

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“EFECTO DEL ADITIVO IMPERMEABILIZANTE EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
PORTLAND DEL TIPO I Y TIPO ICO”**

**ELABORADO POR
ARTURO NICOLAS CUSIHUAMAN SALAS**

**ASESOR
ING. RAFAEL CACHAY HUAMAN**

LIMA – PERÚ

2022

© 2022, 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.”**

Cusihuaman Salas, Arturo Nicolás

acusihuamans@uni.pe

966523499

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, que me apoyaron en todo el camino de la carrera, A mi hijo que es mi mayor fuerza motriz para seguir avanzando, a mis amigos con los cuales compartimos grandes momentos y a los profesores que gracias a ellos pude adquirir los conocimientos necesarios para desarrollarme en el ámbito profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por estar a mi lado cuando más necesitado su apoyo, en especial a mi hermana y amiga.

Al **Ing. Rafael Cachay Huamán**, por su apoyo en el desarrollo de la tesis, por compartir sus conocimientos, por tenerme paciencia en mis errores y dándome valiosos consejos que me sirvieron para alcanzar los objetivos de esta tesis.

ÍNDICE

RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
PRÓLOGO.....	IX
LISTA DE TABLAS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo Principal	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 ALCANCES DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.5 MATRIZ DE CONSISTENCIA	4
CAPITULO II. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL	5
2.1 ANTECEDENTES REFERENCIALES	5
2.1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	7
2.2 PERMEABILIDAD DEL CONCRETO	9
2.2.1 Coeficiente de Permeabilidad (Ecuación de Valenta).....	10
2.2.2 Absorción capilar.....	11
2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO.....	12
2.3.1 Relación agua/cemento.....	12
2.3.2 Porosidad.....	13
2.3.3 Curado del concreto.....	13
CAPITULO III. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS	15
3.1 CEMENTO.....	15
3.2. AGUA	16
3.3 AGREGADOS.....	16
3.4 ADITIVOS.....	27
CAPITULO IV. DISEÑO DE MEZCLA	28
4.1 DISEÑO DE MEZCLA UTILIZADO	28
4.2 DETERMINACIÓN DE DISEÑO DE MEZCLAS	28
4.3 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN	28
4.4 DISEÑO DE CONCRETO PATRON $a/c= 0.4$ MAS ADITIVO (Cemento Portland Tipo I)	38

4.5 DISEÑO DE CONCRETO PATRON $a/c= 0.5$ MAS ADITIVO (Cemento Portland Tipo I)	40
4.6 DISEÑO DE CONCRETO PATRON $a/c=0.4$ MAS ADITIVO (Cemento Portland Tipo ICo).....	42
4.7 DISEÑO DE CONCRETO PATRON $a/c= 0.5$ MAS ADITIVO (Cemento Portland Tipo ICo).....	44
CAPITULO V. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	46
5.1 CONSISTENCIA (NTP 339.035)	46
5.2 PESO UNITARIO (NTP 339.046).....	48
5.3 CONTENIDO DE AIRE (NTP 339.083)	50
5.4 EXUDACIÓN (NTP 339.077)	53
5.5 TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 339.082)	54
CAPITULO VI. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	57
6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (NTP 339.034)	57
6.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (NTP 339.084)	59
6.3 ABSORCION Y POROSIDAD (NTP 339.232).....	62
6.4 PERMEABILIDAD (NTC 4483)	65
CAPITULO VII. ANALISIS DE RESULTADOS	68
7.1 AGREGADOS.....	68
7.1.1 Agregado Fino.....	68
7.1.2 Agregado Grueso.....	68
7.2 ANALISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO	68
7.2.1 Consistencia (NTP 339.035)	68
7.2.2 Peso unitario (NTP 339.046).....	69
7.2.3 Contenido de aire (NTP 339.083).....	71
7.2.4 Exudación (NTP 339.077)	73
7.2.5 Tiempo de fraguado (NTP 339.082)	75
7.3 ANALISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO.	80
7.3.1 Resistencia a la Compresión Axial (NTP 339.034)	80
7.3.2 Modulo de elasticidad estático (N.T.P. 339.084)	86
7.3.3 Ensayo de absorción y Porosidad. (NTP 339.232)	88
7.3.4 Ensayo de Permeabilidad (NTC 4483)	92
7.3.5 Relación de la Resistencia a la compresión y la Permeabilidad..	94

CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFIA.....	100
ANEXOS.....	103
ANEXO A: AGREGADOS.....	103
ANEXO B: TABLAS DE ENSAYOS DE POROSIDAD Y PERMEABILIDAD.....	110
ANEXO C: PANEL FOTOGRAFICO.....	118

RESUMEN

El objetivo del desarrollo de la tesis “EFECTO DE ADITIVO IMPERMEABILIZANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CON CEMENTO PORTLAND DEL TIPO I Y TIPO ICo” ha sido determinar la influencia del aditivo Chema 1 Impermeabilizante en las propiedades mecánicas del concreto usando cemento Sol Tipo I y cemento Inka Tipo Ico. Se elaboraron 480 especímenes cilíndricos con cemento Portland Tipo I y Tipo Ico, con los cuales se elaboraron especímenes patrones y con el aditivo Chema 1 Impermeabilizante, con dosificaciones de 4.0%, 4.5% y 5.0% del peso del cemento, los especímenes fueron ensayados a los 3, 7 y 28 días. Se elaboraron 64 especímenes, para obtener el coeficiente de permeabilidad mediante el ensayo de penetración de agua bajo presión, utilizando la Norma Colombiana NTC 4483.

Los ensayos realizados de los agregados Fino y Grueso, de estos se hicieron los ensayos del % de humedad, % de Absorción, el PUS y PUC, los resultados nos definieron el diseño patrón. Usando cemento Portland Tipo I para $a/c = 0.40$, la resistencia a la compresión se reduce hasta un 7.12% y el coeficiente de permeabilidad hasta el 61.29% y para $a/c = 0.50$, la resistencia a compresión se reduce hasta el 11.45% y el coeficiente de permeabilidad hasta 58.81%, con el uso del cemento Portland Tipo Ico para $a/c = 0.40$, se obtuvo que la resistencia a la compresión se reduce hasta un 6.34% y el coeficiente de permeabilidad hasta un 64.42% y para $a/c = 0.50$, la resistencia a la compresión se reduce hasta un 8.28% y el coeficiente de permeabilidad hasta un 62.20%. Se concluyó que al usar el cemento Portland Tipo Ico se obtuvieron mejores resultados en cuanto a la variación de la resistencia y a la impermeabilidad del concreto. El uso del aditivo Chema 1 Impermeabilizante con el cemento Portland Tipo ICo, se recomienda su uso para evitar humedades y prolongar su durabilidad.

Palabras claves: Cemento Portland Tipo I y Tipo ICo, aditivo Chema 1 impermeabilizante, permeabilidad y resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The objective of the development of the thesis " **EFFECT OF WATERPROOFING ADDITIVE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF TYPE I AND ICo PORTLAND CEMENT CONCRETE**" has been to determine the influence of Chema 1 Waterproofing additive on the mechanical properties of concrete using Sol Cement Type I and Inka cement Type Ico. 480 cylindrical specimens were elaborated with Portland cement Type I and Type Ico, with which standard specimens were elaborated and with Chema 1 Waterproofing additive, with dosages of 4.0%, 4.5% and 5.0% of the weight of the cement, the specimens were tested at 3, 7 and 28 days. 64 specimens were prepared to obtain the permeability coefficient by means of the water penetration test under pressure, using the Colombian Standard NTC 4483.

The tests carried out on the Fine and Coarse aggregates, of these the tests of the % of humidity, % of Absorption, the PUS and PUC were made, the results defined the pattern design. Using Type I Portland cement for $w/c = 0.40$, the compressive strength is reduced to 7.12% and the permeability coefficient to 61.29% and for $w/c = 0.50$, the compressive strength is reduced to 11.45%. and the permeability coefficient up to 58.81%, with the use of Type Ico Portland cement for $a/c = 0.40$, it was obtained that the compressive strength is reduced up to 6.34% and the permeability coefficient up to 64.42% and for $a/c = 0.50$, the compressive strength is reduced to 8.28% and the permeability coefficient to 62.20%. It was concluded that when using Type Ico Portland cement, better results were obtained in terms of the variation of the resistance and the impermeability of the concrete. The use of the Chema 1 Waterproofing additive with Type ICo Portland cement is recommended to avoid humidity and prolong its durability.

Keywords: Portland Cement type I and type Ico, Chema 1 waterproofing additive, permeability and compressive strength.

PRÓLOGO

En las últimas décadas, en el Perú con el aumento de la población y consigo el aumento de construcciones de edificaciones, se presenta el problema de la poca durabilidad de las construcciones que se ven afectadas por la humedad que se genera y esto afecta a los aceros donde al aumentar su volumen producido por la oxidación, donde se llegan a producir grietas y roturas en las estructuras de concreto.

En la búsqueda de dar soluciones que permitan reducir la permeabilidad y así aumentar la durabilidad del concreto, se van desarrollando tipos de cemento con adiciones y Aditivos Impermeabilizantes que permitan una mayor durabilidad del concreto.

Dada su gran importancia, la presente investigación va dirigida a estudiantes, Ingenieros, constructores y público en general, en el cual comparto los conocimientos adquiridos y puedan renovar su visión sobre la mejora del Concreto en la construcción.

ASESOR

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla N° 2.1: Clasificación de la permeabilidad del concreto de acuerdo a la NTC 4483.....	10
Tabla N° 3.1: Propiedades físicas del cemento Portland Tipo I - SOL	15
Tabla N° 3.2: Propiedades físicas del Portland Tipo ICo - INKA.	16
Tabla N° 3.3 Capacidad de la medida	17
Tabla N° 3.4 Límites granulométricos del agregado fino.....	19
Tabla N° 3.5: Límites granulométricos para el agregado grueso.....	20
Tabla N° 3.6: Límites granulométricos del agregado global	21
Tabla N° 3.7: Resumen de las propiedades físicas del agregado fino	22
Tabla N° 3.8: Resumen de las propiedades físicas del agregado grueso.	22
Tabla N° 3.9: Granulometría del agregado fino.....	23
Tabla N° 3.10: Granulometría del agregado grueso.....	24
Tabla N° 3.11: Resultados del ensayo de máxima compactación para el A. G.	25
Tabla N° 3.12: Granulometría del Agregado G. con la relación A/P de 50/50	26
Tabla N° 4.1 Resultados de ensayo de compactación.....	29
Tabla N° 4.2 Agua vs Slump, a/c=0.4.	30
Tabla N° 4.3: Compresión axial, a/c=0.40.....	31
Tabla N° 4.4: Diseño de mezcla, a/c=0.4.	33
Tabla N° 4.5: Agua vs Slump, a/c=0.5.	33
Tabla N° 4.6: Resultado a la compresión axial, a/c=0.5.....	34
Tabla N° 4.7: Diseño de mezcla, a/c=0.50.....	36
Tabla N° 4.8: Diseño de mezcla, a/c=0.4.....	37
Tabla N° 4.9: Diseño de mezcla, a/c=0.5.....	37
Tabla N° 4.10: Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 4%.....	38
Tabla N° 4.11: Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 4.5%.....	38
Tabla N° 4.12: Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 5%.....	39
Tabla N° 4.13: Diseño de mezcla, a/c=0.5 + 4%.....	40
Tabla N° 4.14: Diseño de mezcla, a/c=0.5 + 4.5%.....	41
Tabla N° 4.15: Diseño de mezcla, a/c=0.5 + 5%.....	41
Tabla N° 4.16: Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 4%.....	42
Tabla N° 4.17: Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 4.5%.....	43
Tabla N° 4.18: Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 5%.....	44
Tabla N° 4.19: Diseño de mezcla, a/c=0.5 + 4%.....	44

Tabla N° 4.20: Diseño de mezcla, $a/c=0.5 + 4.5\%$	45
Tabla N° 4.21: Diseño de mezcla, $a/c=0.5 + 5\%$	45
Tabla N° 5.1: Ensayo de asentamiento, Usando Cemento Tipo I.	46
Tabla N° 5.2: Ensayo de asentamiento, Usando Cemento Tipo ICo.	47
Tabla N° 5.3: Ensayo de Peso Unitario, Usando Cemento Tipo I.	49
Tabla N° 5.4: Ensayo de Peso Unitario, Usando Cemento Tipo ICo.	50
Tabla N° 5.5: Ensayo de Contenido de Aire, Usando Cemento Tipo I.	51
Tabla N° 5.6: Ensayo de Contenido de Aire, Usando Cemento Tipo ICo.	52
Tabla N° 5.7: Ensayo de Contenido de Aire, Usando Cemento Tipo I.	53
Tabla N° 5.8: Ensayo de Contenido de Aire, Usando Cemento Tipo ICo.	54
Tabla N° 5.9: Ensayo de Tiempo de Fragua, Usando Cemento Tipo I.....	55
Tabla N° 5.10: Ensayo de Tiempo de Fragua, Usando Cemento Tipo ICo.....	56
Tabla N° 6.1: Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.....	57
Tabla N° 6.2: Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.....	58
Tabla N° 6.3: Modulo de elasticidad estático de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.	60
Tabla N° 6.4: Modulo de elasticidad estático de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.	61
Tabla N° 6.5: Absorción y Porosidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.....	62
Tabla N° 6.6: Absorción y Porosidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.....	64
Tabla N° 6.7: Permeabilidad de diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.	66
Tabla N° 6.8: Permeabilidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.....	67
Tabla N° 7.1: Porcentaje de variación del asentamiento - Cemento Tipo I.....	69
Tabla N° 7.2: Porcentaje de variación del asentamiento - Cemento Tipo ICo ...	69
Tabla N° 7.3: Porcentaje de variación del asentamiento – $a/c=0.40$	70
Tabla N° 7.4: Porcentaje de variación del asentamiento – $a/c=0.50$	71
Tabla N° 7.5: Porcentaje de variación del Contenido de Aire– $a/c=0.40$	72
Tabla N° 7.6: Porcentaje de variación del Contenido de Aire – $a/c=0.50$	73
Tabla N° 7.7: Porcentaje de variación de exudación, $a/c=0.40$	74
Tabla N° 7.8: Porcentaje de variación de exudación, $a/c=0.50$	75
Tabla N° 7.9: Porcentaje de variación del tiempo fraguado inicial, $a/c=0.40$	76
Tabla N° 7.10: Porcentaje de variación tiempo de fraguado final, $a/c=0.40$	77
Tabla N° 7.11: Porcentaje de variación del tiempo fraguado inicial, $a/c=0.50$	78

Tabla N° 7.12: Porcentaje de variación del tiempo de fragua final, $a/c=0.50$	79
Tabla N° 7.13: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 3 días, $a/c=0.40$	80
Tabla N° 7.14: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 3 días – $a/c=0.50$	81
Tabla N° 7.15: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 días – $a/c=0.40$	82
Tabla N° 7.16: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 días – $a/c=0.50$	83
Tabla N° 7.17: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días – $a/c=0.40$	84
Tabla N° 7.18: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días – $a/c=0.50$	85
Tabla N° 7.19: Porcentaje de variación del módulo de elasticidad estático a los 28 días – $a/c=0.40$	86
Tabla N° 7.20: Porcentaje de variación del módulo de elasticidad estático a los 28 días – $a/c=0.50$	87
Tabla N° 7.21: Porcentaje de variación de absorción a los 28 días, $a/c=0.40$	88
Tabla N° 7.22: Porcentaje de variación de absorción a los 28 días, $a/c=0.50$	89
Tabla N° 7.23: Porcentaje de variación de porosidad a los 28 días, $a/c=0.40$	90
Tabla N° 7.24: Porcentaje de variación de porosidad a los 28 días, $a/c=0.50$	91
Tabla N° 7.25: Porcentaje de variación del coeficiente de permeabilidad a los 28 días, $a/c=0.40$	92
Tabla N° 7.26: Porcentaje de variación del coeficiente de permeabilidad a los 28 días – $a/c=0.50$	93
Tabla N° 7.27: Relación del coeficiente de Permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días. – $a/c=0.40$	94
Tabla N° 7.28: Relación del coeficiente de Permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días. – $a/c=0.40$	95
Tabla N° 7.29: Relación del coeficiente de Permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días. – $a/c=0.50$	96
Tabla N° 7.30: Relación del coeficiente de Permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días. – $a/c=0.50$	97

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura N° 1.1: Matriz de consistencia.....	4
Figura N° 2.1: Reducción de la Permeabilidad del concreto.	10
Figura N° 2.2: Absorción capilar de muestras de concreto.	11
Figura N°2.3 Muestra cilíndrica de concreto con penetración de agua por presión hidrostática.....	12
Figura N°2.4: Coeficiente permeabilidad al agua en función de relación a/c.....	13
Figura N°2.5 Poza de curado de muestras para diferentes ensayos.....	14
Figura N° 3.1: Granulometría del agregado fino.....	23
Figura N° 3.2: Granulometría del agregado grueso.....	24
Figura N° 3.3: Ensayo máxima compactación para el agregado global.	25
Figura N° 3.4: Granulometría del agregado global.....	26
Figura N° 4.1: Peso unitario compactado del agregado global.....	29
Figura N° 4.2: Resultado agua vs Slump, a/c=0.40.....	30
Figura N° 4.3: Resistencia a la compresión	31
Figura N° 4.4: Superposición PUC vs $f'c$	32
Figura N° 4.5: Resultado agua vs Slump, a/c=0.5.....	34
Figura N° 4.6: Resistencia a la compresión axial.....	35
Figura N° 4.7: Superposición PUC vs $f'c$	36
Figura N° 5.1: Ensayo de asentamiento, Usando Cemento Tipo I.	47
Figura N° 5.2: Ensayo de asentamiento, Usando Cemento Tipo ICo.....	48
Figura N° 5.3: Ensayo de Peso Unitario, Usando Cemento Tipo I.	49
Figura N° 5.4: Ensayo de Peso Unitario, Usando Cemento Tipo ICo.....	50
Figura N° 5.5: Ensayo de Contenido de Aire, Usando Cemento Tipo I.	49
Figura N° 5.6: Ensayo de Contenido de Aire, Usando Cemento Tipo ICo.....	50
Figura N° 5.7: Ensayo de Exudación, Usando Cemento Tipo I.	51
Figura N° 5.8: Ensayo de Exudación, Usando Cemento Tipo ICo.....	52
Figura N° 5.9: Ensayo de Tiempo de Fragua, Usando Cemento Tipo I.....	55
Figura N° 5.10: Ensayo de Tiempo de Fragua, Usando Cemento Tipo ICo	54
Figura N° 6.1: Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.....	58
Figura N° 6.2: Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.....	59
Figura N° 6.3: Modulo de elasticidad estático de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.....	60

Figura N° 6.4: Modulo de elasticidad estático de diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.....	61
Figura N° 6.5: Absorción de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.	63
Figura N° 6.6: Porosidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.	63
Figura N° 6.7: Absorción de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo..64	
Figura N° 6.8: Porosidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo. 65	
Figura N° 6.9: Permeabilidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.....	66
Figura N° 6.10: Permeabilidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.....	67
Figura N° 7.1: Porcentaje de variación del Peso Unitario con respecto al concreto patrón – $a/c=0.40$	70
Figura N° 7.2: Porcentaje de variación del peso Unitario con respecto al concreto patrón – $a/c=0.50$	71
Figura N° 7.3: Porcentaje de variación del Contenido de Aire con respecto al concreto patrón – $a/c=0.40$	72
Figura N° 7.4: Porcentaje de variación del Contenido de Aire con respecto al concreto patrón – $a/c=0.50$	73
Figura N° 7.5: Porcentaje de variación de Exudación, con respecto al concreto al concreto patron - $a/c=0.40$	72
Figura N° 7.6: Porcentaje de variación de Exudación, con respecto al concreto patrón – $a/c=0.50$	75
Figura N° 7.7: Porcentaje de variación del tiempo de fragua inicial, con respecto al concreto patrón – $a/c=0.40$	76
Figura N° 7.8: Porcentaje de variación del tiempo de fragua final, con respecto al concreto patrón – $a/c=0.40$	77
Figura N° 7.9: Porcentaje de variación del tiempo de fragua inicial, con respecto al concreto patrón – $a/c=0.50$	78
Figura N° 7.10: Porcentaje de variación del tiempo de fragua final, con respecto al concreto patrón – $a/c=0.50$	79
Figura N° 7.11: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 3 días con respecto al concreto patrón – $a/c=0.40$	80
Figura N° 7.12: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 3 días con respecto al concreto patrón – $a/c=0.50$	81
Figura N° 7.13: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 días con respecto al concreto patrón – $a/c=0.40$	82
Figura N° 7.14: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 días con respecto al concreto patrón – $a/c=0.50$	83
Figura N° 7.15: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al concreto patrón – $a/c=0.40$	84

Figura N° 7.16: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50.	85
Figura N° 7.17: Porcentaje de variación del módulo de elasticidad estático a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40.	86
Figura N° 7.18: Porcentaje de variación del módulo de elasticidad estático a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50.	87
Figura N° 7.19: Porcentaje de variación de la absorción a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40.	88
Figura N° 7.20: Porcentaje de variación de la absorción a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50.	89
Figura N° 7.21: Porcentaje de variación de la porosidad a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40.	90
Figura N° 7.22: Porcentaje de variación de la porosidad a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50.	91
Figura N° 7.23: Porcentaje de variación del coeficiente de permeabilidad a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40.	92
Figura N° 7.24: Porcentaje de variación del coeficiente de permeabilidad a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50.	93
Figura N° 7.25: Resistencia a la compresión vs coeficiente de Permeabilidad vs porcentajes de aditivo Chema 1 impermeabilizante.	94
Figura N° 7.26: Resistencia a la compresión vs coeficiente de Permeabilidad vs porcentajes de aditivo Chema 1 impermeabilizante.	95
Figura N° 7.27: Resistencia a la compresión vs coeficiente de Permeabilidad vs porcentajes de aditivo Chema 1 impermeabilizante.	96
Figura N° 7.28: Resistencia a la compresión vs coeficiente de Permeabilidad vs porcentajes de aditivo Chema 1 impermeabilizante.	97

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En los últimos años, diversos productos químicos han sido incorporados como reductores de la permeabilidad del concreto. Entre ellos se encuentran los aditivos líquidos, que tienen propiedades hidrófobas que actúan obstruyendo la porosidad del concreto evitando así la absorción capilar interna, productos que se mezclan con los agregados secos para impermeabilizar (prevenir la humedad y salitre) en construcciones nuevas.

La necesidad de mantener la durabilidad de las estructuras llevo consigo investigaciones de adicionar aditivos al cemento, y estos primeros aditivos que se usaron fueron experimentar con clara de huevo y sangre, que tuvieron como fin ser incorporadores de aire y control de proceso de congelación. A partir del siglo XIX e inicios del siglo XX, se comenzaron a tener más avances sobre los aditivos para el concreto y se centraron en la reducción del agua, creando aditivos plastificantes, después con las investigaciones se crearon todo tipo de aditivos como incorporadores de aire, Acelerantes, impermeabilizantes, etc.

La permeabilidad del concreto siempre ha sido un problema constante, las estructuras de concreto están por lo general expuestas al contacto con suelos y aguas, los cuales suelen traer consigo sustancias naturales solubles que en determinadas concentraciones pueden afectar la estructura del concreto. El mecanismo de ataque al concreto parte por la difusión de las soluciones agresivas a través de la red de capilares y fisuras existentes en el concreto, por lo cual la impermeabilidad se vuelve un factor relevante en las características de durabilidad del concreto.

1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el Perú, la red de construcción de carreteras y edificaciones se han ido incrementando en el transcurrir de los años, generado más desarrollo a la población, ciudades., pero esto conlleva también a generar construcciones de viviendas en zonas con pocas garantías para su construcción, sin tener un estudio previo de suelos, estos casos son más comunes en zonas como Asentamientos humanos, provocando en un

breve lapso de tiempo deterioro en la construcción, producto de las condiciones que presentan.

En general, el concreto armado sufre distintos daños, causados por diversos agentes entre ellos tenemos físicos, biológicos, químicos y ambientales. Por lo cual, se producen patologías en el concreto algunas de ellas son: fisuras, eflorescencia, grietas, corrosión. (Posada, 2000). El concreto cumple un papel muy importante en las construcciones, en especial el concreto armado ya que contiene el acero que juntamente con el concreto brindan a las estructuras el poder soportar esfuerzo de tensión que pueden ocurrir, pero si en el acero de refuerzo se produjera la corrosión, esto producirá la pérdida de adherencia entre el acero y el concreto, generándose una disminución en la estabilidad de la estructura, pues se reduce la capacidad de resistencia.

Uno de los agentes que produce la corrosión del acero es la humedad, que se encuentra en el ambiente o en el suelo, ya que produce la famosa corrosión por carbonatación, pues al unirse la humedad con los gases contaminantes de la atmosfera, se genera un efecto muy perjudicial para el concreto. Por ejemplo, el dióxido de carbono (CO₂) al unirse con la humedad (agua), produce una reacción química, que al ingresar al concreto produce que el hidróxido de calcio que contiene el cemento se convierta en carbonato, disminuyendo así el pH del concreto (por debajo de 9.5), consecuentemente se genera la corrosión por carbonatación (Montani, 2000).

El aditivo impermeabilizante se usa con el objetivo de fabricar un concreto que disminuya su permeabilidad con el fin de impedir el paso de la humedad convertida en agua al interior de este y así evitar el fenómeno de la corrosión, además se prevé según fichas técnicas tener concretos más resistentes, mayor durabilidad, aplicación fácil, etc. (Silva, 2020).

Por otro lado, en el mercado nacional, tenemos diversos tipos de cemento portland como son del Tipo I y Tipo ICo, que diferencian entre sus especificaciones técnicas y precio en el mercado, el cliente, por lo general, compra el cemento a criterio propio, el cuál en muchos de los casos es por ser el más económico. Sin embargo, existe un cierto nivel de incertidumbre respecto a que si la adición de un impermeabilizante tiene el mismo efecto en ambos tipos de cemento. Determinar qué tipo de cemento tiene mejores

resultados al añadir impermeabilizantes será de gran utilidad al momento de tomar la decisión de cual comprar.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Principal

- Analizar la reducción de la permeabilidad del concreto incorporando aditivo impermeabilizante y cómo influye en las propiedades mecánicas del concreto con cemento Portland Tipo I y Tipo ICo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto del aditivo impermeabilizante en las propiedades mecánicas del concreto con cemento Portland del Tipo I y Tipo ICo.
- Determinar las propiedades físicas del concreto en estado fresco, con cemento Portland del Tipo I y Tipo ICo.
- Realizar el estudio comparativo con los resultados obtenidos del concreto en estado fresco y endurecido, con cemento Portland del Tipo I y Tipo ICo.

1.4 ALCANCES DE INVESTIGACIÓN.

El alcance de la presente comprende el uso del aditivo impermeabilizante para obtener una mayor durabilidad del concreto, en los cuales se utilizó agregados de la cantera Trapiche, y aditivo impermeabilizante.

Este estudio permitirá obtener información del comportamiento mecánico del concreto tradicional y el concreto impermeable. Asimismo, se obtendrá información acerca de la utilización del aditivo Chema 1 Impermeabilizante, para la elaboración de concretos.

Para cumplir con los objetivos de la Tesis se planteará el diseño de mezclas de concreto con aditivo, usando dosificaciones en función al peso del cemento. Esperando contribuir con la investigación en el campo de la construcción y con posteriores Tesis de naturaleza similar.

1.5 MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACION			METODOLOGIA
			Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál es el efecto del aditivo impermeabilizante en las propiedades mecánicas del concreto con cemento Portland del tipo I y tipo ICo?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Analizar el efecto del aditivo impermeabilizante en las propiedades mecánicas del concreto con cemento Portland del tipo I y tipo ICo.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El efecto del aditivo impermeabilizante es significativo en las propiedades mecánicas del concreto. El porcentaje proporcionado colabora a una dosificación adecuada. Esta adición influye en el cemento portland del tipo I y tipo ICo, de esta forma es un factor al momento de decidir el tipo de este material, que el cliente debe adquirir para realizar la construcción de su proyecto.</p>	<p>Aditivo impermeabilizante</p>	<p>Porcentaje de Aditivo</p>	<p>Gramos de aditivo</p>	<p>El método de investigación Según el énfasis de las variables, es de tipo experimental, ya que el estudio se basa en la descripción de las características de un diseño para estimar el efecto del aditivo impermeabilizante.</p>
<p>Problema Específicos</p> <p>a. ¿Cuál es el impacto del aditivo impermeabilizante en la resistencia a la compresión del concreto, Permeabilidad y elasticidad con cemento Portland del tipo I y tipo ICo?</p> <p>b. ¿Cuál es la diferencia de analizar el concreto con cemento Portland del tipo I y tipo ICo en estado fresco y endurecido con y sin la aplicación del aditivo?</p> <p>c. ¿Cuál es el desenlace de realizar el estudio comparativo de los resultados obtenidos del concreto con cemento Portland del tipo I y tipo ICo?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar el impacto del aditivo impermeabilizante en la resistencia a la compresión del concreto con cemento Portland del Tipo I y tipo ICo.</p> <p>Analizar el concreto con cemento Portland del tipo I y tipo ICo en estado fresco y endurecido con y sin la aplicación del aditivo.</p> <p>Realizar el estudio comparativo de los resultados obtenidos del concreto con cemento Portland del tipo I y tipo ICo</p>	<p>Hipótesis Específica</p> <p>El efecto del aditivo impermeabilizante no mejorara las propiedades mecánicas del concreto.</p> <p>El porcentaje proporcionado colabora a una dosificación adecuada, sobre todo en la trabajabilidad y la permeabilidad.</p> <p>El resultado obtenido del análisis comparativo con el aditivo impermeabilizante disminuirá la porosidad del concreto y mortero.</p>	<p>Propiedades mecánicas del concreto con cemento portland Tipo I y Tipo ICo.</p> <p>Propiedades físicas del concreto con cemento portland Tipo I y Tipo ICo.</p>	<p>Absorción</p> <p>Resistencia a la compresión</p> <p>Elasticidad</p> <p>Trabajabilidad</p> <p>Tiempo de Fraguado</p> <p>Peso Unitario</p> <p>Asentamiento</p> <p>Contenido de aire</p>	<p>Indicadores</p> <p>- Porcentaje de absorción</p> <p>- $f'c$</p> <p>- Kg/ cm^2</p> <p>- Consistencia.</p> <p>- Tiempo</p> <p>- Kg/m^3</p> <p>- pulgadas</p> <p>- Porcentaje (%)</p>	<p>Es de tipo descriptiva, ya que el estudio se basa en la descripción de las características de un diseño para estimar el efecto del aditivo impermeabilizante.</p> <p>Niveles de investigación: De carácter explicativo porque se encarga de buscar la razón de los hechos mediante relaciones de causa - efecto.</p> <p>Diseño del estudio: Experimental – longitudinal</p>

FIGURA N° 1.1: Matriz de consistencia. Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO II. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES REFERENCIALES

La historia del uso de químicos en concreto se remonta al ciclo XIX, tiempo después de que Joseph Aspdin patentó en Inglaterra el 21 de octubre de 1824 un producto llamado "cemento portland".

La primera adición de cloruro de calcio a los concretos fue registrada en 1873, a principios del siglo XIX se ensayó la incorporación de distintas sustancias al concreto para mejorar la impermeabilidad. En ese entonces se ensayó también la incorporación de polvos finos como endurecedores de la superficie del concreto.

En la década de 1960 se inició el uso masivo de aditivos plastificantes, que ahora en la actualidad son los más utilizados debido a su capacidad de reducción del agua de mezclado y por lo tanto obtener concretos más resistentes económicos y durables.

En la década de 1970 se introdujeron en Perú los primeros aditivos plastificantes revolucionando la tecnología del concreto, debido a sus beneficios en la trabajabilidad, resistencia y durabilidad de los concretos.

La construcción ha ido cambiando y evolucionando con el pasar del tiempo, desde sus inicios con construcciones básicas hasta edificios arquitectónicamente desafiantes. En la actualidad, se utilizan nuevos insumos y materiales que han hecho realidad la elaboración de estructuras anteriormente consideradas como imposibles. Por ello, toma relevancia los materiales de construcción para ejecutar los proyectos. En este sentido, el concreto es uno de los principales materiales en la realización de las construcciones. Por tanto, muchos autores han realizado estudios en donde buscan mejorar la aplicación de este a través de procedimientos y métodos, con la finalidad de mejorar su rendimiento en su empleabilidad. (Chipana, 2014).

Los primeros aditivos plastificantes se remontan a los años 30 mientras que los aditivos superplastificantes fueron fabricados por primera vez en Japón a mediados de los años 60, con la finalidad de producir concreto de alta resistencia y reducción en el contenido de agua. Abrams y Powers (1964), determinaron una relación entre la resistencia a la compresión y el contenido de agua. Por tanto, iniciaron estudios referentes a porosidad, relación a/c y la hidratación del cemento.

Esta investigación permitió mejorar la resistencia del concreto de manera significativa, pero el cemento de ese entonces y los primeros aditivos reductores de agua mostraban dificultades debido a que estaban compuestos a base de lignosulfatos que presentaba variaciones en su composición.

En los años 80, el uso de aditivos se extendió alrededor del mundo proporcionando mejoras en la productividad y tiempo de ejecución. Asimismo, estas mejoras dieron paso a un ahorro económico debido a que se reduce la cantidad de cemento y agua en la elaboración de construcciones. Además, no solo resultó como un beneficio para el sector de construcción sino también para el cuidado del medio ambiente, ya que se utiliza menos insumos de elementos no renovables.

Leyva y Orbegoso (2019), en su tesis “Estudio comparativo de los aditivos hidrófugos, por cristalización y bloqueadores de poros en la permeabilidad de morteros de cemento Tipo I”, los autores determinaron que el comportamiento de aditivos impermeabilizantes actúa de mejor manera por cristalización, obteniendo 11.20% en el grado de absorción representando una reducción del 22.08% en referencia al índice de vacíos permeables representando una disminución del 34.43%. En la capilaridad se obtuvo $1.21 \times 10^{-3} \text{ gr}/(\text{cm}^2 - \text{min})$ representando un descenso del 93.50%.

Limón (2016), en su tesis “Estudio sobre tecnologías aplicadas a las mezclas de concreto hidráulico para reducir su permeabilidad al agua e incrementar su durabilidad”, buscó identificar los cambios al utilizar tres tipos de aditivos reductores de impermeabilidad al incorporarlos al concreto. Los resultados de la investigación en la resistencia a compresión como a tensión indirecta son uniformes en concretos con ARP obteniendo un incremento del 5%. Asimismo, el aditivo reductor de permeabilidad KIM de Kryton ($8 \text{ Kg}/\text{m}^3$) tuvo mejor desempeño en comparación a otros aditivos.

Bornand (2012), en su tesis “Evaluación del desempeño de aditivos impermeabilizantes por cristalización como agentes promotores de la durabilidad del hormigón confeccionado con cementos Portland puzolánicos”, busca determinar el grado de mejoramiento de las propiedades de durabilidad usando aditivos de impermeabilización por cristalización en hormigones confeccionados con cemento Portland puzolánicos. Lo sobresaliente de este estudio es la dosificación de cemento. La dosis de aditivo impermeabilizantes fue de 0.8% con respecto a la dosis del cemento. La disminución del agua fue de 44%.

Oquendo (2015), en su tesis “Evaluación y selección de aditivos impermeabilizantes para concreto con resistencia de 450 Kg/cm^2 ”, determinó que la comparación de los diversos aditivos impermeabilizantes permitió descartar al aditivo SL debido a que se presenció la formación de espumo y otros inconvenientes en la dosificación y heterogeneidad. En el caso del aditivo PA (polvoriento) presento irregularidades en la resistencia a la compresión durante su elaboración.

2.1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Tacusi (2016), en su tesis “Estudio del concreto con aditivo impermeabilizante y cemento Portland tipo I” determinó la influencia del aditivo impermeabilizante “Crystal admix” en las propiedades del concreto fresco y endurecido usando cemento Portland tipo I y relaciones a/c de 0.45 y 0.50. Con Porcentajes de Aditivo de 2%, “2.5% y 3% en peso del material cementante. Asimismo, concluye que la resistencia a la compresión a 28 días aumenta hasta un 19.66% y 25.58% y la absorción disminuye en 14.60% y 20.07% en los diseños con a/c de 0.45 y 0.50 respectivamente.

