos resistencia que el ACI. En esta situación también es importante recalcar que sólo el método JSCE no logró superar la resistencia especificada a diferencia de los demás.

Continuando, en el caso  $a/c=0.55$ , se tiene que, para una edad de 28 días, el método IS supera al ACI con un 2% más respecto de este. El método EBCS decae obteniendo un 18% menos y el JSCE muestra un gran aumento llegando a un 14% menos, superando, pero obteniendo un valor similar al del método ABCP (16% menos). El método ICPA es el que queda más próximo por debajo, al ACI con un 10% menos. Estos tres métodos con mayores índices de resistencia a la compresión tienen en común que tienen demandas parecidas de agregado grueso y cantidad de cemento. Para el caso  $a/c=0.60$ , nuevamente el IS supera al ACI, esta vez con un 6% superior. Seguidos del método ICPA con un 5% menos. En seguida se encuentran los métodos ABCP (12% por debajo), EBCS (16% por debajo) y JSCE (17% por debajo). El patrón es similar al caso anterior, y, una vez más las deficiencias en la cantidad de cemento y de agregado grueso del método JSCE agravan su déficit de resistencia a la compresión respecto del ACI.

Posteriormente, se aplicó la prueba de t de student para verificar las variaciones de las propiedades físico-mecánicas del concreto cuando este se prepara con los principales métodos de diseño de mezcla, para relaciones agua cemento 0.55 y 0.60; para todos los análisis se aceptó la hipótesis alterna, que asevera que las propiedades del concreto varían cuando este es preparado con los diversos métodos de diseño de mezcla (ACI, IS, ICPA, EBCS, ABCP y JSCE).

Finalmente, los 5 métodos lograron una mejor eficiencia en cuanto a materiales usados, revisando el costo de producción por metro cúbico. Destaco el método IS que, con su enfoque en la proporción de agregados, y más aún, en el análisis profundo del agregado fino, cumplió con los objetivos del diseño de mezcla, y superó en cuanto a resistencia a la compresión al método tradicional ACI.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda incluir pruebas como resistencia a la abrasión y a la tracción, entre otras, para evaluar cómo se comportan los diferentes diseños de mezcla con otras condiciones de cargas aplicadas a las probetas. Para nuestro caso de estudio nos enfocamos en la resistencia a la compresión, sin embargo, para que estos métodos puedan ser finalmente válidos, deben pasar por todos los ensayos que contempla la Norma Técnica Peruana.

Para el caso de producción de concreto de forma industrial, deberá tenerse especial cuidado al momento de usarse la presente investigación, pues, en la mayoría de los casos, los reglamentos de cada país toman en consideración factores adicionales como el tiempo de transporte, clima, requerimientos especiales de diseño, entre otros.

El método EBCS presentado está a punto de lanzar una actualización en su norma para el 2025, la cual, según su presentación en dicho país, muestra variaciones sustanciales para el diseño; será importante tomarla en consideración cuando se requiera usar esta información como antecedente o seguir con la línea de investigación que deja esta tesis.

Previo al uso del método JSCE, se recomienda realizar ensayos para determinar de mejor manera la curva que relaciona la resistencia con la relación a/c. Este paso es crucial para que nuestra dosificación sea la más adecuada. Cabe resaltar que este método a pesar de tener menores proporciones de componentes respecto del ACI, logró cumplir y superar las propiedades esperadas para el concreto especificado.

En una ampliación de esta tesis, podría ya no fijarse el parámetro de la relación agua/cemento, sino únicamente trabajar con las propiedades esperadas para el concreto según lo requiera algún proyecto en particular. Esto con la finalidad de que los métodos se mantengan fieles a sus procedimientos y evaluar un comportamiento integral de las relaciones y propiedades obtenidas.

Respecto del método ICPA, se menciona que existe una página web de la misma institución que funciona como una dosificadora virtual. Será importante revisar y corroborar sus resultados obtenidos con este diseño, con los arrojados por dicha página, así como lo hizo el autor en su momento.

Finalmente, se recomienda realizar un análisis de costos exhaustivo para cada uno de los métodos de diseño de mezcla presentados según el proyecto de construcción

específico. Esto ayudará identificar el método más económico, tomando en consideración diversos factores cruciales como: transporte, trabajabilidades requeridas, aditivos a considerar, para lograr las propiedades deseadas en el concreto. Será de mucha ayuda ver cómo afectan en el costo el uso de uno u otro diseño de mezcla en cada una de las regiones de nuestro país, dadas las diversas canteras, condiciones climáticas, calidad de agua, entre otros, factores propios de cada una de estas regiones. Asimismo, acompañar la presente investigación con un análisis de precios incurridos realzará la importancia de seguir con este tipo de investigaciones, puesto que nos expanden la cartera de métodos de dosificación al momento de realizar diseños para obtener un concreto óptimo según sea el proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S., y Alghamdi, S. (2014). A Statistical Approach to Optimizing Concrete Mixture Design. *The Scientific World JOURNAL*, 2014, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2014/561539>
- Alghamdi, S. (2022). Classifying High Strength Concrete Mix Design Methods Using Decision Trees. *Materials*, 15(2), 19-50. <https://doi.org/10.3390/ma15051950>
- Almeida, W. (2019). *Análisis comparativo de métodos de diseño de mezclas de un hormigón de alta resistencia conformado por agregados procedentes de la cantera de Pintag*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Alicia. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18189>
- American Concrete Institute. (2014). *ACI 214R-11: Guide to evaluation of strength test results of concrete*. <https://www.concrete.org/tools/codeofficials.aspx>
- American Concrete Institute. (1991). *ACI 211.191: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. <https://www.concrete.org/tools/codeofficials.aspx>
- Apestegui, K. (2022). *Diseño de concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> por los métodos de ACI, WALKER Y FULLER en el Distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Ancash-2022*. [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro]. Alicia. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/9286616>
- Asociación Brasileña de Cemento Portland. (2020). *Dosagem do concreto pelo método ABCP*. <https://abcp.org.br/cimento/aplicacoes-do-cimento/>
- ASTM International. (2001). *ASTM C 136 - 01: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. <https://www.astm.org/standards-and-solutions/bos#standards-by-section>
- Bajaj, K. y Malhotra, S. (2018). A Review Paper of comparison of IS, BS AND ACI methods of concrete mix design. *International Journal for Research Trends and Innovation*, 15(3), 126-133 <https://www.ijrti.org/papers/IJRTI1810022.pdf>
- Bureau of Indian Standards. (2019). *Concrete mix proportioning — Guidelines (Second Revision) (IS 10262:2019)*. <https://civiconcepts.com/wp-content/uploads/2020/11/4.IS-10262-2019-New-Mix-design.pdf>

