

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE LOS
CONCRETOS CON DIFERENTES RELACIONES A/C, DIFERENTES TIPOS DE
CEMENTO Y ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA 1 EN LA CIUDAD DE
AREQUIPA**

Tesis presentada por el Bachiller:

Icaza Palma, Eduardo Jesús

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Dr. Díaz Galdós, Miguel Renato

**Arequipa – Perú
2019**

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

DETERMINACION Y EVALUACION DE LA PERMEABILIDAD DE LOS
CONCRETOS CON DIFERENTES RELACIONES A/C, DIFERENTES TIPOS DE
CEMENTO Y ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKKA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

EDUARDO JESUS ICAZA PALMA

Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO

OBSERVACIONES:

SIN OBSERVACIONES

Arequipa, 13 de Agosto del 2019


CDO 1949


CDO. 1938


CDO 2778

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme creado y regalado una familia donde me ha mostrado por sobretodo el amor, agradezco a mi familia, en especial a mi madre Jacqueline por su insistente paciencia y cuidar de mi en todo momento, a mi papá Edgard por haberme guiado y dado la oportunidad de cumplir mis sueños en lo personal y lo profesional, agradezco a mi papá Eduardo por haberme inspirado a estudiar Ing. Civil mostrándome desde niño las bondades de esta hermosa carrera, por su apoyo incondicional en toda decisión que he tomado a lo largo de mi vida y agradezco a Alejandra por ayudarme a confiar en mi capacidad para salir adelante y levantarme después de cada tropiezo.

"Si el Señor no construye la casa, en vano se cansan los constructores"

Fuente: Sal. 127 (126) – La Biblia

PRESENTACIÓN

La presente investigación titulada “DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE LOS CONCRETOS CON DIFERENTES RELACIONES A/C, DIFERENTES TIPOS DE CEMENTO Y ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA 1 EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”, es presentada ante ustedes señores Miembros del Jurado para su respectiva evaluación, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, que otorga la Universidad Católica de Santa María.

El objetivo de la investigación es evaluar la permeabilidad del concreto con diferentes relaciones agua/cemento y diferentes tipos de cemento, además de conocer el desempeño del aditivo impermeabilizante en el concreto.

Agradezco el apoyo y colaboración recibida para la realización del presente trabajo de investigación al Ingeniero Renato Diaz Galdos, quien fue el asesor de tesis, agradezco también a la empresa **CONCRETOS SUPERMIX S.A**, a la Ing. Patricia Carpio Salazar, quien dirigió y supervisó constantemente todo el proceso de investigación, brindando acceso al uso de los equipos de laboratorio para la obtención de las características de los agregados, así como también para las distintas pruebas en el concreto.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la permeabilidad del concreto con diferentes relaciones agua/cemento y diferentes tipos de cementos, además de evaluar el desempeño del aditivo impermeabilizante Sika I, pudiendo obtener valores cualitativos y cuantitativos. Las mezclas de concreto se realizarán con aditivos plastificantes y retardantes en porcentaje del contenido de cemento, además del uso del aditivo impermeabilizante para realizar la comparación de los concretos convencionales y con aditivo impermeabilizante.

La investigación está compuesta por cinco capítulos, los cuales se resumen a continuación:

En el primer capítulo presentamos la generalidad de esta investigación: objetivos, hipótesis y variables de estudio. En el segundo capítulo se define la permeabilidad como tema principal, se presenta la información teórica y se describen los métodos para la determinación de permeabilidad bajo presión de agua y permeabilidad bajo presión de aire Torrent. En el tercer capítulo se muestran los resultados de todos los materiales utilizados. En el cuarto capítulo se describe la metodología de la investigación, en el quinto y último capítulo se muestran los resultados de resistencia a la compresión y permeabilidad obtenidos con las diferentes mezclas, además se realiza un análisis de los resultados obtenidos y finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a la experiencia de los ensayos y resultados.

Palabras Claves: Permeabilidad, cemento, impermeabilizante.

ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the permeability of concrete with different water / cement ratios and different types of cements, in addition to evaluating the performance of the Sika I waterproofing admixture, being able to obtain qualitative and quantitative values. The concrete mixtures were made with plasticizers and retarding admixtures as a percentage of the cement content, in addition to the use of the waterproofing admixture to make the comparison of conventional concrete with waterproofing admixture.

The research is composed of five chapters, which are summarized below:

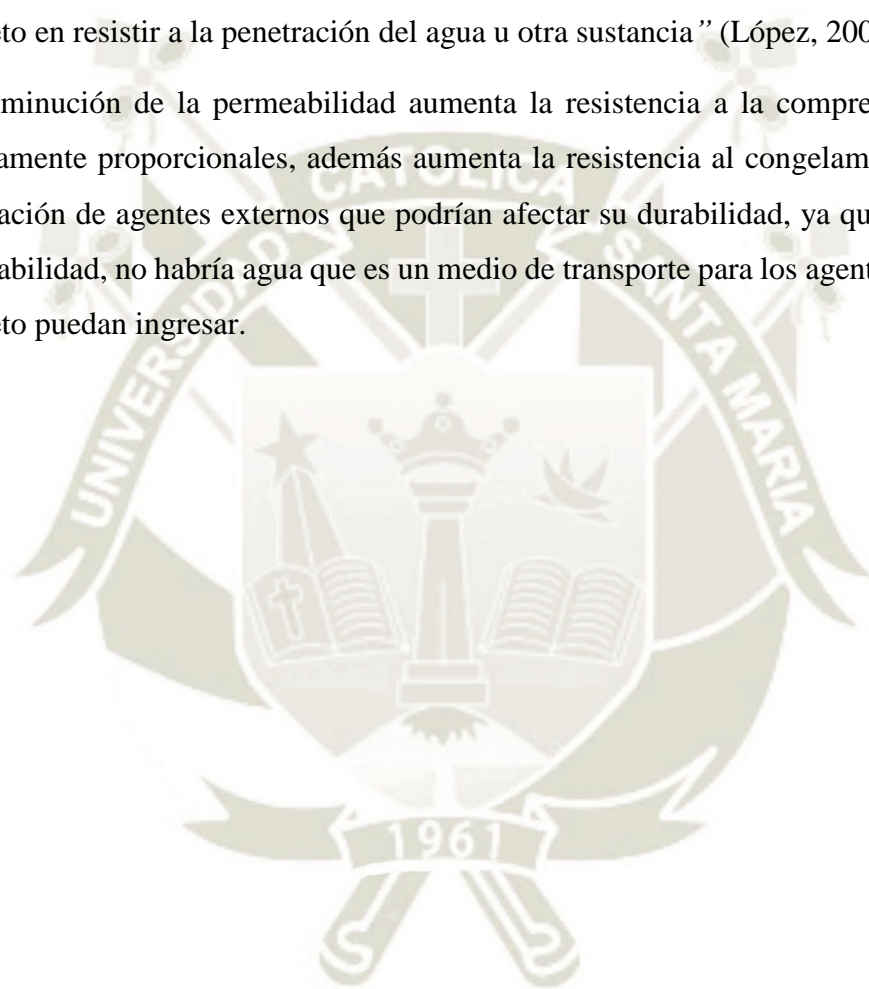
In the first chapter we present the generality of this research: objectives, hypotheses and study variables. In the second chapter permeability is defined as the main topic, the theoretical information is presented and the methods for the determination of permeability under water pressure and permeability under Torrent air pressure are described. In the third chapter the results of all the materials used are shown. In the fourth chapter the methodology of the investigation is described, in the fifth and last chapter the results of resistance to compression and permeability obtained with the different mixtures are shown, in addition an analysis of the obtained results is made and finally the conclusions are shown and recommendations according to the experience of the trials and results.

Key words: Permeability, concrete, waterproofing.

INTRODUCCIÓN

Conocer la permeabilidad del concreto es un factor importante para la durabilidad de las estructuras, muchas de las patologías que afectan el concreto, por no decir todas, necesitan de humedad para iniciar su acción dentro del concreto. “La permeabilidad es la cantidad de agua que va a través del concreto mientras que el agua este bajo presión o es la habilidad del concreto en resistir a la penetración del agua u otra sustancia” (López, 2004, p. 23).

La disminución de la permeabilidad aumenta la resistencia a la compresión ya que son inversamente proporcionales, además aumenta la resistencia al congelamiento y deshielo, penetración de agentes externos que podrían afectar su durabilidad, ya que al disminuir la permeabilidad, no habría agua que es un medio de transporte para los agentes que afecten el concreto puedan ingresar.



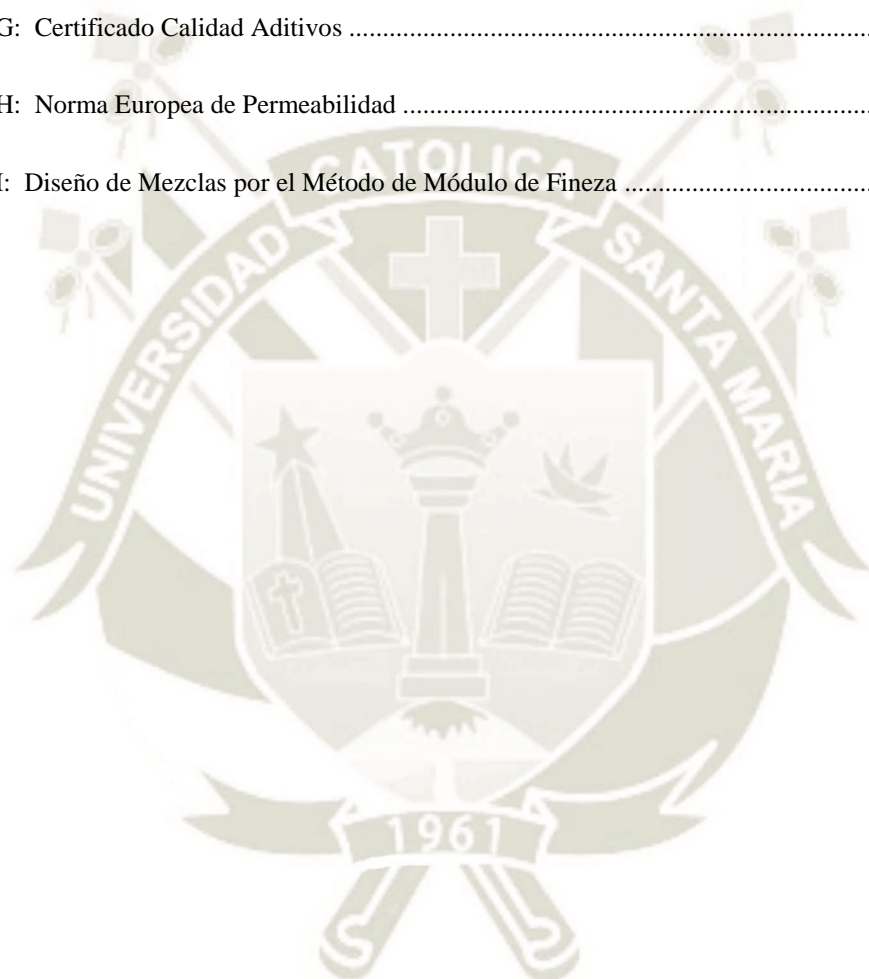
INDICE

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I.....	1
1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Identificación Del Problema	2
1.2. Objetivos De La Investigación	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Justificación Del Estudio	2
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Variables De Estudio	3
1.5.1. Alcances	4
CAPITULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Permeabilidad	7
2.1.1. Ley De Darcy	7
2.1.2. Influencia de la Relación a/c	8
2.1.3. Factores Que Influyen En La Permeabilidad Del Concreto	9
2.2. Métodos De Medición De Permeabilidad.....	10
2.3. Métodos Para Medir La Permeabilidad En El Concreto	11
2.3.1. Profundidad De Penetración De Agua	12
2.3.2. Método Torrent	14
2.4. Principios Y Requerimientos De Los Concretos Por Durabilidad.....	17
2.5. Patologías que afectan la durabilidad de concreto	18
2.5.1. Patología debido a fenómenos físicos	18
2.5.2. Patología debido a fenómenos químicos	18