Bustamante (2017), en su tesis “Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú”, contempló la implementación de la norma europea en el laboratorio LEDI-PUCP y capacitación al personal. Los resultados sirvieron para concluir que la permeabilidad varía exponencialmente respecto a la relación a/c. En este sentido, a menor relación de a/c menor permeabilidad. Asimismo, resaltó que el tiempo de curado húmedo es crucial para una baja permeabilidad.

Aite (2017), en su tesis “Estudio de las propiedades del concreto con aditivo reductor de permeabilidad y cemento Portland tipo V” determino para las mezclas de concreto con relaciones agua/cemento de 0.45 y 0.55, adicionando porcentajes de 2.5% y 3% del aditivo reductor de permeabilidad Crystal Admix, se consiguieron mejoras en el concreto pues aumenta la resistencia a la compresión axial hasta un 29% y disminuye su absorción en 40% para ambas relaciones a/c, en cuanto a las propiedades del concreto fresco aumenta su fluidez hasta en 5% y se obtuvo un retardo el tiempo de fraguado inicial y final.

Sota (2017), en su tesis “Influencia del aditivo Sika I y agregado chancado en la resistencia a la compresión y propiedades físicas en concreto de baja permeabilidad”, deduce que la adición del aditivo Sika-1 en 3% del peso del cemento incrementa la resistencia a la compresión en 42.29% respecto a la resistencia de diseño (210 Kg/cm^2) y disminuyó el coeficiente de permeabilidad de $5.91 \times 10^{-11} \text{ m/s}$ a $2.36 \times 10^{-11} \text{ m/s}$. Por tanto, se determinó que el 3% es la cantidad óptima de aditivo para generar mayor resistencia e impermeabilidad. A su vez, la porosidad se redujo de 11.01% a 6.92% y la absorción de 4.96% a 3.08%. Los cuales, son factores de importancia en la impermeabilización del concreto.

Nonajulca (2020), en su tesis “Estudio del concreto con el cemento Portland tipo ICO y aditivo impermeable”, determino para las mezclas de concreto con relaciones agua/cemento de 0.40 y 0.50, adicionando porcentajes de 2%, 2.5% y 3% del aditivo Sika sem impermeabilizante, la resistencia a la compresión a 28 días se reduce, en 83% y 86%, la absorción aumenta en 102% y 73%, en los diseños con a/c de 0.40 y 0.50 respectivamente.

Janampa (2021), en su tesis “Estudio de la permeabilidad del concreto con aditivo impermeabilizante aplicando la norma NTC 4483”, Determino para las mezclas de concreto con relaciones agua/cemento de 0.45, 0.50 y 0.55, se obtuvo que, el coeficiente de permeabilidad se reduce en los diseños con aditivo impermeabilizante hasta en un 93.91% frente a sus diseños patrones respectivos. Además, se observó un incremento de la resistencia a la compresión y tracción indirecta de hasta 17.97% y 12.71% respectivamente, asimismo la absorción disminuye hasta un 15.73%.

En los Antecedentes investigativos, nos dan como resultado que, con la adición de un aditivo impermeabilizante, tendremos una menor permeabilidad y un aumento en la resistencia a la compresión, para cada relación de a/c, en los diseños, respecto al concreto patrón. Salvo con el cemento tipo ICo, que dan diferentes resultados, como una mayor permeabilidad y menor resistencia cuando usamos el aditivo impermeabilizante.

Entonces para la presente Tesis se propuso hacer una comparativa de dos tipos de cemento, tipo I y tipo ICo con un aditivo impermeabilizante, Adicionando para el caso del cemento tipo Ico, el ensayo de permeabilidad con la NTC 4483, ya que nos mencionan que para el tipo de cemento ICo, la permeabilidad aumenta y la

resistencia disminuye., así determinar qué tipo de cemento tiene mejores resultados al añadir el aditivo impermeabilizante y este a su vez será de gran utilidad al momento de tomar la decisión de cual cemento utilizar ya que en el mercado nacional, tenemos diversos tipos de cemento portland como el caso del tipo I y tipo ICo, que diferencian entre sus especificaciones técnicas, por lo general en las construcciones de viviendas se compra el cemento a criterio propio, el cuál en muchos de los casos, es por ser el más económico. Sin embargo, existe un cierto nivel de incertidumbre respecto a que si la adición de un impermeabilizante tiene el mismo efecto en ambos tipos de cemento.

2.2 PERMEABILIDAD DEL CONCRETO

La permeabilidad del concreto es la capacidad de éste para resistir al paso de fluidos o gases a través de su estructura y esta resistencia es una función directa de la porosidad del material que a su vez está directamente relacionado a la homogeneidad de la mezcla. En estructuras que están en contacto permanente con agua o destinadas a la contención de agua, la permeabilidad del concreto es la responsable de garantizar la durabilidad y correcto funcionamiento de las estructuras de concreto. Al tener un concreto baja permeabilidad, éste es menos vulnerable a los ataques físicos, químicos y biológicos que sufre durante su vida útil, ya que evita de mejor manera la presencia de líquidos y gases en el interior del concreto.

La permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo. La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende de tres factores básicos:

- Porosidad del material.
- Densidad del fluido considerado
- presión a la que está sometido el fluido.



FIGURA N° 2.1: Reducción de la Permeabilidad del concreto.
Fuente: Sika mexicana, 2013

La permeabilidad se mide sobre medios saturados. En el caso del concreto, éste debe estar saturado para poder medir la permeabilidad en términos de m/s.

TABLA N° 2.1: Clasificación de la permeabilidad del concreto de acuerdo con la NTC 4483.

Determinación	Unidad	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Coefficiente de permeabilidad al agua	m/s	$< 10^{-12}$	10^{-12} a 10^{-10}	$> 10^{-10}$
Profundidad de penetración	mm	< 30	30 a 60	> 60

Fuente: Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, 1998.

2.2.1 Coeficiente de Permeabilidad (Ecuación de Valenta).

De acuerdo con la Norma EN 12390-8 el resultado final del ensayo es la medida de la profundidad máxima de penetración del agua, no obstante, este valor no permite determinar directamente la permeabilidad. Por ello se usó la ecuación de Valenta para calcular el coeficiente de permeabilidad basado en la profundidad de penetración.

El uso de la ecuación de Valenta requiere el incremento en masa de cada espécimen a medir con precisión para determinar la fracción de volumen de poros en el concreto (porosidad) lo cual no es parte de la EN 12390-8". La fórmula de Valenta es la siguiente:

$$K = \frac{P^2 V}{2TH}$$

E.c 2.1

Donde:

K: coeficiente de permeabilidad

P: profundidad de penetración (m)

V: porosidad del concreto. (%)

T: tiempo de ensayo (seg)

H: presión

2.2.2 Absorción capilar

Al ser el concreto un material poroso y contar con una red de poros en su interior, podemos decir que la absorción capilar es más rápida que la penetración de agua bajo presión; pero se debe aclarar que la absorción capilar solo será posible en medios secos o parcialmente saturados. A medida que el material se va saturando la velocidad de ingreso de agua por absorción capilar va disminuyendo hasta que se detiene cuando éste se encuentra totalmente saturado.



FIGURA N° 2.2: Absorción capilar de muestras de concreto.
Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Penetración de agua bajo presión

Para poder decir que una estructura se encuentra bajo presión de agua se debe cumplir con la premisa que una de las caras de la estructura se encuentra bajo presión de agua y la otra se encuentra libre de ésta, para poder determinar la

permeabilidad del concreto por penetración de agua se realizan cálculos que involucran el caudal que atraviesa dicha estructura en un tiempo determinado; la profundidad de penetración de agua en el concreto y el coeficiente de permeabilidad.



FIGURA N°2.3 Muestra cilíndrica de concreto con penetración de agua por presión hidrostática.
Fuente: Elaboración Propia

2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO.

En la práctica existen varios factores que influyen en la permeabilidad del concreto desde su etapa de producción, transporte y colocación. Estos factores serán determinantes a la hora que la estructura de concreto entre en servicio y sea capaz de mantener sus propiedades en toda su vida útil. A continuación, mencionamos factores que afectan directamente a la permeabilidad del concreto:

- Relación agua/cemento.
- Porosidad.
- Curado del concreto.

2.3.1 Relación agua/cemento

La relación agua/cemento en el concreto hace referencia a la cantidad de agua por unidad de cemento que forman la pasta, los estudios demuestran que solo el 25% del volumen de agua es utilizado para hidratar el cemento y el resto se evapora dejando espacios libres que afecta directamente a la resistencia del

concreto siendo un factor que influye en la permeabilidad llegando a la conclusión de que a mayor relación agua-cemento, mayor será la permeabilidad del concreto.

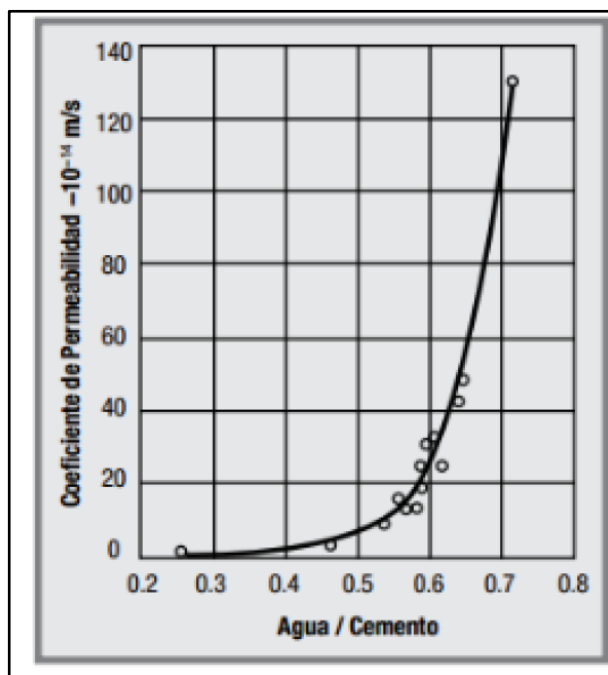


Figura N°2.4: Coeficiente de permeabilidad al agua en función de la relación a/c. Fuente: Mattio, M. (2014)

2.3.2 Porosidad

La porosidad en el concreto endurecido se da como consecuencia de la manipulación al momento de colocar el concreto (macro poros), del agua de mezclado que será utilizada en el proceso de hidratación (poros capilares) y de los poros entre los granos del cemento (poros gel). Siendo los dos primeros los que más influyen en la permeabilidad, por su tamaño y su facilidad a la hora de crear red de poros hasta al punto de crear micro fisuras que ayudaran a que el agua se transporte a través de ellos afectando las propiedades del concreto sobre todo si este se encuentra en constante contacto con el agua como es el caso de estructuras de contención de agua.

2.3.3 Curado del concreto

Otro factor importante que influye en la permeabilidad del concreto es el curado, una vez colocado el concreto es de vital importancia humedecerlo para que el

cemento continúe su proceso de hidratación dentro del concreto, mientras más tiempo este en contacto con el agua mayor será su resistencia y su durabilidad.

En cambio, si no lo curamos adecuadamente (T° del agua = $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$), el concreto perderá humedad debido a la evaporación del agua influyendo negativamente en la hidratación del cemento. Los poros dejados por el agua que se evaporo llegarán a afectar la permeabilidad cuando el concreto este expuesto a presión de agua y dependiendo de las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa y la velocidad del viento) y la temperatura del concreto, este podría llegar a fisurarse causando graves daños a la estructura y propiedades del concreto.



Figura N°2.5 Poza de curado de muestras para diferentes ensayos
Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO III. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

En el trabajo de investigación los materiales a emplear son: agregado grueso y agregado fino (procedentes de la cantera de Jicamarca), cemento SOL TIPO 1 y cemento INKA TIPO ICo, así como también el aditivo CHEMA 1 Impermeabilizante, que cumplen con sus respectivas normativas.

3.1 CEMENTO

El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que, amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua (Flores Alvarado, 2016)

El cemento utilizado es el cemento SOL Tipo I y cemento INKA Tipo ICo, procedente de la fábrica de Cementos lima y la fábrica de Cementos INKA. Estos cementos cumplen con la NTP 334.090 y ASTM C150.

Las Propiedades Físicas del cemento a utilizar se presentan en la Tabla N°3.1 y N°3.2

TABLA N° 3.1: Propiedades físicas del cemento Portland Tipo I - SOL

Parámetros	Unidades	Cemento SOL	Requisitos Tipo I NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de Aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión Autoclave	%	0.48	Máximo 0.8
Superficie Específica	m ² /kg	3991	Mínimo 2600
Densidad	g/ml	3.024	No Especifica
Tiempo de Fragua			
Inicial	min	91	Mínimo 45
Final	min	122	Máximo 375
Resistencia a la Compresión			
3 días	kg/cm ²	221	Mínimo 122
7 días	kg/cm ²	314	Mínimo 194
28 días	kg/cm ²	372	Mínimo 285*

*Requisito opcional.

Nota. Fuente: Propia.

TABLA N° 3.2: Propiedades físicas del Portland Tipo ICo - INKA.

Parámetros	Unidades	Cemento SOL	Requisitos Tipo ICo NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de Aire	%	6	12 max
Expansión Autoclave	%	0.10	0.80 max
Superficie Específica	cm ² /g	5800	No Especifica
Densidad	g/ml	3.080	No Especifica
Tiempo de Fragua			
Inicial	min	130	45 min
Final	min	380	420 max
Resistencia a la Compresión			
3 días	kg/cm ²	240	133 min
7 días	kg/cm ²	320	204 min
28 días	kg/cm ²	420	255 min

Nota. Fuente: Propia.

3.2. AGUA

Se podría usar cualquier tipo de agua para la elaboración del concreto solo que el agua sea natural y no presente estar contaminada, como también se podrían usar algunas aguas que no sean potables siguiendo las especificaciones de uso.

El agua que se utilizó para la presente investigación proviene de la Universidad Nacional de Ingeniería, específicamente del Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales. Para esta investigación se trabajó con un peso específico del agua de 1g/cm³.

3.3 AGREGADOS

3.3.1 Definición

Los agregados son los que conforman el esqueleto granular del concreto y representan aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto. En general, los agregados más usados son la arena y la piedra; y la calidad de estos agregados es de mucha importancia ya que puede limitar la resistencia del concreto como también perjudicar su durabilidad y su desempeño al que esté destinado.

En la fabricación del concreto, lo más común es trabajar los agregados por separado y diferenciados por el tamaño de la partícula; obteniéndose agregados con una división principal del tamaño de la partícula de 5mm (3/16 in) o malla N°4; y de esta manera se logra separar el agregado fino del agregado grueso.

- Agregado fino: Proviene de la desintegración natural o artificial de la roca, y que pasan por el tamiz de 3/8" y es retenido por el tamiz N°200.
- Agregado grueso: Es aquel que queda retenido por la malla N°4.

3.3.2 Propiedades físicas

Peso Unitario

Peso unitario suelto.

El ensayo de P.U.S. determina el peso del agregado que debe llenar un recipiente de volumen unitario. Para la realización del ensayo, se debe dejar caer suavemente el agregado dentro del recipiente hasta que se encuentre lleno, luego se procede a enrasarlo. Se usa la tabla N°1 de la norma para la utilización de la capacidad de medida.

A mayor peso específico de los agregados para una granulometría dada, mayor es el peso unitario del concreto. Por lo general, los agregados de perfil angular y textura rugosa tienen un menor peso unitario que los agregados redondeados y de textura suavizada. En la Tabla N° 3.3 se muestra la capacidad de los recipientes a usar según el tamaño máximo nominal del agregado.

TABLA N° 3.3 Capacidad de la medida

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO		CAPACIDAD DE LA MEDIDA	
mm	Pulgadas	L (m ³)	p ³
12.5	½	2.8 (0.0028)	1/10
25.0	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 ½	14.0 (0.014)	1/2
75.0	3	28.0 (0.028)	1
112.0	4 ½	70.0 (0.070)	2 1/2
150.0	6	100.0 (0.100)	3 1/2

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.017

$$P.U.S.= \frac{\text{Pesodelmaterial}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Peso unitario compactado. (PUC)

Este ensayo. Determina la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente en donde está contenido.

$$P.U.C.= \frac{\text{Pesodelmaterialcompactado}}{\text{Volumendelrecipiente}}$$

Peso específico (Pe)

La NTP 400.022 establece que esta propiedad física de los agregados se utiliza para el diseño de mezclas y también como un indicador de la calidad del agregado. Puesto que, a mayor peso específico, mejor es el comportamiento del agregado, mientras que menor peso específico le corresponde a agregados absorbentes y débiles.

En las Normas ASTM C-127 y C-128 nos dan un procedimiento estandarizado y son las siguientes:

- *Peso específico de masa:* Es definido por la norma ASTM E12
- *Peso específico de masa saturado superficialmente seco:* Está definido como la relación de la masa en el aire entre el volumen unitario, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables.
- *Peso específico aparente:* Está definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material.

Absorción (Abs)

La NTP 400.022 establece que es la capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y de secado superficial. Este valor es utilizado para los cálculos de la dosificación del concreto ya que se tomará en cuenta en la corrección del agua de mezclado.

Contenido de Humedad

La NTP 339.185 establece que es la cantidad de agua superficial que retiene el agregado en un momento determinado. Este dato es importante ya que con esto se realiza la corrección del agua de la mezcla y con ello variar la relación a/c; y esto a su vez influye en la resistencia y otras propiedades del concreto.

El contenido de humedad se expresa de la siguiente manera:

$$\%C.H = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}) * 100\%}{\text{Peso seco}}$$

Granulometría

Es la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados; para un mejor análisis se expresa en porcentajes. Se obtiene separando el material por los tamices estandarizados.

La norma ASTM C33 o NTP 400.037 establece los límites granulométricos de los agregados; para el agregado fino, estos límites deben estar comprendidos según la Tabla N° 3.4 y para el agregado grueso según la Tabla N° 3.5.

TABLA N° 3.4 Límites granulométricos del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que Pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	5 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10
75 µm (No. 200)	0 a 3

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.03.

TABLA N° 3.5: Límites granulométricos para el agregado grueso.

Huso	Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que Pasa (%)													
		100 mm (4 pulg.)	90 mm (3 1/2 pulg.)	75 mm (3 pulg.)	63 mm (2 1/2 pulg.)	50 mm (2 pulg.)	37.50 mm (1 1/2 pulg.)	25 mm (1 pulg.)	19 mm (3/4 pulg.)	12.50 mm (1/2 pulg.)	9.50 mm (3/8 pulg.)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	0.30 mm (No. 50)
1	90 mm a 37.50 mm (3 1/2 pulg. a 1 1/2 pulg.)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.50 mm (2 1/2 pulg. a 1 1/2 pulg.)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 pulg. a 1 pulg.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 pulg. a No. 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-	-
4	37.50 mm a 19 mm (1 1/2 pulg. a 3/4 pulg.)	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
467	37.50 mm a 4.75 mm (1 1/2 pulg. a No. 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-	-
6	25 mm a 12.50 mm (1 pulg. a 1/2 pulg.)	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-	-
56	25 mm a 9.50 mm (1 pulg. a 3/8 pulg.)	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 pulg. a No. 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-	-
6	19 mm a 9.50 mm (3/4 pulg. a 3/8 pulg.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 pulg. a No. 4)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 pulg. a No. 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-	-
8	9.50 mm a 2.36 mm (3/8 pulg. a No. 8)	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-	-
89	9.50 mm a 1.18 mm (3/8 pulg. a No. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5	-
9	4.75 mm a 1.18 mm (No. 4 a No. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	-

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

Para el análisis del agregado global se tienen límites granulométricos establecidos que se encuentran en la NTP 400.037, según se muestra en la Tabla N° 3.6.

TABLA N° 3.6: Límites granulométricos del agregado global

Tamiz	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados		
	Tamaño máximo nominal		
	37.5 mm (1 ½ pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	9.5 mm (⅜ pulg)
50 mm (2pulg)	100	-	-
37.5 mm (1 ½ pulg)	95 a 100	100	-
19.0 mm (¾ pulg)	45 a 80	95 a 100	-
12.5 mm (½ pulg)	-	-	100
9.5 mm (⅜ pulg)	-	-	95 a 100
4.75 mm (No. 4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36 mm (No. 8)	-	-	20 a 50
1.18 mm (No. 16)	-	-	15 a 40
600 µm (No. 30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (No. 50)	-	-	5 a 15
150 µm (No.100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

*Incrementar 10% para finos de roca triturada

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

Módulo de finura. (MF)

Establecido por Duff Abrams en el año 1925. El módulo de finura nos indica qué tan fino es un agregado, cuanto mayor sea el módulo de finura más grueso será el agregado.

Se obtiene con la sumatoria de porcentajes retenidos acumulados de la serie Standard hasta el Tamiz N° 100 y se divide entre 100.

$$M.F.= \frac{\sum\% (3''+1 \frac{1}{2}''+3/4''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

- Agregado fino

El agregado fino es procedente de la cantera Trapiche, y presenta las siguientes propiedades físicas en la Tabla N° 3.7.

TABLA N° 3.7: Resumen de las propiedades físicas del agregado fino

Descripción	Resultados	Unidad
Peso unitario suelto	1725	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1835	Kg/m ³
Peso específico	2558	Kg/m ³
Absorción	1.86	%
Contenido de humedad	0.61	%
Módulo de finura	2.91	-

Nota. Fuente: propia.

- Agregado grueso

El agregado fino es procedente de la cantera Trapiche, y presenta las siguientes propiedades físicas en la Tabla N° 3.8.

TABLA N° 3.8: Resumen de las propiedades físicas del agregado grueso.

Descripción	Resultados	Unidad
Peso unitario suelto	1412	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1528	Kg/m ³
Peso específico	2676	Kg/m ³
Absorción	0.69	%
Contenido de humedad	0.35	%
Módulo de finura	7.59	-

Nota. Fuente: Propia.

El desarrollo de los resultados obtenidos de las propiedades físicas de los agregados fino y grueso se encuentra más detallado en el Anexo A (pág. 140).

- Granulometría del agregado fino

Los cálculos y análisis granulométrico del agregado fino se muestran en la Tabla N° 3.9 y Figura N° 3.1, donde se determina que el agregado fino pertenece al Huso (C).

TABLA N° 3.9: Granulometría del agregado fino.

Malla	Muestra (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
3/8"	0	0	0	100.00
N°4	9.73	1.61	1.61	98.39
N°8	56.80	9.38	10.99	89.01
N°16	168.53	27.82	38.81	61.19
N°30	151.13	24.95	63.76	36.24
N°50	112.83	18.63	82.39	17.61
N°100	65.93	10.88	93.27	6.73
Fondo	40.77	6.73	100.00	0

Nota. Fuente: Propia.

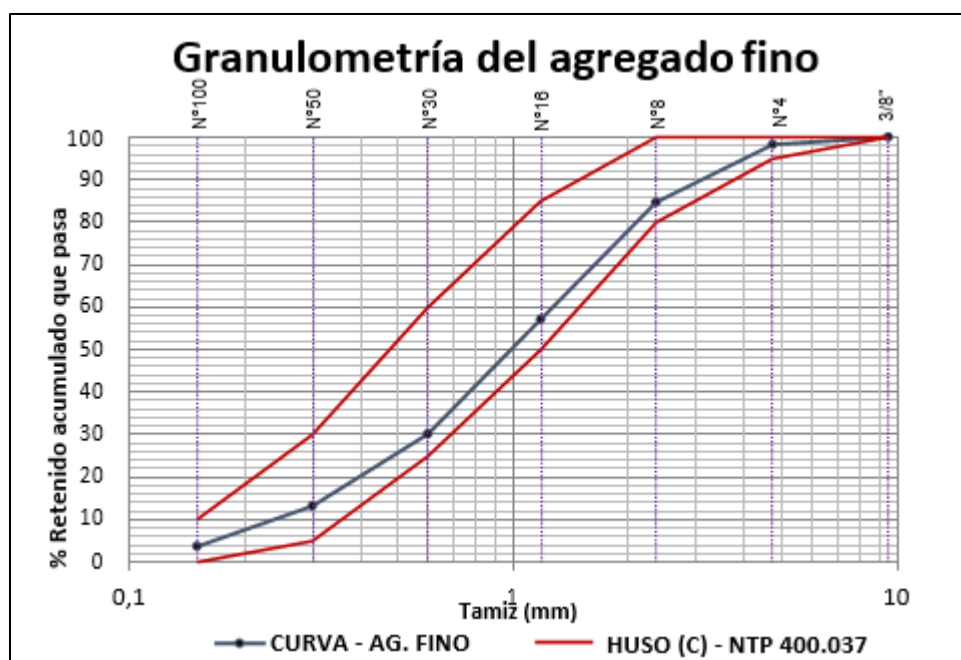


FIGURA N° 3.1: Granulometría del agregado fino. Fuente: Elaboración Propia

- Granulometría del agregado grueso

Los cálculos y análisis granulométrico del agregado grueso se muestran en la Tabla N° 3.10 y Figura N° 3.2, donde se determina que el agregado grueso pertenece al Huso (1"-1/2").

TABLA N° 3.10: Granulometría del agregado grueso.

Malla	Muestra (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1"	947.00	9.26	9.26	90.74
3/4"	5409.90	52.84	62.11	37.89
1/2"	3450.37	33.72	95.83	4.17
3/8"	195.43	1.92	97.75	2.25
1/4"	0	0	97.75	2.25
N°4	132.03	1.31	99.06	0.94
Fondo	94.87	0.94	100.00	0.0

Nota. Fuente: Propia.

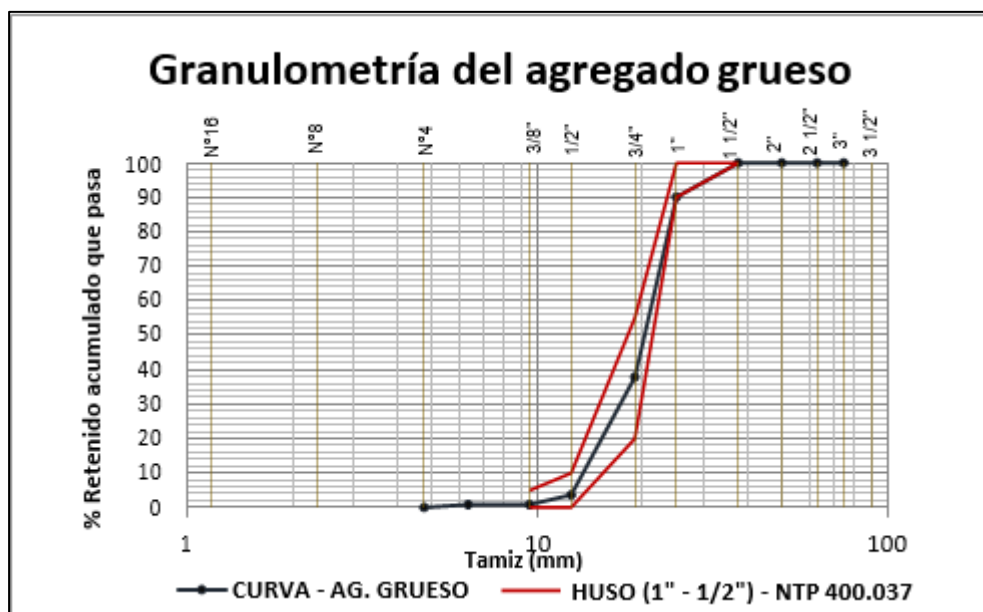


FIGURA N° 3.2: Granulometría del agregado grueso. Fuente: Elaboración Propia

Agregado global

El agregado global se obtiene mediante la combinación del agregado fino y grueso en porcentajes adecuados con la finalidad de obtener un concreto con mejores características (resistencia y durabilidad).

El parámetro que definirá la mejor combinación de los agregados será el Máximo Peso Unitario Compactado, para ello se realizan diferentes mezclas de arena y piedra variando en +/- 5% respectivamente. la Tabla N° 3.11 y el Figura N° 3.3 muestran que al emplear la proporción de Arena (50%) y Piedra (50%), se obtiene el máximo P.U.C.

TABLA N° 3.11: Resultados del ensayo de máxima compactación para el agregado global

PROPORCION DE AGREGADOS		P.U.C. (Kg/m ³)
ARENA (%)	PIEDRA (%)	
40	60	1927
45	55	1944
47	53	1954
50	50	1979
53	47	1963
55	45	1948
60	40	1929

Nota. Fuente: Propia.

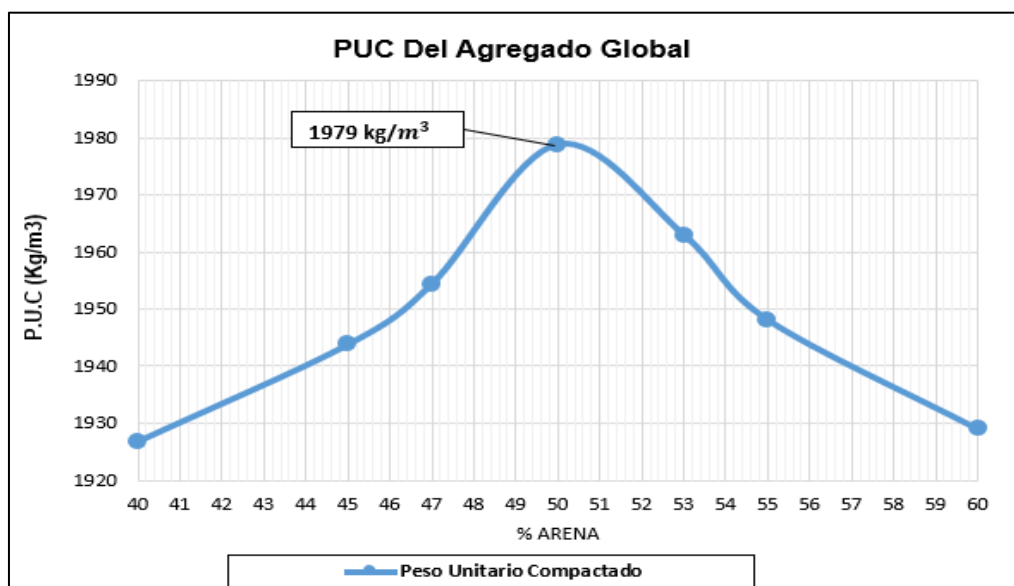


FIGURA N° 3.3: Ensayo máxima compactación para el agregado global.
 Fuente: Elaboración propia

- Granulometría del agregado global

Los cálculos y análisis granulométrico del agregado global se muestran en la Tabla N° 3.10 y Figura N° 3.4, donde se determina que el agregado global pertenece al Huso (1 1/2").

TABLA N° 3.12: Granulometría del agregado global con la relación A/P de 50/50

MALLA N°	RETEN. PIEDRA %	RETEN. ARENA %	RETEN. PIEDRA *P%	RETEN. ARENA *A%	RETEN. %	RETENIDO ACUMUL. %	RETENIDO ACUMUL. QUE PASA
1"	9.26	-	4.6	-	4.6	4.6	95.4
3/4"	52.88	-	26.4	-	26.4	31.1	68.9
1/2"	33.73	-	16.9	-	16.9	47.9	52.1
3/8"	1.91	-	1.0	-	1.0	48.9	51.1
1/4"	0	-	0.0	-	0.0	48.9	51.1
N°4	1.29	1.61	0.65	0.80	1.45	50.3	49.7
N°8	0.93	9.38	0.46	4.69	5.15	55.5	44.5
N°16	-	27.82	-	13.91	13.9	69.4	30.6
N°30	-	24.95	-	12.48	12.5	81.9	18.1
N°50	-	18.63	-	9.31	9.3	91.2	8.8
N°100	-	10.88	-	5.44	5.4	96.6	3.4
Fondo	-	6.73	-	3.37	3.4	100.0	0.0
TOTAL	100	100	50	50	100	MF = 5,25	0

Nota. Fuente: Propia.

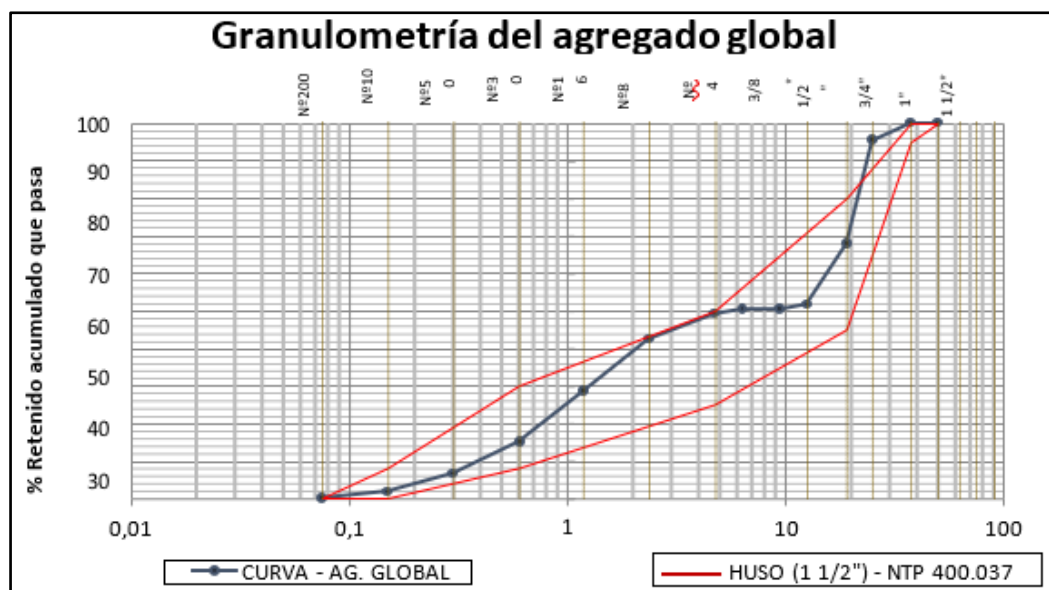


FIGURA N° 3.4: Granulometría del agregado global - A/P de 50/50. Fuente: Elaboración propia

3.4 ADITIVOS

Se define a un aditivo como un material distinto del agua, del agregado, o del cemento, el cual es utilizado como un componente del concreto y que se añade a este antes o durante el mezclado a fin de modificar una o algunas de sus propiedades (Rivva, L., 2014).

La norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar algunas de sus propiedades (Carahuatay G., 2018).

En el presente trabajo de investigación se ha empleado el Aditivo Chema 1 líquido impermeabilizante, de la Empresa CHEMA.

3.4.1 ADITIVO IMPERMEABILIZANTE

Es un aditivo impermeabilizante libre de cloruros que reduce la permeabilidad y aumenta la trabajabilidad del concreto obteniendo una reducción en la relación agua/cemento. Es apropiado para reservorios y tanques de agua potable.

Se usa para los siguientes tipos de concreto: El aditivo Chema 1 impermeabilizantes, se puede usar

- Cimentaciones
- Tanques de agua
- Sótanos
- Cisterna
- Piscinas
- Muros

CAPITULO IV. DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de mezcla que se usó, en este trabajo de investigación fue aquel que a través de una secuencia ordenada de procedimientos para calcular la cantidad de insumos a utilizar en el concreto. Se aplicaron criterios teóricos y experimentales según las especificaciones técnicas del concreto a realizar.

Además, se le incorpora el aditivo CHEMA 1 Impermeabilizante en las proporciones de 4%, 4.5% y 5%, a cada diseño patrón, de los dos tipos de Cemento a usar, variando la cantidad de agua según las proporciones establecidas.

4.1 DISEÑO DE MEZCLA UTILIZADO

El ensayo se obtiene el máximo peso unitario compactado, y mediante esto encontrar una proporción tentativa de agregados y obtener una reducción de vacíos en el concreto.

4.2 DETERMINACIÓN DE DISEÑO DE MEZCLAS

Según su ficha técnica, la dosificación recomendada para el aditivo Chema 1 impermeabilizante, esta entre 800 ml y 2400 ml sobre el peso del cemento, esto quiere decir que vendría ser entre 2% y 5.5% del peso del cemento.

4.3 DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN

Para obtener los diseños de mezcla patrón se utilizó la relación agua/ cemento de 0.40 y 0.50, para cada tipo de cemento, tomando en cuenta la combinación de agregados obtenidos por el método del Agregado Global

4.3.1 Ensayo de máxima compacidad

Con este ensayo se obtiene el máximo peso unitario compactado, y mediante esto encontrar una proporción tentativa de agregados y obtener una reducción de vacíos en el concreto.