- Cáceres, F. y Chira, M. (2021). *Evaluación del Mejor Diseño de Mezclas Utilizando Métodos ACI, Fuller y Modulo De Fineza en un Concreto F'C 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Alicia. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/87122>
- Calderón, E. (2015). *Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del río Chanchan a través de los métodos ACI Y O'REILLY*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7847>
- Cámara Peruana de la Construcción CAPECO. (2018). *Construyendo formalidad*. <http://w.capeco.org/iniciativas>
- Chhachhia, A (2021) Concrete Mix Design by IS, ACI and BS Methods: A Comparative Analysis. *Journal Of Building Material Science*, 2(1), 30-33. <https://doi.org/10.30564/jbms.v2i1.2636>
- Coasaca, G. (2018). *Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del concreto utilizando distintos métodos de diseños de mezclas con los materiales típicos de la provincia de Arequipa*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Alicia. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/7730>
- Demissew, A (2022). Comparative Analysis of Selected Concrete Mix Design Methods Based on Cost-Effectiveness. *Advances In Civil Engineering*, 2022(1). <https://doi.org/10.1155/2022/4240774>
- Díaz, R. (2023). *Comparación de la resistencia al diseñar concretos f'c=210 y 280 kg/cm<sup>2</sup> con los métodos ACI, Walker y Módulo de fineza con agregados de la cantera la victoria de la ciudad de Chiclayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Alicia. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5566>
- Ejiogu, I., Mamza, P., Nkeonye, P. y Yaro, A. (2018). Comparative Study of Various Methods for Designing and Proportioning Normal Concrete Mixture. *Pacific Journal of Science and Technology*. 19(1):22-36. [https://www.researchgate.net/publication/329371691\\_Comparative\\_Study\\_of\\_Various\\_Methods\\_for\\_Designing\\_and\\_Proportioning\\_Normal\\_Concrete\\_Mixture](https://www.researchgate.net/publication/329371691_Comparative_Study_of_Various_Methods_for_Designing_and_Proportioning_Normal_Concrete_Mixture)
- García, N., Noriega, C., y Guerrero Gómez, G. (2020). Comportamiento y diseño de ménsulas de concreto reforzado. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 1(35), 26–30. <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i35.38>

- Instituto Brasileño de Normas Técnicas (ABNT). (2015). *NBR 12655:2015: Concreto de cemento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento*. <https://abnt.org.br/normalizacao/sobre-a-normalizacao/>
- Instituto del Cemento Portland. ICPA (2022). *Diseño racional de mezclas de hormigón – método ICPA*. <https://icpa.org.ar/appdisenomezclashormigon/>
- Instituto Nacional de Calidad (2021a). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones (NTP 400.037)*. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales>
- Instituto Nacional de Calidad (2021b). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas (NTP 339.034)*. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales>
- Instituto Nacional de Calidad (2021c). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo (NTP 400.012)*. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales>
- Instituto Nacional de Calidad (2021d). *AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo (NTP 339.185)*. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales>
- Instituto Nacional de Calidad (2021e). *AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo (NTP 400.022)*. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales>
- Instituto Nacional de Calidad (2022a). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos (NTP 339.078)*. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales>
- Instituto Nacional de Calidad (2022b). *CONCRETO. Método del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo (NTP 339.035)*. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales>
- Japan Society of Civil Engineers JSCE. (2007). *Standard Specifications for Concrete Structures 2007 – Materials and Construction*. <https://www.jsce.ir/?lang=en>
- Japan Society of Civil Engineers JSCE. (2010). *Standard specifications for concrete structures – 2007 "Dam Concrete"*. <https://www.jsce.ir/?lang=en>

- Kumar, R., Gupta, S., y Sharma, V. (2021). Optimized design of high-performance concrete using machine learning algorithms. *Construction and Building Materials*, 1(35), 26–30. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124142>
- López, O., y Ordóñez, J. (2001). *Programa para diseño de mezclas de concreto normal DM 1*. D.R. <https://core.ac.uk/download/pdf/83079781.pdf>
- Ostos, J. (2009). *Comparación de Métodos de Diseño de Mezclas de concreto de Baja Consistencia*. [Tesis de pregrado, Universidad Veracruzana]. Alicia. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0fb53bc1-9ff4-4241-8ce1-0c03ce17a834/content>
- Riascos, C. (2022). *Análisis comparativo de la incidencia de los métodos de diseño ACI 211.1 y O'Reilly en la economía de concretos hidráulicos convencionales*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. Alicia. <https://sired.udenar.edu.co/8117/1/2022233.pdf>
- Riquett, A. (2018). *Concretos de alto desempeño: métodos de diseño y su implementación*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Sinaloa]. Repositorio Institucional Universidad de La Costa. <https://hdl.handle.net/11323/293>
- Rodrigues, E. (2020). *Análisis comparativo de las diferentes metodologías de reforzamiento estructural aplicables a edificaciones construidas en concreto reforzado*. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <http://hdl.handle.net/11349/28744>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción SENCICO. (2020). *Manual de preparación de concreto*. <https://infoconstructor.com/manual-de-preparacion-de-concreto-sencico/>
- Solier, A. (2020). *Análisis comparativo de los métodos modelo matemático y ACI 211 para conocer la resistencia del concreto Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Alicia. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/56535>
- Su, N., y Miao, B. (2003). A new method for the mix design of medium strength flowing concrete with low cement content. *Cement And Concrete Composites*, 25(2), 215-222. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00013-6](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00013-6)

Tupac, K. (2021). *Influencia de la combinación de agregados y diseño de mezcla en la calidad del concreto para pavimentos rígidos, Huancayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Alicia. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/81579>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Metodología
¿En qué medida varían las propiedades físico-mecánicas del concreto, cuando éste se prepara utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones de agua-cemento 0.55 y 0.60?	Realizar el análisis comparativo de las propiedades físico mecánicas del concreto, cuando éste se prepara con los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones agua-cemento 0.55 y 0.60	El análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas del concreto muestra variaciones cuando éste se prepara con los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones agua-cemento 0.55 y 0.60.	<b>Variable independiente</b> Métodos de diseño de Mezcla	Cálculo de $f'_{cr}$ Relación Agua Cemento y Aire Materiales (agua, cemento, agregados)	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Tipo:</b> Aplicada <b>Nivel:</b> Descriptivo <b>Diseño:</b> experimental <b>Población:</b> Concreto
¿Cuáles son los enfoques de desarrollo de los principales métodos de diseño de mezcla existentes y cómo estos influyen en la dosificación del concreto (ACI, IS, ICPA, EBCS, ABCP y JSCE)? ¿De qué manera varían las propiedades del concreto en estado fresco: asentamiento, contenido de aire y peso unitario, cuando éste se prepara utilizando los principales métodos de diseño de mezclas existentes, para relaciones de agua-cemento 0.55 y 0.60? ¿De qué manera varía la propiedad del concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión, cuando éste se	Precisar el enfoque de desarrollo de los principales métodos de diseño de mezcla existentes y su influencia en la dosificación del concreto. (ACI, IS, ICPA, EBCS, ABCP y JSCE). Preparar concreto utilizando los principales métodos de diseño de mezclas existentes, con relaciones a/c = 0.55 y 0.60, para analizar la variación de las propiedades de concreto en estado fresco: peso unitario, asentamiento y contenido de aire. Preparar concreto utilizando los principales métodos de diseño de mezclas existentes, con relaciones a/c = 0.55 y 0.60, para analizar la variación de la propiedad del	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los enfoques de desarrollo de los principales métodos de diseño de mezcla existentes son distintos unos de los otros e influyen de manera positiva en la optimización de la dosificación del concreto. (IS, ICPA, EBCS, ABCP y JSCE).</li> </ul> Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60 muestran variaciones respecto a las propiedades del concreto en estado fresco: peso unitario, asentamiento y contenido de aire. Los concretos preparados utilizando los principales métodos de diseño de mezcla existentes, para relaciones a/c 0.55 y 0.60	<b>Variable dependiente</b> Concretos de relaciones agua-cemento 0.55 y 0.60	Propiedades físicas del concreto en estado fresco: Slump, Peso Unitario y Contenido de Aire  Propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido: Resistencia a la compresión	convencional de mediana resistencia preparado con cemento portland tipo I <b>Muestra:</b> 180 probetas <b>Técnica:</b> Observación <b>Instrumento:</b> Ficha de registro de datos

prepara utilizando los principales métodos de diseños de mezcla existentes, para relaciones de agua-cemento 0.55 y 0.60?	concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión.	muestran variaciones respecto a la propiedad del concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión.			
--	---	--	--	--	--

### Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable independiente</b> Métodos de diseño de Mezcla	Es un proceso integral que implica la consideración cuidadosa de diversos elementos para lograr un material final con propiedades específicas y deseables, (Giatec, 2018).	Es el cálculo de proporciones de elementos que forman el concreto para una propiedad deseada	Cálculo de $f'_{cr}$	Según los métodos de diseño
			Relación agua – cemento y Aire	$a/c = 0.55$ y $0.60$
			Materiales	Cemento
				Agua
				Agregado Fino
Porcentaje de Aire				
<b>Variable dependiente</b> Concretos de relaciones agua-cemento 0.55 y 0.60	Son las propiedades que generan un comportamiento mecánico y físico en el concreto, (Demissew, 2022).	Se mide en diferentes etapas como el estado fresco, donde se determina los principales requerimientos en la mezcla. Mientras que, en el estado endurecido se observa propiedades físicas mediante ensayos.	Propiedades del concreto fresco	Asentamiento
			Propiedades del concreto fresco	Contenido de aire
				Peso unitario
			Propiedades del concreto endurecido	Resistencia a la compresión

### Anexo 3. Análisis de laboratorio

	ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C	
	INFORME DE ENSAYO	INF-AF-16-2024

**PROYECTO** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONÉS GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONÉS GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN DE PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 10/08/2024

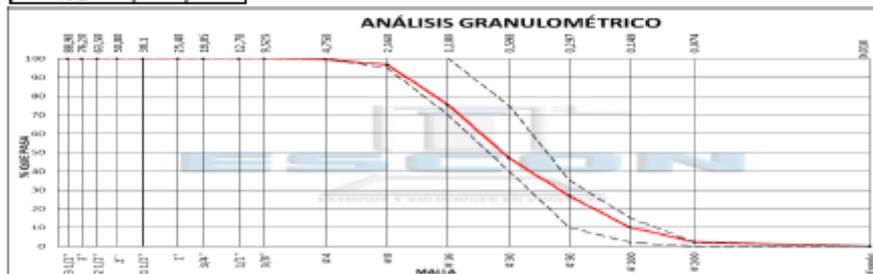
**METODO DE ENSAYO** : Análisis granulométrico por tamizado para agregados finos y gruesos - ASTM C 138

**LA MUESTRAS** : Cantera Jilomarroa "ARENA"

**RESULTADO** :

AGREGADO FINO / ARENA						
Malla	Peso Ret. (g)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "UM SUP"	ASTM "UM INF"
4"	1016 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3 1/2"	89.30 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.50 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
#4	4.75 mm	2.55	0.50	0.50	99.50	100.00
#5	2.36 mm	13.79	2.72	3.22	96.78	99.00
#16	1.18 mm	108.94	21.47	24.69	75.31	70.00
#30	0.60 mm	143.31	28.25	52.94	47.06	40.00
#60	0.30 mm	112.86	20.25	73.22	26.78	10.00
#100	0.15 mm	84.86	16.73	89.95	10.05	2.00
#200	0.075 mm	39.00	7.69	97.63	2.37	0.00
Fondo	0.01 mm	12.00	2.37	100.00	0.00	0.00
<b>Total</b>		<b>597.30</b>	<b>100.00</b>			

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.45



- NOTA :**
- Los resultados de ensayo son válidos únicamente para la muestra ensayada.
  - El uso e interpretación de los resultados, es de exclusividad responsabilidad del cliente.
  - Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
  - La muestra es de procedencia de la cantera Jilomarroa.



  
**BRALIO JONATHAN GONZALES LIZARBE**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

Realizado por : CM  
Aprobado por : JB

960123172

CALLE LOS RICINO 1134, URB. LAS VIOLETAS - SAN JUAN DE LURIBAGANCHO

ESCONINFORME@GMAIL.COM

	<b>ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</b>	
	INFORME DE ENSAYO	INF-AG-16-2024

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN DE PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 10/08/2024

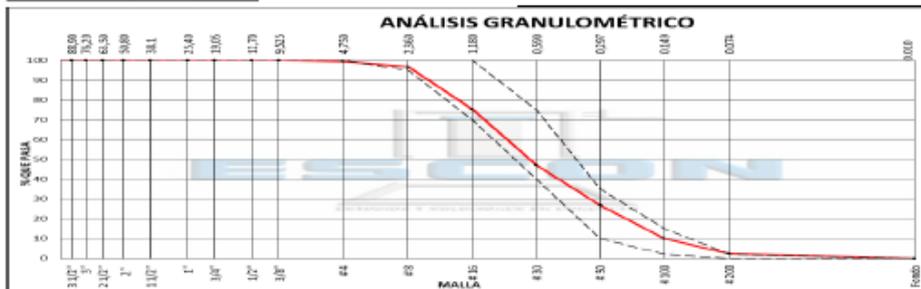
**METODO DE ENSAYO** : Análisis granulométrico por tamizado para agregados finos y gruesos - ASTM C 136

**LA MUESTRAS** : Cantera Jicamarca "AGREGADO HUSO 67"

**RESULTADO** :

AGREGADO GRUESO HUSO # 67							
Malla		Peso Ret. (g)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.6 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	202.60	3.90	3.90	96.10	90.00	100.00
1/2"	12.70 mm	198.00	37.58	41.57	58.43	50.00	75.00
3/8"	9.53 mm	190.20	21.18	62.75	37.25	20.00	55.00
#4	4.75 mm	1946.30	35.51	98.26	1.74	0.00	10.00
#8	2.36 mm	74.80	1.44	99.70	0.30	0.00	5.00
#16	1.18 mm	1.20	0.02	99.72	0.28	0.00	0.00
#20	0.85 mm	0.10	0.00	99.72	0.28	0.00	0.00
#50	0.30 mm	0.10	0.00	99.72	0.28	0.00	0.00
#100	0.15 mm	0.40	0.01	99.73	0.27	0.00	0.00
#200	0.075 mm	2.00	0.04	99.77	0.23	0.00	0.00
Fondo	0.075 mm	12.00	0.23	100.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>		<b>5199.50</b>		<b>100.00</b>			

CARACTERISTICAS FISICAS	
Módulo de Fineza	6.60



**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestra es de procedencia de la cantera Jicamarca.



*Braulio J. P.*  
BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME  
Ingeniero Civil  
CIP N° 334516

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-AF-19-2024</b>	<b>10/08/2024</b>

**PROYECTO** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN DE PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 10/08/2024

**METODO DE ENSAYO** : Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente ("peso unitario") e Índice de Huecos en los Áridos - ASTM C 29

**LA MUESTRAS** : Cantera Jicamarca "ARENA"

**RESULTADO** :

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO		1	2
A	Peso muestra suelta + contenedor (gr)	7.80	7.78
B	Peso contenedor (gr)	3.74	3.74
C	peso muestra suelta (gr)	4.06	4.04
D	Volumen del contenedor (cm <sup>3</sup> )	0.0028488	0.0028488
E	P. U. unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1426	1418
PROMEDIO		1421	

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO		1	2
A	Peso muestra suelta + contenedor (gr)	8.01	8.18
B	Peso contenedor (gr)	3.74	3.74
C	peso muestra suelta (gr)	4.27	4.42
D	Volumen del contenedor (cm <sup>3</sup> )	0.0028488	0.0028488
E	Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1487	1551
PROMEDIO		1624	

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestra es de procedencia de la cantera Jicamarca.