2.5.3.	Ataque de cloruros y corrosión del acero en el concreto	19
2.5.4.	Ataque de sulfatos	20
2.5.5.	Carbonatación.....	21
2.5.6.	Reacción Álcali Sílice	22
2.6.	Materiales Para El Concreto	23
2.6.1.	Componentes del concreto	24
2.6.1.1.	Cemento.....	24
2.6.1.2.	Agua.....	27
2.6.1.3.	Agregados.....	28
2.6.1.4.	Aditivos.....	34
CAPÍTULO III		36
3.	MATERIALES	37
3.1.	Cemento.....	37
3.2.	Agregados.....	38
3.3.	Caracterización de los Agregados	39
3.3.1.	Composición Química.....	39
3.3.2.	Composición Mineralógica	40
3.3.3.	Agregado Fino.....	41
3.3.4.	Agregado Grueso.....	44
3.4.	Agua	47
3.5.	Aditivos	47
CAPÍTULO IV		48
4.	METODOLOGÍA.....	49
4.1.	Diseño de mezcla.....	50
4.2.	Diseño Módulo de fineza.....	51
4.3.	Diseños	52
4.4.	Ensayos en concreto fresco.....	59
4.4.1.	Asentamiento.....	59
4.4.2.	Contenido de aire	59

4.4.3.	Peso unitario	60
4.4.4.	Temperatura	61
4.5.	Ensayos en concreto endurecido.....	62
4.5.1.	Resistencia A La Compresión - ASTM C 39	62
4.5.2.	Permeabilidad al agua bajo presión UNE – EN 12390-8	64
4.5.3.	Permeabilmetro Al Aire De Torrent DIN 28400/SIA 262/1-E	69
CAPITULO V		71
5.	RESULTADOS Y ANALISIS	72
5.1.	RESULTADOS	72
5.1.1.	Ensayos en concreto fresco	72
5.1.2.	Resistencia A La Compresión ASTM C39 – NTP 339.034	78
5.1.3.	Permeabilidad del concreto	81
5.1.3.1.	Gráficos Permeabilidad al agua bajo presión – UNE 12390 – 8	81
5.1.3.2.	Gráficos Permeabilidad Torrent – SIA 262 - 1E.....	88
5.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	96
5.2.1.	Evaluación De Concreto Fresco	96
5.2.2.	Evaluación De Resistencia	96
5.2.2.1.	Concretos Convencionales (Sin aditivo Impermeabilizante)	96
5.2.2.2.	Concretos con Aditivo Impermeabilizante.....	97
5.2.3.	Evaluación De Permeabilidad	99
5.2.3.1.	Evaluación Profundidad de penetración de agua a presión	99
5.2.3.2.	Permeabilidad de Aire a Presión – Torrent	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		110
CONCLUSIONES.....		111
RECOMENDACIONES		113
BIBLIOGRAFIA.....		114
ANEXOS.....		120
Anexo A: Constancia de Ensayos en Laboratorio SUPERMIX		121

Anexo B: Fichas Técnicas Cementos	123
Anexo C: Certificados de Calidad de Cementos	132
Anexo D: Granulometrías y Características físicas de los agregados.....	136
Anexo E: Certificado Calidad Agua.....	143
Anexo F: Ficha Técnica Aditivos.....	146
Anexo G: Certificado Calidad Aditivos	154
Anexo H: Norma Europea de Permeabilidad	158
Anexo I: Diseño de Mezclas por el Método de Módulo de Fineza	162