El parámetro que definirá la mejor combinación de agregados será el máximo peso unitario compactado, para obtener esto se tomaron porcentajes de área y piedra con una variación porcentual de 5%, obteniéndose los siguientes resultados que se presenta en la Tabla N° 4.1 y Figura N° 4.1.

TABLA N° 4.1 Resultados de ensayo de compacidad.

PROPORCION DE AGREGADOS		P.U.C. (Kg/m ³)
ARENA (%)	PIEDRA (%)	
40	60	1927
45	55	1944
47	53	1954
50	50	1979
53	47	1963
55	45	1948
60	40	1929

Nota. Fuente: Propia.

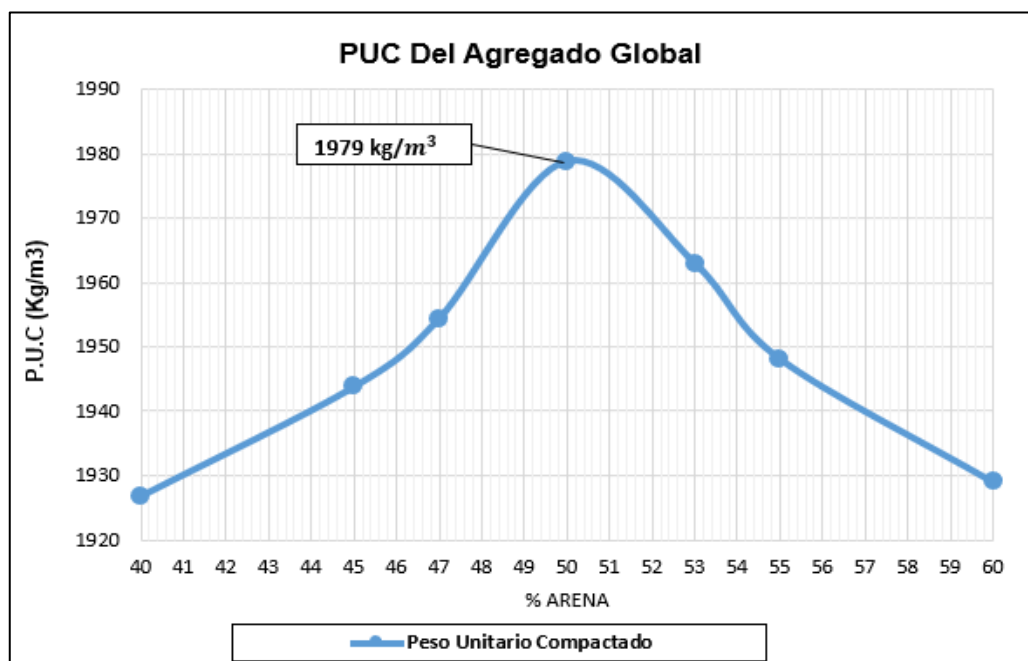


FIGURA N° 4.1: Peso unitario compactado del agregado global. Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 4.1 se observa que el máximo peso unitario compactado lo da la proporción de arena/piedra de 50/50. Luego de esto se procedió a realizar la metodología del diseño de mezclas, hallando el comportamiento de la resistencia de las proporciones cercanas a la de arena/piedra de 50/50.

4.3.2 Diseño de concreto patrón $a/c=0.4$ (Cemento Portland Tipo I)

A. Determinación de la cantidad de agua patrón

Se muestra la Tabla N°4.2, los valores de agua que se trabajó para obtener el asentamiento del concreto.

TABLA N° 4.2 Agua vs Slump, $a/c=0.4$.

Agua (L)	Slump (")
254	2.2
265	3.5
280	5.4

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N°4.2 se puede apreciar el incremento del Slump al aumentar la cantidad de agua.

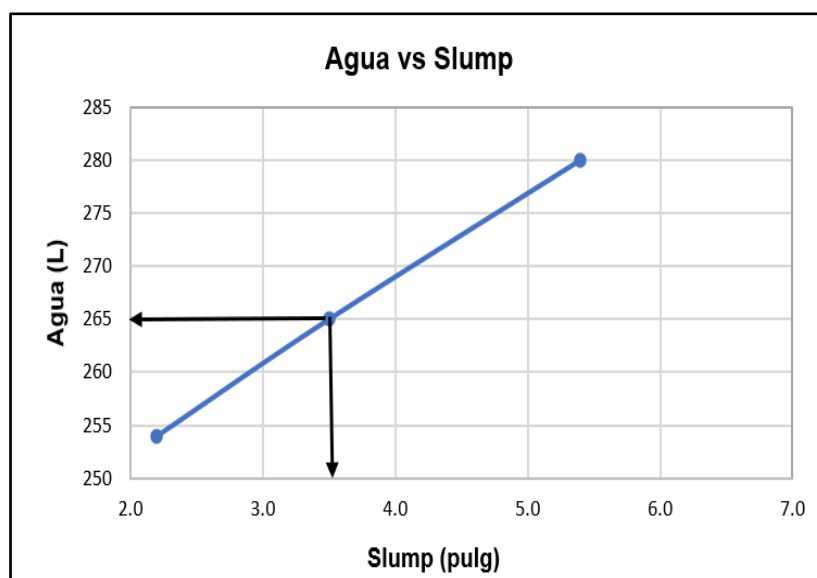


FIGURA N° 4.2: Resultado agua vs Slump, $a/c=0.40$. Fuente: Elaboración Propia.

B. Determinación de la óptima combinación de agregados

La óptima combinación de los agregados se logra con la determinación de la mejor resistencia a la compresión axial del concreto, para esto se modifica la proporción inicial en -3% y +3% a la arena, obteniendo los siguientes resultados (ver Tabla N° 4.3).

TABLA N° 4.3: compresión axial, a/c=0.40.

ARENA (%)	f'c (kg/cm ²)
44	336.30
47	362.23
50	354.75
53	380.35
56	348.60

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N°4.3 se puede apreciar la variación de la resistencia a la compresión con el incremento en porcentaje de la arena.

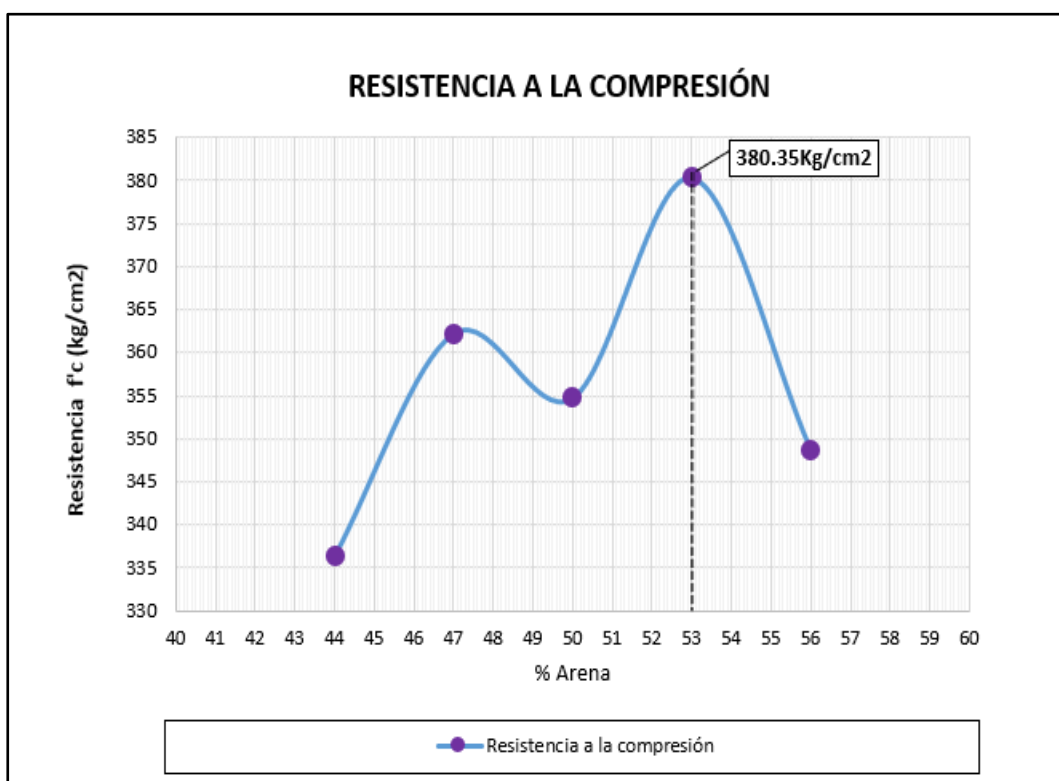


FIGURA N° 4.3: Resistencia a la compresión. Fuente: Elaboración Propia.

Después de obtener estos resultados, pasamos a superponer las gráficas de resistencia a la compresión y del peso unitario compactado, obteniendo una proporción de arena 53% y piedra 47%, para $a/c=0.40$, como se puede apreciar en la Figura N°4.4

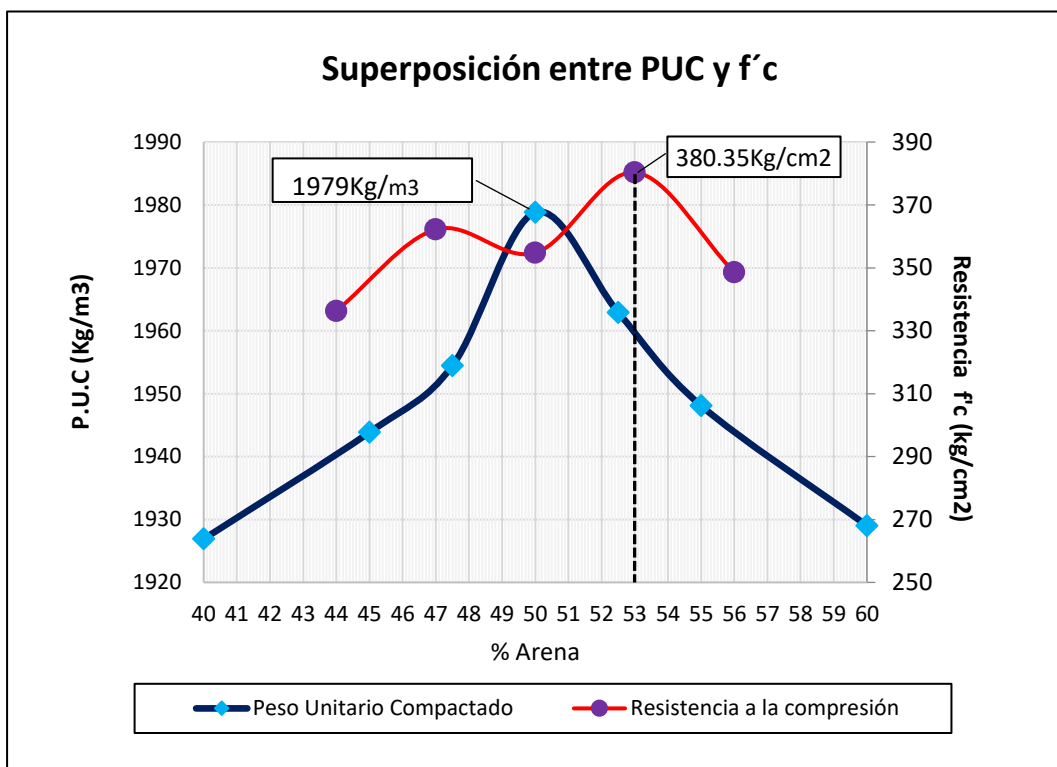


FIGURA N° 4.4: Superposición PUC vs f'c. Fuente: Elaboración Propia.

C. Diseño final de concreto patrón $a/c=0.4$

En la Tabla N°4.4 se presenta la proporción unitaria en peso del diseño de concreto patrón $a/c=0.4$ (mezcla patrón) dosificada para una unidad cubica de concreto.

TABLA N° 4.4: Diseño de mezcla, a/c=0.4.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	662.50	0.210	662.50	1	42.50	1
Agua	265.00	0.265	274.85	0.415	17.63	17.63
Arena	692.10	0.270	696.47	1.051	44.68	44.68
Piedra	641.26	0.240	643.33	0.971	41.27	41.27
aire	1.50	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.3.3 Diseño de concreto patrón a/c=0.5 (Cemento Portland Tipo I).

Se muestra la Tabla N°4.5, los valores de agua que se trabajó para obtener el asentamiento del concreto.

TABLA N° 4.5: Agua vs Slump, a/c=0.5.

Agua (L)	Slump (")
210	1.2
223	3.4
240	6.0

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N°4.5 se puede apreciar el incremento del Slump al aumentar la cantidad de agua.

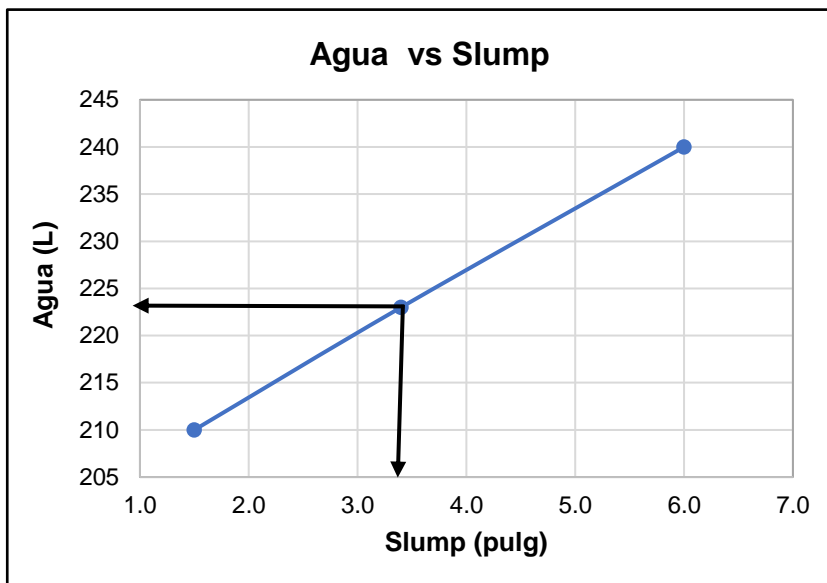


FIGURA N° 4.5: Resultado agua vs Slump, a/c=0.5. Fuente: Elaboración Propia.

La optima combinación de los agregados se logra con la determinación de la mejor resistencia a la compresión axial del concreto, para esto se modifica la proporción inicial en -3% y +3% a la arena, obteniendo los siguientes resultados (ver Tabla N° 4.6).

TABLA N° 4.6: Resultado a la compresión axial, a/c=0.5.

ARENA (%)	f'c (kg/cm ²)
47	289.8
50	335.7
53	339.6
56	317.3

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N°4.6 se puede apreciar la variación de la resistencia a la compresión con el incremento en porcentaje de la arena.

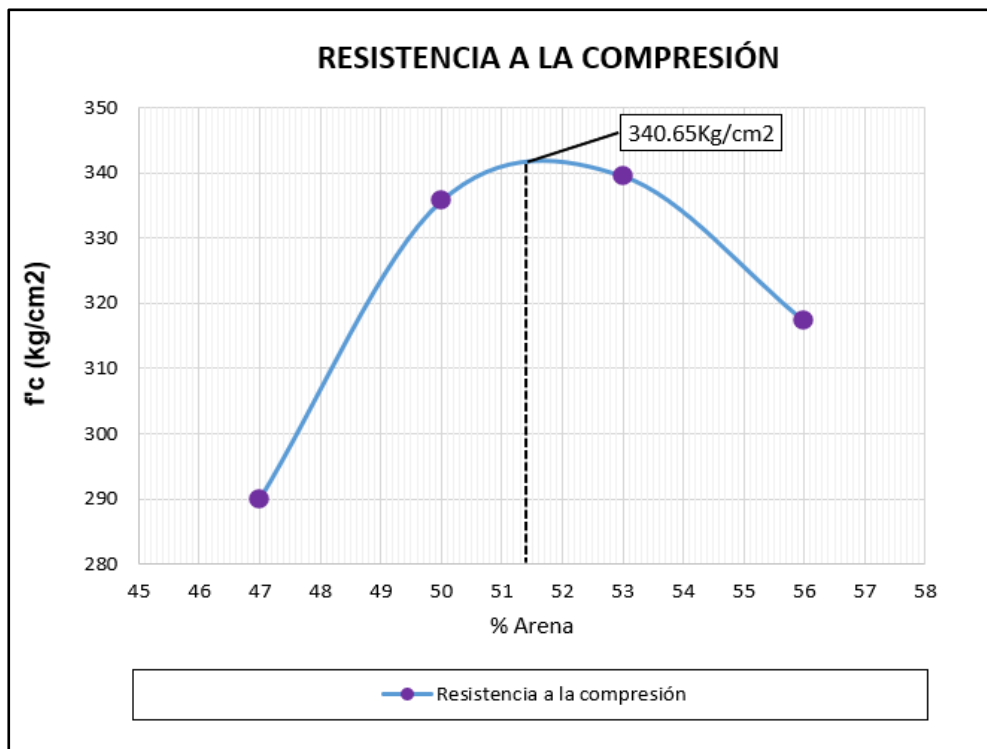


FIGURA N° 4.6: Resistencia a la compresión axial. Fuente: Elaboración Propia.

Después de obtener estos resultados, pasamos a superponer las gráficas de resistencia a la compresión y del peso unitario compactado, obteniendo una proporción de arena 53% y piedra 47%, para $a/c=0.40$, como se puede apreciar en la Figura N°4.7.

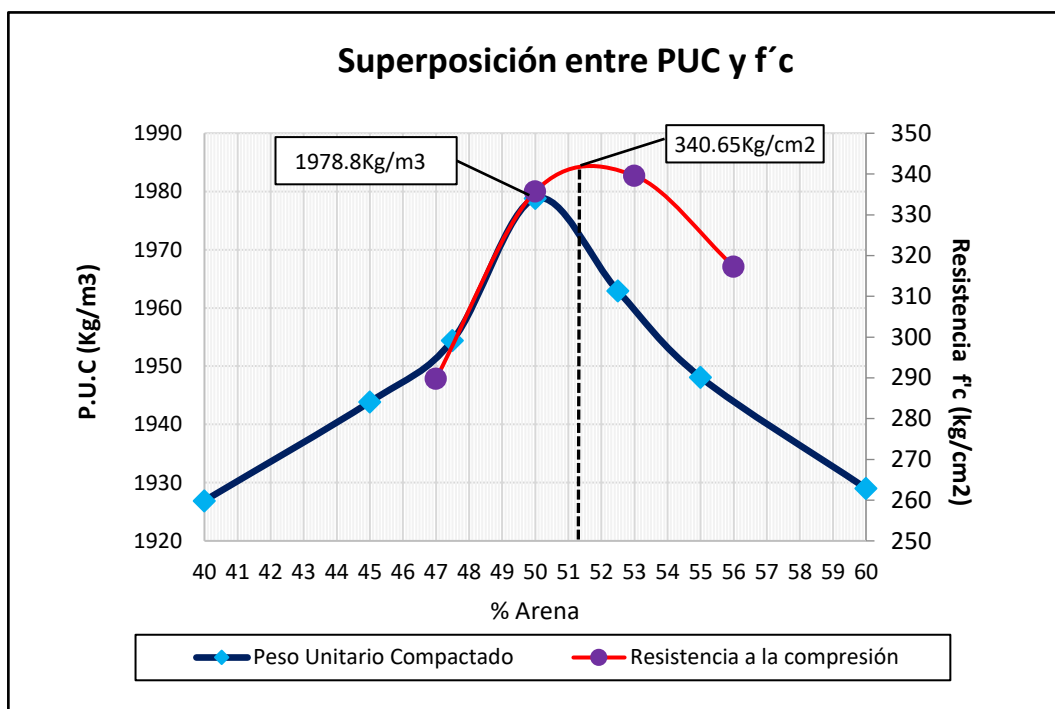


FIGURA N° 4.7: Superposición PUC vs f'c. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N°4.7 se presenta la proporción unitaria en peso del diseño de concreto patrón a/c=0.5 (mezcla 0.50 patrón) dosificada por unidad cubica de concreto.

TABLA N° 4.7: Diseño de mezcla, a/c=0.50.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	446.00	0.14	446.00	1	28.93	1
Agua	223.00	0.22	234.79	0.50	15.23	22.37
Arena	815.44	0.32	820.59	1.83	53.22	78.19
Piedra	808.81	0.30	811.42	1.81	52.63	77.32
aire	1.50	0.02	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

Se hizo el mismo procedimiento para los diseños del concreto patrón a/c=0.40 y a/c=0.50, usando cemento portland Tipo ICo.

4.3.4 Diseño de concreto patrón a/c=0.4 (Cemento Portland Tipo ICo).

En la Tabla N°4.8 se presenta la proporción unitaria en peso del diseño de concreto patrón a/c=0.4 (mezcla 0.40 patrón) dosificada por unidad cubica de concreto.

TABLA N° 4.8: Diseño de mezcla, a/c=0.4.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	575.00	0.19	575.00	1.00	37.33	1.00
Agua	230.00	0.23	240.90	0.42	15.64	17.81
Arena	760.07	0.30	764.86	1.33	49.66	56.53
Piedra	727.20	0.27	729.54	1.27	47.37	53.92
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.3.5 Diseño de concreto patrón a/c=0.5 (Cemento Portland Tipo ICo).

En la Tabla N°4.9 se presenta la proporción unitaria en peso del diseño de concreto patrón a/c=0.5 (mezcla 0.50 patrón) dosificada por unidad cubica de concreto.

TABLA N° 4.9: Diseño de mezcla, a/c=0.5.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	430.00	0.14	430.00	1	27.79	1
Agua	215.00	0.22	225.34	0.52	14.56	22.27
Arena	835.62	0.32	840.89	1.96	54.35	83.11
Piedra	821.82	0.31	824.47	1.92	53.29	81.49
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.4 DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN $a/c= 0.4$ MAS ADITIVO (Cemento Portland Tipo I)

Se parte del diseño del concreto patrón de $a/c=0.40$, y a este se le añade una dosificación de 4%, 4.5% y 5% del peso del cemento en la mezcla. Y así obtendremos los 3 diseños a trabajar (ver Tabla N°4.4).

4.4.1 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.4$ más 4%.

En este diseño de concreto se agregó un 4% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.40$, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.10.

TABLA N° 4.10: Diseño de mezcla, $a/c=0.4 + 4\%$.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	662.50	0.210	662.50	1	42.50	1
Agua	265.00	0.265	246.34	0.37	15.80	15.80
Arena	692.10	0.270	696.47	1.05	44.68	44.68
Piedra	641.26	0.240	643.33	0.97	41.27	41.27
aditivo	26.50	-	26.50	0.04	1.70	1.70
aire	1.50	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.4.2 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.4$ más 4.5%.

En este diseño de concreto se agregó un 4.5% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.40$, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.11.

TABLA N° 4.11: Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 4.5%.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	662.50	0.210	662.50	1	42.50	1
Agua	265.00	0.265	241.87	0.37	15.52	15.52
Arena	692.10	0.270	696.47	1.05	44.68	44.68
Piedra	641.26	0.240	643.33	0.97	41.27	41.27
aditivo	29.81	-	29.81	0.05	1.91	1.91
aire	1.50	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.4.3 Diseño de concreto patrón a/c= 0.4 más 5%.

En este diseño de concreto se agregó un 5% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de a/c=0.40, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.12.

TABLA N° 4.12 Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 5%.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	662.50	0.210	662.50	1	42.50	1
Agua	265.00	0.265	239.12	0.36	15.34	15.34
Arena	692.10	0.270	696.47	1.05	44.67	44.68
Piedra	641.26	0.240	643.33	0.97	41.27	41.27
aditivo	33.13	-	33.13	0.05	2.12	2.13
aire	1.50	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.5 DISEÑO DE CONCRETO PATRON $a/c= 0.5$ MAS ADITIVO (Cemento Portland Tipo I)

Se parte del diseño del concreto patrón de $a/c=0.50$, y a este se le añade una dosificación de 4%, 4.5% y 5% del peso del cemento en la mezcla. Y así obtendremos los 3 diseños a trabajar (ver Tabla N°4.7).

4.5.1 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.5$ más 4%.

En este diseño de concreto se agregó un 4% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.50$, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.13.

TABLA N° 4.13: Diseño de mezcla, $a/c=0.5 + 4\%$.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	446.00	0.14	446.00	1	28.95	1
Agua	223.00	0.22	214.84	0.48	13.95	20.47
Arena	815.44	0.32	820.59	1.84	53.27	78.19
Piedra	808.81	0.30	811.42	1.82	52.67	77.32
aditivo	17.84	-	17.84	0.04	1.16	1.70
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.5.2 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.5$ más 4.5%.

En este diseño de concreto se agregó un 4.5% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.50$, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.14.

TABLA N° 4.14: Diseño de mezcla, $a/c=0.5 + 4.5\%$.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	446.00	0.14	446.00	1.00	28.95	1.00
Agua	223.00	0.22	212.49	0.48	13.79	20.25
Arena	815.44	0.32	820.59	1.84	53.27	78.19
Piedra	808.81	0.30	811.42	1.82	52.68	77.32
aditivo	20.07	-	20.07	0.05	1.30	1.91
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.5.3 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.5$ más 5%.

En este diseño de concreto se agregó un 5% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.50$, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.15.

TABLA N° 4.15: Diseño de mezcla, $a/c=0.5 + 5\%$.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	446.00	0.14	446.00	1.00	28.94	1.00
Agua	223.00	0.22	211.31	0.47	13.71	20.14
Arena	815.44	0.32	820.59	1.84	53.25	78.19
Piedra	808.81	0.30	811.42	1.82	52.65	77.32
aditivo	22.30	-	22.30	0.05	1.45	2.13
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.6 DISEÑO DE CONCRETO PATRON $a/c=0.4$ MAS ADITIVO (Cemento Portland Tipo ICo).

Se parte del diseño del concreto patrón de $a/c=0.40$, y a este se le añade una dosificación de 4%, 4.5% y 5% del peso del cemento en la mezcla. Y así obtendremos los 3 diseños a trabajar (ver Tabla N°4.8).

4.6.1 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.4$ más 4%.

En este diseño de concreto se agregó un 4% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.40$, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.16.

TABLA N° 4.16: Diseño de mezcla, $a/c=0.4 + 4\%$.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	575.00	0.19	575.00	1.00	37.35	1.00
Agua	230.00	0.23	216.81	0.38	14.08	16.03
Arena	760.07	0.30	764.86	1.33	49.68	56.53
Piedra	727.20	0.27	729.54	1.27	47.39	53.92
aditivo	23.00	-	23.00	0.04	1.49	1.70
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.6.2 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.4$ más 4.5%

En este diseño de concreto se agregó un 4.5% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.40$, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.17.

TABLA N° 4.17: Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 4.5%.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	575.00	0.19	575.00	1.00	37.38	1.00
Agua	230.00	0.23	211.99	0.37	13.78	15.67
Arena	760.07	0.30	764.86	1.33	49.73	56.53
Piedra	727.20	0.27	729.54	1.27	47.43	53.92
aditivo	25.88	-	25.88	0.05	1.68	1.91
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.6.3 Diseño de concreto patrón a/c= 0.4 más 5%.

En este diseño de concreto se agregó un 5% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de a/c=0.40, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.17.

TABLA N° 4.18: Diseño de mezcla, a/c=0.4 + 5%.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	575.00	0.19	575.00	1.00	37.38	1.00
Agua	230.00	0.23	211.99	0.37	13.78	15.67
Arena	760.07	0.30	764.86	1.33	49.73	56.53
Piedra	727.20	0.27	729.54	1.27	47.43	53.92
aditivo	25.88	-	25.88	0.05	1.68	1.91
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.7 DISEÑO DE CONCRETO PATRON $a/c= 0.5$ MAS ADITIVO (Cemento Portland Tipo ICo)

Se parte del diseño del concreto patrón de $a/c=0.40$, y a este se le añade una dosificación de 4%, 4.5% y 5% del peso del cemento en la mezcla. Y así obtendremos los 3 diseños a trabajar (ver Tabla N°4.9).

4.7.1 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.5$ más 4%.

En este diseño de concreto se agregó un 4% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.50$, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.19.

TABLA N° 4.19: Diseño de mezcla, $a/c=0.5 + 4\%$.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m ³)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	430.00	0.14	430.00	1	27.83	1
Agua	215.00	0.22	205.06	0.48	13.27	20.27
Arena	835.62	0.32	840.89	1.96	54.42	83.11
Piedra	821.82	0.31	824.47	1.92	53.36	81.49
aditivo	17.20	-	17.20	0.04	1.11	1.70
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.7.2 Diseño de concreto patrón $a/c= 0.5$ más 4.5%.

En este diseño de concreto se agregó un 4.5% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de $a/c=0.50$, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.20.

TABLA N° 4.20: Diseño de mezcla, a/c=0.5 + 4.5%.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	430.000	0.140	430.000	1	27.830	1
Agua	215.00	0.22	202.78	0.52	13.12	20.04
Arena	830.74	0.32	835.98	1.73	54.10	82.63
Piedra	826.88	0.31	829.55	1.48	53.69	81.99
aditivo	19.35	-	19.35	0.03	1.25	1.91
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

4.7.3 Diseño de concreto patrón a/c= 0.5 más 5%.

En este diseño de concreto se agregó un 5% de aditivo Chema 1 impermeabilizante al diseño patrón de a/c=0.50, la cual se muestra en la siguiente Tabla N°4.21.

TABLA N° 4.21: Diseño de mezcla, a/c=0.5 + 5%.

Materiales	Diseño seco (kg)	Volumen absoluto (m3)	Diseño de obra (kg)	Diseño unitario de obra	Diseño en laboratorio (kg)	mezcladora (kg)
Cemento	430.00	0.14	430.00	1	27.83	1
Agua	215.00	0.22	200.55	0.47	12.98	19.82
Arena	835.62	0.32	840.89	1.96	54.43	83.11
Piedra	821.82	0.31	824.47	1.92	53.37	81.49
aditivo	21.50	-	21.50	0.05	1.39	2.13
aire	1.5	0.015	-	-	-	-

Nota. Fuente: Propia.

CAPITULO V. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Los ensayos que se realizaron para el concreto en estado fresco fueron: ensayo de asentamiento, el ensayo de peso unitario, el ensayo de contenido de aire, el ensayo de exudación y el ensayo del tiempo de fragua, este procedimiento se hizo para el Cemento Tipo I y Tipo ICo.

5. RESULTADOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Se muestran los resultados de los ensayos en estado fresco con sus respectivas figuras, en las siguientes líneas.

5.1 CONSISTENCIA (NTP 339.035)

Es la propiedad que tiene toda mezcla de concreto para mantenerse homogénea en un estado determinado en función del tiempo, también determina la facilidad del concreto para compactarse.

Este ensayo se mide el cono de Abrams, el cual consiste en compactar la mezcla de concreto en tres capas en un molde troncocónico para luego ser retirado y medir con la ayuda de una varilla lisa de 5/8" el asentamiento.

En la Tabla N.º 5.1 se presenta los asentamientos para los ocho tipos de concreto, en donde se mantiene el asentamiento dentro del rango de 3"-4".

TABLA N° 5.1 Ensayo de asentamiento, Usando
Cemento Tipo I.

TIPO DE CONCRETO	ASENTAMIENTO (pulg)
C. P. a/c=0.4	3.5
a/c=0.4 + 4%	3.5
a/c=0.4 + 4.5%	3.7
a/c=0.4 + 5%	4.0
C. P. a/c=0.5	3.4
a/c=0.5 + 4%	3.5
a/c=0.5 + 4.5%	3.7
a/c=0.5 + 5%	3.9

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.1 se presenta la relación del asentamiento con los ocho tipos de concreto.

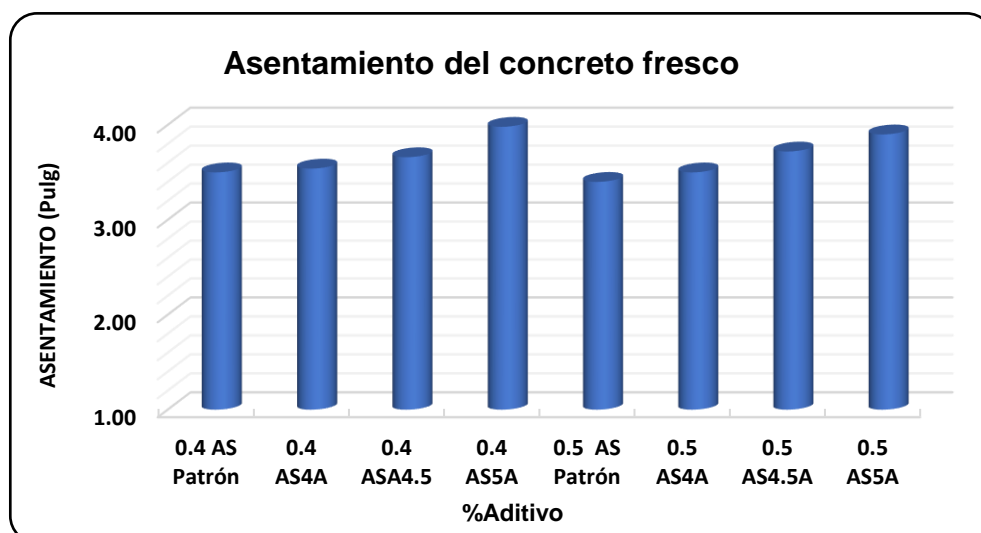


FIGURA N° 5.1: Ensayo de asentamiento, Usando Cemento Tipo I.
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N.º 5.2 se presenta los asentamientos para los ocho tipos de concreto, en donde se mantiene el asentamiento dentro del rango de 3"-4".

TABLA N° 5.2: Ensayo de asentamiento, Usando
Cemento Tipo ICo.

TIPO DE CONCRETO	ASENTAMIENTO (PULG)
C. P. a/c=0.4	3.5
a/c=0.4 + 4%	3.5
a/c=0.4 + 4.5%	3.7
a/c=0.4 + 5%	4.0
C. P. a/c=0.5	3.4
a/c=0.5 + 4%	3.5
a/c=0.5 + 4.5%	3.7
a/c=0.5 + 5%	3.9

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.2 se presenta la relación del asentamiento con los ocho tipos de concreto.

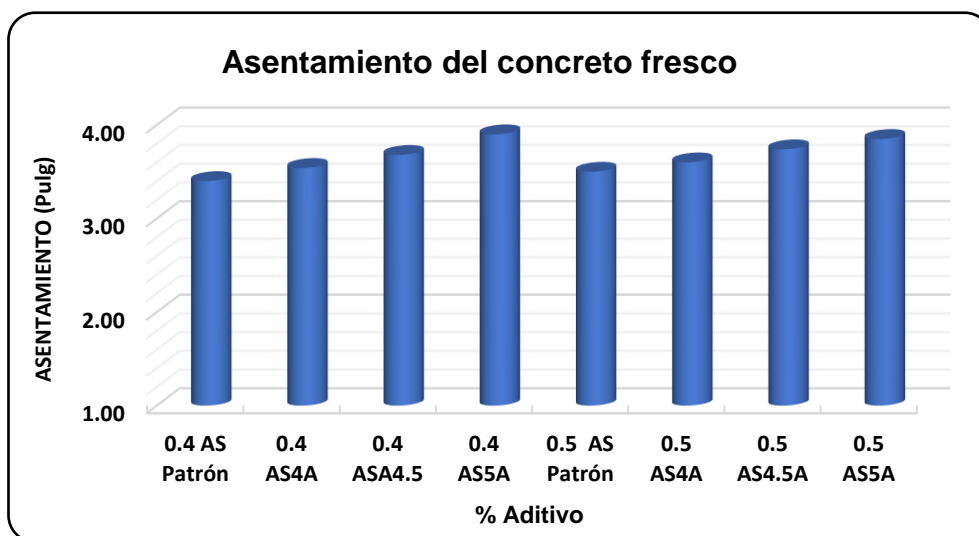


FIGURA N° 5.2: Ensayo de asentamiento, Usando Cemento Tipo ICo.
Fuente: Elaboración Propia.

5.2 PESO UNITARIO (NTP 339.046)

Se refiere al peso que tiene el concreto en un determinado volumen. Consiste en compactar una muestra de concreto en un recipiente normado, el cual se pesará para luego dividir entre el volumen ocupado.

En la Tabla N° 5.3 y N° 5.4 se presenta los resultados del ensayo de peso unitario, mientras que en la Figura N° 5.3 y N° 5.4 se muestra la relación del peso unitario para los ocho tipos de concreto.