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="color: blue;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	INFORME DE ENSAYO	INF-AG-19-2024	10/08/2024

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN DE PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 10/08/2024

**METODO DE ENSAYO** : Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente ("peso unitario") e Índice de Huecos en los Áridos - ASTM C 29

**LA MUESTRAS** : Cantera Jicamarca "AGREGADO HUSO 67"

**RESULTADO** :

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO		1	2
A	Peso muestra suelta + contenedor (gr)	29.82	29.70
B	Peso contenedor (gr)	7.62	7.62
C	peso muestra suelta (gr)	22.30	22.18
D	Volumen del contenedor (cm <sup>3</sup> )	0.0143268	0.0143268
E	P. U. unitario suelto (kg./m <sup>3</sup> )	1567	1548
PROMEDIO		1562	

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO		1	2
A	Peso muestra suelta + contenedor (gr)	31.47	30.60
B	Peso contenedor (gr)	7.62	7.62
C	peso muestra suelta (gr)	23.96	22.98
D	Volumen del contenedor (cm <sup>3</sup> )	0.0143268	0.0143268
E	Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1672	1604
PROMEDIO		1638	

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestra es de procedencia de la cantera Jicamarca.



  
 BRAULIO JONATHAN  
 GONZALES LIZARME  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-AG-20-2024</b>	<b>10/08/2024</b>

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 10/08/2024

**ASUNTO** : Método de prueba estándar para determinar la densidad y absorcion del agregado grueso . - ASTM C 127-07

**LA MUESTRAS** : Cantera Jicamarca "AGREGADO HUSO 67"

**RESULTADO** :

DENSIDAD Y ABSORCION EN AGREGADO GRUESO		1	2	PROMEDIO
A	Peso muestra saturada con superficie seca (gr)	3048.20	3120.18	3,084.88
B	Peso canastilla dentro del agua (gr)	1631.10	1631.10	1,631.10
C	Peso muestra saturada dentro del agua + canastilla (gr)	3410.70	3480.26	3,436.48
D	Peso muestra seca en horno @ 105°C	3009.30	3080.00	3,044.86
E	Peso muestra saturada dentro del agua (gr)	1878.80	1928.16	1,904.38
F	Peso especifico de masa - P.E.M. (gr/cc)	2.67	2.68	2.68
G	Peso especifico de masa S.S.S (gr/cc)	2.81	2.82	2.81
H	Peso especifico aparente - P.E.A. (gr/cc)	2.70	2.71	2.71
I	Absorción (%)	1.33	1.30	1.31

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestra es de procedencia de la cantera Jicamarca.



  
**BRALIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-AF-18-2024</b>	<b>10/08/2024</b>

<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60
<b>SOLICITANTE</b>	: ARONES GONZALES PABLO FABBRI
<b>CLIENTE</b>	: ARONES GONZALES PABLO FABBRI
<b>UBICACIÓN PROYECTO</b>	: INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON
<b>FECHA DE EMISION</b>	: 10/08/2024

**ASUNTO** : Método de prueba estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado fino. - ASTM C 128-07

**LA MUESTRAS** : Cantera Jicamarca "ARENA"

**RESULTADO** :

PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION EN AGREGADO FINO		1	2	PROMEDIO
A	Peso muestra saturada con superficie seca (gr)	600.40	626.00	612.70
B	Peso fiola o frasco con agua (gr)	667.70	667.70	667.70
C	Peso muestra saturada dentro del agua + fiola o frasco (gr)	982.40	988.00	990.20
D	Peso muestra seca en horno @ 105°C	494.40	518.60	506.46
E	Peso muestra saturada dentro del agua (gr)	314.70	330.30	322.60
F	Peso específico de masa - P.E.M. (gr/cc)	2.88	2.88	2.88
G	Peso específico de masa S.S.S (gr/cc)	2.88	2.70	2.70
H	Peso específico aparente - P.E.A. (gr/cc)	2.78	2.79	2.79
I	Absorción (%)	1.21	1.26	1.23

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- La muestra es de procedencia de la cantera Jicamarca.



  
 -----  
**BRALLIO JONATHAN  
GONZALES LIZARAME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>	
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-AF-17-2024</b>

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 10/08/2024

**ASUNTO** : Método de prueba para materiales más finos que el tamiz 75 m (n.º 200) en agregados minerales por lavado - ASTM C 177

**LA MUESTRAS** : Cantera Jicamarca "ARENA"

**RESULTADO** :

MALLA #200		1	2
A	Peso de la Tara (gr)	260.00	260.00
B	Peso de la muestra seca + tara (gr)	810.00	864.00
C	Peso de la muestra seca lavada + tara (gr)	783.00	837.00
D	Peso de la muestra seca ( gr)	680.00	684.00
E	Peso de la muestra lavada seca ( gr)	643.00	677.00
F	Malla 200 (%)	3.04	2.88
PROMEDIO (%)		2.96	

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- La muestra es de procedencia de la cantera Jicamarca.



  
 -----  
**BRALLIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-AG-18-2024</b>	<b>10/08/2024</b>

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 10/08/2024

**ASUNTO** : Método de prueba para materiales más finos que el tamiz 75 m (n.º 200) en agregados minerales por lavado - ASTM C 177

**LA MUESTRAS** : Cantera Jicamarca "AGREGADO HUSO 67"

**RESULTADO** :

MALLA #200		1	2
A	Peso de la Tara ( gr )	260.00	260.00
B	Peso de la muestra seca + tara ( gr )	3486.00	3475.00
C	Peso de la muestra seca lavada + tara ( gr )	3478.00	3464.00
D	Peso de la muestra seca ( gr )	3236.00	3216.00
E	Peso de la muestra lavada seca ( gr )	3228.00	3204.00
F	Malla 200 (%)	0.22	0.34
PROMEDIO (%)		0.28	

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestra es de procedencia de la cantera Jicamarca.



  
 -----  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>	
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-AF-16-2024</b>

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 10/08/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Contenido de Humedad Total Evaporable de los Áridos por Secado - ASTM C 566

**LA MUESTRAS** : Cantera Jicamarca "ARENA"

**RESULTADO** :

CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2
A	Peso de la Tara (gr)	260.00	200.00
B	Peso de la muestra húmeda + tara (gr)	880.00	822.00
C	Peso de la muestra seca + tara (gr)	840.00	801.80
D	Peso del agua (gr)	20.00	20.10
E	Peso del suelo seco (gr)	680.00	601.80
F	Humedad (%)	3.38	3.34
<b>PROMEDIO (%)</b>		<b>3.36</b>	

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestra es de procedencia de la cantera Jicamarca.



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-AG-17-2024</b>	<b>10/08/2024</b>

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 10/08/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Contenido de Humedad Total Evaporable de los Áridos por Secado - ASTM C 566

**LA MUESTRAS** : Cantera Jicamarca "AGREGADO HUSO 67"

**RESULTADO** :

CONTENIDO DE HUMEDAD		1	2
A	Peso de la Tara (gr)	280.00	274.00
B	Peso de la muestra humeda + tara (gr)	3604.00	3604.00
C	Peso de la muestra seca + tara (gr)	3486.00	3476.00
D	Peso del agua ( gr)	18.00	28.00
E	Peso del suelo seco ( gr)	3206.00	3201.00
F	Humedad (%)	0.69	0.91
PROMEDIO (%)		0.76	

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e Interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestra es de procedencia de la cantera Jicamarca.