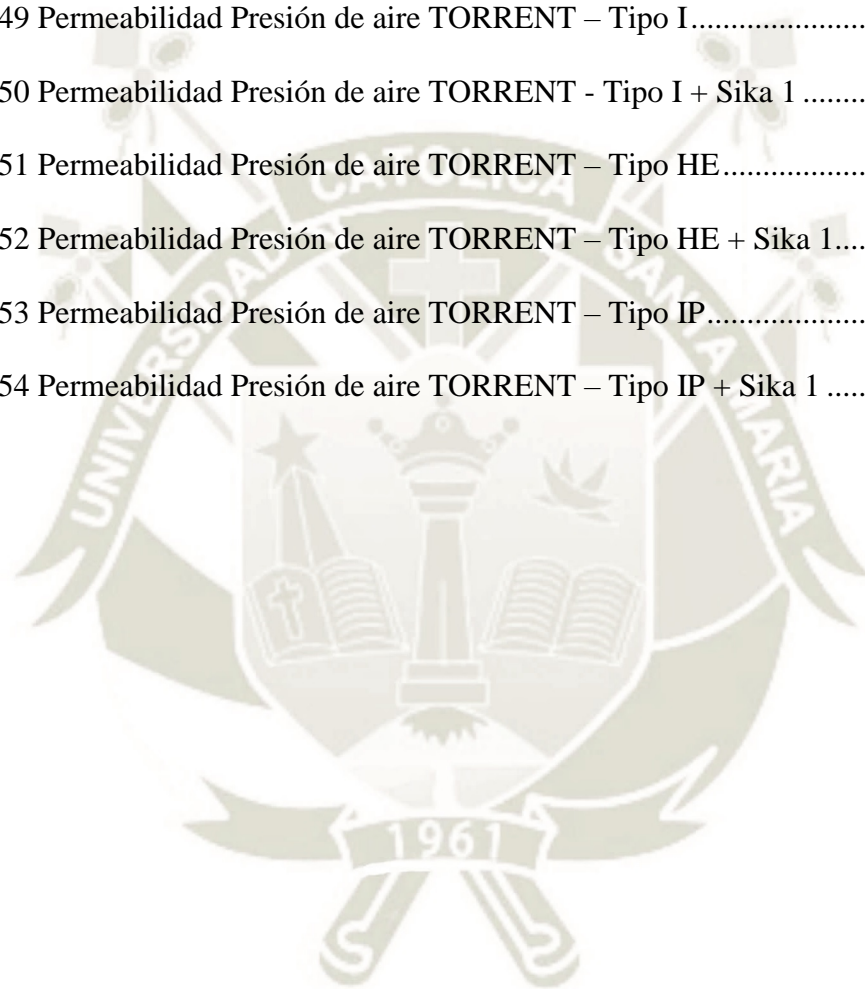


Lista de Tablas

Tabla 1 Variables y Unidades de Estudio, en base a Normas ASTM	3
Tabla 2 Ensayos de Laboratorio en Concreto Fresco, en base a Normas ASTM.....	4
Tabla 3 Ensayos de Laboratorio en Concreto Endurecido, en base a Normas SIA, ASTM y UNE.....	4
Tabla 4 Métodos de medición de permeabilidad.....	11
Tabla 5 Métodos de medición de absorción y capilaridad	12
Tabla 6 Clasificación de la permeabilidad de acuerdo a la exposición.....	13
Tabla 7 Clasificación de la permeabilidad de profundidad de penetración (Norma Colombiana)	14
Tabla 8 Clasificación de Permeabilidad del Concreto -Torrent	17
Tabla 9 Factores que afectan el ataque del hormigón por parte de los agentes químicos...	19
Tabla 10 Ensayos químicos requeridos en muestras de cemento según las especificaciones de la Normas ASTM.....	25
Tabla 11 Ensayos físicos obligatorios y opcionales de las normas ASTM para cemento, en base a Normas ASTM	26
Tabla 12 Propiedades Químicas del Agua, en base a Norma NTP 339.088	28
Tabla 13 Especificación Norma ASTM C 33 – Granulometría	29
Tabla 14 Especificación Norma ASTM C 33 – Granulometría Agregado Grueso.....	31
Tabla 15 Especificaciones de las normas para agregado fino	34
Tabla 16 Especificaciones de las normas para agregado grueso (propiedades físico – químicas).	34
Tabla 17 Resultados Ensayos Físicos de los cementos Tipo IP – HE – I	37
Tabla 18 Ubicación cantera Poderosa – Coordenadas.....	38

Tabla 19 Propiedades Físicas Arena Gruesa.	41
Tabla 20 Propiedades Físico Químicas de la Arena Gruesa.....	43
Tabla 21 Propiedades Físicas Piedra Huso 67.....	44
Tabla 22 Propiedades Físico Químicas de la Piedra Huso 67	46
Tabla 23 Propiedades Químicas del Agua.....	47
Tabla 24 Módulo de Fineza de la combinación de agregados.....	52
Tabla 25 Diseños de mezcla - cemento Tipo I	53
Tabla 26 Características diseño de mezcla - Tipo I.....	53
Tabla 27 Diseños de mezcla - cemento Tipo HE	54
Tabla 28 Características diseño de mezcla - Tipo HE.....	54
Tabla 29 Diseños de mezcla - cemento Tipo IP	55
Tabla 30 Características diseño de mezcla - Tipo IP.....	55
Tabla 31 Diseños de mezcla - cemento Tipo I + impermeabilizante sika 1	56
Tabla 32 Características diseño de mezcla - Tipo I + Impermeabilizante.....	56
Tabla 33 Diseños de mezcla - Cemento Tipo He + Impermeabilizante Sika 1.....	57
Tabla 34 Características diseño de mezcla - Tipo HE + Impermeabilizante.....	57
Tabla 35 Diseños de mezcla - Cemento Tipo IP + Impermeabilizante Sika 1	58
Tabla 36 Características diseño de mezcla - Tipo IP + Impermeabilizante	58
Tabla 37 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo I	72
Tabla 38 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo HE	73
Tabla 39 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo IP	74
Tabla 40 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo I + Impermeabilizante Sika 1	75
Tabla 41 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo HE + Impermeabilizante Sika 1	76
Tabla 42 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo IP + Impermeabilizante Sika 1	77
Tabla 43 Permeabilidad por Presión de Agua - Tipo I.....	100

Tabla 44 Permeabilidad por Presión de Agua - Tipo I + Sika 1.....	101
Tabla 45 Permeabilidad por Presión de Agua – Tipo HE	102
Tabla 46 Permeabilidad por Presión de Agua - Tipo HE + Sika 1.....	102
Tabla 47 Permeabilidad por Presión de Agua – Tipo IP	103
Tabla 48 Permeabilidad por Presión de Agua - Tipo IP + Sika 1	103
Tabla 49 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo I.....	106
Tabla 50 Permeabilidad Presión de aire TORRENT - Tipo I + Sika 1	106
Tabla 51 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo HE.....	107
Tabla 52 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo HE + Sika 1.....	107
Tabla 53 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo IP.....	108
Tabla 54 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo IP + Sika 1	109