TABLA N° 5.3: Ensayo de Peso Unitario,
Usando Cemento Tipo I.

TIPO DE CONCRETO	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
C. P. a/c=0.4	2325
a/c=0.4 + 4%	2333
a/c=0.4 + 4.5%	2342
a/c=0.4 + 5%	2350
C. P. a/c=0.5	2306
a/c=0.5 + 4%	2314
a/c=0.5 + 4.5%	2323
a/c=0.5 + 5%	2333

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.3 se presenta la relación del Peso Unitario con los ocho tipos de concreto.

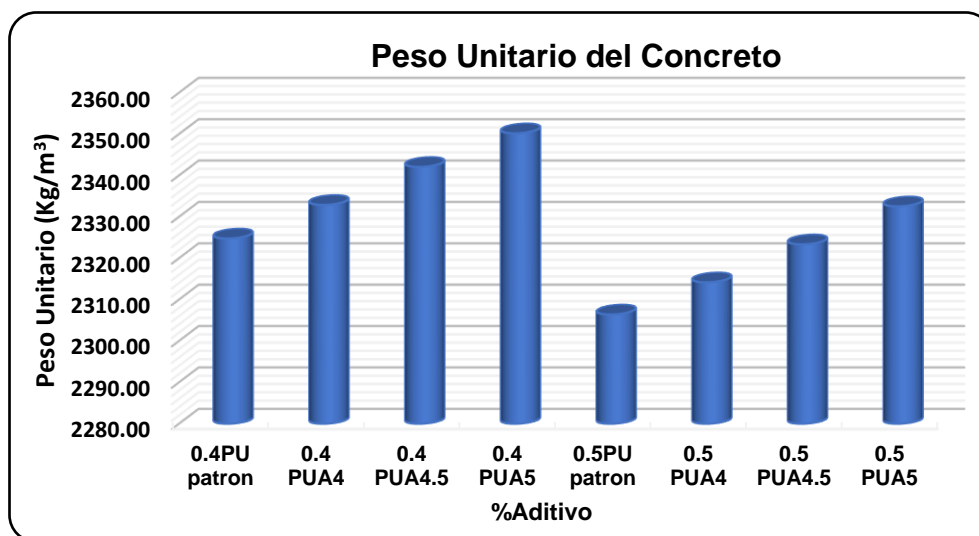


FIGURA N° 5.3: Ensayo de Peso Unitario, Usando Cemento Tipo I.
Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 5.4: Ensayo de Peso Unitario, Usando Cemento Tipo ICo.

TIPO DE CONCRETO	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
C. P. a/c=0.4	2318
a/c=0.4 + 4%	2321
a/c=0.4 + 4.5%	2334
a/c=0.4 + 5%	2340
C. P. a/c=0.5	2303
a/c=0.5 + 4%	2307
a/c=0.5 + 4.5%	2319
a/c=0.5 + 5%	2326

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.4 se presenta la relación del Peso Unitario, con los ocho tipos de concreto

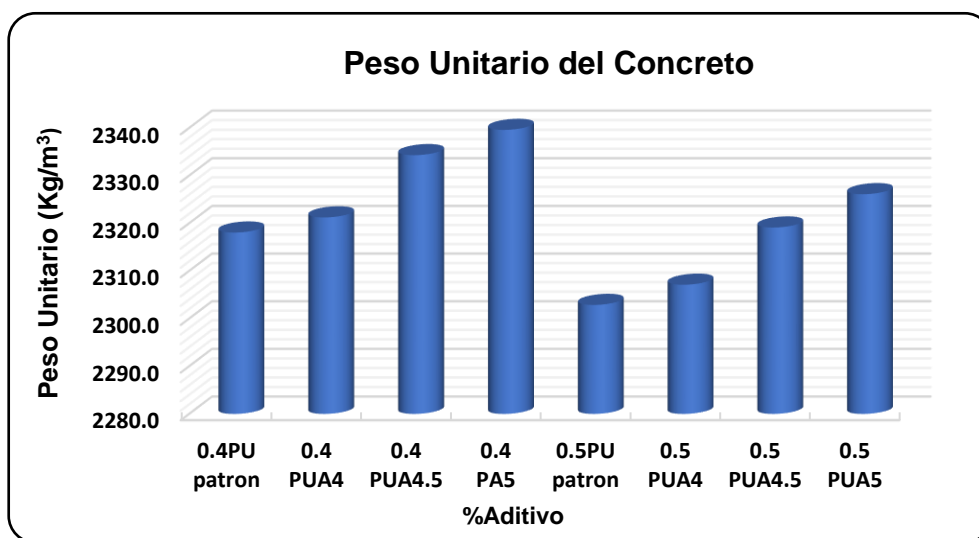


FIGURA N° 5.4: Ensayo de Peso Unitario, Usando Cemento Tipo ICo.
Fuente: Elaboración Propia.

5.3 CONTENIDO DE AIRE (NTP 339.083)

Este ensayo permite medir la cantidad de aire que existe en el concreto fresco expresado en porcentaje (%), con el objetivo de llevar un control de calidad del concreto, ya que el aire arrastrado genera grandes burbujas de aire accidental durante el proceso de la mezcla, transporte y colocación del concreto.

En la Tabla N° 5.5 se presenta los resultados del ensayo de contenido de aire, usando el Cemento Tipo I.

Tabla N° 5.5 Ensayo de Contenido de Aire,
Usando Cemento Tipo I.

TIPO DE CONCRETO	CONTENIDO DE AIRE (%)
C. P. a/c=0.4	1.5
a/c=0.4 + 4%	1.8
a/c=0.4 + 4.5%	2.0
a/c=0.4 + 5%	2.1
C. P. a/c=0.5	1.4
a/c=0.5 + 4%	1.7
a/c=0.5 + 4.5%	1.7
a/c=0.5 + 5%	1.8

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.5 se presenta la relación del Contenido de Aire, con los ocho tipos de concreto.

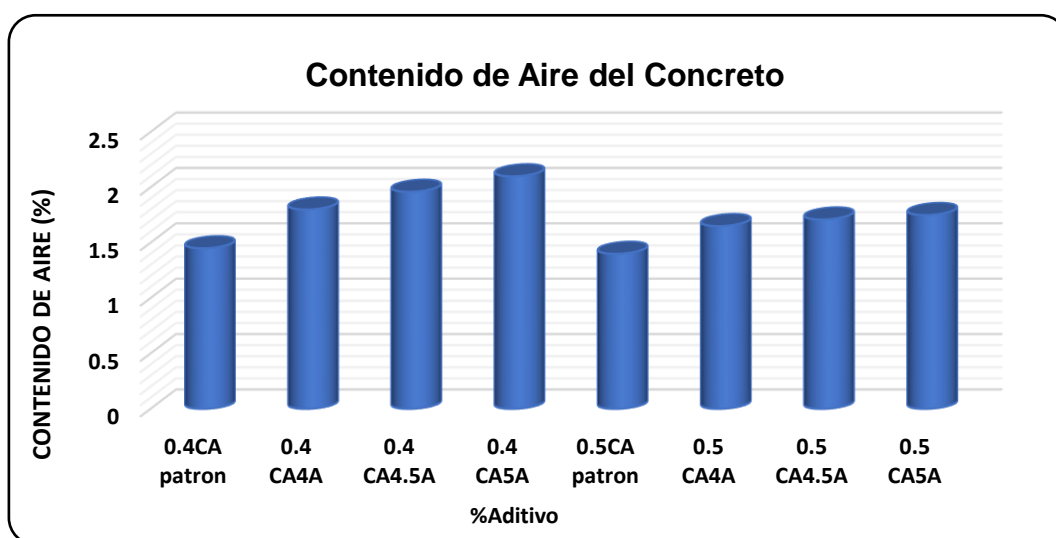


FIGURA N° 5.5: Ensayo de Contenido de Aire, Usando Cemento Tipo I.
Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 5.6 se presenta los resultados del ensayo de contenido de aire, usando el Cemento Tipo ICo.

TABLA N° 5.6: Ensayo de Contenido de Aire, Usando Cemento Tipo ICo.

TIPO DE CONCRETO	CONTENIDO DE AIRE (%)
C. P. a/c=0.4	1.4
a/c=0.4 + 4%	1.7
a/c=0.4 + 4.5%	1.9
a/c=0.4 + 5%	2.0
C. P. a/c=0.5	1.4
a/c=0.5 + 4%	1.6
a/c=0.5 + 4.5%	1.6
a/c=0.5 + 5%	1.7

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.6 se presenta la relación del Contenido de Aire, con los ocho tipos de concreto.

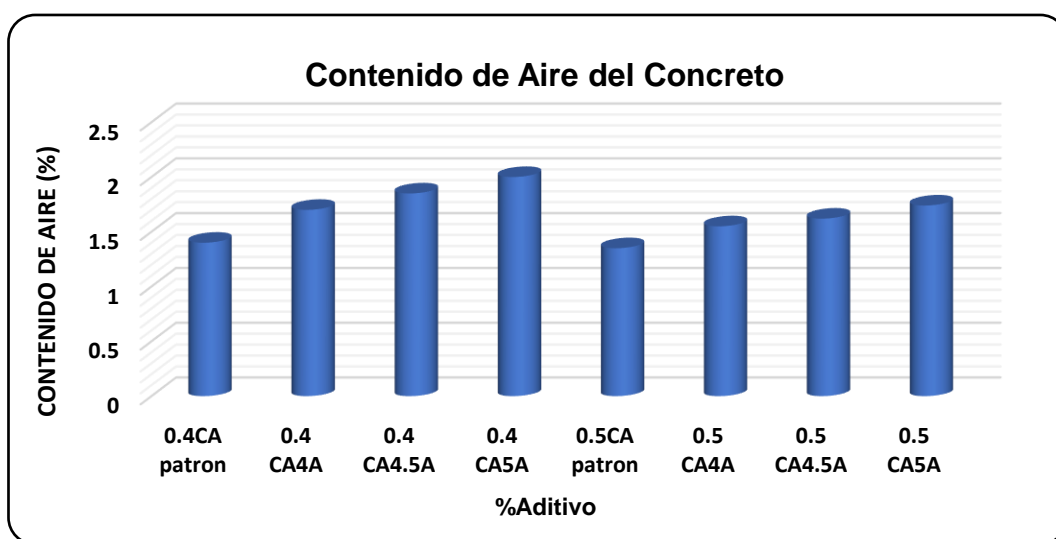


FIGURA N° 5.6: Ensayo de Contenido de Aire, Usando Cemento Tipo ICo.

Fuente: Elaboración Propia

5.4 EXUDACIÓN (NTP 339.077)

La exudación es una propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

En la Tabla N° 5.7 se presenta los resultados del ensayo de exudación.

Tabla N° 5.7 Ensayo de Contenido de Aire,
Usando Cemento Tipo I.

TIPO DE CONCRETO	EXUDACION (%)
C. P. a/c=0.4	1.67
a/c=0.4 + 4%	1.70
a/c=0.4 + 4.5%	1.76
a/c=0.4 + 5%	1.81
C. P. a/c=0.5	1.60
a/c=0.5 + 4%	1.67
a/c=0.5 + 4.5%	1.70
a/c=0.5 + 5%	1.82

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.7 se presenta la relación de la Exudación, con los ocho tipos de concreto.

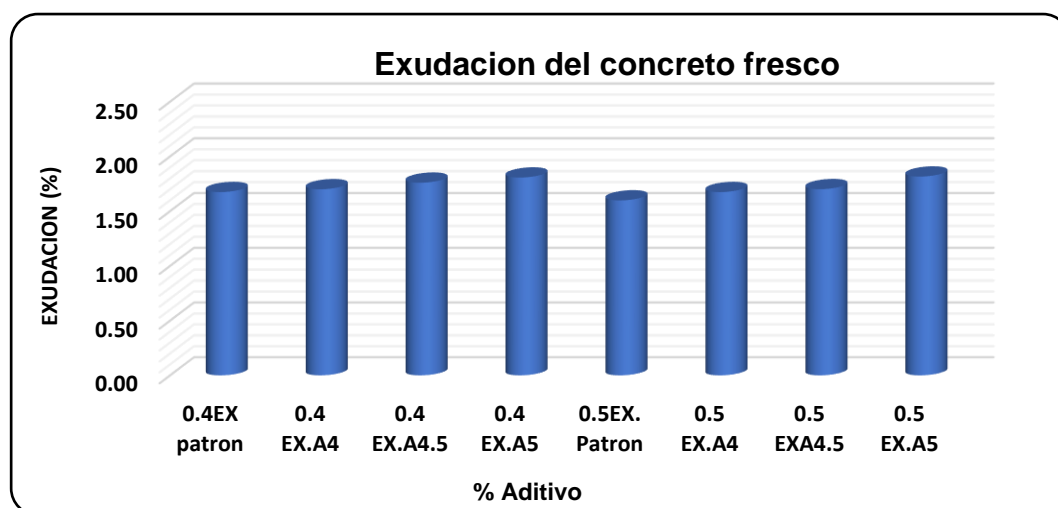


FIGURA N° 5.7: Ensayo de Exudación, Usando Cemento Tipo I.
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 5.8 se presenta los resultados del ensayo de exudación.

TABLA N° 5.8: Ensayo de Contenido de Aire,
Usando Cemento Tipo ICo.

TIPO DE CONCRETO	EXUDACION (%)
C. P. a/c=0.4	1.73
a/c=0.4 + 4%	1.80
a/c=0.4 + 4.5%	1.83
a/c=0.4 + 5%	1.89
C. P. a/c=0.5	1.87
a/c=0.5 + 4%	1.94
a/c=0.5 + 4.5%	2.00
a/c=0.5 + 5%	2.06

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.8 se presenta la relación de la Exudación, con los ocho tipos de concreto.

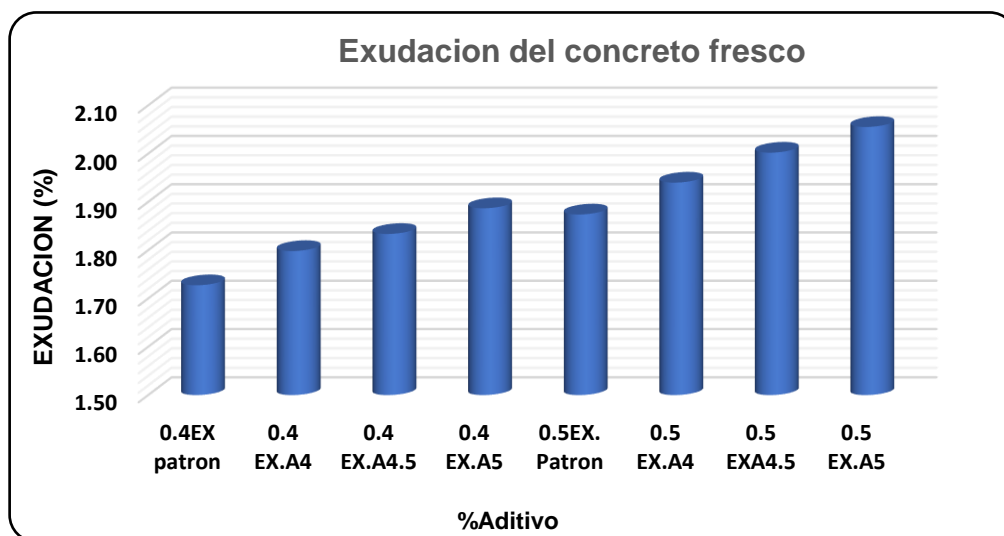


FIGURA N° 5.8: Ensayo de Exudación, Usando Cemento Tipo ICo.
Fuente: Elaboración Propia

5.5 TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 339.082)

Este ensayo se realiza por medio de la medida de la resistencia a la penetración de un mortero que es el resultado de tamizar el concreto por la malla N° 4 Este mortero se coloca en un recipiente y se mide la resistencia a la penetración producido en intervalos de tiempo regulares.

Cuando la resistencia a la penetración del mortero es de 500 lb/pulg², indicará el tiempo de fragua inicial y cuando la resistencia a la penetración sea de 4000 lb/pulg², indicará el tiempo de fragua final.

En la Tabla N° 5.9 se presenta los resultados del ensayo de tiempo de fragua inicial y final, usando cemento Tipo I.

TABLA N° 5.9: Ensayo de Tiempo de Fragua,
Usando Cemento Tipo I.

TIPO DE CONCRETO	TFI (h:m)	TFF (h:m)
C. P. a/c=0.4	05:49	08:02
a/c=0.4 + 4%	05:33	07:30
a/c=0.4 + 4.5%	05:37	07:46
a/c=0.4 + 5%	06:02	08:13
C. P. a/c=0.5	05:38	07:43
a/c=0.5 + 4%	05:20	07:35
a/c=0.5 + 4.5%	05:29	07:39
a/c=0.5 + 5%	05:49	08:05

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.9 se presenta la relación de la Tiempo de fragua, con los ocho tipos de concreto., usando cemento Tipo I.

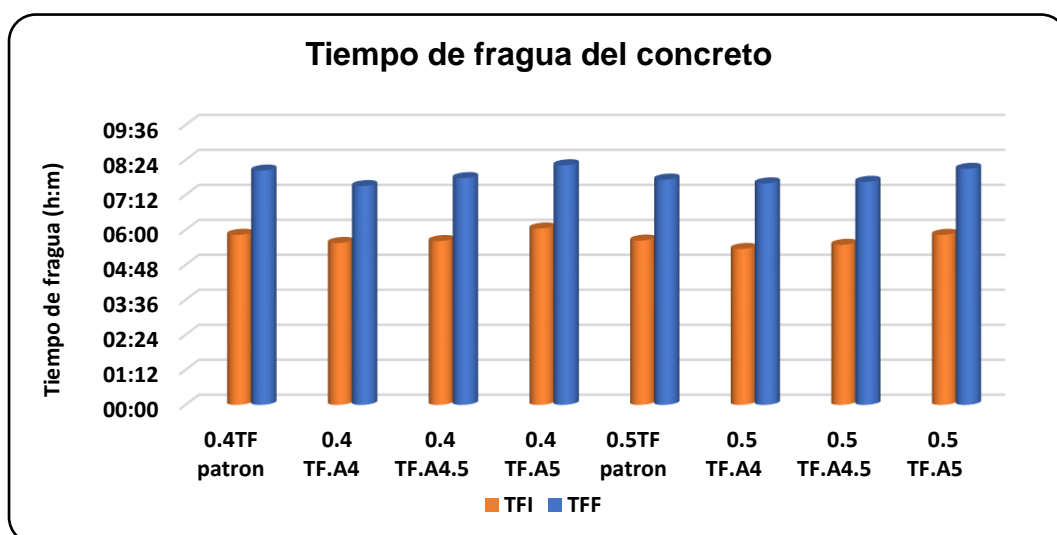


FIGURA N° 5.9: Ensayo de Tiempo de Fragua, Usando Cemento Tipo I.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 5.10 se presenta los resultados del ensayo de tiempo de fragua inicial y final, usando cemento Tipo ICo.

TABLA N° 5.10: Ensayo de Tiempo de Fragua, Usando Cemento Tipo ICo.

TIPO DE CONCRETO	TFI (h:m)	TFF (h:m)
C. P. a/c=0.4	06:23	08:31
a/c=0.4 + 4%	06:09	08:12
a/c=0.4 + 4.5%	06:18	08:25
a/c=0.4 + 5%	06:35	08:45
C. P. a/c=0.5	06:04	08:31
a/c=0.5 + 4%	05:38	08:08
a/c=0.5 + 4.5%	05:47	08:19
a/c=0.5 + 5%	06:25	08:40

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 5.10 se presenta la relación de la Tiempo de fragua, con los ocho tipos de concreto., usando cemento Tipo ICo.

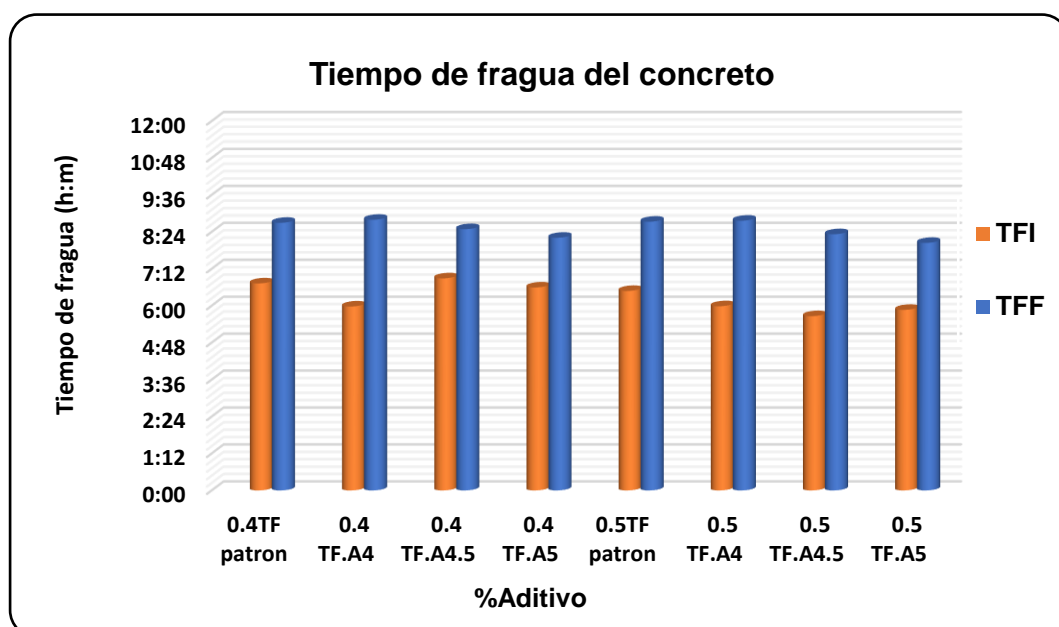


FIGURA N° 5.10: Ensayo de Tiempo de Fragua, Usando Cemento Tipo ICo.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO VI. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Los ensayos que se realizaron para el concreto en estado endurecido fueron: ensayo de compresión axial, el ensayo de módulo de elasticidad estático, el ensayo de porosidad, el ensayo de permeabilidad., este procedimiento se hizo para el Cemento Tipo I y Tipo ICo.

6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (NTP 339.034)

Por lo general la resistencia a la compresión axial es la propiedad más considerada para el diseño de estructuras y para dar la conformidad técnica de las construcciones a realizarse.

En la Tabla Nº 6.1 se presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial a los 3 días, 7 días y 28 días.

TABLA Nº 6.1: Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.

TIPO DE CONCRETO	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		
	3 días	7 días	28 días
concreto patrón a/c=0.4	317	376	442
a/c=0.4 + 4%	304	346	425
a/c=0.4 + 4.5%	298	341	419
a/c=0.4 + 5%	292	333	410
concreto patrón a/c=0.5	246	343	424
a/c=0.5 + 4%	232	321	394
a/c=0.5 + 4.5%	229	315	387
a/c=0.5 + 5%	223	310	375

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 6.1 se presenta la relación de la resistencia a la compresión, con los ocho tipos de concreto, para 3 días, 7 días y a los 28 días de curado de las probetas, usando cemento tipo I.

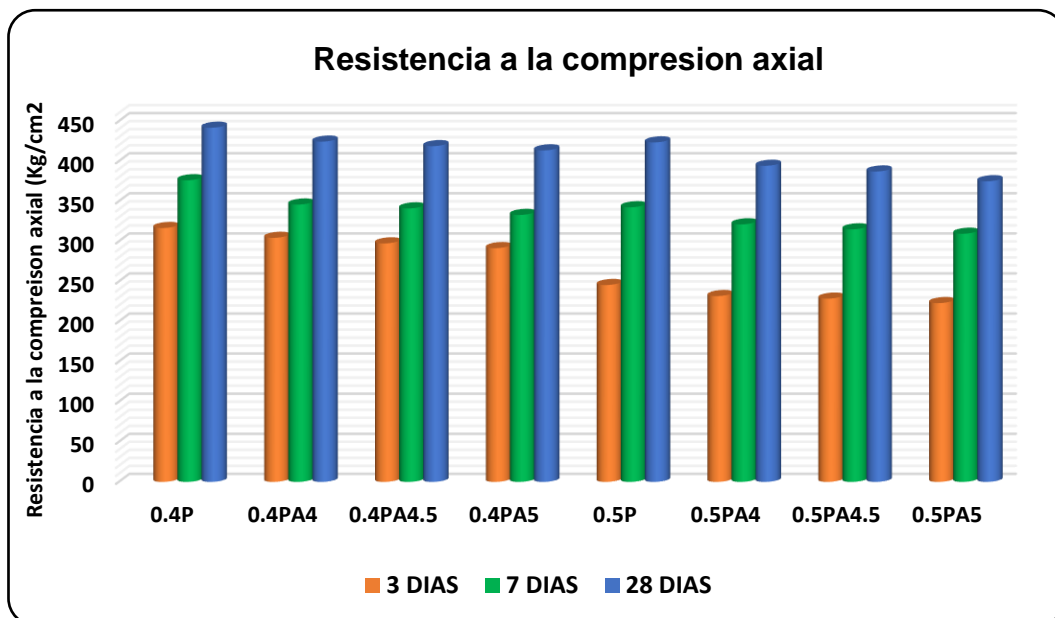


FIGURA N° 6.1: Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 6.2 se presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial a los 3 días, 7 días y 28 días, usando cemento Tipo Ico.

TABLA N° 6.2 Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.

TIPO DE CONCRETO	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		
	3 días	7 días	28 días
concreto patrón a/c=0.4	243	334	402
a/c=0.4 + 4%	228	322	385
a/c=0.4 + 4.5%	215	309	381
a/c=0.4 + 5%	207	302	377
concreto patrón a/c=0.5	183	262	345
a/c=0.5 + 4%	171	242	324
a/c=0.5 + 4.5%	163	240	321
a/c=0.5 + 5%	157	237	317

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 6.2 se presenta la relación de la resistencia a la compresión, con los ocho tipos de concreto, para 3 días, 7 días y a los 28 días de curado, usando cemento Tipo ICo.

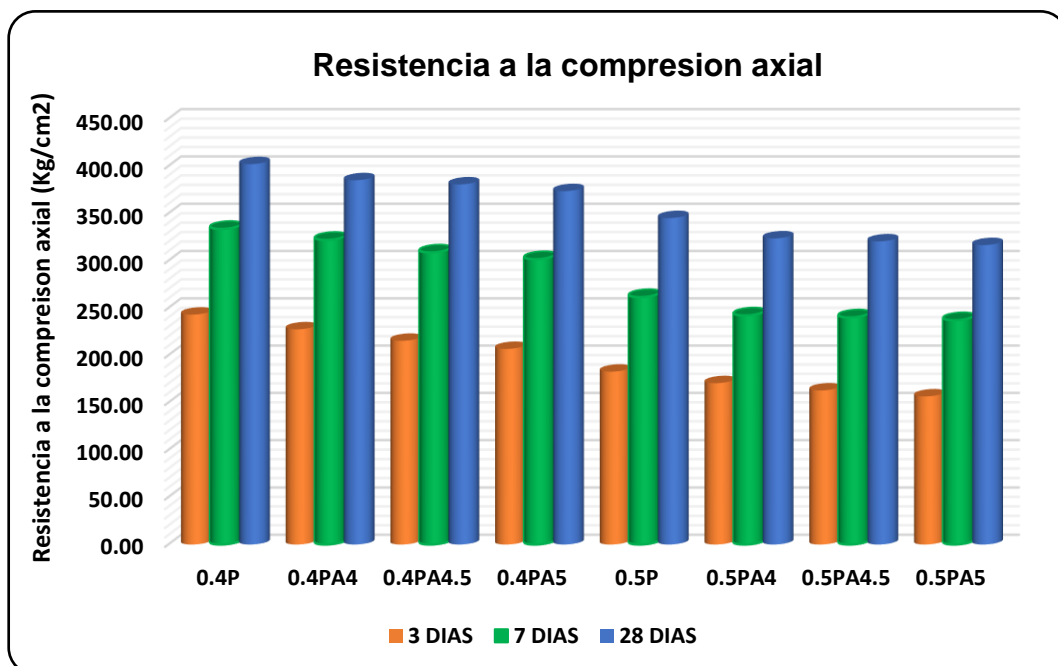


FIGURA N° 6.2: Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO (NTP 339.084)

También conocido como módulo de Yong, tiene como objetivo obtener una relación de esfuerzo-deformación llamado módulo de elástico. Para esto se somete la probeta de concreto a cargas de compresión que van incrementando y generan deformaciones para rangos elásticos e inelásticos. El concreto como la mayoría de los materiales, tiene propiedades elásticas en cierto grado, por lo que se afirma que el concreto no tiene un comportamiento perfectamente elástico.

En la Tabla N° 6.3 se presenta los resultados del ensayo del módulo elástico estático con los 8 tipos de concreto a los 28 días de curado de las probetas, usando cemento Tipo I.

TABLA N° 6.3: Modulo de elasticidad estático de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.

TIPO DE CONCRETO	Modulo Elástico (kg/cm ²)
C. P. a/c=0.4	444506.9
a/c=0.4 + 4%	417418.6
a/c=0.4 + 4.5%	408534.4
a/c=0.4 + 5%	420615.7
C. P. a/c=0.5	460804.7
a/c=0.5 + 4%	436559.5
a/c=0.5 + 4.5%	424913.8
a/c=0.5 + 5%	436015.7

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 6.3 se presenta la relación del módulo de elasticidad estático, con los ocho tipos de concreto a los 28 días de curado, usando cemento Tipo I.

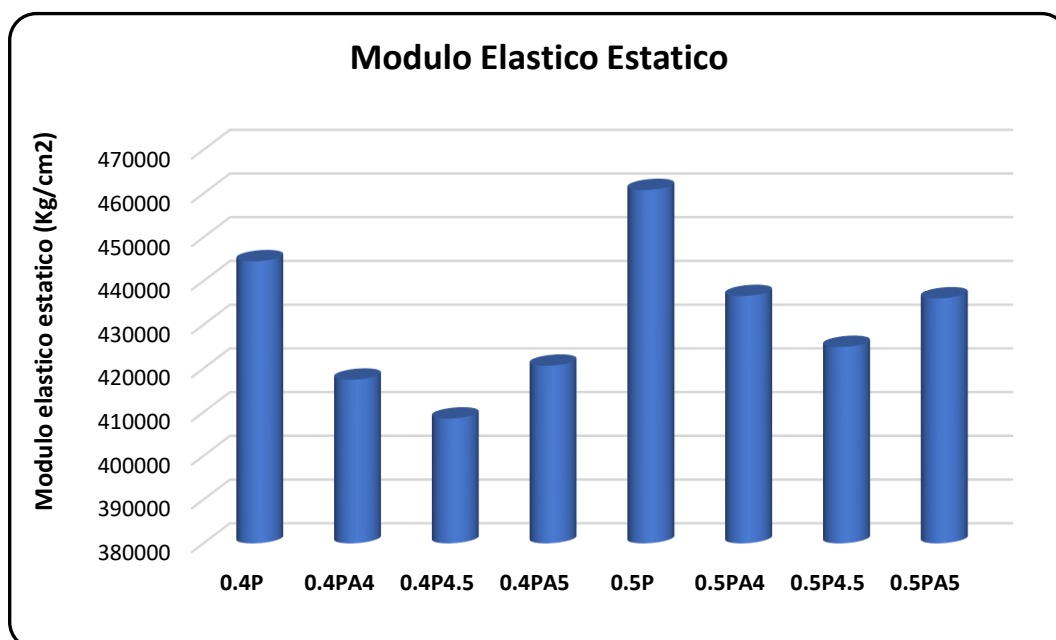


FIGURA N° 6.3: Modulo de elasticidad estático de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 6.4 se presenta los resultados del ensayo del módulo elástico estático con los 8 tipos de concreto a los 28 días de curado de las probetas, usando cemento Tipo I.

TABLA N° 6.4: Modulo de elasticidad estático de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.

TIPO DE CONCRETO	Modulo elástico (kg/cm ²)
concreto patrón a/c=0.4	400862.7
a/c=0.4 + 4%	407363.1
a/c=0.4 + 4.5%	410235.3
a/c=0.4 + 5%	426031.4
concreto patrón a/c=0.5	431719.3
a/c=0.5 + 4%	437947.8
a/c=0.5 + 4.5%	443804.2
a/c=0.5 + 5%	462853.1

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 6.4 se presenta la relación del módulo de elasticidad estático, con los ocho tipos de concreto a los 28 días de curado, usando cemento Tipo ICo.

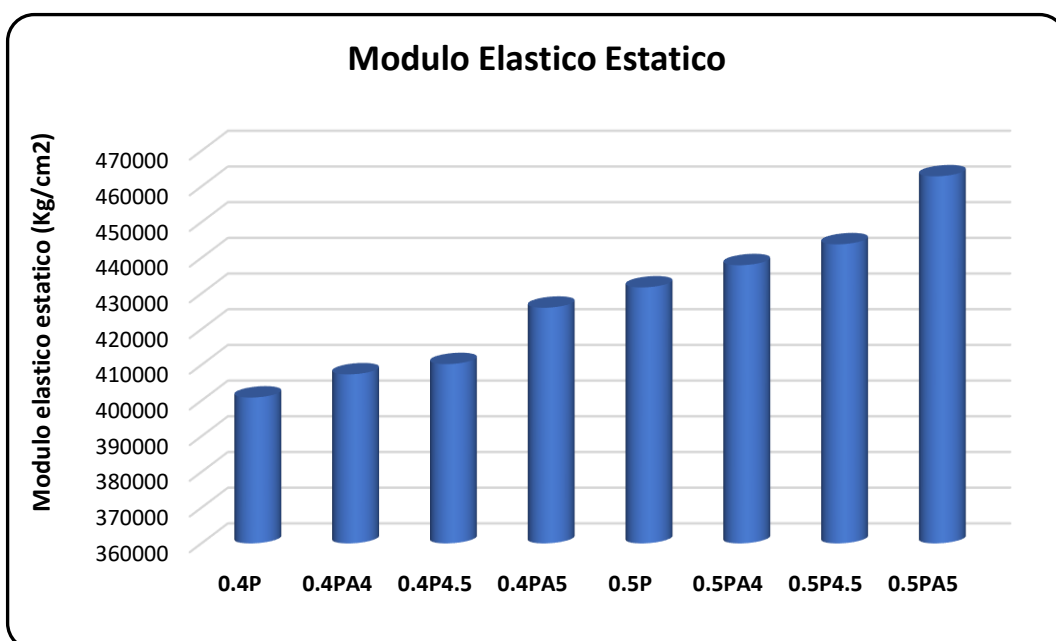


FIGURA N° 6.4: Modulo de elasticidad estático de diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.
Fuente: Elaboración Propia

6.3 ABSORCION Y POROSIDAD (NTP 339.232)

Este método de ensayo es empleado para la determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido.

El procedimiento estipulado en la norma ASTM C642 o NTP 339.232, donde indica, en la elaboración y curado de los testigos de concreto. La muestra debe consistir de varias porciones individuales de concreto, cada una de las cuales se debe ensayar por separado. Las porciones individuales pueden ser: porciones de cilindros, de núcleos extraídos del concreto o de vigas de cualquier forma o tamaño, excepto que el volumen de cada porción no debe ser menor de 350 cm³ y tener una masa mayor a 800gr.

En la Tabla N° 6.5 se presenta los resultados del ensayo de absorción y porosidad con los 8 tipos de concreto a los 28 días de curado, usando cemento Tipo I.

TABLA N° 6.5: Absorción y Porosidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.

Tipo de concreto	Absorción (%)	Porosidad (%)
C. P. a/c=0.4	5.14	10.11
a/c=0.4 + 4%	4.85	9.21
a/c=0.4 + 4.5%	4.67	8.80
a/c=0.4 + 5%	4.41	8.32
C. P. a/c=0.5	5.32	10.45
a/c=0.5 + 4%	4.93	9.41
a/c=0.5 + 4.5%	4.69	9.06
a/c=0.5 + 5%	4.34	8.04

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 6.5 y N°6.6 se presenta la relación de Absorción y Porosidad, con los ocho tipos de concreto a los 28 días de curado, usando cemento Tipo I.