  
 BRAULIO JONATHAN  
 GONZALES LIZARME  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334616

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>	
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-ECF-43-2024</b>

<b>PROYECTO</b>	: ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60
<b>SOLICITANTE</b>	: ARONES GONZALES PABLO FABBRI
<b>CLIENTE</b>	: ARONES GONZALES PABLO FABBRI
<b>UBICACIÓN PROYECTO</b>	: INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON
<b>FECHA DE EMISION</b>	: 18/08/2024

**ASUNTO** : Ensayos al concreto fresco

**LA MUESTRAS** : DISEÑOS DE MEZCLAS

**RESULTADO** :

ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO								
Relacion A/C	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	SLUMP (pulgada)	PESO DEL MOLDE (Kg)	VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	PESO DEL MOLDE + MEZCLA DE CONCRETO (Kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/m3)	PORCENTAJE DE AIRE DE LA MEZCLA (%)
0.55	17/08/2024	EBCS	4	3.435	0.00703	20.305	2399.7	0.6
0.60			3 1/2			20.095	2369.8	1.3
0.55	14/08/2024	ABS	2 3/4	3.435	0.00703	20.275	2395.4	0.6
0.60			2 1/2			20.305	2399.7	0.8
0.55	13/08/2024	JSCE	2 3/4	3.435	0.00703	20.415	2415.4	0.6
0.60			3 1/2			20.450	2420.3	0.3
0.55	13/08/2024	IS	3	3.435	0.00703	20.315	2401.1	1.1
0.60			3 1/4			20.410	2414.7	0.6
0.55	12/08/2024	ACI	3 1/2	3.435	0.00703	20.115	2372.7	2.5
0.60			3 1/2			20.215	2386.9	2.7
0.55	13/08/2024	ICPA	2 3/4	3.435	0.00703	20.410	2414.7	0.6
0.60			3			20.275	2395.4	0.4

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e Interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- EL ensayo de slump se realizo en conformidad con la normal ASTM C143
- EL ensayo de peso unitario, rendimiento y aire en el concreto se realizo en conformidad con la normal ASTM C138



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<b>ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</b>	
	INFORME DE ENSAYO	INF-RCC-41-2024

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO ABS A/C 0.55

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Maxima (kgf)	Área del Testigo (cm²)	Resistencia del Mortero (kg/cm²)	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm²)		
P-1	14/08/2024	ABS - 0.55	7	21/08/2024	2	20305	80.02	253.75	248		
P-2					2	19583	80.50	243.27			
P-3					3	19820	80.00	247.75			
P-1	14/08/2024		ABS - 0.55	14	28/08/2024	3	22506	80.00	281.33	285	
P-2						2	23540	80.05	294.07		
P-3						3	22446	80.06	280.36		
P-1	14/08/2024			ABS - 0.55	28	11/09/2024	5	24284	80.00	303.55	297
P-2							3	23370	80.05	291.94	
P-3							2	23129	80.00	289.11	
P-4		5					23152	80.02	289.33		
P-5		5					23347	80.00	291.84		
P-6		3					23393	80.00	292.41		
P-7		2	23106				80.03	288.72			
P-8		2	24751				80.00	309.39			
P-9		2	24897				80.20	310.44			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e Interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



*Jonathan Gonzales Lizarme*  
**BRALLIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>	
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-RCC-41-2024</b>

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO ABS A/C 0.60

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Maxima (kgf)	Área del Testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia del Mortero (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )		
P-1	14/08/2024	ABS - 0.60	7	21/08/2024	2	18520	80.00	231.50	233		
P-2					3	18445	80.00	230.56			
P-3					5	18920	80.06	236.32			
P-1	14/08/2024		ABS - 0.60	14	28/08/2024	3	20054	80.40	249.32	257	
P-2						2	21020	80.02	262.68		
P-3						1	20662	80.08	258.02		
P-1	14/08/2024			ABS - 0.60	28	11/09/2024	2	22458	80.00	280.73	277
P-2							2	22066	80.00	275.83	
P-3							3	21858	80.00	273.23	
P-4		2					21881	80.01	273.48		
P-5		2					22043	80.00	275.54		
P-6		3					22089	80.00	276.11		
P-7		2	21835				80.00	272.94			
P-8		2	22385				80.03	279.71			
P-9		3	22531				80.00	281.54			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e Interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

Realizado por : *[Signature]*

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60”

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabbri

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	INFORME DE ENSAYO	INF-RCC-41-2024	14/09/2024

**PROYECTO** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

---

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO ACI A/C 0.55

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Máxima (kgf)	Área del Testigo (cm²)	Resistencia del Mortero (kg/cm²)	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm²)		
P-1	12/08/2024	ACI - 0.55	7	19/08/2024	2	23610	80.11	294.72	291		
P-2					2	23718	80.05	296.29			
P-3					2	22545	80.00	281.81			
P-1	12/08/2024		ACI - 0.55	14	26/08/2024	3	26540	80.00	331.75	331	
P-2						3	26950	80.02	336.79		
P-3						2	26050	80.20	324.81		
P-1	12/08/2024			ACI - 0.55	28	09/09/2024	2	29459	80.00	368.24	355
P-2							2	28402	80.00	355.03	
P-3							2	27410	80.00	342.63	
P-4		2					28359	80.20	353.60		
P-5		3					27669	80.20	345.00		
P-6		2					27114	80.01	338.88		
P-7		2	29234				80.01	365.38			
P-8		2	29105				80.00	363.81			
P-9		2	29330				80.00	366.63			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e Interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRAILIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

**Realizado por** : CM

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60”

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabbri

	<b>ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</b>	
	INFORME DE ENSAYO	INF-RCC-41-2024

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO ACI A/C 0.60

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Maxima (kgf)	Área del Testigo (cm²)	Resistencia del Mortero (kg/cm²)	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm²)		
P-1	12/08/2024	ACI - 0.60	7	19/08/2024	3	20302	80.00	253.78	254		
P-2					3	20603	80.00	257.74			
P-3					2	20144	80.00	251.80			
P-1	12/08/2024		ACI - 0.60	14	26/08/2024	2	23918	80.05	298.79	297	
P-2						2	23821	80.50	295.91		
P-3						2	23744	80.00	296.80		
P-1	12/08/2024			ACI - 0.60	28	09/09/2024	3	25040	80.00	313.00	314
P-2							3	25662	80.00	320.78	
P-3							3	24578	80.05	307.03	
P-4		3					24900	80.00	311.25		
P-5		3					25521	80.00	319.01		
P-6		3					24897	80.05	311.02		
P-7		2	24378				80.05	304.53			
P-8		3	25203				80.00	315.04			
P-9		3	25777				80.00	322.21			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<b>ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</b>	
	INFORME DE ENSAYO	INF-RCC-41-2024