Lista de Figuras

Figura 1. Relaciones agua/cemento desde 0.35 a 0.85.	5
Figura 2. Resistencia a la Compresión vs Relación a/c.	9
Figura 3. Esquema del método.	15
Figura 4. Detalles de la celda de vacío de flujos de aire.	15
Figura 6. Mecanismo de generación de corrosión de acero de refuerzo ante cloruros, agua y oxígeno.	20
Figura 7. Esquema del ataque típico sobre un pilar de concreto expuesto en un ambiente marino.	21
Figura 8. Daños por carbonatación del concreto.	22
Figura 9. Manifestaciones macroscópicas de RAS.	23
Figura 10. Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.	24
Figura 11. Cemento.	37
Figura 12. Ubicación imagen satelital.	39
Figura 13. Composición química del agregado fino y grueso.	40
Figura 14. Composición mineralógica del agregado fino y grueso.	41
Figura 15. Acopio de arena.	42
Figura 16. Curva Granulométrica Arena La Poderosa.	42
Figura 17. Tamiz finos.	43
Figura 18. Patio de agregados – Laboratorio Planta Supermix.	44
Figura 19. Acopio de piedra.	45
Figura 20. Curva Granulométrica Piedra Huso 67 La Poderosa.	45
Figura 21. Tamiz grueso. Elaboración propia.	46
Figura 22. Tipo de ensayos y normativa.	49

Figura 23. Patio de mezcla.	50
Figura 24. Moldeo de probetas.	51
Figura 25. Slump del concreto.....	59
Figura 26. Contenido de aire en el concreto.....	60
Figura 29. Prensa para rotura de probetas de concreto.....	63
Figura 30. Rotura de probetas de concreto.	63
Figura 31. Poza de curado – Laboratorio Supermix.....	64
Figura 32. Probetas en poza.....	64
Figura 33. Equipo de permeabilidad de agua.	65
Figura 34. Ensayo de permeabilidad con probetas identificadas.	66
Figura 35. Presión a 5 bares.	67
Figura 36. Colocación de probeta en equipo.....	67
Figura 37. Rotura de probeta inclinada.	68
Figura 38. Medición de profundidad de penetración.....	68
Figura 39. Uso de vernier.	69
Figura 40. Equipo de Torrent.	70
Figura 41. Pantalla con el coeficiente kT.	70
Figura 42. Resistencia a la compresión cemento Tipo I.....	78
Figura 43. Resistencia a la compresión cemento Tipo HE.....	79
Figura 44. Resistencia a la compresión cemento Tipo IP.	79
Figura 45. Resistencia a la compresión cemento Tipo I – Sika 1.....	80
Figura 46. Resistencia a la compresión cemento Tipo HE – Sika 1.....	80
Figura 47. Resistencia a la compresión cemento Tipo IP – Sika 1.	81
Figura 48. Profundidad de penetración del agua – Cemento I.	82
Figura 49. Profundidad de penetración de agua – Cemento Tipo HE.....	82

Figura 50. Profundidad de penetración de agua – Cemento Tipo IP.....	83
Figura 51. Profundidad de Penetración del agua – Cemento Tipo I + Sika 1.	83
Figura 52. Profundidad de penetración de agua – Cemento Tipo HE + Sika 1.	84
Figura 53. Profundidad de penetración de agua – Cemento Tipo IP + Sika 1.	84
Figura 54. Comparación concreto convencional y con impermeabilizante Tipo I.....	85
Figura 55. Comparación concreto convencional y con impermeabilizante Tipo HE.....	86
Figura 56. Comparación concreto convencional y con impermeabilizante Tipo IP.	86
Figura 57. Profundidad de penetración de agua – Concretos convencionales.	87
Figura 58. Profundidad de penetración de agua – Concretos con impermeabilizante.	88
Figura 59. Permeabilidad presión de aire Torrent – Cemento Tipo I.....	89
Figura 60. Permeabilidad presión de aire– Cemento Tipo HE. Elaboración propia	90
Figura 61. Permeabilidad por Presión de Aire Torrent – Cemento Tipo IP. Elaboración propia.....	90
Figura 62. Permeabilidad presión de aire– Cemento Tipo I + Sika 1.	91
Figura 63. Permeabilidad presión de aire– Cemento Tipo HE + Sika 1.	91
Figura 64. Permeabilidad presión de aire– Cemento Tipo IP + Sika 1.	92
Figura 65. Comparación Torrent concreto convencional y con impermeabilizante Tipo I.92	
Figura 66. Comparación Torrent concreto convencional y con impermeabilizante Tipo HE.	93
Figura 67. Comparación Torrent concreto convencional y con impermeabilizante Tipo IP.	93
Figura 68. Permeabilidad Torrent – Concretos Convencionales.	94
Figura 69. Permeabilidad Torrent – Concretos con Impermeabilizante.....	95
Figura 70. Resistencia a la compresión 28 días – Concreto Convencional.....	97
Figura 71. Resistencia a la compresión 28 días – Concreto con Impermeabilizante.	98

Figura 72. Resistencias de Concreto con aditivo vs Concreto convencional.98

Figura 73. Resultado de permeabilidad – Ensayo Profundidad de Penetración.....99

Figura 74. Resultados de permeabilidad – Torrent..... 105





1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación Del Problema

Muchas de las estructuras de concreto se diseñan solo por la resistencia a la compresión a la que estarán sometidas, sin tener en cuenta diversos factores que pueden afectar el concreto de las estructuras, como son: factores climáticos, acciones químicas, biológicas, entre otras.

La mayoría de patologías está ligada a la presencia de humedad dentro del concreto, por lo que conocer la permeabilidad de cada tipo de concreto es importante para su uso dependiendo a las condiciones a las que estará expuesta la estructura.

1.2. Objetivos De La Investigación

1.2.1. Objetivo general

- Determinar y evaluar la permeabilidad del concreto con diferentes relaciones a/c, diferentes tipos de cemento y aditivo impermeabilizante SIKA 1 en la ciudad de Arequipa.