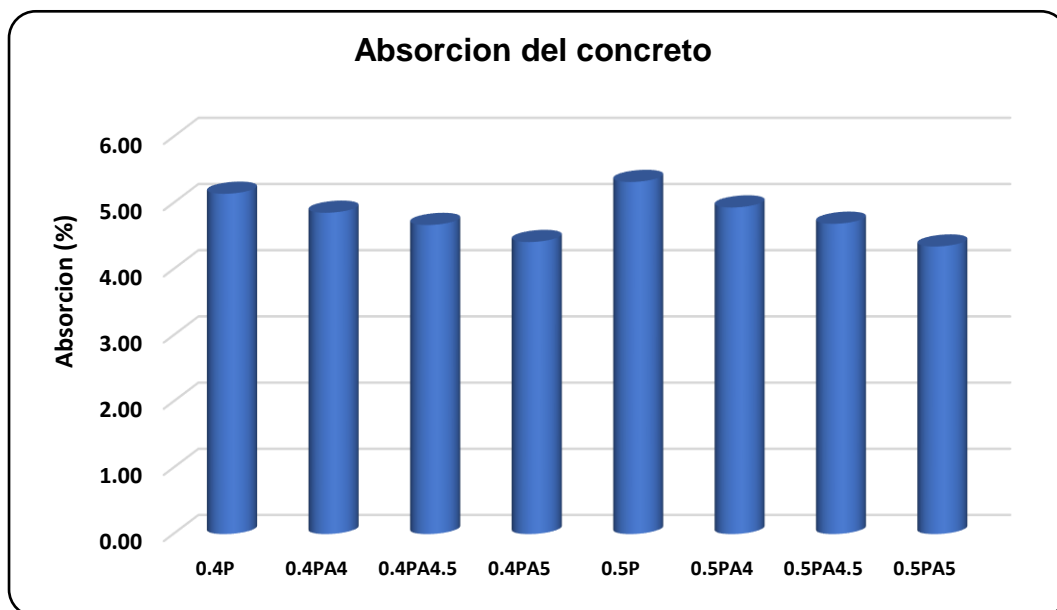


FIGURA N° 6.5: Absorción de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.
Fuente: Elaboración Propia.

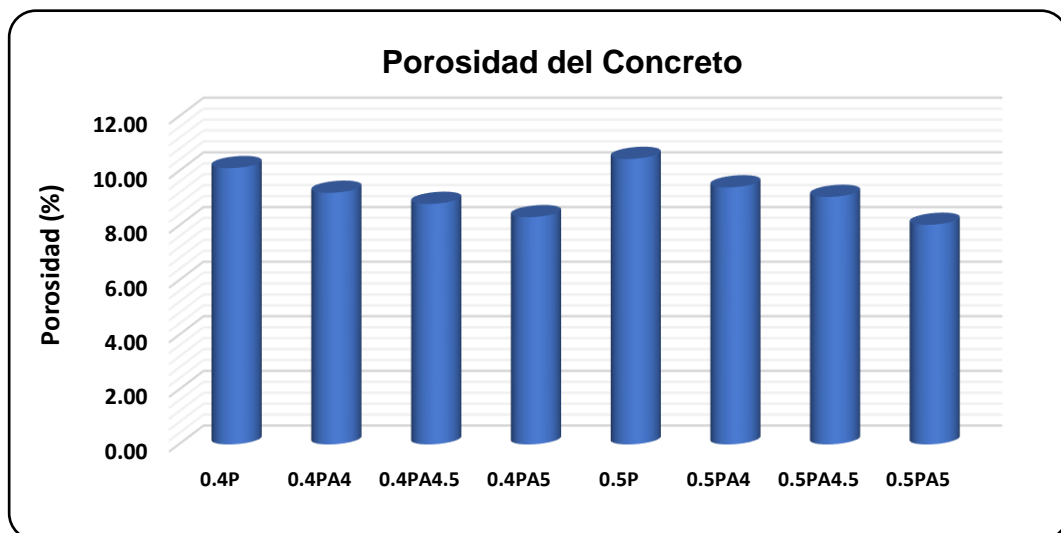


FIGURA N° 6.6: Porosidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.
Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 6.6 se presenta los resultados del ensayo de absorción y porosidad con los 8 tipos de concreto a los 28 días de curado, usando cemento Tipo ICo.

TABLA N° 6.6: Absorción y Porosidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.

Tipo de concreto	Absorción (%)	Porosidad (%)
concreto patrón a/c=0.4	4.85	9.65
a/c=0.4 + 4%	4.71	8.71
a/c=0.4 + 4.5%	4.58	8.53
a/c=0.4 + 5%	4.35	8.19
concreto patrón a/c=0.5	4.96	9.79
a/c=0.5 + 4%	4.78	9.22
a/c=0.5 + 4.5%	4.55	8.67
a/c=0.5 + 5%	4.29	8.28

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 6.7 y N°6.8 se presenta la relación de Absorción y Porosidad, con los ocho tipos de concreto a los 28 días de curado, usando cemento Tipo ICo.

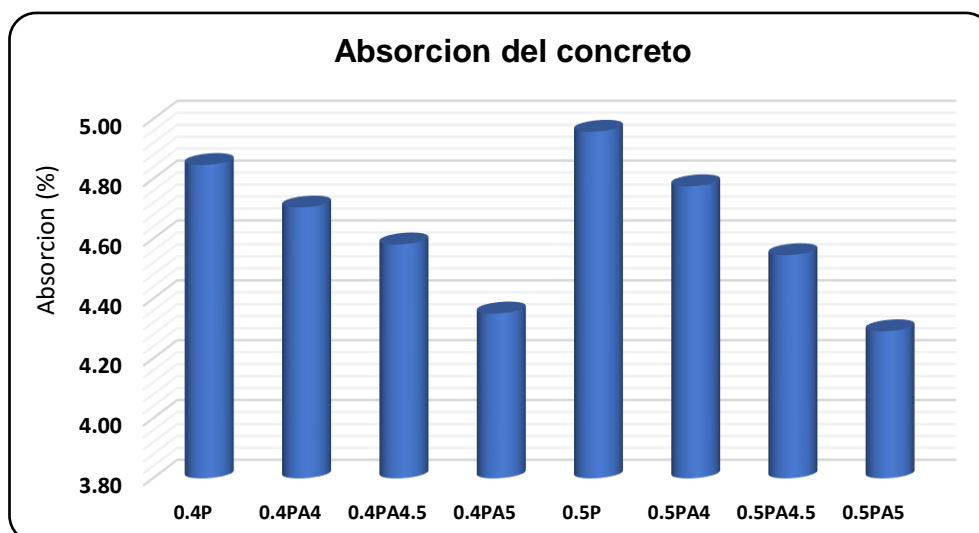


FIGURA N° 6.7: Absorción de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.
Fuente: Elaboración Propia.

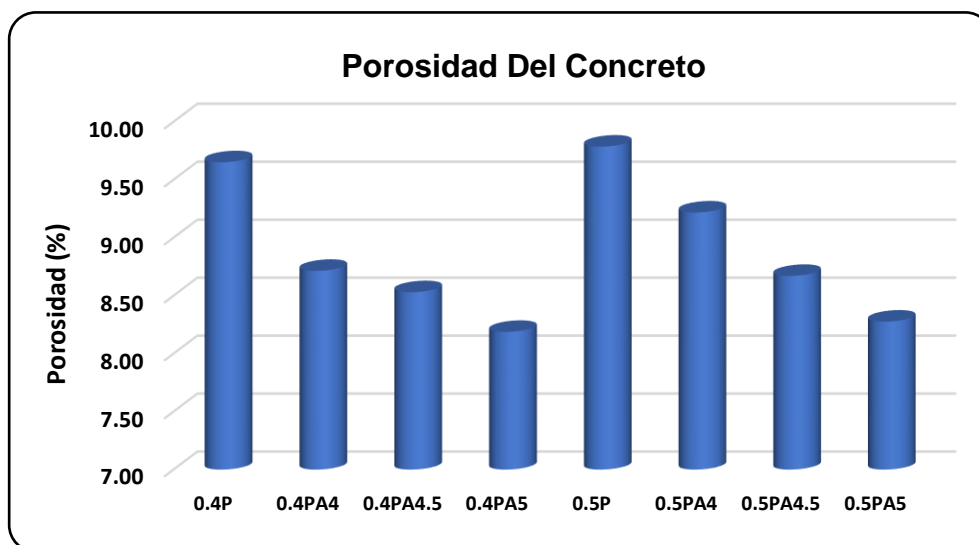


FIGURA N° 6.8: Porosidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICO.
Fuente: Elaboración Propia.

6.4 PERMEABILIDAD (NTC 4483)

El procedimiento estipulado en la NTC 4483, comprende la determinación del coeficiente de permeabilidad (K) del concreto endurecido por dos métodos: flujo constante y profundidad de penetración.

Este método de ensayo se basa en aplicar agua bajo presión de 0.5 MPa a la superficie del concreto endurecido durante 4 días. Luego se divide la probeta por rotura en dos mitades y se identifica la extensión del frente de penetración del agua, para luego obtener la profundidad media de penetración. Para calcular el coeficiente de permeabilidad (k) basado en la profundidad media de penetración y la fracción de volumen de poros se emplea la ecuación de Valenta.

En la Tabla N° 6.7 se presenta los resultados del ensayo de Permeabilidad, teniendo como resultado los coeficientes de permeabilidad para los 8 tipos de concreto a los 28 días de curado de las probetas, usando cemento Tipo I.

TABLA N° 6.7: Permeabilidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo I.

TIPO DE CONCRETO	PERMEABILIDAD (m/s)
C.P. a/c=0.4	3.940E-12
a/c=0.4 + 4%	2.991E-12
a/c=0.4 + 4.5%	2.240E-12
a/c=0.4 + 5%	1.525E-12
C. P. a/c=0.5	5.240E-12
a/c=0.5 + 4%	4.058E-12
a/c=0.5 + 4.5%	3.235E-12
a/c=0.5 + 5%	2.158E-12

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 6.9 se presenta la relación del coeficiente de Permeabilidad, con los ocho tipos de concreto a los 28 días de curado, usando cemento Tipo I.

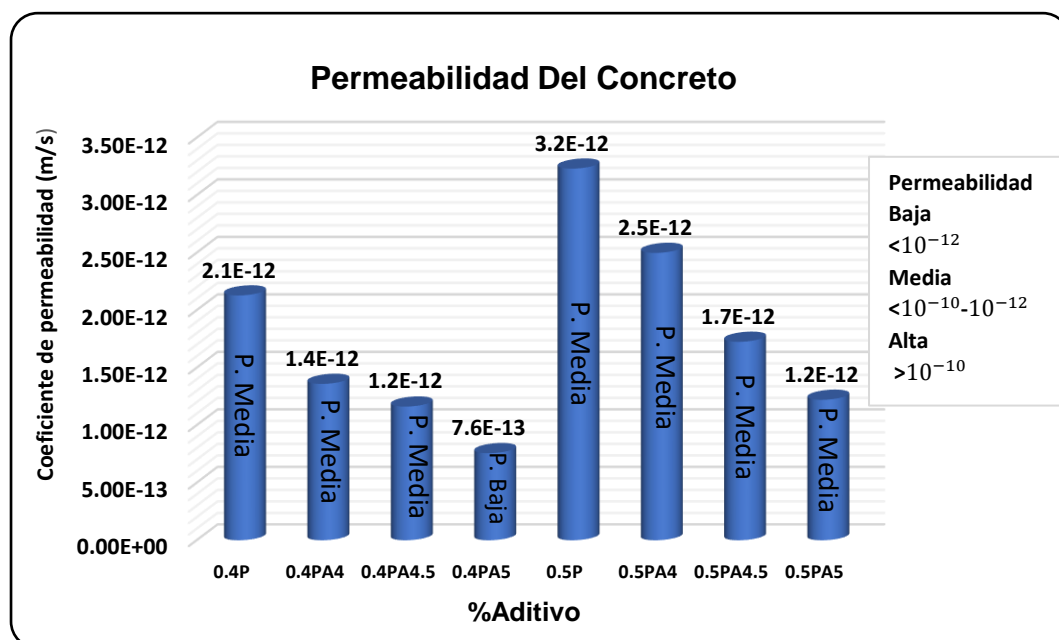


FIGURA N° 6.9: Permeabilidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.
Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 6.8 se presenta los resultados del ensayo de Permeabilidad, teniendo como resultado los coeficientes de permeabilidad para los 8 tipos de concreto a los 28 días de curado de las probetas, usando cemento Tipo ICo.

TABLA N° 6.8: Permeabilidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.

Tipo de concreto	PERMEABILIDAD (m/s)
concreto patrón a/c=0.4	2.129E-12
a/c=0.4 + 4%	1.360E-12
a/c=0.4 + 4.5%	1.162E-12
a/c=0.4 + 5%	7.574E-13
concreto patrón a/c=0.5	3.232E-12
a/c=0.5 + 4%	2.499E-12
a/c=0.5 + 4.5%	1.726E-12
a/c=0.5 + 5%	1.221E-12

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 6.10 se presenta la relación del coeficiente de Permeabilidad, con los ocho tipos de concreto a los 28 días de curado, usando cemento Tipo ICo.

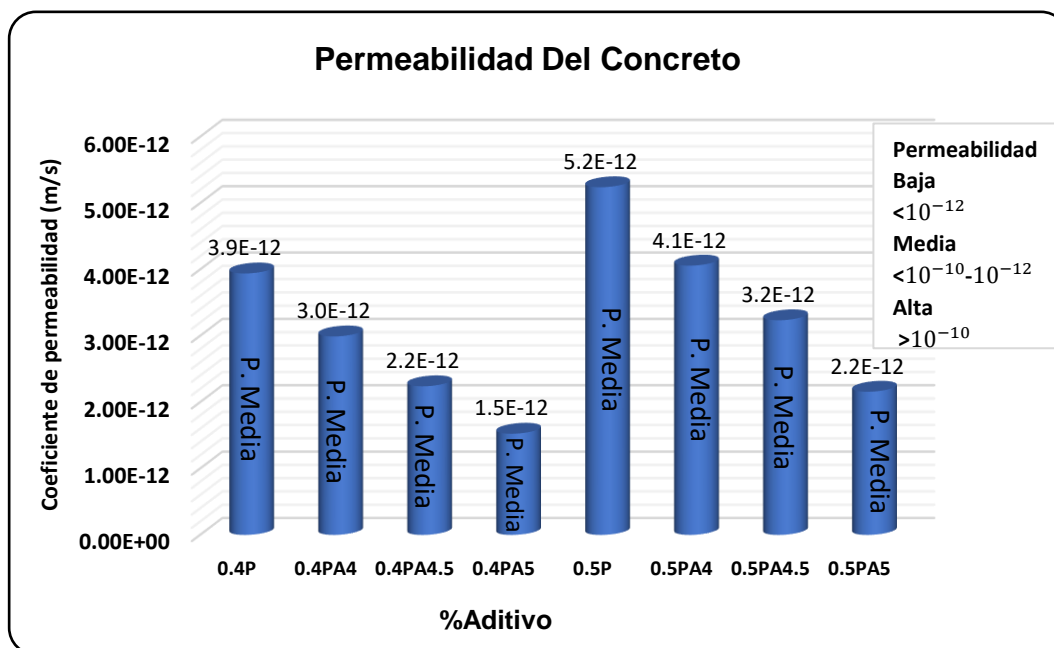


FIGURA N° 6.10: Permeabilidad de los diseños de mezcla, usando cemento Tipo ICo.
Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO VII. ANALISIS DE RESULTADOS

Se presenta el análisis de resultados de los agregados, de los ensayos en estado fresco y endurecido, para los ocho tipos de concreto (Concreto patrón, Concreto con aditivo al 4%, 4.5% y 5%), para cada tipo de cemento (Tipo I y Tipo ICo) con Aditivo Chema 1 Impermeabilizante.

7.1 AGREGADOS

7.1.1 Agregado Fino

El agregado fino utilizado pertenece a la cantera Trapiche, con este agregado se hicieron ensayos para determinar sus propiedades físicas y el análisis granulométrico de agregado; obteniéndose una curva granulométrica dentro de los límites de Huso (C) indicados en la norma NTP 400.037. Teniendo un módulo de finura de 2.91 (ver Tabla N°3.7 y Figura N°3.1).

7.1.2 Agregado Grueso

El agregado grueso utilizado pertenece a la cantera Trapiche, del cual se obtuvieron sus propiedades físicas y análisis granulométricos usando los límites granulométricos del Huso (1"-1/2") indicados en la norma NTP 400.037. Teniendo un módulo de finura de 7.59 (ver Tabla N°3.8 y Figura N°3.2).

7.2 ANALISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO

7.2.1 Consistencia (NTP 339.035)

Los resultados del asentamiento de los diseños de la presente tesis se encuentran en el rango de 3" a 4", encontrándose en una consistencia normal, teniendo así un concreto trabajable. Pero los efectos del aditivo Chema 1 impermeabilizante en el asentamiento del concreto variaban y se tuvo que reducir la cantidad de agua en la mezcla para tener el asentamiento entre el rango de 3" a 4".

En la Tabla N° 7.1 y N°7.2 se observa que a medida que se aumenta la dosificación también aumenta su asentamiento.

TABLA N° 7.1: Porcentaje de variación del asentamiento - Cemento Tipo I.

Tipo de concreto	Asentamiento (pulg)	Variación en porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.4	3.5	100.0
a/c=0.4 + 4%	3.5	101.0
a/c=0.4 + 4.5%	3.7	104.5
a/c=0.4 + 5%	4.0	114.0
C. patrón a/c=0.5	3.4	100.0
a/c=0.5 + 4%	3.5	103.0
a/c=0.5 + 4.5%	3.7	109.0
a/c=0.5 + 5%	3.9	115.0

Nota. Fuente: Propia.

TABLA N° 7.2 Porcentaje de variación del asentamiento - Cemento Tipo ICo

Tipo de concreto	Asentamiento (pulg)	Variación en porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.4	3.4	100.0
a/c=0.4 + 4%	3.5	101.0
a/c=0.4 + 4.5%	3.7	105.0
a/c=0.4 + 5%	3.9	111.0
C. patrón a/c=0.5	3.5	100.0
a/c=0.5 + 4%	3.6	106.0
a/c=0.5 + 4.5%	3.7	110.0
a/c=0.5 + 5%	3.	113.0

Nota. Fuente: Propia.

7.2.2 Peso unitario (NTP 339.046)

En la Tabla N.º 7.3 se observa que para la relación a/c=0.40, a medida que se aumenta la dosificación también aumenta su Peso unitario, Usando Cemento Tipo I, varía entre 100.35% a 101.19% y Tipo ICo, varía entre 100.14% a 100.93%.

TABLA N° 7.3: Porcentaje de variación del asentamiento – a/c=0.40

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Peso unitario (Kg/m ³)	Incremento de porcentaje (%)	Peso unitario (Kg/m ³)	Incremento de porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.4	2325	100.0	2318	100.0
a/c=0.4 + 4%	2333	100.4	2321	100.1
a/c=0.4 + 4.5%	2342	100.7	2334	100.7
a/c=0.4 + 5%	2350	101.1	2340	100.9

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.1 se presenta la tendencia del peso unitario para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

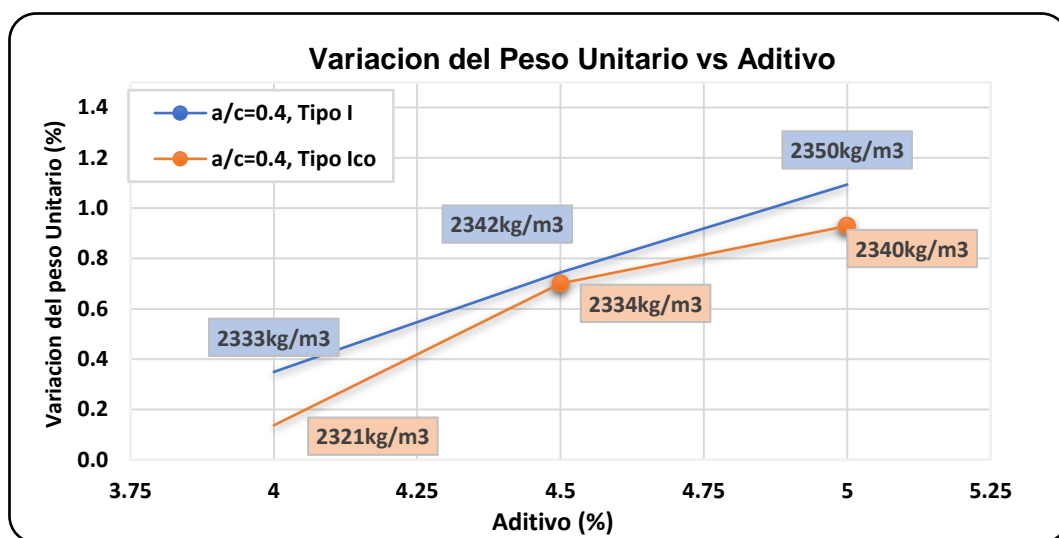


FIGURA N° 7.1: Porcentaje de variación del Peso Unitario con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N.º 7.4 se observa que para la relación a/c=0.50, a medida que se aumenta la dosificación también aumenta su Peso unitario, Usando Cemento Tipo I, varía entre 100.34% hasta 101.13% y Tipo ICo, varía entre 100.18% hasta 101.01%.

TABLA N° 7.4: Porcentaje de variación del asentamiento – a/c=0.50

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Peso unitario (Kg/m ³)	Incremento de porcentaje (%)	Peso unitario (Kg/m ³)	Incremento de porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.5	2306	100.0	2303	100.0
a/c=0.5 + 4%	2314	100.3	2307	100.2
a/c=0.5 + 4.5%	2324	100.7	2319	100.7
a/c=0.5 + 5%	2333	101.1	2326	101.0

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.2 se presenta la tendencia del peso unitario para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

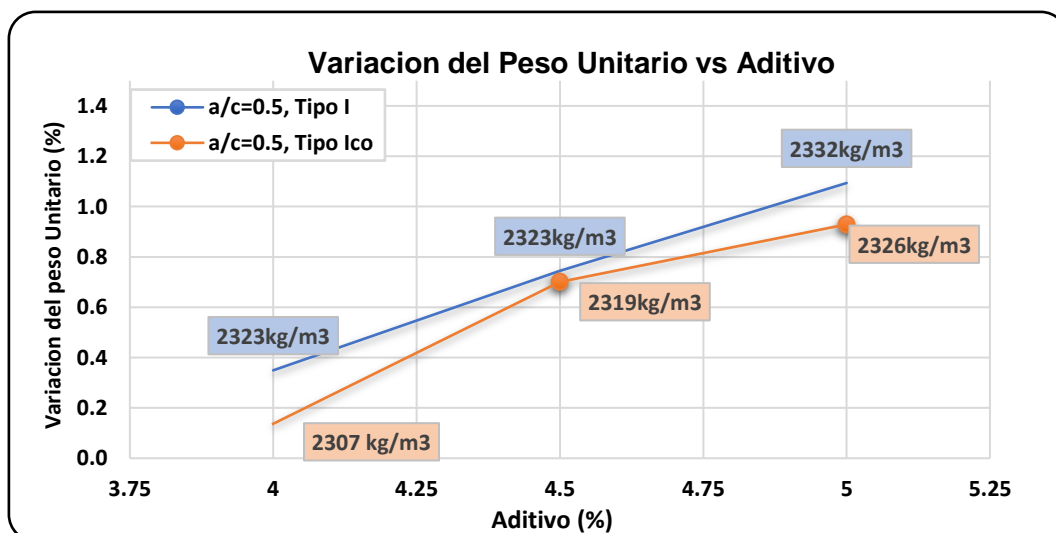


FIGURA N° 7.2: Porcentaje de variación del peso Unitario con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

7.2.3 Contenido de aire (NTP 339.083)

En la Tabla N° 7.5, se observa que el contenido de aire del concreto con aditivo varía incrementando con respecto al concreto patrón. Para la relación a/c=0.4 el porcentaje de contenido de aire, Usando Cemento Tipo I, varía entre 24.14% hasta 44.83% y con Tipo ICo varía entre 21.43% y 42.86%.

TABLA N° 7.5: Porcentaje de variación del Contenido de Aire – a/c=0.40

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Contenido de aire (%)	Incremento de porcentaje (%)	Contenido de aire (%)	Incremento de porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.4	1.5	100.00	1.4	100.0
a/c=0.4 + 4%	1.8	124.1	1.7	121.4
a/c=0.4 + 4.5%	2.0	135.2	1.9	132.1
a/c=0.4 + 5%	2.1	144.8	2	142.9

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.3 se presenta la tendencia del Contenido de Aire, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

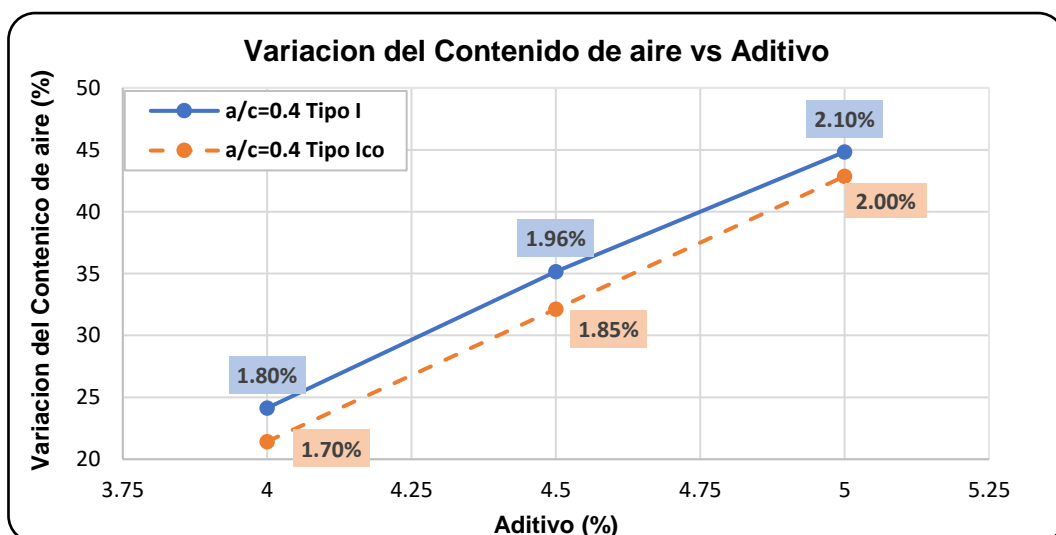


FIGURA N° 7.3: Porcentaje de variación del Contenido de Aire con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.6 se observa que el contenido de aire del concreto con aditivo varia incrementando con respecto al concreto patrón, Para la relación a/c=0.50 el porcentaje de contenido de aire, Usando Cemento Tipo I, varía entre 17.86% hasta 25% y con Tipo ICo varía entre 14.81% y 28.89%.

TABLA N° 7.6: Porcentaje de variación del Contenido de Aire – a/c=0.50

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Contenido de aire (%)	Incremento de porcentaje (%)	Contenido de aire (%)	Incremento de porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.5	1.4	100.0	1.4	100.0
a/c=0.5 + 4%	1.7	117.9	1.6	114.8
a/c=0.5 + 4.5%	1.7	122.1	1.6	120.0
a/c=0.5 + 5%	1.8	125.0	1.7	128.9

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.4 se presenta la tendencia del Contenido de Aire, para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

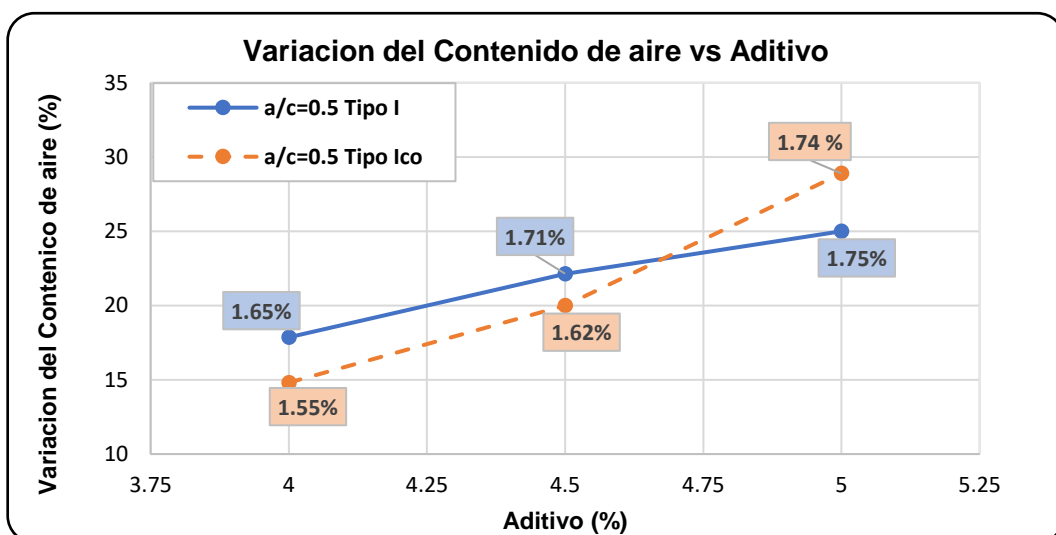


FIGURA N° 7.4: Porcentaje de variación del Contenido de Aire con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

7.2.4 Exudación (NTP 339.077)

En la Tabla N° 7.5, se observa un incremento de la exudación con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 101.53% hasta 107.94% y con Tipo ICo varía entre 104.1% hasta 109.23%.

TABLA N° 7.7: Porcentaje de variación de exudación – a/c=0.40

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Exudación (%)	Variación (%)	Exudación (%)	Variación (%)
C. patrón a/c=0.4	1.67	100.00	1.73	100.00
a/c=0.4 + 4%	1.70	101.53	1.80	104.10
a/c=0.4 + 4.5%	1.76	105.12	1.83	106.15
a/c=0.4 + 5%	1.81	107.94	1.89	109.23

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.5 se presenta la tendencia de la Exudación, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

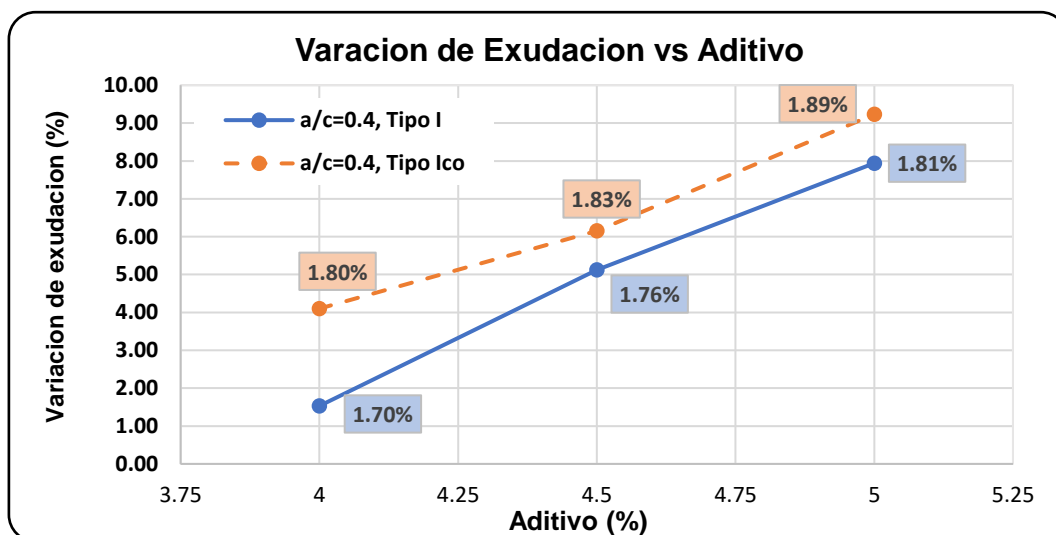


FIGURA N° 7.5: Porcentaje de variación de Exudación, con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.6, se observa un incremento de la exudación con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.50, Usando Cemento Tipo I, varía entre 104.76% hasta 113.63% y con Tipo ICo varía entre 103.52% hasta 109.67%.

TABLA N° 7.8: Porcentaje de variación de exudación, – a/c=0.50.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Exudación (%)	variación (%)	Exudación (%)	variación (%)
C. patrón a/c=0.5	1.60	100.00	1.87	100.00
a/c=0.5 + 4%	1.67	104.76	1.94	103.52
a/c=0.5 + 4.5%	1.70	106.42	2.00	106.83
a/c=0.5 + 5%	1.82	113.63	2.06	109.67

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.6 se presenta la tendencia de la Exudación, para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

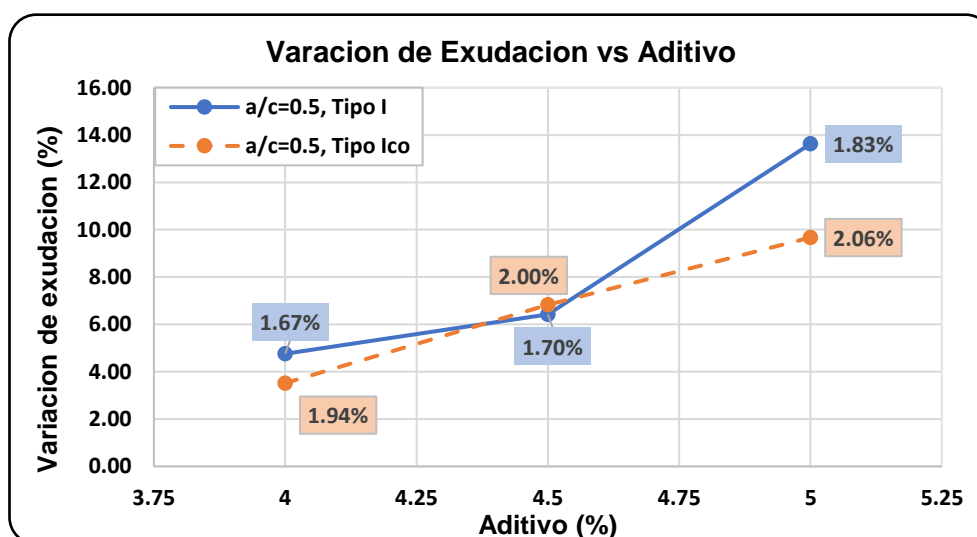


FIGURA N° 7.6: Porcentaje de variación de Exudación, con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

7.2.5 Tiempo de fraguado (NTP 339.082)

En la Tabla N° 7.9, se observa un decremento e incremento del fraguado inicial con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 95.22% hasta 103.69% y con Tipo ICo varía entre 96.28% hasta 103.20%.

TABLA N° 7.9: Porcentaje de variación del tiempo de fraguado inicial – a/c=0.40

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Tiempo De Fraguado Inicial (h:m)	Variación en porcentaje (%)	Tiempo De Fraguado Inicial (h:m)	Variación en porcentaje (%)
C. P. a/c=0.4	05:49	100.00	06:23	100.00
a/c=0.4 + 4%	05:33	95.22	06:09	96.28
a/c=0.4 + 4.5%	05:37	96.33	06:18	98.81
a/c=0.4 + 5%	06:02	103.69	06:35	103.20

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.7 se presenta la tendencia del tiempo de fragua inicial, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

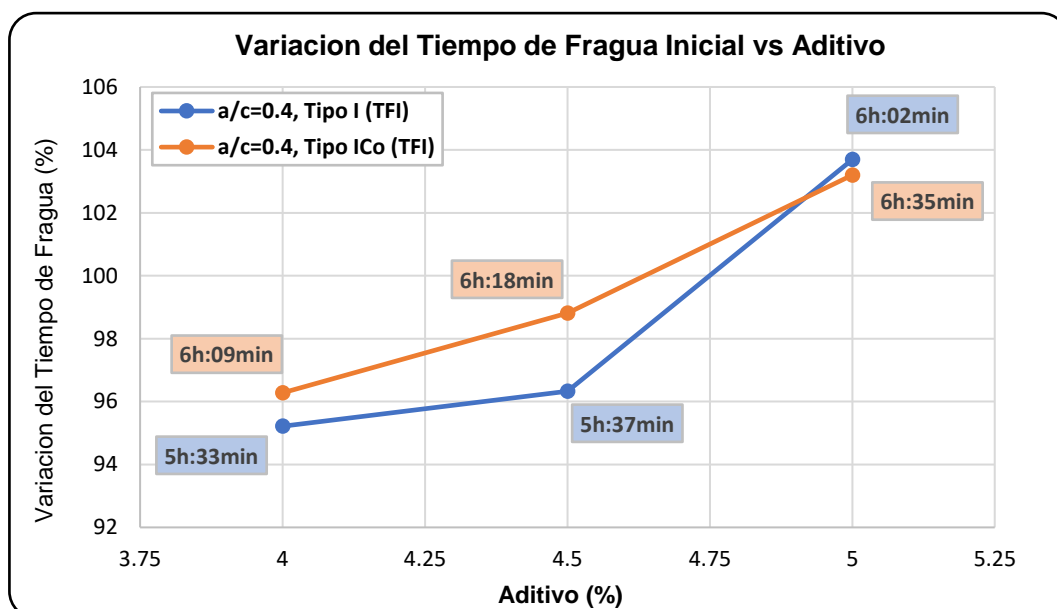


FIGURA N° 7.7: Porcentaje de variación del tiempo de fragua inicial, con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.10, se observa un decremento e incremento del fraguado final con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 93.39% hasta 102.28% y con Tipo ICo varía entre 96.30% hasta 102.71%.