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO EBCS A/C 0.55

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Máxima (kgf)	Área del Testigo (cm²)	Resistencia del Mortero (kg/cm²)	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm²)		
P-1	17/08/2024	EBCS - 0.55	7	24/08/2024	3	19595	80.00	244.94	240		
P-2					5	18809	80.00	235.11			
P-3					2	19159	80.02	239.43			
P-1	17/08/2024		EBCS - 0.55	14	31/08/2024	4	20105	80.00	251.31	261	
P-2						5	21504	80.08	268.53		
P-3						5	21008	80.04	262.47		
P-1	17/08/2024			EBCS - 0.55	28	14/09/2024	3	22850	80.00	285.63	291
P-2							3	23521	80.00	294.01	
P-3							2	23530	80.00	294.13	
P-4		2					23553	80.00	294.41		
P-5		2					23498	80.01	293.69		
P-6		2					23544	80.00	294.30		
P-7		2	23507				80.05	293.65			
P-8		3	22777				80.00	284.71			
P-9		3	22923				80.00	286.54			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e Interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRILIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	INFORME DE ENSAYO	INF-RCC-41-2024	14/09/2024

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO EBCS A/C 0.60

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Máxima (kgf)	Área del Testigo (cm²)	Resistencia del Mortero (kg/cm²)	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm²)		
P-1	17/08/2024	EBCS - 0.60	7	24/08/2024	3	17058	80.02	213.17	216		
P-2					2	17446	80.00	218.08			
P-3					5	17235	80.00	215.44			
P-1	17/08/2024		EBCS - 0.60	14	31/08/2024	5	18520	80.02	231.44	234	
P-2						2	18442	80.02	230.47		
P-3						3	19210	80.08	239.89		
P-1	17/08/2024			EBCS - 0.60	28	14/09/2024	2	20154	80.02	251.86	265
P-2							2	21820	80.20	272.07	
P-3							2	21668	80.00	270.85	
P-4		3					21691	80.10	270.80		
P-5		2					21797	80.00	272.46		
P-6		2					21843	80.00	273.04		
P-7		2	21645				80.00	270.56			
P-8		2	20081				80.01	250.98			
P-9		2	20227				80.00	252.84			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRALIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>	
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-RCC-41-2024</b>

<b>PROYECTO</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60
<b>SOLICITANTE</b>	: ARONES GONZALES PABLO FABBRI
<b>CLIENTE</b>	: ARONES GONZALES PABLO FABBRI
<b>UBICACIÓN PROYECTO</b>	: INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON
<b>FECHA DE EMISION</b>	: 14/09/2024
<b>ASUNTO</b>	: Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39
<b>LA MUESTRAS</b>	: DISEÑO ICPA A/C 0.55
<b>RESULTADO</b>	:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Máxima (kgf)	Área del Testigo (cm²)	Resistencia del Mortero (kg/cm²)	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm²)		
P-1	13/08/2024	ICPA - 0.55	7	20/08/2024	5	19556	80.00	244.45	254		
P-2					3	21647	80.00	270.59			
P-3					2	19845	80.05	247.91			
P-1	13/08/2024		ICPA - 0.55	14	27/08/2024	5	22914	80.11	286.03	267	
P-2						3	20081	80.11	250.67		
P-3						3	21040	80.05	262.84		
P-1	13/08/2024			ICPA - 0.55	28	10/09/2024	2	24618	80.00	307.73	319
P-2							3	25610	80.00	320.13	
P-3							5	26371	80.04	329.47	
P-4		5					26394	80.00	329.93		
P-5		5					25587	80.00	319.84		
P-6		3					25633	80.05	320.21		
P-7		2	26348				80.00	329.35			
P-8		2	24545				80.00	306.81			
P-9		3	24691				80.00	308.64			

- NOTA :**
- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
  - El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
  - Esta prohibido reproducir y modificar el presente informe de ensayo.
  - La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
  - La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-RCC-41-2024</b>	<b>14/09/2024</b>

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO ICPA A/C 0.60

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Máxima (kgf)	Área del Testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia del Mortero (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )		
P-1	13/08/2024	ICPA - 0.60	7	20/08/2024	3	17407	80.50	216.24	221		
P-2					2	18020	80.02	225.19			
P-3					2	17820	80.02	222.69			
P-1	13/08/2024		ICPA - 0.60	14	27/08/2024	1	20442	80.00	255.53	256	
P-2						2	20081	80.02	250.95		
P-3						2	21040	80.08	262.74		
P-1	13/08/2024			ICPA - 0.60	28	10/09/2024	3	24050	80.00	300.63	298
P-2							3	23821	80.00	297.76	
P-3							5	23556	80.06	294.23	
P-4		5					23579	80.00	294.74		
P-5		5					23798	80.06	297.25		
P-6		2					23844	80.05	297.86		
P-7		2	23533				80.00	294.16			
P-8		2	23977				80.00	299.71			
P-9		5	24123				80.05	301.35			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>		
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-RCC-41-2024</b>	<b>14/09/2024</b>

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO IS A/C 0.55

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Encayo (Días)	Fecha de Encayo	Tipo de Falla	Carga Maxima (kgf)	Área del Testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia del Mortero (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )		
P-1	13/08/2024	IS - 0.55	7	20/08/2024	3	21754	80.02	271.86	277		
P-2					3	21987	80.00	274.84			
P-3					2	22700	80.00	283.75			
P-1	13/08/2024		IS - 0.55	14	27/08/2024	2	25801	80.00	322.51	334	
P-2						2	27794	80.11	346.95		
P-3						3	26540	80.02	331.67		
P-1	13/08/2024			IS - 0.55	28	10/09/2024	3	28780	80.06	359.48	361
P-2							3	28419	80.00	355.24	
P-3							5	29388	80.00	367.35	
P-4		5					29411	80.00	367.64		
P-5		5					28396	80.00	354.95		
P-6		2					28442	80.02	355.44		
P-7		2	29365				80.05	366.83			
P-8		3	28708				80.00	358.84			
P-9		2	28853				80.00	360.66			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e Interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente. Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<b>ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</b>		
	INFORME DE ENSAYO	INF-RCC-41-2024	14/09/2024

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO IS A/C 0.60

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Maxima (kgf)	Área del Testigo (cm²)	Resistencia del Mortero (kg/cm²)	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm²)		
P-1	13/08/2024	IS - 0.60	7	20/08/2024	2	19820	80.50	246.21	242		
P-2					2	18854	80.00	235.68			
P-3					3	19624	80.02	245.24			
P-1	13/08/2024		IS - 0.60	14	27/08/2024	2	24226	80.00	302.83	283	
P-2						2	20240	80.05	252.84		
P-3						3	23408	80.00	292.60		
P-1	13/08/2024			IS - 0.60	28	10/09/2024	5	26704	80.20	332.97	332
P-2							5	27048	80.00	338.10	
P-3							3	26044	80.00	325.55	
P-4		3					26067	80.00	325.84		
P-5		3					27025	80.04	337.64		
P-6		3					27071	80.00	338.39		
P-7		3	26021				80.01	325.22			
P-8		3	26631				80.00	332.89			
P-9		5	26777				80.00	334.71			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.