1.2.2. Objetivos específicos

- Conocer el desempeño de los diferentes diseños de mezcla a realizar en cuanto a permeabilidad.
- Obtener las características y propiedades de cada diseño de mezcla, además de realizar un análisis de cada uno.
- Evaluar el desempeño del aditivo impermeabilizante Sika I en el concreto.

1.3. Justificación Del Estudio

Las estructuras de concreto deben ser diseñadas de acuerdo a las condiciones y/o esfuerzos a los que van a estar sometidos, es por eso que la investigación que se realizará podría dar a conocer la permeabilidad que tienen los concretos con diferentes relaciones agua/cementante y tipos de cemento, para que los diseñadores y/o proyectistas tengan información sobre el comportamiento del concreto y un referente de la permeabilidad.

En algunas obras suele utilizarse concretos de relación a/c muy altos, los cuales en algunos casos son muy porosos y tienen una permeabilidad alta, con el estudio que se realizara se podría definir la profundidad de penetración de agua para tener en

cuenta el espesor mínimo de recubrimiento de acero en los elementos de concreto armado.

1.4. Hipótesis

Es probable que los concretos que tienen menor relación agua/cemento presenten una baja permeabilidad además de una mayor resistencia a la compresión, sean casi impermeables, así como también los concretos desarrollados con cementos adicionados, que al tener como adición puzolana natural, esta podría tapar los poros del concreto y reducir la permeabilidad.

1.5. Variables De Estudio

En la Tabla 1 se consignan las variables independientes y dependientes, así como las unidades de estudios. Por otro parte, en la Tabla 2 se tiene información sobre los ensayos de laboratorio a ser utilizados para el concreto fresco, y las normas que los regulan. En la Tabla 3, se detallan los ensayos a utilizar para el concreto endurecido, y las normas que los regulan.

Tabla 1 Variables y Unidades de Estudio, en base a Normas ASTM

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES	UNIDAD DE ESTUDIO
Relación Agua/cemento	Porcentaje de Aditivos:	Diseño de Mezclas Método de Modulo de Fineza
Tipo de cemento	Plastificante Impermeabilizante	Permeabilidad del Concreto

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2 Ensayos de Laboratorio en Concreto Fresco, en base a Normas ASTM

Ensayo	Norma
Asentamiento del concreto (SLUMP)	ASTM C143
Peso unitario del concreto en estado fresco	ASTM C138
Contenido de aire en el concreto fresco	ASTM C231
Temperatura del concreto fresco	ASTM C1064

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 Ensayos de Laboratorio en Concreto Endurecido, en base a Normas SIA, ASTM y UNE

Tipo De Ensayo	Ensayo	Norma
Ensayos no destructivos	Permeabilímetro de Torrent'	SIA 262/1-E
Ensayos destructivos	Resistencia a la compresión	ASTM C39
	Permeabilidad al agua bajo presión	UNE - EN 12390-8

Fuente: Elaboración propia.

1.5.1. Alcances

A. Tipo de agregado

- Agregado angular de $\frac{3}{4}$ " de la Cantera "La Poderosa"
- Arena Natural zarandeada de la Cantera "La Poderosa"

B. Tipo de cemento

- Cemento Tipo IP Yura
- Cemento Tipo HE Yura
- Cemento Tipo I Yura

C. Aditivos

- Plastificante
- Retardante
- Impermeabilizante

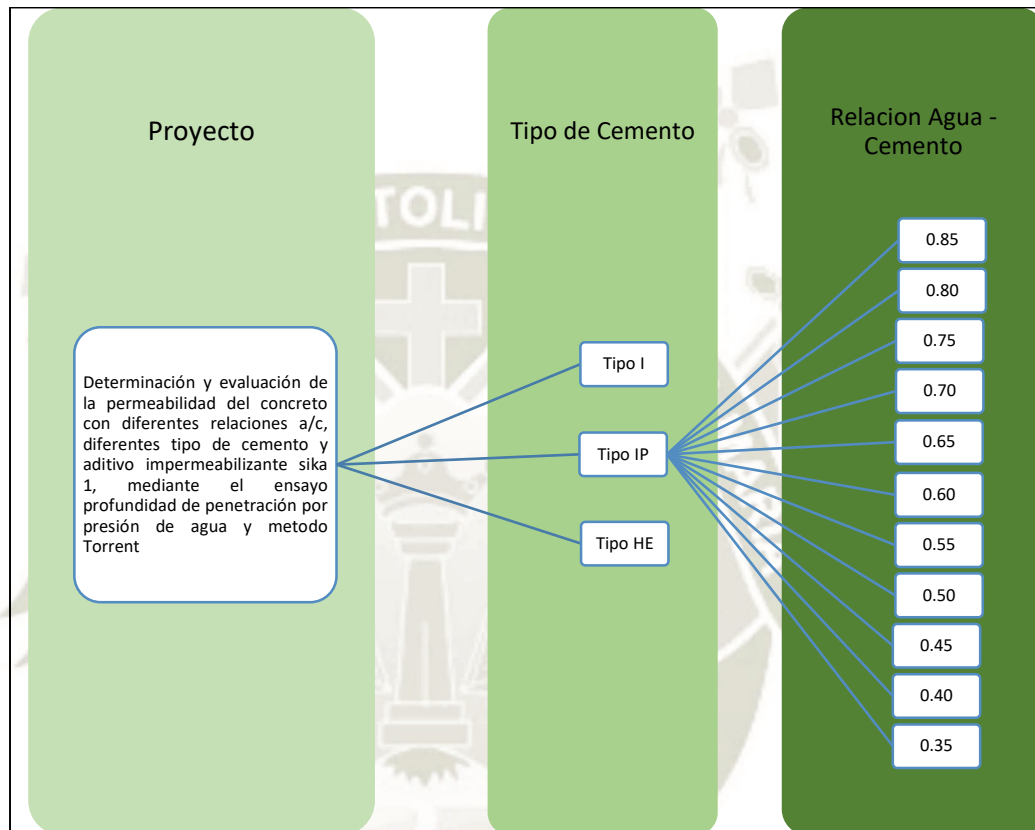
D. Diseño de mezclas

Método del Módulo de Fineza y/o combinación de agregados

E. Relación A/C

La Relaciones a/c en *Figura 1* a continuación:

Figura 1. Relaciones agua/cemento desde 0.35 a 0.85.