TABLA N° 7.10: Porcentaje de variación del tiempo de fraguado final – a/c=0.40

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Tiempo De Fraguado Final (h:m)	Variación en porcentaje (%)	Tiempo De Fraguado Final (h:m)	Variación en porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.4	08:02	100.00	08:31	100.00
a/c=0.4 + 4%	07:30	93.39	08:12	96.30
a/c=0.4 + 4.5%	07:46	96.79	08:25	98.95
a/c=0.4 + 5%	08:13	102.28	08:45	102.71

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.8 se presenta la tendencia del tiempo de fragua final, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

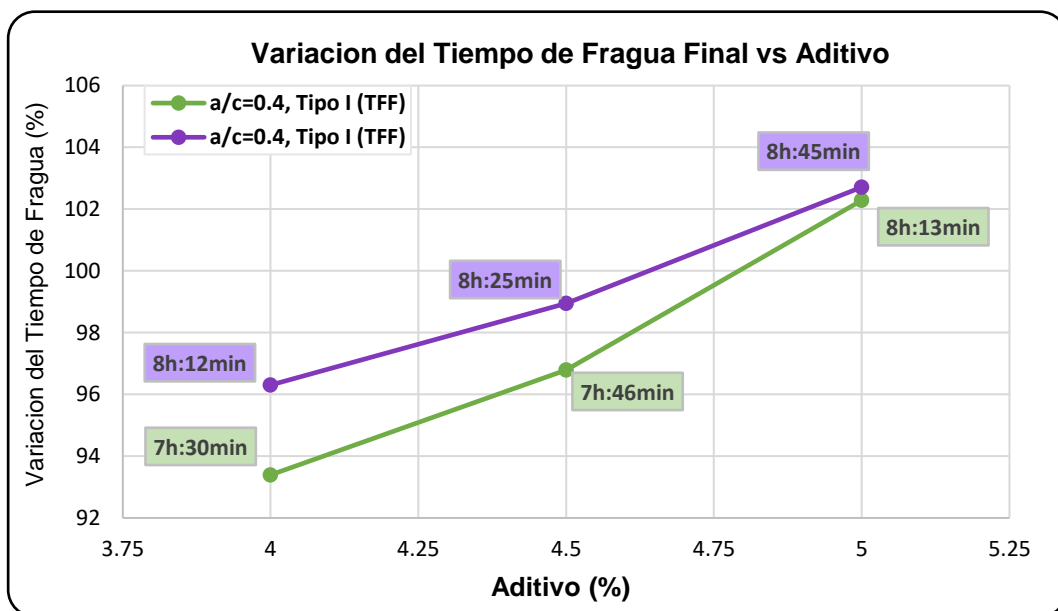


FIGURA N° 7.8: Porcentaje de variación del tiempo de fragua final, con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.11, se observa un decremento e incremento del fraguado inicial con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.50, Usando Cemento Tipo I, varía entre 94.90% hasta 103.48% y con Tipo ICo varía entre 92.99% hasta 105.62%.

TABLA N° 7.11: Porcentaje de variación del tiempo de fraguado inicial, – a/c=0.50

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Tiempo De Fraguado Inicial (h:m)	Variación en porcentaje (%)	Tiempo De Fraguado Inicial (h:m)	Variación en porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.5	05:38	100.00	06:04	100.00
a/c=0.5 + 4%	05:20	94.90	05:38	92.99
a/c=0.5 + 4.5%	05:29	97.42	05:47	95.33
a/c=0.5 + 5%	05:49	103.48	06:25	105.62

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.9 se presenta la tendencia del tiempo de fragua inicial, para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

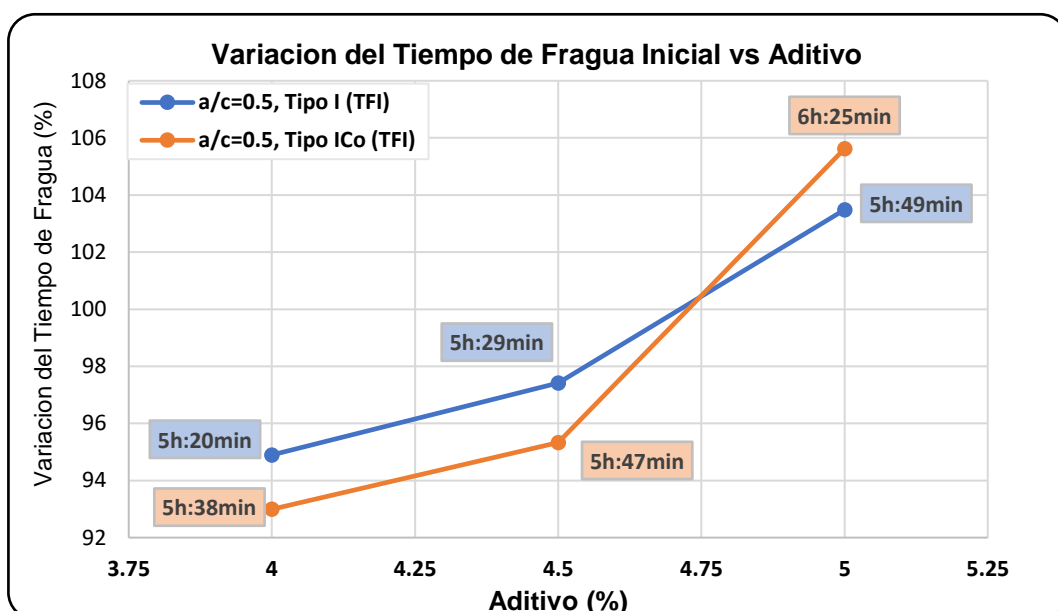


FIGURA N° 7.9: Porcentaje de variación del tiempo de fragua inicial, con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.12, se observa un decremento e incremento del fraguado final con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.50, Usando Cemento Tipo I, varía entre 98.32% hasta 104.79% y con Tipo ICo varía entre 95.42% hasta 101.75%.

TABLA N° 7.12: Porcentaje de variación del tiempo de fragua final, – a/c=0.50.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Tiempo De Fraguado Final (h:m)	Variación en porcentaje (%)	Tiempo De Fraguado Final (h:m)	Variación en porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.5	07:43	100.00	08:31	100.00
a/c=0.5 + 4%	07:35	98.32	08:08	95.42
a/c=0.5 + 4.5%	07:39	99.01	08:19	97.65
a/c=0.5 + 5%	08:05	104.79	08:40	101.75

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.10 se presenta la tendencia del tiempo de fragua final, para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

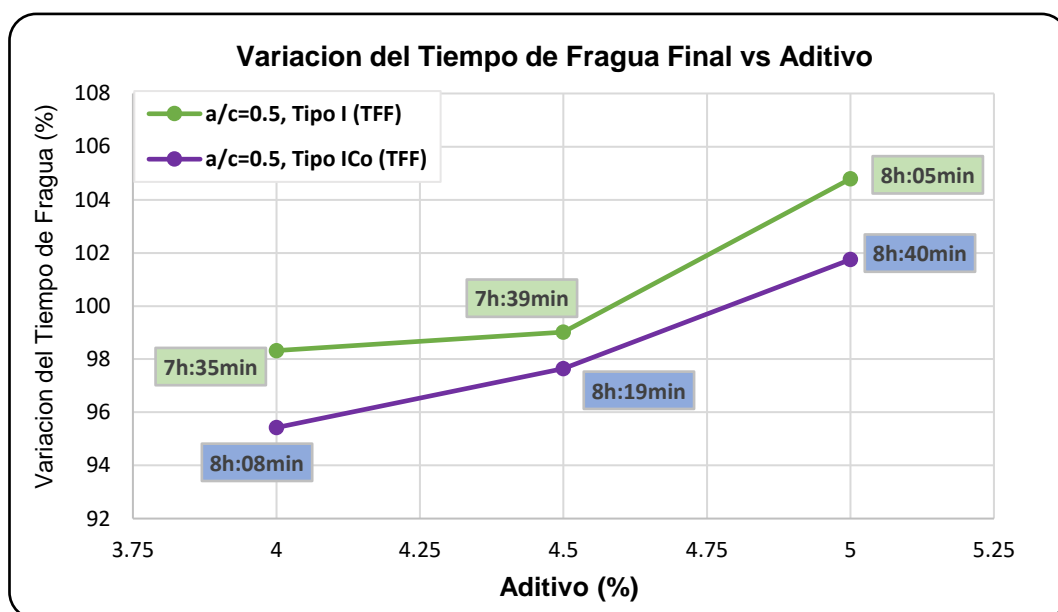


FIGURA N° 7.10: Porcentaje de variación del tiempo de fragua final, con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

7.3 ANALISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO.

7.3.1 Resistencia a la Compresión Axial (NTP 339.034)

En la Tabla N° 7.13, se observa un decremento de la resistencia a la compresión a los 3 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 96.13% hasta 92.06% y con Tipo ICo varía entre 93.60% hasta 85.08%.

TABLA N° 7.13: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 3 días – a/c=0.40.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)
C. patrón a/c=0.4	317	100.00	243	100.00
a/c=0.4 + 4%	304	96.13	228	93.60
a/c=0.4 + 4.5%	298	93.94	215	88.61
a/c=0.4 + 5%	292	92.06	207	85.08

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.11 se presenta la tendencia de la resistencia a la compresión a los 3 días, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

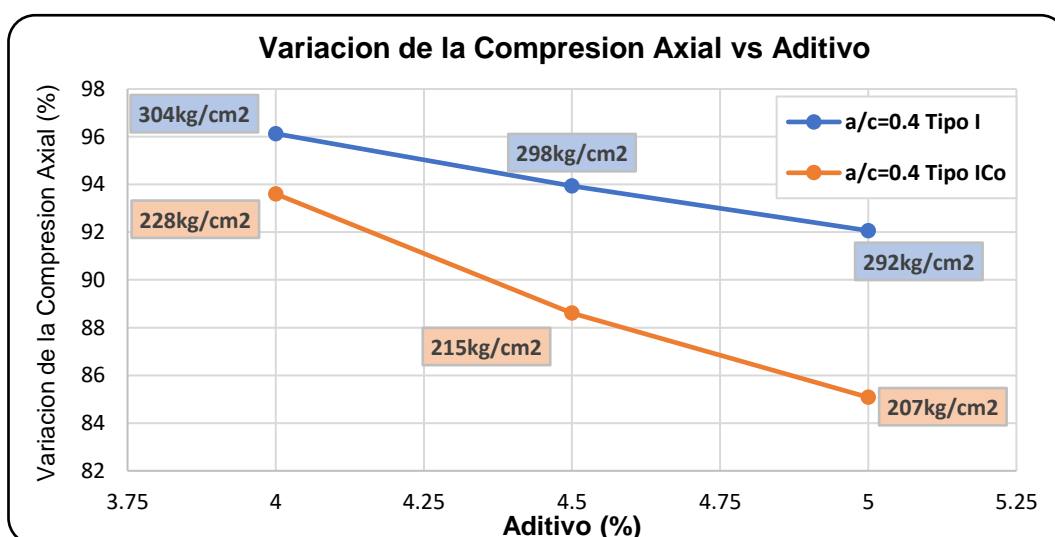


FIGURA N° 7.11: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 3 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.14, se observa un decremento de la resistencia a la compresión a los 3 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.50, Usando Cemento Tipo I, varía entre 94.38% hasta 90.82% y con Tipo ICo varía entre 93.34% hasta 85.69%.

TABLA N° 7.14: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 3 días – a/c=0.50.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. a/c=0.5	246	100.00	183	100.00
a/c=0.5 + 4%	232	94.38	171	93.34
a/c=0.5 + 4.5%	229	93.09	163	89.13
a/c=0.5 + 5%	223	90.82	157	85.69

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.12 se presenta la tendencia de la resistencia a la compresión a los 3 días, para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

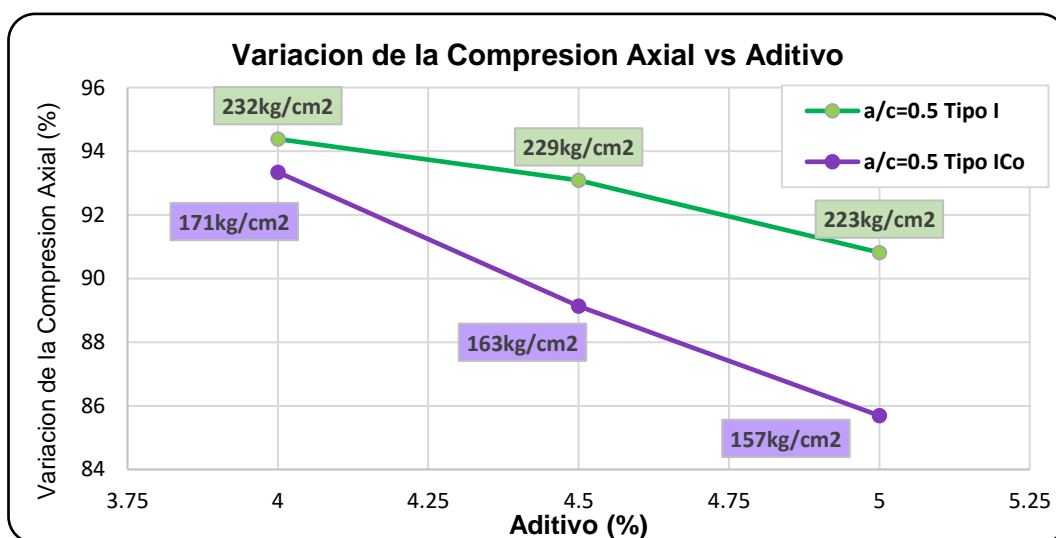


FIGURA N° 7.12: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 3 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.15, se observa un decremento de la resistencia a la compresión a los 7 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 91.95% hasta 88.50% y con Tipo ICo varía entre 96.50% hasta 90.418%.

TABLA N° 7.15: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 días – a/c=0.40.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. a/c=0.4	376	100.00	334	100.00
a/c=0.4 + 4%	346	91.95	322	96.52
a/c=0.4 + 4.5%	341	90.67	309	92.53
a/c=0.4 + 5%	333	88.50	302	90.41

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.13 se presenta la tendencia de la resistencia a la compresión a los 7 días, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

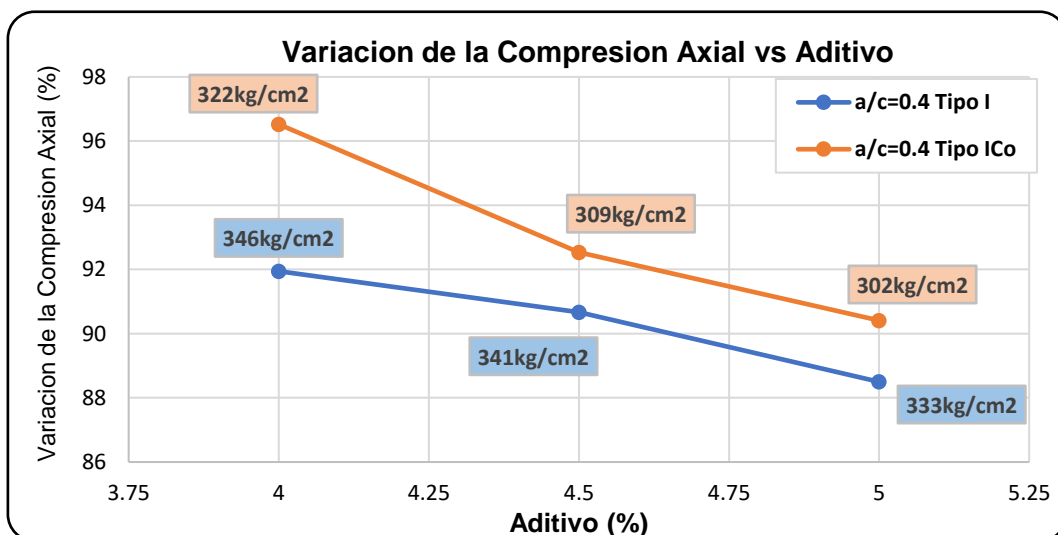


FIGURA N° 7.13: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.16, se observa un decremento de la resistencia a la compresión a los 7 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.50, Usando Cemento Tipo I, varía entre 93.78% hasta 90.36% y con Tipo ICo varía entre 92.60% hasta 90.66%.

TABLA N° 7.16: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 días – a/c=0.50.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. a/c=0.5	343	100.00	262	100.00
a/c=0.5 + 4%	321	93.78	242	92.60
a/c=0.5 + 4.5%	315	91.96	240	91.79
a/c=0.5 + 5%	310	90.36	237	90.66

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.14 se presenta la tendencia de la resistencia a la compresión a los 7 días, para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

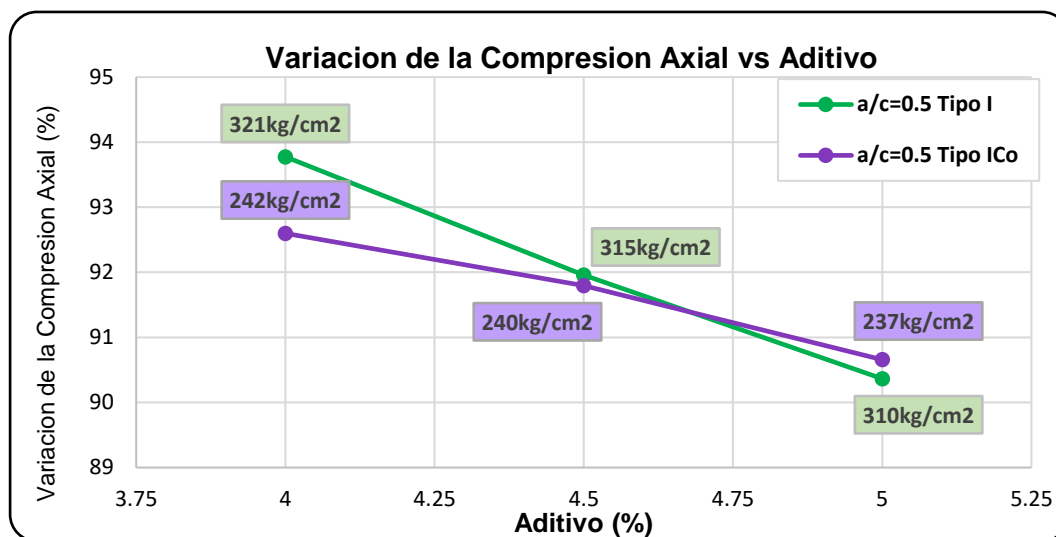


FIGURA N° 7.14: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.17, se observa un decremento de la resistencia a la compresión a los 28 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 96.08% hasta 92.90% y con Tipo ICo varía entre 95.76% hasta 93.66%.

TABLA N° 7.17: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días – a/c=0.40.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. a/c=0.4	442	100.00	402	100.00
a/c=0.4 + 4%	425	96.08	385	95.76
a/c=0.4 + 4.5%	419	94.80	381	94.67
a/c=0.4 + 5%	410	92.90	377	93.66

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.15 se presenta la tendencia de la resistencia a la compresión a los 28 días, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

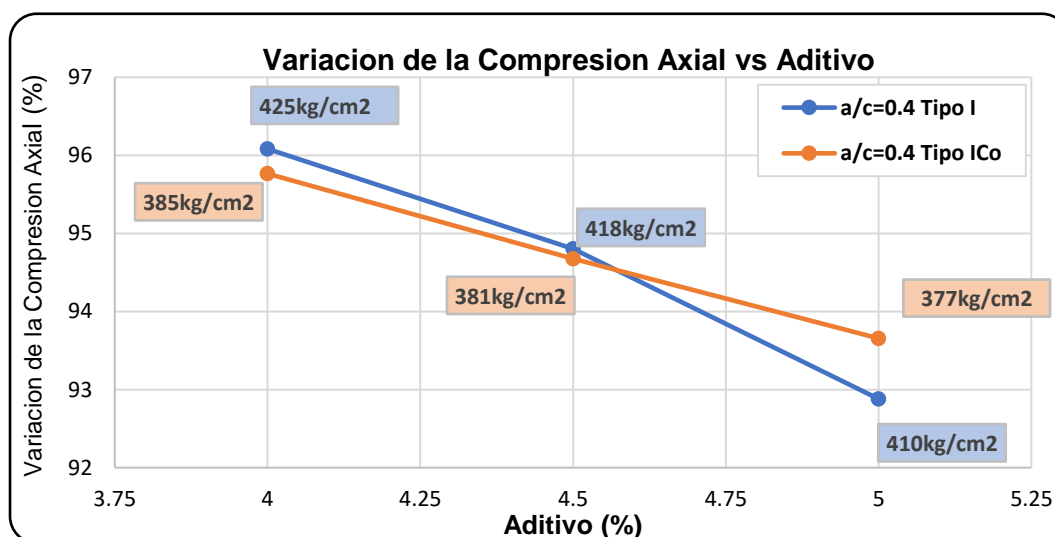


FIGURA N° 7.15: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.18, se observa un decremento de la resistencia a la compresión a los 28 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 93.10% hasta 88.55% y con Tipo ICo varía entre 93.77% hasta 91.72%.

TABLA N° 7.18: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días – a/c=0.50.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. a/c=0.5	424	100.00	345	100.00
a/c=0.5 + 4%	394	93.10	324	93.77
a/c=0.5 + 4.5%	387	91.43	321	92.86
a/c=0.5 + 5%	375	88.55	317	91.72

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.16 se presenta la tendencia de la resistencia a la compresión a los 28 días, para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

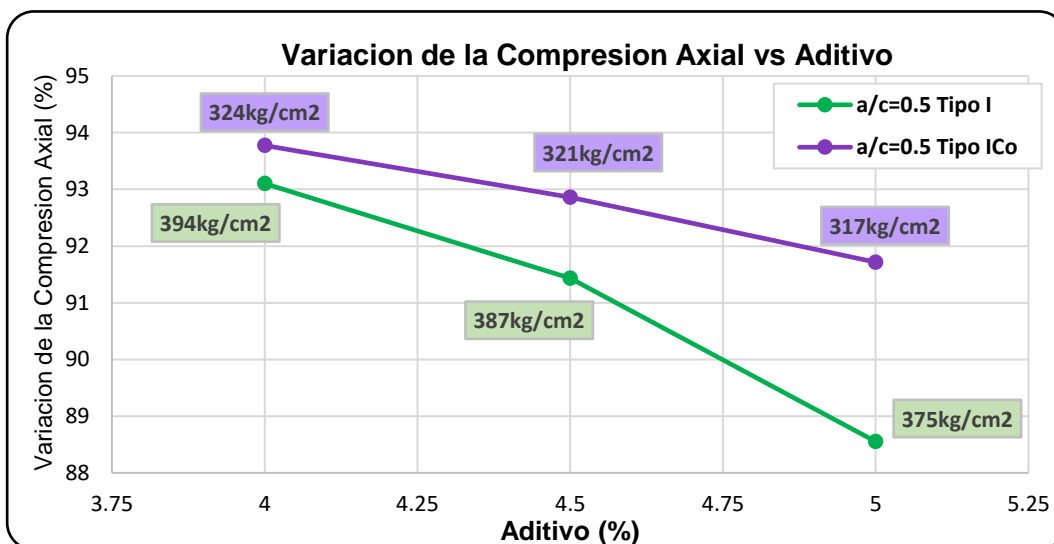


FIGURA N° 7.16: Porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

7.3.2 Modulo de elasticidad estático (N.T.P. 339.084)

En la Tabla N° 7.19, se observa un decremento e incremento del módulo de elasticidad estático los 28 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 93.91% hasta 94.63% y con Tipo ICo varía entre 101.62% hasta 106.28%.

TABLA N° 7.19: Porcentaje de variación del módulo de elasticidad estático a los 28 días – a/c=0.40.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Modulo elástico (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)	Modulo elástico (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. a/c=0.4	444506.9	100.00%	400862.7	100.00%
a/c=0.4 + 4%	417418.6	93.91%	407363.1	101.62%
a/c=0.4 + 4.5%	408534.4	91.91%	410235.3	102.34%
a/c=0.4 + 5%	420615.7	94.63%	426031.4	106.28%

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.17 se presenta la tendencia del módulo de elasticidad estático a los 28 días, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

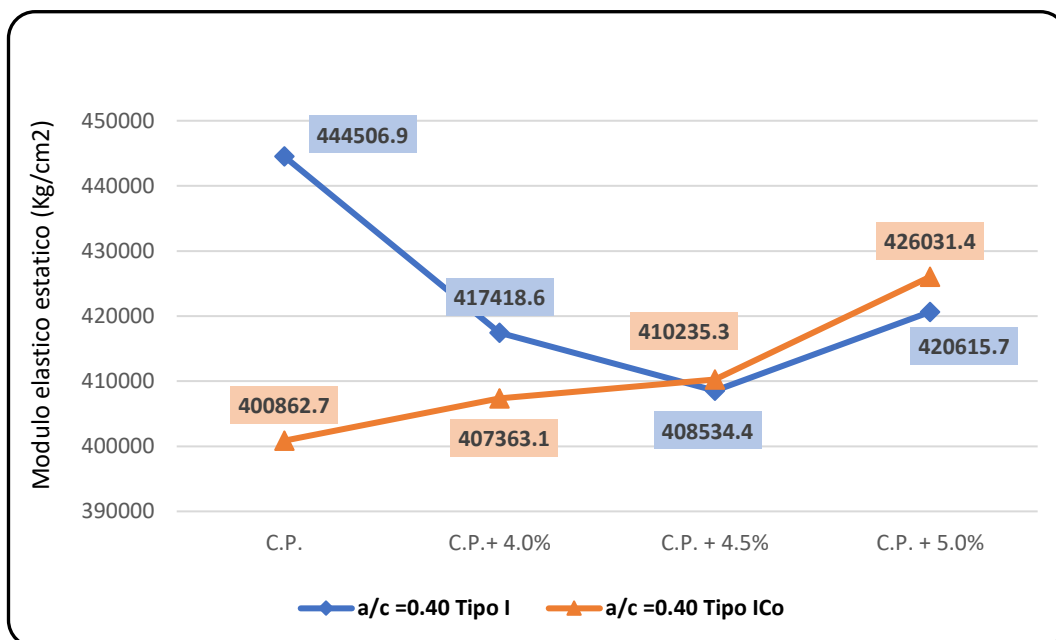


FIGURA N° 7.17: Porcentaje de variación del módulo de elasticidad estático a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 7.20 se observa un decremento e incremento del módulo de elasticidad estático los 28 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.50, Usando Cemento Tipo I, varía entre 85.85% hasta 91.28% y con Tipo ICo varía entre 102.83% hasta 119.72%.

TABLA N° 7.20: Porcentaje de variación del módulo de elasticidad estático a los 28 días – a/c=0.50.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Modulo elástico (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)	Modulo elástico (kg/cm ²)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. a/c=0.5	460804.7	100.00%	431719.3	100.00%
a/c=0.5 + 4%	436559.5	94.74%	437947.8	101.44%
a/c=0.5 + 4.5%	424913.8	92.21%	443804.2	102.80%
a/c=0.5 + 5%	436015.7	94.62%	462853.1	107.21%

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.18 se presenta la tendencia del módulo de elasticidad estático a los 28 días, para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

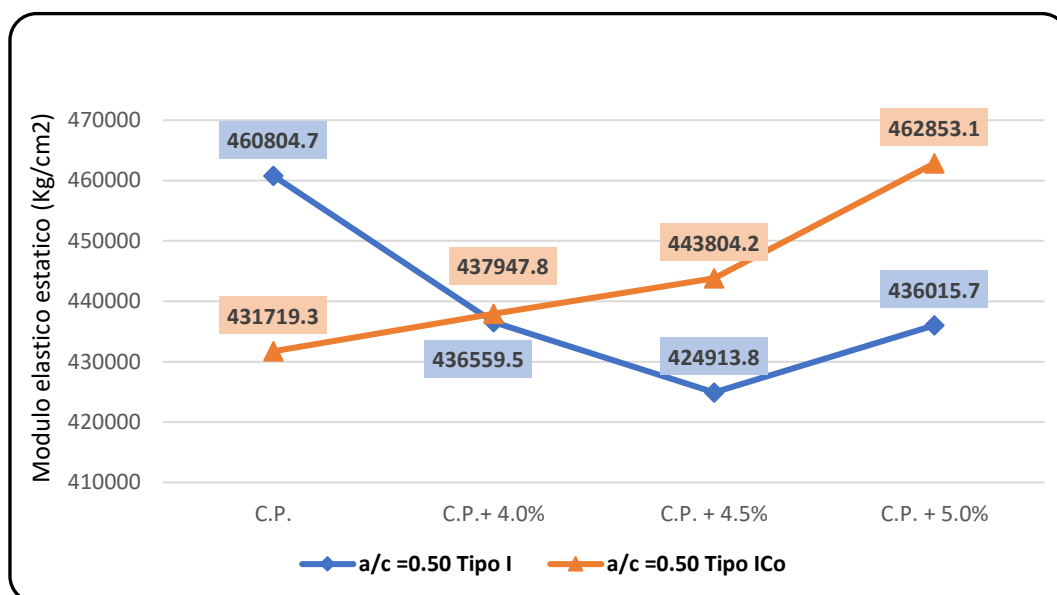


FIGURA N° 7.18: Porcentaje de variación del módulo de elasticidad estático a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

7.3.3 Ensayo de absorción y Porosidad. (NTP 339.232)

Se presenta un decremento de la absorción los 28 días, con respecto al concreto patrón, Para $a/c=0.40$, En la Tabla N° 7.21 se aprecia como varía para el Cemento Tipo I, varía entre 94.42% hasta 85.82% y Tipo ICo varía entre 97.07% hasta 89.76%.

TABLA N° 7.21: Porcentaje de variación de la absorción a los 28 días – $a/c=0.40$.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Absorción (%)	Incremento en porcentaje (%)	Absorción (%)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. $a/c=0.4$	5.14	100.00	4.85	100.00
$a/c=0.4 + 4\%$	4.85	94.42	4.71	97.07
$a/c=0.4 + 4.5\%$	4.67	90.83	4.58	94.52
$a/c=0.4 + 5\%$	4.41	85.82	4.35	89.76

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.19 se presenta la tendencia de la absorción a los 28 días, para $a/c=0.40$ expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

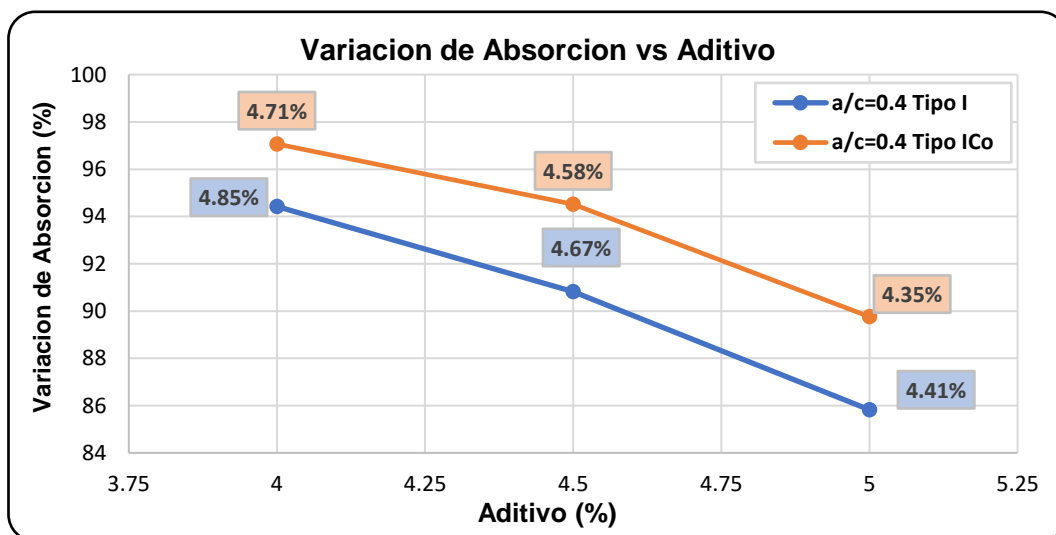


FIGURA N° 7.19: Porcentaje de variación de la absorción a los 28 días con respecto al concreto patrón – $a/c=0.40$. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.22 se observa un decremento de la absorción los 28 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación $a/c=0.50$, Usando Cemento Tipo I, varía entre 92.75% hasta 81.66% y con Tipo ICo varía entre 96.32% hasta 86.55%. 329 100 %

TABLA N° 7.22: Porcentaje de variación de la absorción a los 28 días – $a/c=0.50$

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Absorción (%)	Incremento en porcentaje (%)	Absorción (%)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. $a/c=0.5$	5.32	100.00	4.96	100.00
$a/c=0.5 + 4\%$	4.93	92.75	4.78	96.32
$a/c=0.5 + 4.5\%$	4.69	88.13	4.55	91.68
$a/c=0.5 + 5\%$	4.34	81.66	4.29	86.55

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.20 se presenta la tendencia de la absorción a los 28 días, para $a/c=0.50$ expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

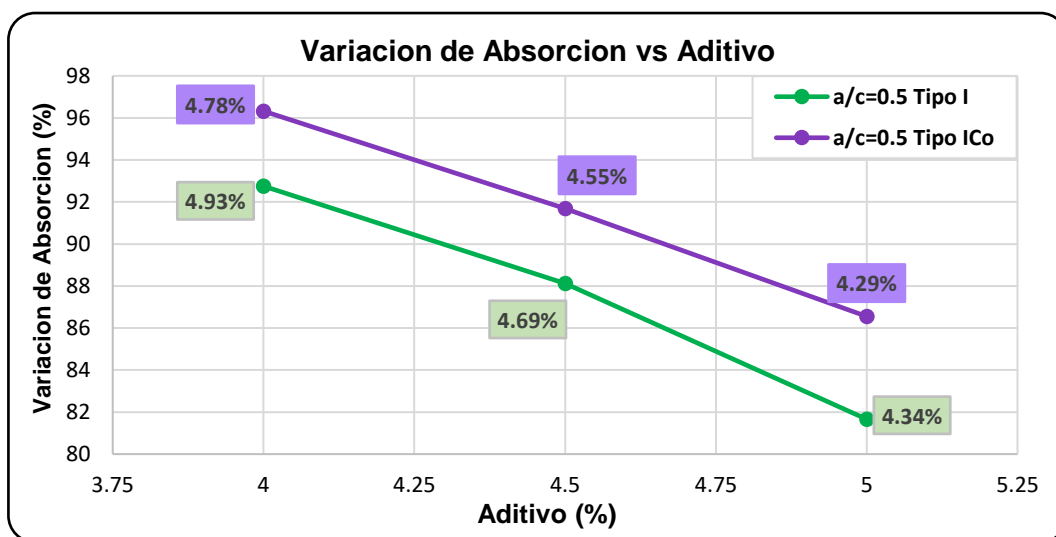


FIGURA N° 7.20: Porcentaje de variación de la absorción a los 28 días con respecto al concreto patrón – $a/c=0.50$. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.23 se observa un decremento de la porosidad los 28 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 91.08% hasta 82.25% y con Tipo ICo varía entre 90.29% hasta 84.84%.