Realizado por : CM



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

	<b>ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</b>	
	INFORME DE ENSAYO	INF-RCC-41-2024

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO JSCE A/C 0.55

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Encayo	Tipo de Falla	Carga Maxima (kgf)	Área del Testigo (cm <sup>2</sup> )	Resistencia del Mortero (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )		
P-1	13/08/2024	JSCE - 0.55	7	20/08/2024	2	18783	80.02	234.73	237		
P-2					2	18820	80.50	233.79			
P-3					3	19504	80.00	243.80			
P-1	13/08/2024		JSCE - 0.55	14	27/08/2024	3	20174	80.00	252.18	256	
P-2						2	20353	80.05	254.25		
P-3						3	21042	80.06	262.83		
P-1	13/08/2024			JSCE - 0.55	28	10/09/2024	5	24167	80.06	301.86	305
P-2							3	24894	80.00	311.18	
P-3							2	24145	80.05	301.62	
P-4		2					24168	80.00	302.10		
P-5		2					24871	80.03	310.77		
P-6		2					24917	80.00	311.46		
P-7		3	24122				80.05	301.34			
P-8		5	24094				80.00	301.18			
P-9		5	24240				80.00	303.00			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 KN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

**Realizado por** : CM

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60"

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabbri

	<h2 style="margin: 0;">ESTUDIOS Y SOLUCIONES EN CONCRETO S.A.C</h2>	
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>	<b>INF-RCC-41-2024</b>

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES METODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACION AGUA / CEMENTO 0.55 Y 0.60

**SOLICITANTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**CLIENTE** : ARONES GONZALES PABLO FABBRI

**UBICACIÓN PROYECTO** : INSTALACIONES DEL LABORATORIO ESCON

**FECHA DE EMISION** : 14/09/2024

**ASUNTO** : Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Testigos de Concreto - ASTM C39

**LA MUESTRAS** : DISEÑO JSCE A/C 0.60

**RESULTADO** :

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN											
Nº de Testigo	Fecha de Muestreo	Descripción de la Muestra	Edad de Ensayo (Días)	Fecha de Ensayo	Tipo de Falla	Carga Máxima (kgf)	Área del Testigo (cm²)	Resistencia del Mortero (kg/cm²)	Resistencia del Mortero Promedio (kg/cm²)		
P-1	13/08/2024	JSCE - 0.60	7	20/08/2024	2	16020	80.00	200.25	201		
P-2					3	15880	80.00	198.50			
P-3					5	16410	80.06	204.97			
P-1	13/08/2024		JSCE - 0.60	14	27/08/2024	3	18179	80.40	226.11	225	
P-2						2	18388	80.02	229.79		
P-3						1	17540	80.08	219.03		
P-1	13/08/2024			JSCE - 0.60	28	10/09/2024	2	20450	80.00	255.63	262
P-2							2	21348	80.00	266.85	
P-3							3	21006	80.00	262.85	
P-4		3					21029	80.00	262.86		
P-5		3					21325	80.01	266.53		
P-6		3					21371	80.01	267.10		
P-7		2	20983				80.00	262.29			
P-8		2	20377				80.02	254.65			
P-9		3	20523				80.00	256.54			

**NOTA :**

- Los resultados de ensayo son validos unicamente para la muestra ensayada.
- El uso e Interpretacion de los resultados , es de exclusividad responsabilidad del cliente.
- Esta prohibido reproducir y modificar el presente Informe de ensayo.
- La muestras fueron elaboradas en el laboratorio escon.
- La velocidad de ensayo fue de 2.0 kN/s en conformidad con la norma ASTM C39/C39M-12.