Fuente: Elaboración propia.



2. MARCO TEÓRICO

2.1. Permeabilidad

En un detallado trabajo realizado por Mehta en 1991, concluye: "La penetración de agua o permeabilidad al agua del concreto pareciera ser que es la única propiedad que puede ser relacionada directamente con la durabilidad a largo plazo".

El concreto es un material que contiene poros; el volumen, tamaño y distribución de los mismos y sus características, regulan la rapidez con que el concreto absorbe agua y otros líquidos o gases, y su permanencia en el concreto. Se entiende como permeabilidad la velocidad con que el agua y otros líquidos fluyen a través del concreto (Mattio, M. E., 2014, p. 17).

La permeabilidad al agua en el concreto, se ve supeditada a la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría del agregado y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. La permeabilidad de la pasta depende también de la relación agua/cemento y del grado de hidratación del cemento, además de la duración y calidad del curado (Mattio, 2014, p. 17). Cabe mencionar que también depende del proceso constructivo.

Un concreto permeable es propenso a su desintegración cuando está expuesto a bajas temperaturas y se produce hielo y deshielo, porque el agua que penetra en sus poros se expande por congelación sometándolo a tensiones que no puede soportar. Igualmente la fácil penetración de sulfatos, ácidos y otros productos químicos agresivos aceleran el proceso de destrucción del concreto, así como de las barras de acero en los concretos armados. Por lo anteriormente expuesto, la reducción de la permeabilidad es una de las barreras más efectivas para mejorar la durabilidad del concreto (Mattio, 2014, p. 17).

2.1.1. Ley De Darcy

La permeabilidad se define como la propiedad que rige la velocidad de flujo de un fluido en un sólido poroso, en nuestro caso el concreto. El concepto de permeabilidad se introduce en la ley de Darcy, quien experimentalmente comprobó que el caudal de agua por unidad de superficie que atravesaba un sólido poroso era proporcional al gradiente de presión entre las dos caras del mismo (Bustamante, 2017, p. 23).

$$\frac{dq}{dt} = \frac{K(\Delta HA)}{L\mu}$$

Fuente: Bustamante Romero, I. G. (2017). Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú. (Tesis de graduación), p. 23

Donde:

dq/dt: velocidad de flujo del fluido

μ: viscosidad del fluido

Δ: gradiente de presión

A: área de la superficie

L: espesor del sólido

Con esta ley se puede comprobar que la permeabilidad depende del material y la presión que se ejerce en el concreto, al tener mayor contenido de cemento y menor contenido de agua eliminamos los poros por los cuales podría ingresar el agua (Ley de Darcy, 2013).

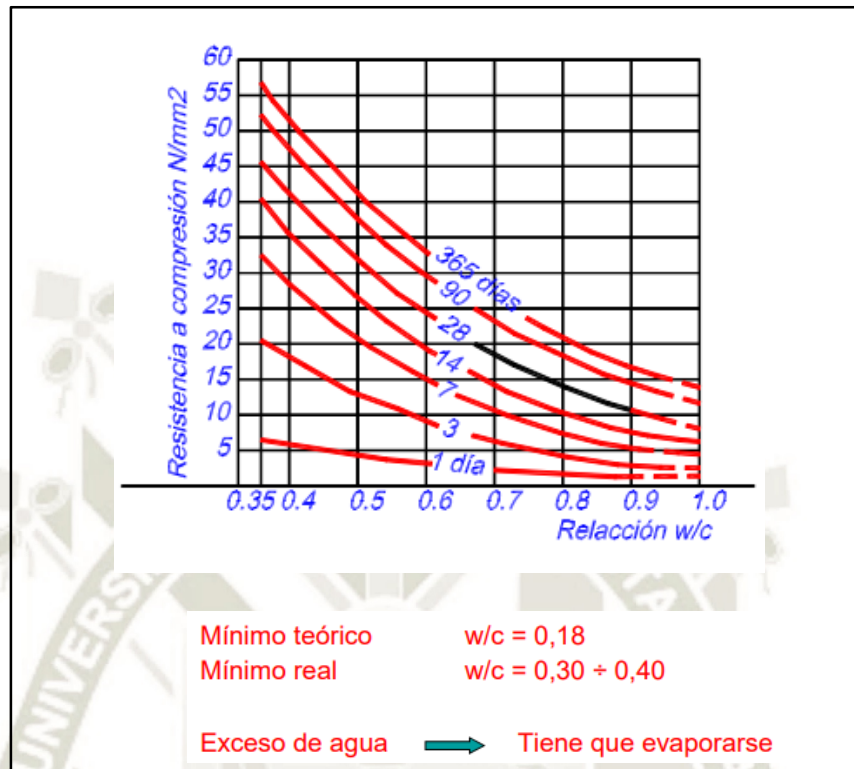
2.1.2. Influencia de la Relación a/c

La relación a/c afecta no solamente la resistencia a la compresión del concreto, sino también su permeabilidad y por ende a su durabilidad.

Con menores relaciones a/c, aumentamos la concentración de cemento en la pasta y deja menos espacio para ser ocupados por el agua.