TABLA N° 7.23: Porcentaje de variación de la porosidad a los 28 días – a/c=0.40

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Porosidad (%)	Incremento en porcentaje (%)	Porosidad (%)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. a/c=0.4	10.11	100.00	9.65	100.00
a/c=0.4 + 4%	9.21	91.08	8.71	90.29
a/c=0.4 + 4.5%	8.80	87.06	8.53	88.39
a/c=0.4 + 5%	8.32	82.25	8.19	84.84

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.20 se presenta la tendencia de la porosidad a los 28 días, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

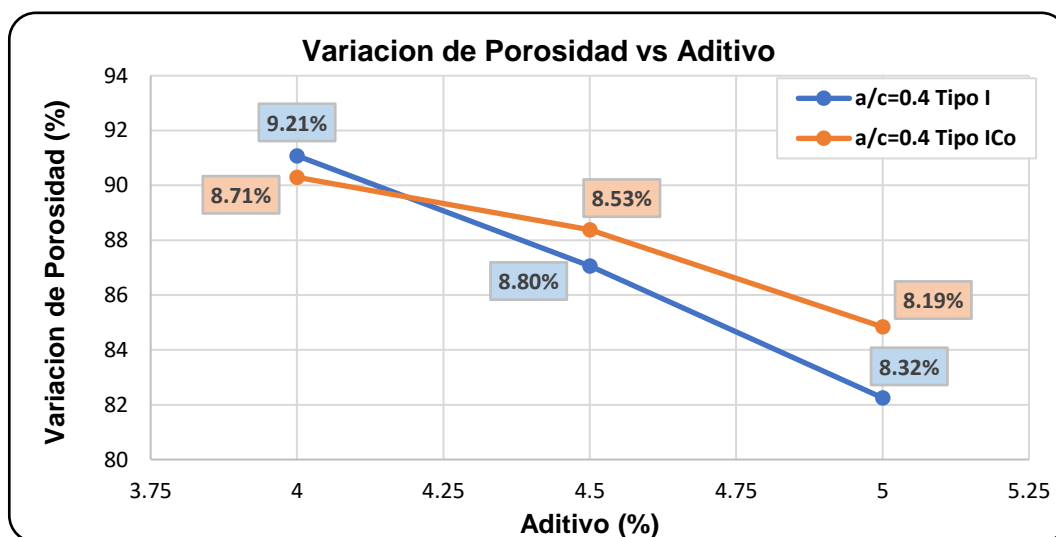


FIGURA N° 7.21: Porcentaje de variación de la porosidad a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.24 se observa un decremento de la porosidad los 28 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación $a/c=0.50$, Usando Cemento Tipo I, varía entre 90.03% hasta 76.91% y con Tipo ICo varía entre 94.19% hasta 84.57%.

TABLA N° 7.24: Porcentaje de variación de la porosidad a los 28 días – $a/c=0.50$

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	Porosidad (%)	Incremento en porcentaje (%)	Porosidad (%)	Incremento en porcentaje (%)
C.P. $a/c=0.5$	10.45	100.00	9.79	100.00
$a/c=0.5 + 4\%$	9.41	90.03	9.22	94.19
$a/c=0.5 + 4.5\%$	9.06	86.69	8.67	88.60
$a/c=0.5 + 5\%$	8.04	76.91	8.28	84.57

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.22 se presenta la tendencia de la porosidad a los 28 días, para $a/c=0.50$ expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

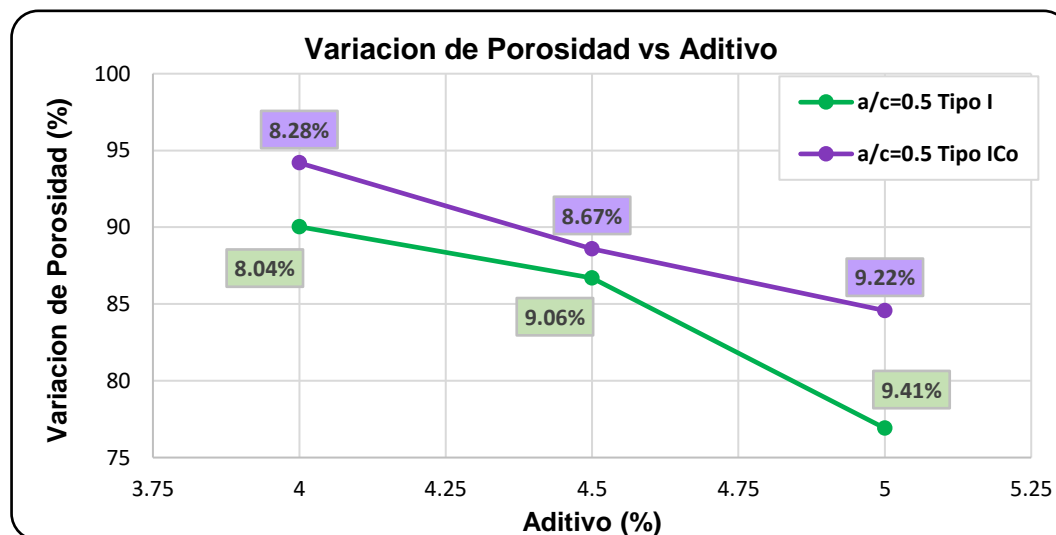


FIGURA N° 7.22: Porcentaje de variación de la porosidad a los 28 días con respecto al concreto patrón – $a/c=0.50$. Fuente: Elaboración Propia.

7.3.4 Ensayo de Permeabilidad (NTC 4483)

En la Tabla N° 7.25 se observa un decremento del coeficiente de permeabilidad los 28 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.40, Usando Cemento Tipo I, varía entre 75.91% hasta 38.70% y con Tipo ICo varía entre 63.88% hasta 35.58%.

TABLA N° 7.25: Porcentaje de variación del coeficiente de permeabilidad a los 28 días – a/c=0.40.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	PERMEABILIDAD (m/s)	Variación (%)	PERMEABILIDAD (m/s)	Variación (%)
C.P. a/c=0.4	3.940E-12	100.00	2.129E-12	100.00
a/c=0.4 + 4%	2.991E-12	75.91	1.360E-12	63.88
a/c=0.4 + 4.5%	2.240E-12	56.85	1.162E-12	54.61
a/c=0.4 + 5%	1.525E-12	38.70	7.574E-13	35.58

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.23 se presenta la tendencia del coeficiente de permeabilidad a los 28 días, para a/c=0.40 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

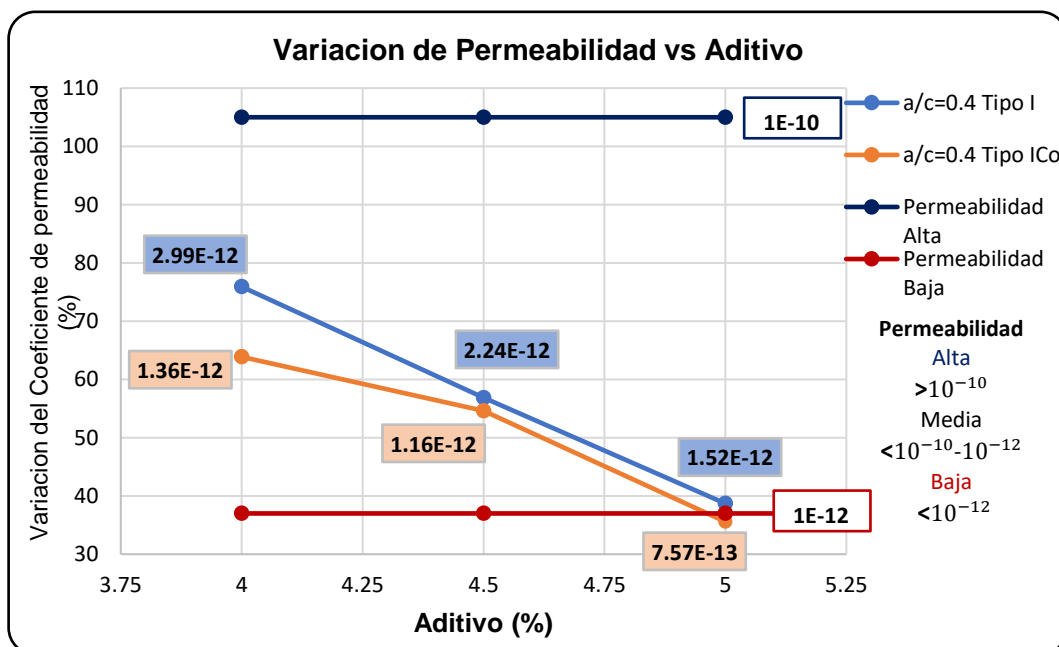


FIGURA N° 7.23: Porcentaje de variación del coeficiente de permeabilidad a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.40. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.26 se observa un decremento del coeficiente de permeabilidad los 28 días, con respecto al concreto patrón, expresado en porcentajes. Para la relación a/c=0.50, Usando Cemento Tipo I, varía entre 77.45% hasta 41.18% y con Tipo ICo varía entre 77.32% hasta 37.38%.

TABLA N° 7.26: Porcentaje de variación del coeficiente de permeabilidad a los 28 días – a/c=0.50.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I		Cemento Tipo ICo	
	PERMEABILIDAD (m/s)	Variación (%)	PERMEABILIDAD (m/s)	Variación (%)
C.P. a/c=0.5	5.240E-12	100.00	3.232E-12	100.00
a/c=0.5 + 4%	4.058E-12	77.45	2.499E-12	77.32
a/c=0.5 + 4.5%	3.235E-12	61.74	1.726E-12	53.40
a/c=0.5 + 5%	2.158E-12	41.18	1.221E-12	37.80

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.24 se presenta la tendencia del coeficiente de permeabilidad a los 28 días, para a/c=0.50 expresado en porcentajes, Usando Cemento Tipo I y ICo.

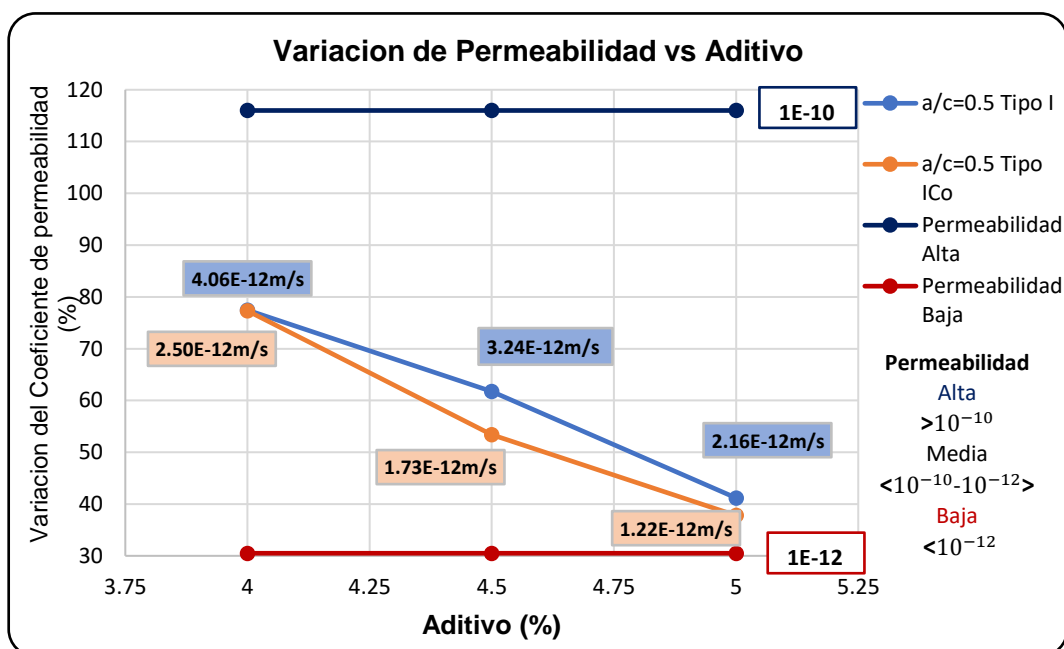


FIGURA N° 7.24: Porcentaje de variación del coeficiente de permeabilidad a los 28 días con respecto al concreto patrón – a/c=0.50. Fuente: Elaboración Propia.

7.3.5 Relación de la Resistencia a la compresión y la Permeabilidad.

En la Tabla N° 7.27 se observa un decremento del coeficiente de permeabilidad y de la resistencia a la compresión a los 28 días, con respecto al concreto patrón. Para $a/c=0.40$ usando el cemento Tipo I tenemos los siguientes datos su resistencia a compresión se reduce hasta un 7.12% y su coeficiente de permeabilidad hasta el 61.29%.

TABLA N° 7.27: Relación del coeficiente de Permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días. – $a/c=0.40$.

Tipo de concreto	Cemento Tipo I				
	%Aditivo	Resistencia a la compresión (kg/cm^2)	Variación (%)	Permeabilidad (m/s)	Variación (%)
C.P. $a/c=0.4$		442	100.00	3.940E-12	100.00
$a/c=0.4 + 4\%$		425	96.08	2.991E-12	75.91
$a/c=0.4 + 4.5\%$		419	94.80	2.240E-12	56.85
$a/c=0.4 + 5\%$		414	93.60	1.525E-12	38.70

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.25 se presenta la tendencia del coeficiente de permeabilidad vs la Resistencia a la compresión vs el porcentaje de aditivo Chema 1 Impermeabilizante a los 28 días, para $a/c=0.40$, Usando Cemento Tipo I.

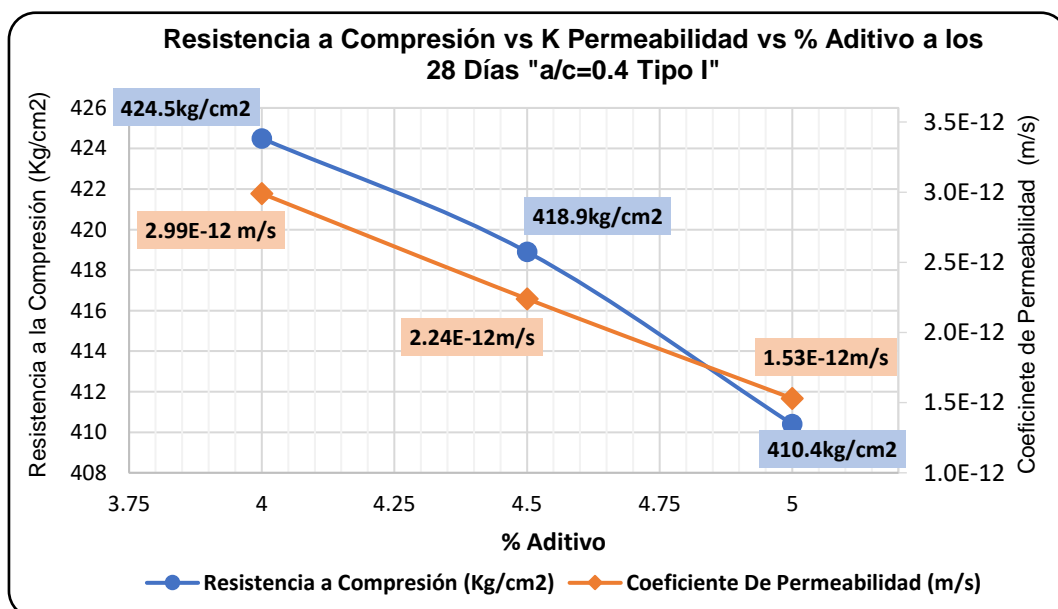


FIGURA N° 7.25: Resistencia a la compresión vs coeficiente de Permeabilidad vs porcentajes de aditivo Chema 1 impermeabilizante. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.28 se observa un decremento del coeficiente de permeabilidad y de la resistencia a la compresión a los 28 días, con respecto al concreto patrón. Para $a/c=0.40$ usando el cemento Tipo ICo tenemos los siguientes datos su resistencia a compresión se reduce hasta un 6.34% y su coeficiente de permeabilidad hasta el 64.42%.

TABLA N° 7.28: Relación del coeficiente de Permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días. – $a/c=0.40$.

Tipo de concreto		Cemento Tipo ICo		
%Aditivo	Resistencia a la compresión (kg/cm^2)	Porcentaje de Variación (%)	Permeabilidad (m/s)	Porcentaje de Variación (%)
C.P. $a/c=0.4$	402	100.00	2.129E-12	100.00
$a/c=0.4 + 4\%$	385	95.76	1.360E-12	63.88
$a/c=0.4 + 4.5\%$	381	94.67	1.162E-12	54.61
$a/c=0.4 + 5\%$	377	93.66	7.574E-13	35.58

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.26 se presenta la tendencia del coeficiente de permeabilidad vs la Resistencia a la compresión vs el porcentaje de aditivo Chema 1 Impermeabilizante a los 28 días, para $a/c=0.40$, Usando Cemento Tipo ICo.

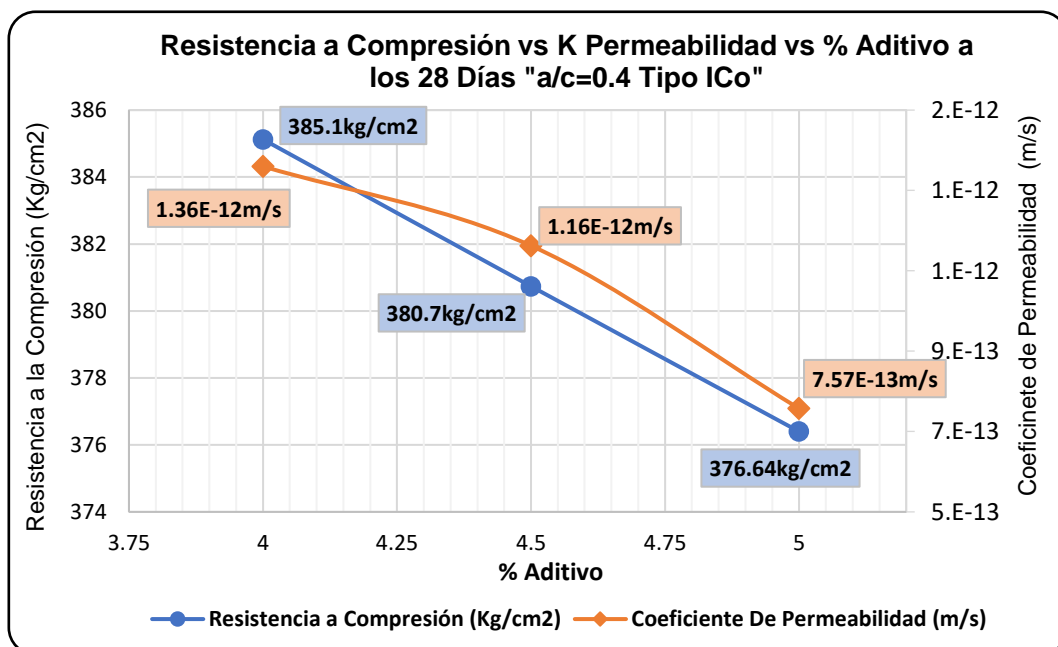


FIGURA N° 7.26: Resistencia a la compresión vs coeficiente de Permeabilidad vs porcentajes de aditivo Chema 1 impermeabilizante. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.29 se observa un decremento del coeficiente de permeabilidad y de la resistencia a la compresión a los 28 días, con respecto al concreto patrón. Para $a/c=0.50$ usando el cemento tipo I tenemos los siguientes datos su resistencia a compresión se reduce hasta un 11.45% y su coeficiente de permeabilidad hasta el 58.81%.

TABLA N° 7.29: Relación del coeficiente de Permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días. – $a/c=0.50$.

Tipo de concreto		Cemento Tipo I			
%Aditivo	Resistencia a la compresión (kg/cm^2)	Porcentaje de Variación (%)	Permeabilidad (m/s)	Porcentaje de Variación (%)	
C.P. $a/c=0.5$	424	100.00	5.240E-12	100.00	
$a/c=0.5 + 4\%$	394	93.10	4.058E-12	77.45	
$a/c=0.5 + 4.5\%$	387	91.43	3.235E-12	61.74	
$a/c=0.5 + 5\%$	375	88.55	2.158E-12	41.18	

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.27 se presenta la tendencia del coeficiente de permeabilidad vs la Resistencia a la compresión vs el porcentaje de aditivo Chema 1 Impermeabilizante a los 28 días, para $a/c=0.50$, Usando Cemento Tipo I.

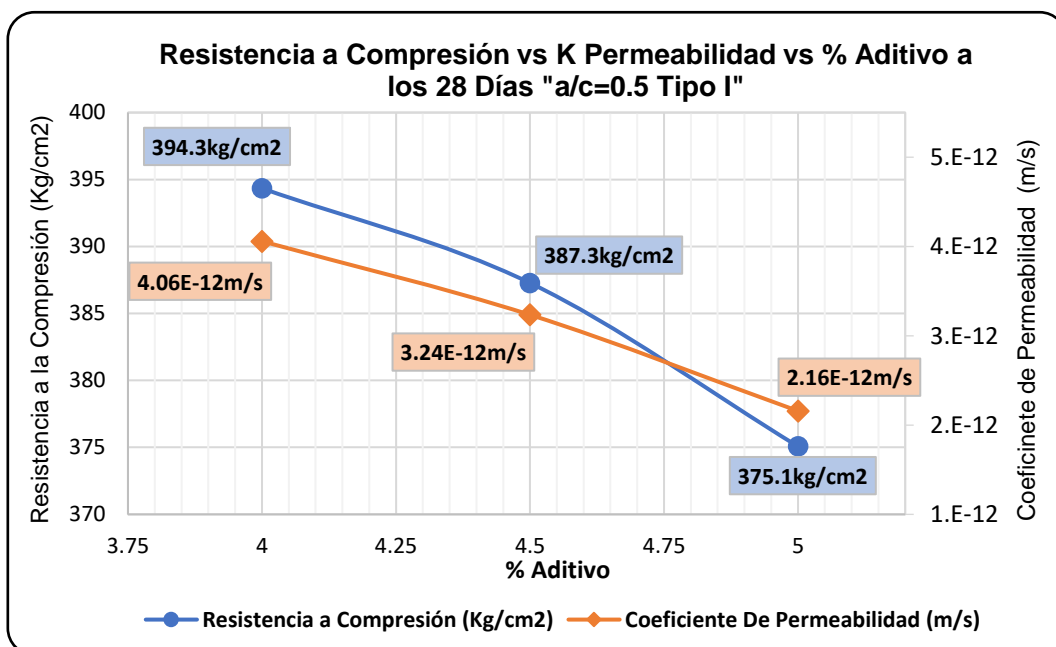


FIGURA N° 7.27: Resistencia a la compresión vs coeficiente de Permeabilidad vs porcentajes de aditivo Chema 1 impermeabilizante. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 7.30 se observa un decremento del coeficiente de permeabilidad y de la resistencia a la compresión a los 28 días, con respecto al concreto patrón. Para $a/c=0.50$ usando el cemento tipo ICo tenemos los siguientes datos su resistencia a compresión se reduce hasta un 8.28% y su coeficiente de permeabilidad hasta el 62.20%.

TABLA N° 7.30: Relación del coeficiente de Permeabilidad y Resistencia a la compresión a los 28 días. – $a/c=0.50$.

Tipo de concreto		Cemento Tipo ICo		
%Aditivo	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Porcentaje de Variación (%)	Permeabilidad (m/s)	Porcentaje de Variación (%)
C.P. $a/c=0.5$	345	100.00	3.232E-12	100.00
$a/c=0.5 + 4%$	324	93.77	2.499E-12	77.32
$a/c=0.5 + 4.5%$	321	92.86	1.726E-12	53.40
$a/c=0.5 + 5%$	317	91.72	1.221E-12	37.80

Nota. Fuente: Propia.

En la Figura N° 7.28 se presenta la tendencia del coeficiente de permeabilidad vs la Resistencia a la compresión vs el porcentaje de aditivo Chema 1 Impermeabilizante a los 28 días, para $a/c=0.50$, Usando Cemento Tipo ICo.

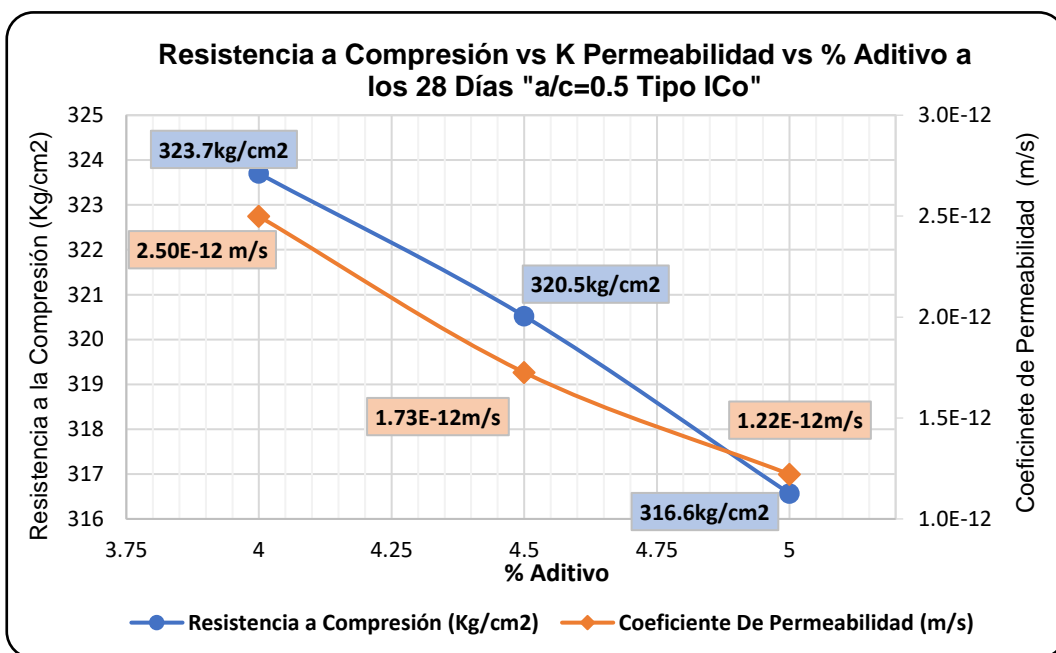


FIGURA N° 7.28: Resistencia a la compresión vs coeficiente de Permeabilidad vs porcentajes de aditivo Chema 1 impermeabilizante. Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

❖ El aumento del aditivo Impermeabilizante Chema 1 (4%, 4.5% y 5%) vario moderadamente las propiedades físicas del Concreto Para el Cemento Tipo I y Tipo ICo en estado fresco.

- Asentamiento: aumento moderadamente.
- Peso Unitario: no varió significativamente.
- Contenido de Aire: no vario significativamente.
- Exudación: no vario significativamente.
- Tiempo de Fragua: Aumento moderadamente.

Para las relaciones agua-cemento (a/c) de 0.40 y 0.50, respectivamente.

❖ La variación de la dosis del aditivo Impermeabilizante Chema 1 (4%, 4.5% y 5%), permitió reducir la permeabilidad de manera satisfactoria, dado que los coeficientes de permeabilidad (k) disminuyeron hasta un 65%, respecto a sus diseños patrones respectivos, al usarse el aditivo impermeabilizante.

❖ El coeficiente de permeabilidad (k) aumenta en función al incremento de la relación a/c, es decir, se vuelve más permeable.

❖ Mientras más se reduce la profundidad media de penetración del agua, más se reduce el coeficiente de permeabilidad (k).

❖ La absorción y porosidad del concreto se redujeron en los diseños hasta en 18.34% y 23% respectivamente, en relación con sus diseños patrones respectivos, debido a que el aditivo sella los poros, es decir, reduce el paso del agua entre ellos y también disminuye el tamaño de los poros.

❖ La Resistencia a la compresión utilizando el aditivo impermeabilizante resulto se menor en los diseños, respecto al concreto patrón, para a/c de 0.40 es hasta un 4.2% menor y para a/c de 0.50 es hasta un 11% menor.

❖ Al realizar la comparación de la resistencia a la compresión del concreto incorporando las dosificaciones de 4.0%, 4.5%, y 5.0% del aditivo chema 1 impermeabilizante, con respecto a los antecedentes investigativos, se obtuvo resistencia a la compresión menores de hasta un 11%, a la del concreto patrón y para los demás trabajos de investigación, tenemos resistencias a la compresión mayores de hasta un 20%, excepto el trabajo de Nonajulca (2020), Usando cemento tipo ICo, obtuvo menores resistencias a la compresión de hasta un 83%, respecto al concreto patrón.

RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar investigaciones con otros tipos de cementos y otros tipos de aditivos Impermeabilizantes existentes en el mercado para poder analizar las propiedades y características de este, tanto en concreto fresco como endurecido.
- ❖ Ensayar con diferentes tipos de relaciones a/c mayores a 0.50 y edades superiores a 28 días, realizando el mismo proceso, así determinar la variación en función a la relación a/c y a qué edades la permeabilidad se estabiliza.
- ❖ Antes de ensayar las probetas se tiene que revisar que estén bien recubiertas tanto la parte superior como los lados laterales con pintura epoxica, para así asegurar que el flujo del agua no escape por las paredes lateras, y a su vez, cuando se esté realizando la prueba del ensayo de penetración de agua bajo presión, controlar continuamente que el sellado en las celdas junto al neopreno, no tengan fugas, para que no disminuya la presión de agua y así no tener datos erróneos y consigo tener que invalidar el ensayo.
- ❖ Incrementar el número de muestras en el procedimiento propuesto, para el ensayo de permeabilidad, de esta manera podremos tener un mayor universo de muestras y obtendremos resultados que nos dé una tendencia en función de la relación agua/cemento y el coeficiente de permeabilidad (k).
- ❖ El coeficiente de permeabilidad es el resultado de diversos factores, entre los cuales están la profundidad de penetración del agua bajo presión y la porosidad (%). El cual se ha comprobado que influye el porcentaje de aire, la temperatura del concreto y el asentamiento (Slump); características del concreto en estado fresco, por lo que se recomienda controlar dichas propiedades.

BIBLIOGRAFIA

- ASTM C29. (2017). Standard test method for bulk density ("unit weight") and voids in aggregate. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C39. (2021). Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C117. (2017). Standard test method for materials finer than 75- μm (no. 200) sieve in mineral aggregates by washing. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C127. (2015). Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C128. (2015). Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C136. (2019). Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C138. (2017). Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C143. (2020). Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C150. (2020). Standard specification for portland cement. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C231. (2017). Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C403. (2016). Standard test method for time of setting of concrete mixtures by penetration resistance. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C566. (2019). Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying. American Society for Testing and Materials.
- ASTM C642. (2013). The American Society for Testing Materials, Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete, West Conshohocken (P.A).
- Biondi Shaw, A. (2015). "Construyendo obras y caminos". Buildgreen Magazines Nuevos Editores. Edición 17. Lima.

- Bornand Araya, J. (2012). "Evaluación del desempeño de aditivos impermeabilizantes por cristalización como agentes promotores de la durabilidad del hormigón confeccionado con cemento Portland puzolánico". Chile.
- Bustamante I. (2017). "Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Chema. (2020). "Chema 1 liquido Impermeabilizante", Hoja técnica, Edición 02, Lima
- Chipana, A. (2014). Historia del concreto y su llegada al Perú. Lima.
- Cemento Inka. (2016). "Cemento Portland Tipo ICO", Certificado de Calidad, Lima.
- Gómez Cano, Juan C. (2008). "Identificación y cuantificación de algunos factores en la permeabilidad de concretos y morteros", Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Colombia.
- Huincho, E. (2011). Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microlice y nanosilice con cemento Portland Tipo 1. Lima, Perú.
- Leyva, J.; Orbegoso, A. (2019). "Estudio comparativo de los aditivos hidrófugos, por cristalización y bloqueadores de poro en la permeabilidad de monteros de cemento Tipo I, Trujillo.
- Limón, J. (2016). "Estudio sobre tecnologías aplicadas a las mezclas de concreto hidráulico para reducir su permeabilidad al agua e incrementar su durabilidad", México.
- Moreno Vásquez, A. (2015). "Implementación del método de presión para medir la permeabilidad en el concreto" (Tesis para optar el grado de Ingeniero). Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Lima.
- Montani, R. (2000). La carbonatación, enemigo olvidado del concreto. Construcción y Tecnología.
- NTC 4483. (1998). Ingeniería civil y arquitectura. Concretos. Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua. Bogotá: ICONTEC.
- Oliva, C. (2008). influencia de los Superplastificante en la trabajabilidad y resistencia de hormigones grado H-25 y H-30. Valdivia - Chile.
- Oquendo, L. (2015). "Evaluación y selección de aditivos impermeabilizantes para concreto con resistencia de 450 Kg/cm^2 ". Venezuela.
- Pasquel, E. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto (2ª d.). Lima, Perú.
- Portugal. (2010). Tecnología del concreto de alto desempeño. Lima.

- Posada, B. (2000). La degradación del concreto armado. Revista Universidad Eafit – No 93.
- Ramachandran, V.S. (1995). Concrete Admixtures, Handbook – Properties, Science, and Technology. William Andrew Publishing.
- Silva, J. (2020). Generalidades y tipos de aditivos para el concreto según la NTC 1299. 360 en Concreto. Colombia.
- Sota, H. (2017). Influencia del aditivo SIKA 1 y agregado chancado en la resistencia a la compresión y propiedades físicas en concreto de baja permeabilidad. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- Tacusi, M. (2016). Estudio del concreto con aditivo impermeabilizante y cemento Portland tipo I. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Torre Carrillo, A. (2011). “Aditivos para el concreto”, Tecnología del concreto I. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Lima.
- Torre Carrillo, A. (2004). “Curso básico de Tecnología del Concreto” 3ra Edición. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- Vélez, Ligia. M. (2010). Permeabilidad y porosidad en el concreto.