  
**BRAULIO JONATHAN  
GONZALES LIZARME**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 334515

## Anexo 4. Imágenes de los ensayos

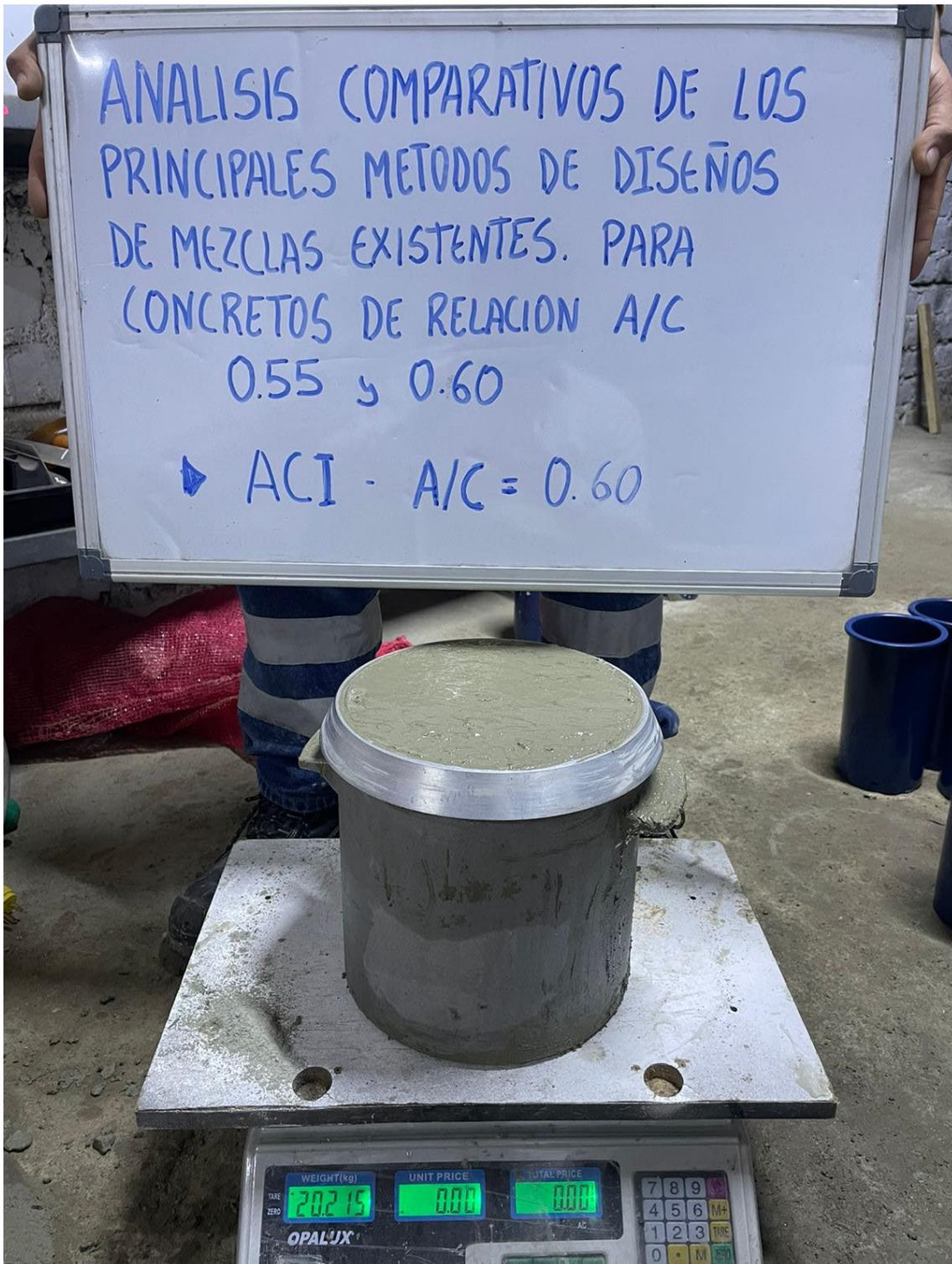




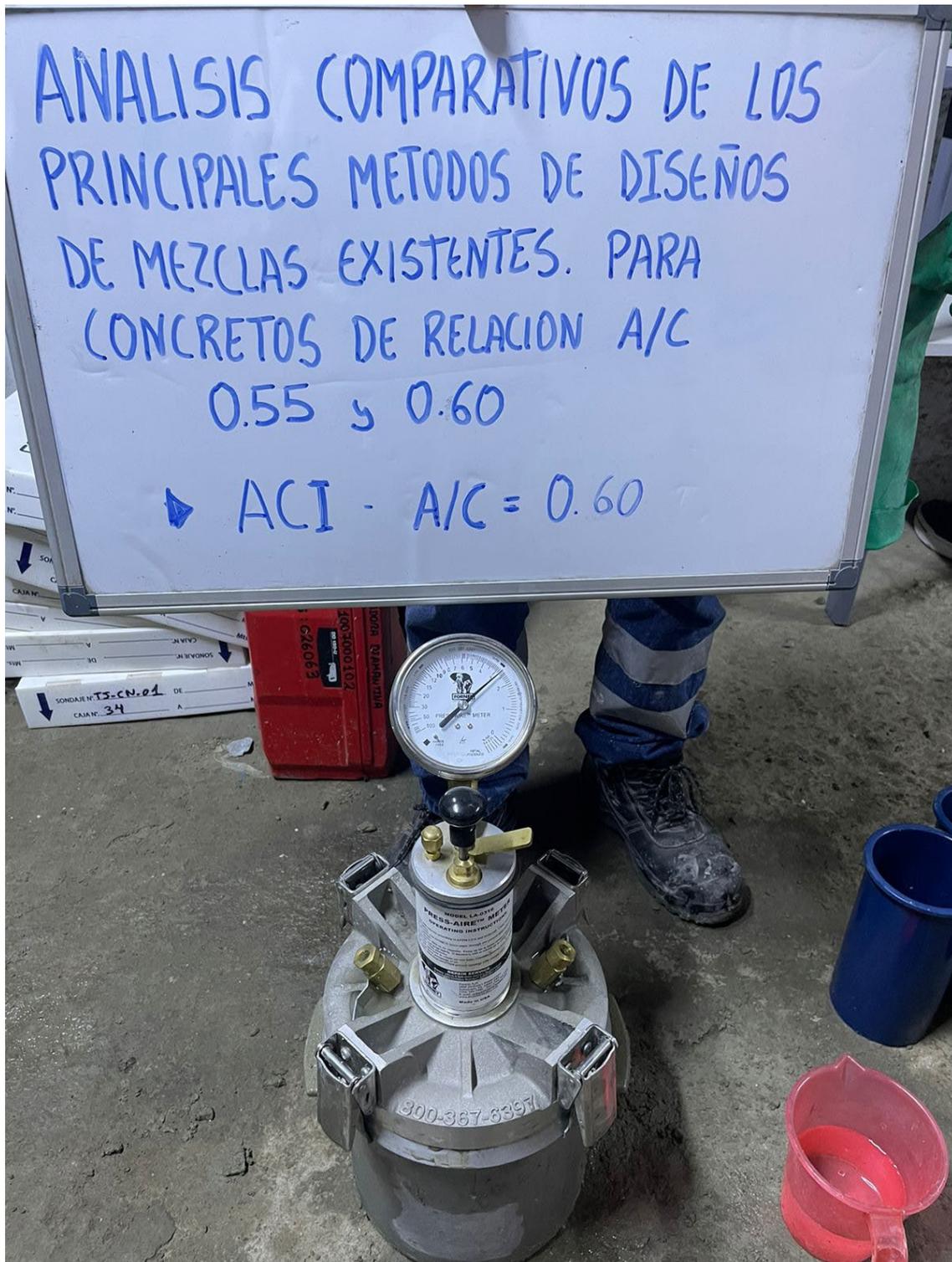


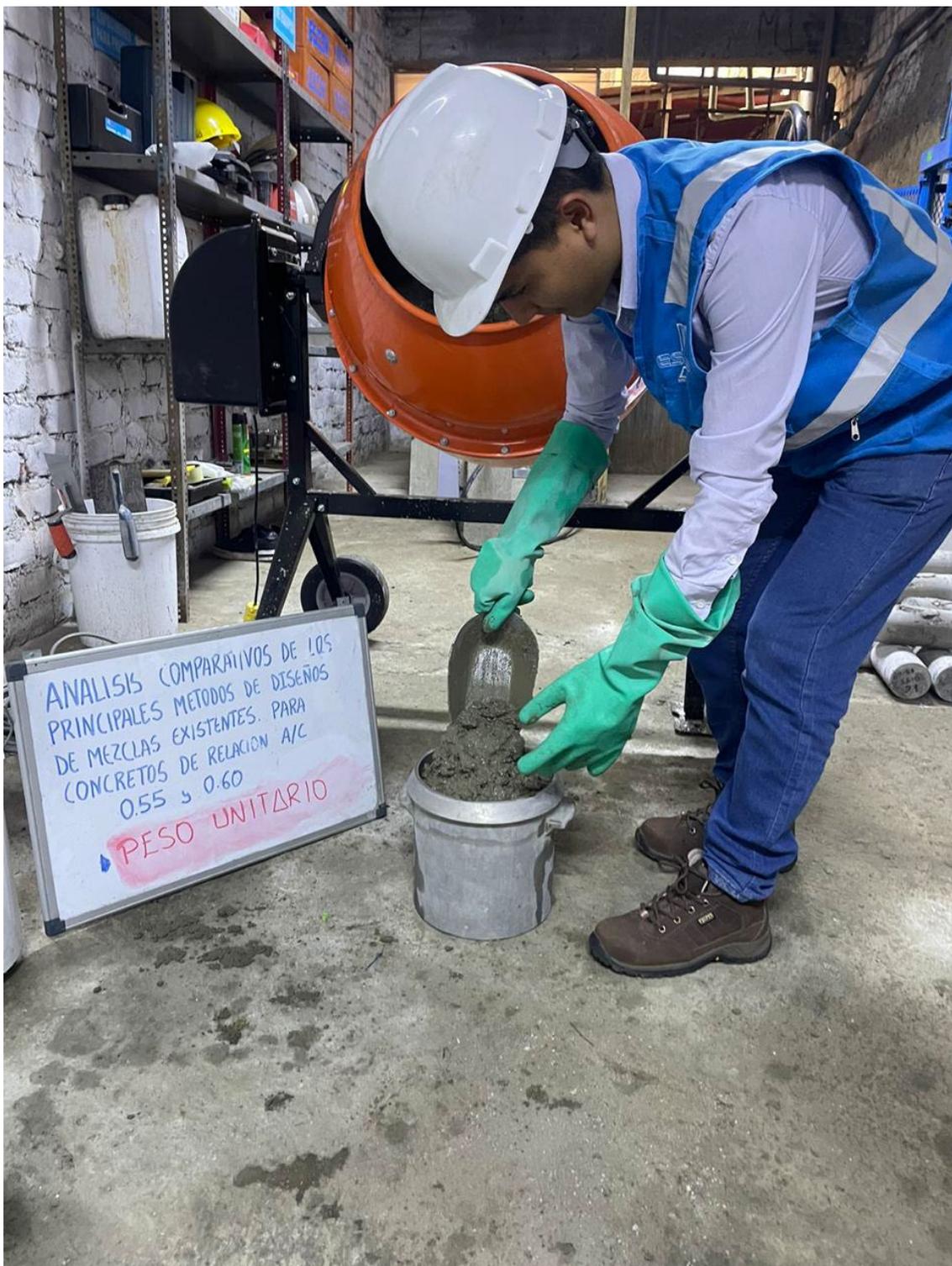
"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60"

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabbri













"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60"

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabbri





"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLAS EXISTENTES, PARA CONCRETOS DE RELACIONES AGUA – CEMENTO 0.55 Y 0.60"

Bach. ARONÉS GONZALES, Pablo Fabri