ANEXOS

ANEXO A: AGREGADOS

AGREGADO FINO

Procedencia: Cantera – Trapiche

1. Peso Unitario

1.1 Peso unitario suelto

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado Fino)		
		M1	M2	Promedio
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	6.4556	6.4583	6.45695
peso del recipiente	Kg	1.5765	1.5765	1.5765
Peso de la muestra	Kg	4.8791	4.8818	4.88045
Volumen del recipiente	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario suelto	Kg/m³	1724.06	1725.02	1724.54

1.2 Peso unitario compactado

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado Fino)		
		M1	M2	Promedio
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	6.7816	6.757	6.7693
peso del recipiente	Kg	1.5765	1.5765	1.5765
Peso de la muestra	Kg	5.2051	5.1805	5.1928
Volumen del recipiente	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario compactado	Kg/m³	1839.26	1830.57	1834.91

2. Peso Especifico

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado Fino)			
		M1	M2	M3	Promedio
peso de la arena superficialmente seca	g	500	500	500	500.00
peso (arena s.s. + balón + agua)	g	1019	1014.6	1009.4	1014.33
peso del balón	g	209.6	205.2	205.2	206.67
peso del agua	g	309.4	309.4	304.2	307.67
peso de la arena seca al horno	g	492.5	491.4	491.6	491.83
peso específico de masa	g/ cm³	2.584	2.578	2.511	2.558

3. Porcentaje de absorción

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado Fino)			
		M1	M2	M3	Promedio
peso específico de masa superficialmente seco	g/cm^3	2.623	2.623	2.554	2.600
peso específico aparente	g/cm^3	2.690	2.700	2.623	2.671
porcentaje de absorción	(%)	1.523	1.750	1.709	1.661

4. Contenido de Humedad

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado Fino)			
		M1	M2	M3	Promedio
Peso de material Húmedo	g	600.5	600.5	601	600.67
Peso de material seco	g	596.8	596.8	597.1	596.90
Contenido de agua	g	3.7	3.7	3.9	3.77
Contenido de Humedad	(%)	0.620	0.620	0.653	0.631

5. Módulo de Finura

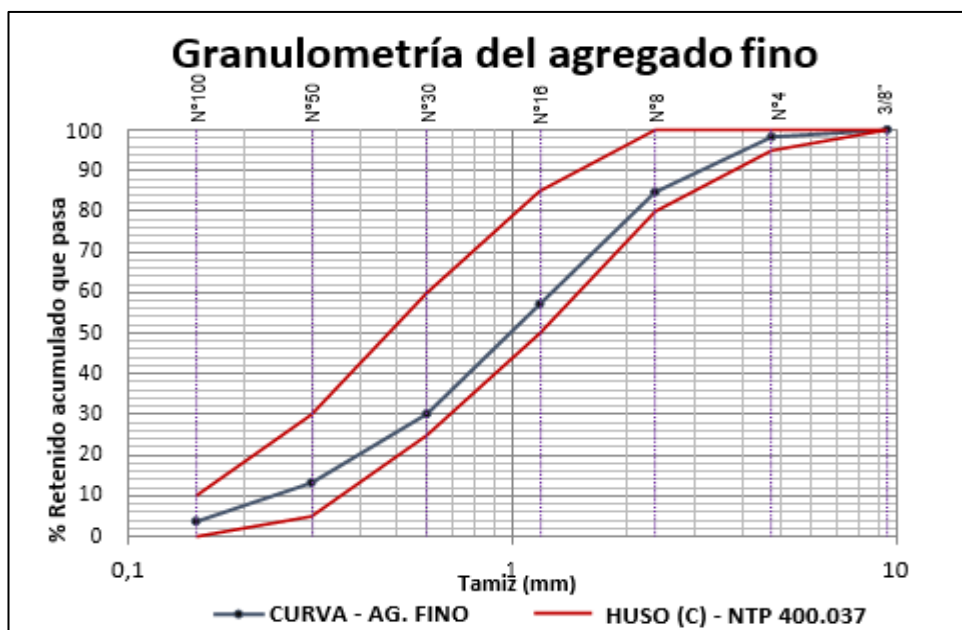
$$M.F. = \frac{\sum \% (3''+1\ 1/2''+3/4''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

MF =	2.91
-------------	-------------

6. Granulometría

Tamiz	M-1 (g)	M-2 (g)	M-3 (g)	Peso retenido promedio	%Retenido	%Ret. Acumulado	%Pasa
3/8"	0	0	0	0	0	0	100
N°4	6.3	13.4	9.5	9.73	1.61	1.61	98.39
N°8	50.2	68.5	51.7	56.80	9.38	10.98	89.02
N°16	161.9	161.4	182.3	168.53	27.82	38.81	61.19
N°30	147.6	149.6	156.2	151.13	24.95	63.76	36.24
N°50	115.3	111.9	111.3	112.83	18.63	82.38	17.62
N°100	75.1	62.7	60	65.93	10.88	93.27	6.73
FONDO	49.7	37.6	35	40.77	6.73	100.00	0.00
TOTAL	606.1	605.1	606	605.73		MF=2.91	

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO



AGREGADO GRUESO

Procedencia: Cantera – Trapiche

1. Peso Unitario

1.1 Peso unitario suelto

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado grueso)		
		M1	M2	Promedio
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	17.83	17.54	17.685
peso del recipiente	Kg	4.36	4.36	4.36
Peso de la muestra	Kg	13.47	13.18	13.325
Volumen del recipiente	m3	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario suelto	Kg/m3	1426.91	1396.19	1411.55

1.2 Peso unitario compactado

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado Grueso)		
		M1	M2	Promedio
Peso de la muestra + Recipiente	Kg	18.84	18.73	18.785
peso del recipiente	Kg	4.36	4.36	4.36
Peso de la muestra	Kg	14.48	14.37	14.425
Volumen del recipiente	m3	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario compactado	Kg/m3	1533.90	1522.25	1528.07

2. Peso Específico

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado Grueso)			
		M1	M2	M3	Promedio
peso de la arena superficialmente seca	g	3488.1	3489.4	3490.6	3489.37
peso (arena s.s. + balón + agua)	g	3512	3513	3513.2	3512.73
peso del balón	g	2893.2	2899.2	2896.3	2896.23
peso del agua	g	687	687	687	687.00
peso de la arena seca al horno	g	2206.2	2212.2	2209.3	2209.23
peso específico de masa	g/cm³	2.671	2.683	2.677	2.677

3. Porcentaje de absorción

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado Fino)			
		M1	M2	M3	Promedio
peso específico de masa superficialmente seco	g/cm ³	2.690	2.701	2.694	2.695
peso específico aparente	g/cm ³	2.721	2.732	2.724	2.726
porcentaje de absorción	(%)	0.685	0.676	0.647	0.670

4. Contenido de Humedad

Características Físicas	Unidad	Muestra (Agregado Grueso)			
		M1	M2	M3	Promedio
Peso de material Húmedo	g	3503.7	3503	3504.9	3503.87
Peso de material seco	g	3492.2	3493.1	3492.5	3492.60
Contenido de agua	g	11.5	9.9	12.4	11.27
Contenido de Humedad	(%)	0.329	0.283	0.355	0.323

5. Módulo de Finura

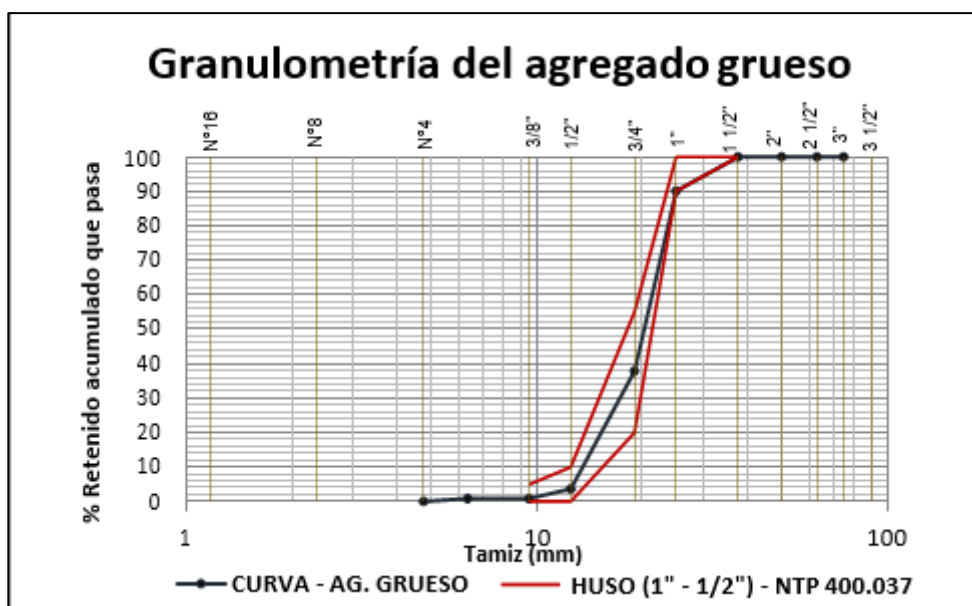
$$M.F. = \frac{\sum \% (3''+1\ 1/2''+3/4''+N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

MF =	7.59
-------------	-------------

6. Granulometría

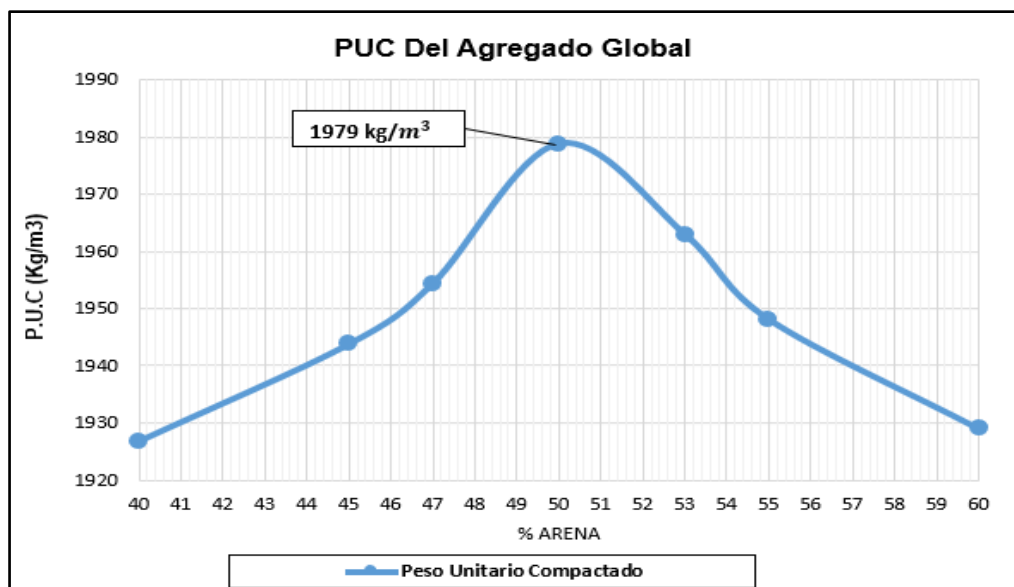
Tamiz	M-1 (g)	M-2 (g)	M-3 (g)	Peso retenido promedio	%Retenido	%Ret. Acumulado	%Pasa
1 1/2"	0	0	0	0	0	0	100.00
1"	978.4	1006.4	856.2	947.00	9.26	9.26	90.74
3/4"	4893.4	5937.8	5398.5	5409.90	52.88	62.14	37.86
1/2"	3293.8	3258.5	3798.8	3450.37	33.73	95.87	4.13
3/8"	322.8	92.2	171.3	195.43	1.91	97.78	2.22
N°4	338	0	58.1	132.03	1.29	99.07	0.93
FONDO	193.8	42.5	48.3	94.87	0.93	100.00	0.00
TOTAL	10020.2	10337.4	10331.2	10229.60		MF=7.59	

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO



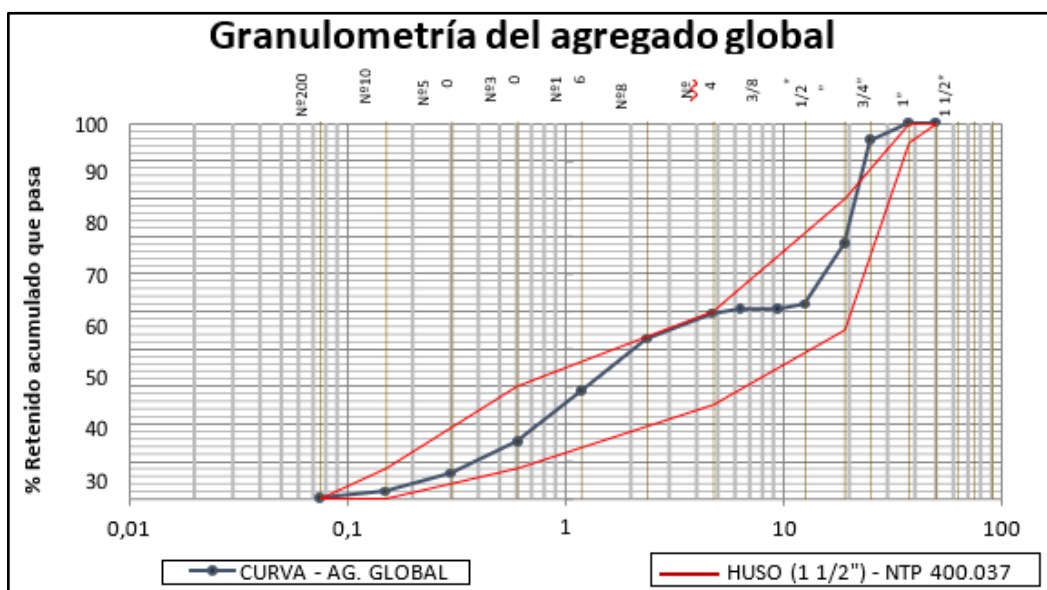
AGREGADO GLOBAL

PROPORCION DE AGREGADOS		P.U.C.
ARENA (%)	PIEDRA (%)	(Kg/m ³)
40	60	1927
45	55	1944
47	53	1954
50	50	1979
53	47	1963
55	45	1948
60	60	1929



MALLA N°	RETEN. PIEDRA %	RETEN. ARENA %	RETEN. PIEDRA *P%	RETEN. ARENA *A%	RETEN. (%)	RETENIDO ACUMUL. %	RETENIDO ACUMUL. QUE PASA
1"	9.26	-	4.6	-	4.6	4.6	95.4
3/4"	52.88	-	26.4	-	26.4	31.1	68.9
1/2"	33.73	-	16.9	-	16.9	47.9	52.1
3/8"	1.91	-	1.0	-	1.0	48.9	51.1
1/4"	0	-	0.0	-	0.0	48.9	51.1
Nº4	1.29	1.61	0.65	0.80	1.45	50.3	49.7
Nº8	0.93	9.38	0.46	4.69	5.15	55.5	44.5
Nº16	-	27.82	-	13.91	13.9	69.4	30.6
Nº30	-	24.95	-	12.48	12.5	81.9	18.1
Nº50	-	18.63	-	9.31	9.3	91.2	8.8
Nº100	-	10.88	-	5.44	5.4	96.6	3.4
Fondo	-	6.73	-	3.37	3.4	100.0	0.0
TOTAL	100	100	50	50	100	MF = 5,25	0

CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GLOBAL



F

ANEXO B: TABLAS DE ENSAYOS DE POROSIDAD Y PERMEABILIDAD.

Ensayo de Absorción y Porosidad, Usando Cemento Tipo I y Tipo IC0

TABLA B.1: Ensayo de Absorción y Porosidad del concreto de relación a/c=0.40. Usando cemento Tipo I.

POROSIDAD Y ABSORCION DEL CONCRETO: PATRON Y CON ADITIVO CHEMA 1 IMPERMEABILIZANTE-CEMENTO TIPO I.							
Aditivo (%/bolsa)	N° Probetas	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado Ebullición (g)	Peso sumergido aparente (g)	Absorción (%)	Porosidad (%)
Patrón	P1	922.00	969.80	968.30	530.80	5.18	10.58
	P2	885.60	931.00	927.10	507.30	5.13	9.89
	P3	898.60	946.80	943.80	520.00	5.36	10.67
	P4	850.80	891.60	890.00	486.70	4.80	9.72
	P5	928.10	975.40	973.80	528.10	5.10	10.25
	P6	852.10	897.50	894.10	482.30	5.33	10.20
	P7	816.60	858.60	857.20	446.70	5.14	9.89
	P8	924.60	971.70	969.90	503.02	5.09	9.70
	Promedio (%)						5.14
AD1 4%	P1	910.80	953.60	945.60	544.40	4.70	8.67
	P2	907.00	957.10	946.90	543.00	5.52	9.88
	P3	901.20	947.50	939.90	542.70	5.14	9.74
	P4	867.70	904.60	903.20	521.30	4.25	9.30
	P5	892.80	934.80	929.20	536.90	4.70	9.28
	P6	934.10	977.90	969.70	558.10	4.69	8.65
	P7	877.10	921.00	913.10	525.30	5.01	9.28
	P8	897.10	940.40	932.10	538.00	4.83	8.88
	Promedio (%)						4.85
AD2 4.5%	P1	905.40	947.90	943.70	519.60	4.69	9.03
	P2	872.20	916.60	910.00	511.90	5.09	9.50
	P3	912.60	954.60	950.30	532.30	4.60	9.02
	P4	883.20	929.00	916.20	514.20	5.19	8.21
	P5	882.60	920.70	916.50	512.80	4.32	8.40
	P6	884.50	924.90	919.30	513.10	4.57	8.57
	P7	903.40	944.10	940.80	527.90	4.51	9.06
	P8	882.60	921.40	917.70	512.30	4.40	8.66
	Promedio (%)						4.67
AD3 5%	P1	917.70	961.80	950.70	550.80	4.81	8.25
	P2	927.30	973.80	961.60	556.20	5.01	8.46
	P3	897.20	940.80	930.20	537.20	4.86	8.40
	P4	918.50	955.20	950.80	546.40	4.00	7.99
	P5	908.50	949.10	942.00	542.70	4.47	8.39
	P6	866.10	900.80	901.00	504.70	4.01	8.81
	P7	894.90	927.50	928.30	522.80	3.64	8.24
	P8	938.40	980.70	970.80	566.30	4.51	8.01
	Promedio (%)						4.41

TABLA B.2: Ensayo de Absorción y Porosidad del concreto de relación a/c=0.50. Usando cemento Tipo I.

POROSIDAD Y ABSORCIÓN DEL CONCRETO: PATRÓN Y CON ADITIVO CHEMA 1 IMPERMEABILIZANTE-CEMENTO TIPO I.							
Aditivo (%/bolsa)	N° Probetas	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Peso saturado Ebullición (g)	Peso sumergido aparente (g)	Absorción (%)	Porosidad (%)
Patrón	P1	860.60	904.10	901.70	488.70	5.05	9.95
	P2	937.70	991.70	988.90	538.60	5.76	11.37
	P3	872.60	923.40	920.80	497.30	5.82	11.38
	P4	923.50	979.30	976.90	526.50	6.04	11.86
	P5	942.20	992.90	990.20	540.20	5.38	10.67
	P6	925.30	969.50	966.60	533.00	4.78	9.52
	P7	906.90	956.80	953.40	518.00	5.50	10.68
	P8	909.30	947.70	944.40	514.90	4.22	8.17
Promedio (%)						5.32	10.45
AD1 4%	P1	924.50	968.20	962.60	524.30	4.73	8.69
	P2	964.10	1009.80	1006.20	562.40	4.74	9.49
	P3	914.50	962.00	957.00	534.00	5.19	10.05
	P4	971.10	1020.20	1015.00	561.80	5.06	9.69
	P5	900.40	954.40	948.80	523.10	6.00	11.37
	P6	905.80	948.20	943.50	519.70	4.68	8.90
	P7	941.90	985.60	978.70	540.20	4.64	8.39
	P8	977.20	1020.60	1016.20	567.90	4.44	8.70
Promedio (%)						4.93	9.41
AD2 4.5%	P1	968.70	1016.00	1012.00	557.20	4.88	9.52
	P2	977.30	1017.80	1014.40	563.20	4.14	8.22
	P3	956.40	1000.60	995.40	553.00	4.62	8.82
	P4	931.60	977.80	972.40	535.70	4.96	9.34
	P5	915.30	958.80	954.30	523.50	4.75	9.05
	P6	887.30	930.20	926.30	509.00	4.83	9.35
	P7	927.60	973.80	969.40	530.70	4.98	9.53
	P8	972.10	1014.20	1011.20	559.20	4.33	8.65
Promedio (%)						4.69	9.06
AD3 5%	P1	956.90	999.90	989.70	570.30	4.49	7.82
	P2	930.20	970.70	961.70	554.80	4.35	7.74
	P3	950.90	992.00	983.90	571.20	4.32	8.00
	P4	928.70	972.40	968.30	557.30	4.71	9.64
	P5	951.00	994.80	984.20	570.60	4.61	8.03
	P6	955.40	993.70	986.00	573.90	4.01	7.43
	P7	926.10	964.80	958.20	556.30	4.18	7.99
	P8	954.50	993.50	985.80	577.50	4.09	7.67
Promedio (%)						4.34	8.04

TABLA B.3: Ensayo de Absorción y Porosidad del concreto de relación a/c=0.40. Usando cemento Tipo ICo.

POROSIDAD Y ABSORCION DEL CONCRETO: PATRON Y CON ADITIVO CHEMA 1 IMPERMEABILIZANTE-CEMENTO TIPO ICo.							
Aditivo (%/bolsa)	N° Probetas	Peso saturado (g)	Peso seco (g)	Peso saturado Ebullición (g)	Peso sumergido aparente (g)	Absorción (%)	Porosidad (%)
Patrón	P1	918.90	961.80	955.20	542.20	4.67	8.79
	P2	897.30	941.30	935.40	528.10	4.90	9.35
	P3	905.70	952.80	946.90	534.30	5.20	9.99
	P4	917.00	956.90	950.60	543.40	4.35	8.25
	P5	924.80	978.60	972.10	542.80	5.82	11.02
	P6	947.60	997.00	991.30	560.10	5.21	10.13
	P7	934.50	972.20	966.10	548.30	4.03	11.02
	P8	939.00	982.10	975.40	554.80	4.59	8.65
	Promedio (%)						4.85
AD1 4%	P1	888.40	928.40	922.20	537.40	4.50	8.78
	P2	925.60	963.90	958.30	538.00	4.14	7.78
	P3	879.30	924.70	915.20	537.70	5.16	9.51
	P4	909.10	951.50	944.30	516.30	4.66	8.22
	P5	909.20	950.60	943.20	531.90	4.55	8.27
	P6	911.50	955.60	947.50	553.10	4.84	9.13
	P7	889.60	930.00	922.10	520.30	4.54	8.09
	P8	913.90	961.80	955.90	533.00	5.24	9.93
	Promedio (%)						4.71
AD2 4.5%	P1	902.10	941.90	935.80	546.10	4.41	8.65
	P2	881.20	924.20	914.90	529.80	4.88	8.75
	P3	955.80	995.10	987.30	579.60	4.11	7.73
	P4	923.00	964.40	956.20	558.30	4.49	8.34
	P5	909.90	953.80	945.80	547.40	4.82	9.01
	P6	900.20	946.00	936.90	539.60	5.09	9.24
	P7	904.10	944.60	937.90	543.50	4.48	8.57
	P8	926.10	966.60	957.90	558.00	4.37	7.95
	Promedio (%)						4.58
AD3 5%	P1	934.70	977.10	972.10	551.80	4.54	8.90
	P2	912.30	951.30	928.40	559.50	4.27	4.36
	P3	906.10	945.20	942.70	533.20	4.32	8.94
	P4	917.40	953.60	951.20	535.80	3.95	8.14
	P5	884.40	924.80	922.00	510.80	4.57	9.14
	P6	901.60	942.00	936.80	527.10	4.48	8.59
	P7	894.50	935.50	931.70	519.40	4.58	9.02
	P8	879.80	915.90	913.30	514.70	4.10	8.40
	Promedio (%)						4.35

TABLA B.4: Ensayo de Absorción y Porosidad del concreto de relación a/c=0.50. Usando cemento Tipo ICo.

POROSIDAD Y ABSORCION DEL CONCRETO: PATRON Y CON ADITIVO CHEMA 1 IMPERMEABILIZANTE-CEMENTO TIPO ICo.							
Aditivo (%/bolsa)	N° Probetas	Peso saturado (g)	Peso seco (g)	Peso saturado Ebullición (g)	Peso sumergido aparente (g)	Absorción (%)	Porosidad (%)
Patrón	P1	914.70	955.30	950.40	543.20	4.44	8.77
	P2	939.10	967.50	963.20	553.80	3.02	5.89
	P3	919.90	951.30	946.40	544.60	3.41	6.60
	P4	941.30	978.10	973.20	555.30	3.91	7.63
	P5	876.70	928.20	923.30	524.90	5.87	11.70
	P6	897.20	954.90	949.90	537.80	6.43	12.79
	P7	901.40	959.10	953.90	540.20	6.40	12.69
	P8	911.70	968.00	962.40	547.80	6.18	12.23
				Promedio (%)		4.96	9.79
AD1 4%	P1	908.00	947.10	942.40	534.20	4.31	8.43
	P2	894.00	939.60	934.60	524.30	5.10	9.90
	P3	916.20	957.60	952.40	543.20	4.52	8.85
	P4	911.90	953.90	947.90	537.70	4.61	8.78
	P5	899.90	948.70	942.60	531.40	5.42	10.38
	P6	882.40	923.50	917.70	518.40	4.66	8.84
	P7	932.10	974.90	970.50	549.30	4.59	9.12
	P8	891.00	935.60	929.50	522.20	5.01	9.45
				Promedio (%)		4.78	9.22
AD2 4.5%	P1	814.10	852.30	846.60	476.000	4.692	8.770
	P2	929.60	972.90	967.30	544.300	4.658	8.913
	P3	916.00	959.50	953.20	543.700	4.749	9.084
	P4	895.30	940.20	934.60	523.200	5.015	9.553
	P5	921.60	969.40	963.20	547.200	5.187	10.000
	P6	914.20	952.70	947.50	541.700	4.211	8.206
	P7	945.40	983.10	977.60	555.100	3.988	7.621
	P8	915.20	950.60	944.80	534.600	3.868	7.216
				Promedio (%)		4.55	8.67
AD3 5%	P1	920.10	958.30	953.80	543.800	4.152	8.220
	P2	939.70	981.90	975.70	554.200	4.491	8.541
	P3	936.50	976.90	970.40	554.300	4.314	8.147
	P4	932.80	973.80	966.80	553.500	4.395	8.226
	P5	913.30	950.40	946.30	541.500	4.062	8.152
	P6	914.10	950.30	945.90	541.800	3.960	7.869
	P7	934.70	976.20	970.70	547.200	4.440	8.501
	P8	887.30	927.40	923.30	502.400	4.519	8.553
				Promedio (%)		4.29	8.28

Ensayo de Permeabilidad, Usando Cemento Tipo I y Tipo ICo.TABLA B.5: Ensayo de Coeficiente de permeabilidad del concreto de relación a/c=0.40.
Usando cemento tipo I.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO: PATRON Y CON ADITIVO CHEMA 1 IMPERMEABILIZANTE A LOS 28 DÍAS - CEMENTO TIPO I.						
Aditivo (% /bolsa)	N° Probetas	Penetración (m)	Tiempo (seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coefficiente Permeabilidad (m/s)
Patrón	P-01	0.0362	345600	10.110	50	3.833E-12
	P-02	0.0367	345600	10.110	50	3.940E-12
	P-03	0.0371	345600	10.110	50	4.026E-12
	P-04	0.0368	345600	10.110	50	3.962E-12
	Promedio (m/s)					3.940E-12
AD1 4%	P-01	0.0329	345600	9.210	50	2.885E-12
	P-02	0.0334	345600	9.210	50	2.973E-12
	P-03	0.0341	345600	9.210	50	3.099E-12
	P-04	0.0336	345600	9.210	50	3.009E-12
	Promedio (m/s)					2.991E-12
AD2 4.5%	P-01	0.0310	345600	8.800	50	2.447E-12
	P-02	0.0292	345600	8.800	50	2.171E-12
	P-03	0.0294	345600	8.800	50	2.201E-12
	P-04	0.0290	345600	8.800	50	2.141E-12
	Promedio (m/s)					2.240E-12
AD3 5%	P-01	0.0235	345600	8.320	50	1.329E-12
	P-02	0.0256	345600	8.320	50	1.578E-12
	P-03	0.0261	345600	8.320	50	1.640E-12
	P-04	0.0254	345600	8.320	50	1.553E-12
	Promedio (m/s)					1.525E-12

TABLA B.6: Ensayo de Coeficiente de permeabilidad del concreto de relación a/c=0.50.
Usando cemento tipo I.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO: PATRON Y CON ADITIVO CHEMA 1 IMPERMEABILIZANTE A LOS 28 DÍAS - CEMENTO TIPO I.						
Aditivo (% /bolsa)	N° Probetas	Penetración (m)	Tiempo (seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coefficiente de Permeabilidad (m/s)
Patrón	P-01	0.0419	345600	10.450	50	5.308E-12
	P-02	0.0411	345600	10.450	50	5.108E-12
	P-03	0.0423	345600	10.450	50	5.410E-12
	P-04	0.0412	345600	10.450	50	5.133E-12
	Promedio (m/s)					
AD1 4%	P-01	0.0374	345600	9.410	50	3.809E-12
	P-02	0.0395	345600	9.410	50	4.248E-12
	P-03	0.0389	345600	9.410	50	4.120E-12
	P-04	0.0386	345600	9.410	50	4.057E-12
	Promedio (m/s)					
AD2 4.5%	P-01	0.0355	345600	9.060	50	3.304E-12
	P-02	0.0356	345600	9.060	50	3.322E-12
	P-03	0.0342	345600	9.060	50	3.066E-12
	P-04	0.0352	345600	9.060	50	3.248E-12
	Promedio (m/s)					
AD3 5%	P-01	0.0309	345600	8.040	50	2.221E-12
	P-02	0.0302	345600	8.040	50	2.122E-12
	P-03	0.0296	345600	8.040	50	2.038E-12
	P-04	0.0311	345600	8.040	50	2.250E-12
	Promedio (m/s)					

TABLA B.7: Ensayo de Coeficiente de permeabilidad del concreto de relación a/c=0.40.
Usando cemento Tipo ICo.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO: PATRON Y CON ADITIVO CHEMA 1 IMPERMEABILIZANTE A LOS 28 DÍAS - CEMENTO TIPO ICo.						
Aditivo (% /bolsa)	N° Probetas	Penetración (m)	Tiempo (seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coefficiente de Permeabilidad (m/s)
Patrón	P-01	0.0289	345600	9.650	50	2.332E-12
	P-02	0.0272	345600	9.650	50	2.066E-12
	P-03	0.0267	345600	9.650	50	1.991E-12
	P-04	0.0276	345600	9.650	50	2.127E-12
	Promedio (m/s)					
AD1 4%	P-01	0.0226	345600	8.710	50	1.287E-12
	P-02	0.0231	345600	8.710	50	1.345E-12
	P-03	0.0235	345600	8.710	50	1.392E-12
	P-04	0.0237	345600	8.710	50	1.416E-12
	Promedio (m/s)					
AD2 4.5%	P-01	0.0213	345600	8.530	50	1.120E-12
	P-02	0.0215	345600	8.530	50	1.141E-12
	P-03	0.0219	345600	8.530	50	1.184E-12
	P-04	0.0221	345600	8.530	50	1.205E-12
	Promedio (m/s)					
AD3 5%	P-01	0.0182	345600	8.190	50	7.850E-13
	P-02	0.0176	345600	8.190	50	7.341E-13
	P-03	0.0182	345600	8.190	50	7.850E-13
	P-04	0.0175	345600	8.190	50	7.257E-13
	Promedio (m/s)					

TABLA B.8: Ensayo de Coeficiente de permeabilidad del concreto de relación a/c=0.50.
Usando cemento Tipo ICo.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO: PATRON Y CON ADITIVO CHEMA 1 IMPERMEABILIZANTE A LOS 28 DÍAS - CEMENTO TIPO ICo.						
Aditivo (% /bolsa)	N° Probetas	Penetración (m)	Tiempo (seg)	Porosidad (%)	Presión (m)	Coefficiente de Permeabilidad (m/s)
Patrón	P-01	0.0340	345600	9.790	50	3.275E-12
	P-02	0.0334	345600	9.790	50	3.160E-12
	P-03	0.0341	345600	9.790	50	3.294E-12
	P-04	0.0336	345600	9.790	50	3.198E-12
	Promedio (m/s)					
AD1 4%	P-01	0.0313	345600	9.220	50	2.614E-12
	P-02	0.0306	345600	9.220	50	2.498E-12
	P-03	0.0307	345600	9.220	50	2.514E-12
	P-04	0.0298	345600	9.220	50	2.369E-12
	Promedio (m/s)					
AD2 4.5%	P-01	0.0263	345600	8.670	50	1.735E-12
	P-02	0.0256	345600	8.670	50	1.644E-12
	P-03	0.0267	345600	8.670	50	1.788E-12
	P-04	0.0263	345600	8.670	50	1.735E-12
	Promedio (m/s)					
AD3 5%	P-01	0.0231	345600	8.280	50	1.278E-12
	P-02	0.0226	345600	8.280	50	1.224E-12
	P-03	0.0227	345600	8.280	50	1.235E-12
	P-04	0.0219	345600	8.280	50	1.149E-12
	Promedio (m/s)					

ANEXO C: PANEL FOTOGRAFICO



FIGURA D.1: Ingreso de Materiales en la Tolva
Capítulo III – Pagina 49



FIGURA D.2: Ensayo de PUS y PUC, agregado fino.
Capítulo III – Pagina N°50



FIGURA D.3: Ensayo Peso específico del Agregado fino.
Capítulo III – Pagina N°51



FIGURA D.4: Ensayo Peso específico del Agregado Grueso.
Capítulo III – Pagina N°51



FIGURA D.5: Ensayo Granulometría.
Capítulo III – Página N°53

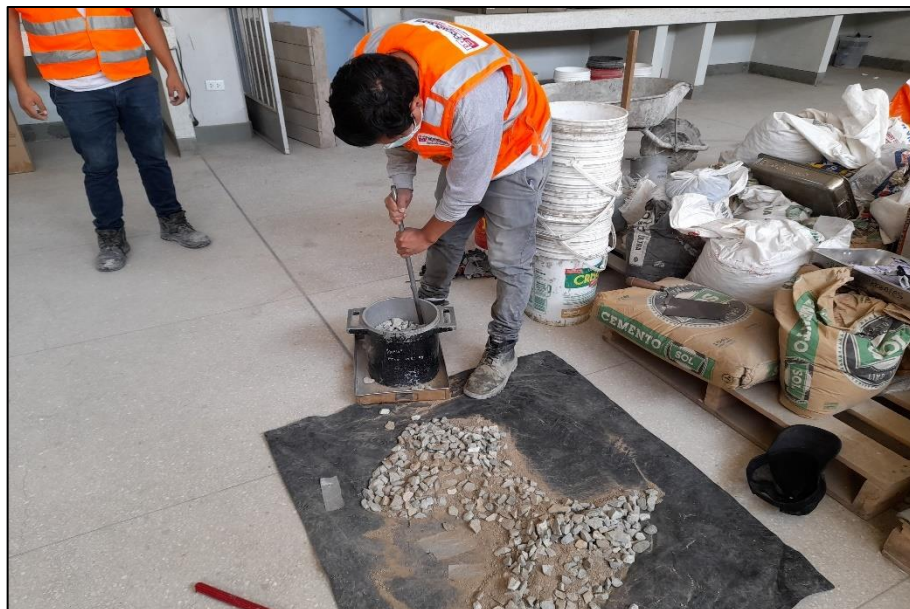


FIGURA D.6: Ensayo de PUC, agregado global.
Capítulo IV – Página N°65



FIGURA D.7: Obtención del Slump
Capítulo IV – Pagina N°66

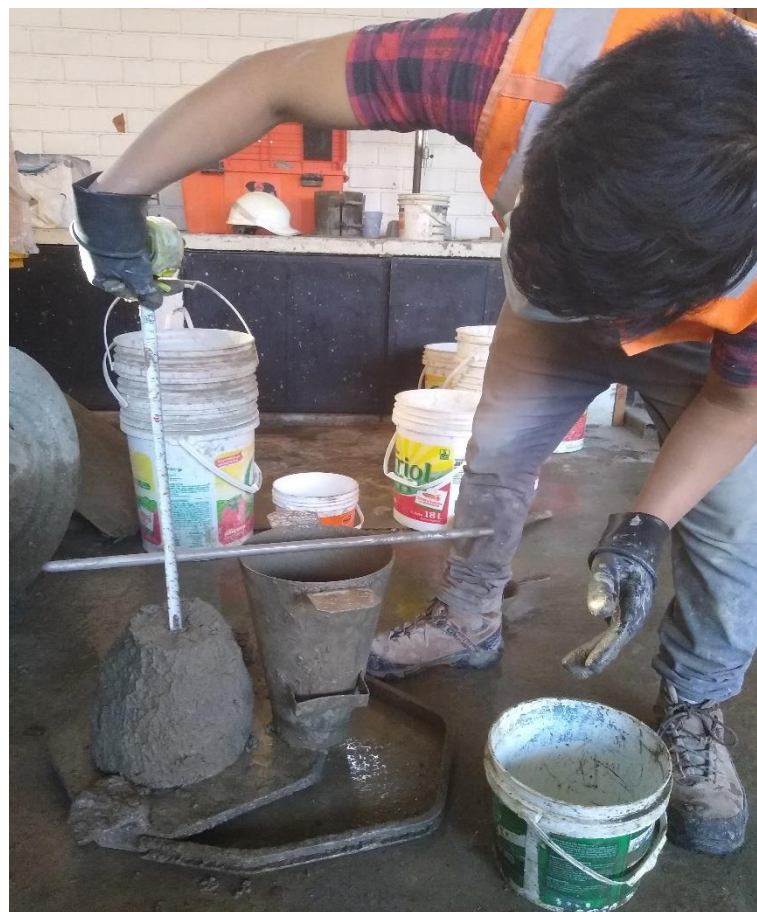


FIGURA D.8: Realización del ensayo Slump.
Capítulo V – Pagina N°82



FIGURA D.9: Ensayo de Peso Unitario.
Capitulo V – Pagina N°85



FIGURA D.10: Ensayo de Contenido de Aire.
Capitulo V – Pagina N°87



FIGURA D.11: Ensayo de Tiempo de Fragua.
Capítulo V – Pagina N°91



FIGURA D.12: Probetas para llevar a curar.
Capítulo VI – Pagina N°93



FIGURA D.13: Pesado de Probetas.
Capítulo VI – Página N°93



FIGURA D.14: Secado de muestras para el ensayo de Absorción y Porosidad. Capítulo VI – Pagina N°98



FIGURA D.15: Masa saturada después de la ebullición de las muestras. Capítulo VI – Pagina N°99



FIGURA D.16: Calculo del Peso Sumergido Aparente.
Capítulo VI – Pagina N°99



FIGURA D.17: Pintado de Probetas Para ensayo de permeabilidad.
Capítulo VI – Pagina N°102



FIGURA D.18: Instalación de Probetas Para ensayo de permeabilidad
Capítulo VI – Pagina N°102



FIGURA D.19: Ensayo de tracción para medir la Permeabilidad.
Capítulo VI – Pagina N°103



FIGURA D.20: Penetración del agua en las probetas.
Capítulo VI – Pagina N°103