Inicialmente el espacio entre los granos de cemento forma una red continua llena de agua, formada por los poros capilares. A medida que los granos de cemento se van hidratando, generan cristales que bloquean los poros y esto hace al concreto menos permeable. Los poros pequeños son bloqueados más fácilmente que los grandes, y mientras más granos de cemento se tengan (menor relación a/c) el bloqueo será mayor, con lo que se consigue una menor permeabilidad y un concreto más durable (Mattio, 2014, p. 17).

Figura 2. Resistencia a la Compresión vs Relación a/c.



Fuente: Pérez, 2019.

2.1.3. Factores Que Influyen En La Permeabilidad Del Concreto

Relación agua/cemento: La relación a/c ideal también depende del tamaño máximo del agregado utilizado, la granulometría, la relación agregado grueso/cemento, el uso de aditivos y el tipo de cemento a utilizar. Para obtener un concreto con baja permeabilidad se recomienda utilizar relaciones a/c menores a 0.45, además del uso de aditivos que proveen mejoras a la trabajabilidad del concreto y permitan que se realice un buen acabado (Bustamante, 2017, p. 25).

Curado: El curado del concreto es importante para que el cemento consiga la hidratación necesaria y pueda generarse la evolución de resistencia. El concreto curado sin interrupción es menos permeable, no solo por la no presencia de fisuras, sino también porque al evitar la evaporación temprana del agua de exudación, se previene la formación de redes capilares que permitan la libre circulación de agua y que transporte iones agresivos (Bustamante, 2017, p. 26).

Tipo de cemento: este factor influye en la permeabilidad del concreto cuando se trata de cementos adicionados. Ceniza volante, escoria molida y puzolana natural

generalmente reducen la permeabilidad y la absorción capilar del concreto bien curado, ya que por su finura pueden ocupar los espacios de los poros en la red capilar obstruyendo el paso del agua (Bustamante, 2017, p. 26).

Aditivos: Según el comité ACI 212.3R-10 los principales métodos de impermeabilización con aditivos, se resumen en tres grandes grupos: *hidrofóbicos* (constituido por jabones, ácidos grasos, aceites vegetales, petróleo, entre otros que reducen la absorción capilar pero no la presión de agua), *sólidos finamente divididos* (constituido por químicos inertes, y llenantes químicos activos que reducen la permeabilidad del concreto al aumentar la densidad o llenar los poros) y *materiales por cristalización* (constituido por químicos activos mezclados en cemento y arena que producen aumento de densidad de silicato de calcio hidratado que bloquean los poros y capilares del concreto). Estos aditivos se denominan reductores de permeabilidad los que influyen en menor permeabilidad, ya que reducen la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto. No obstante, el uso de otros tipos de aditivos, como los plastificantes, es con el objetivo de mejorar resistencias y no de afectar en forma importante la permeabilidad (Bustamante, 2017, p. 27).

2.2. Métodos De Medición De Permeabilidad

La permeabilidad del concreto se puede medir exponiendo una de sus caras a presión hidrostática, la cual corresponde a la velocidad o al caudal de agua que atravesara al material debido a la diferencia de presión entre la cara en contacto con el agua y la que no lo está.

La medida de la permeabilidad en los laboratorios de concreto no es muy frecuente, esto se debe principalmente a las pocas especificaciones, normas y comités que existen referentes a la permeabilidad al agua del concreto. En el comité ACI 350 - Código de Requerimientos para estructuras de concreto que expone los métodos de diseño de estructuras de concreto reforzado para contener líquidos o gases, en lo que se refiere al concreto se menciona la resistencia a la compresión, la relación a/c y algunas características de composición, pero la resistencia a la penetración al agua, permeabilidad o el coeficiente de Darcy del material, ni siquiera se mencionan en este comité donde aparecen todas las previsiones para hacer estructuras en contacto con el agua (Bustamante, 2017, p. 35).

2.3. Métodos Para Medir La Permeabilidad En El Concreto

Existen varios métodos para poder determinar la permeabilidad en el concreto, los cuales vamos a indicar a continuación en Tabla 4:

Tabla 4 Métodos de medición de permeabilidad

Medición	Ensayo	Descripción
Permeabilidad	Profundidad de penetración de agua bajo presión EN 12390-8 / DIN 1048. Ensayo en concreto endurecido para determinar la permeabilidad al agua	Mide la profundidad de penetración de agua en muestras de concreto sometidas a 5 bares de presión de agua durante un periodo de 72 horas.
	Método Torrent - presión de aire en el concreto SIA 262 - 1	Método por el cual se mide la permeabilidad al aire y la calidad del concreto de forma no destructiva. El equipo contiene un microprocesador que almacena la información y calcula automáticamente el valor de coeficiente de permeabilidad al aire kT
	Método estándar para permeabilidad al agua del concreto usando celda triaxial - CRC C 163 92	Método que determina la permeabilidad al agua del concreto utilizando una celda triaxial, los cálculos se basan en la ecuación de Darcy. El concreto es sometido a presión de confinamiento la cual no deberá ser mayor de la mitad de la resistencia a la compresión del concreto.

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Bustamante Romero, I. G. (2017). Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú. (Tesis de graduación).

De los 3 ensayos mencionados se desarrollaron los dos primeros.

Es importante mencionar que para poder conocer la permeabilidad del concreto también se pueden realizar ensayos que midan su absorción y capilaridad, complementando la medición de permeabilidad, dichos ensayos se describen en la siguiente Tabla 5:

Tabla 5 Métodos de medición de absorción y capilaridad

Medición	Ensayo	Descripción
Absorción	Determinación de la densidad, absorción de agua y vacíos en el concreto ASTM C 642	Método que mide la absorción de agua y vacíos en el concreto endurecido. Se calcula el volumen de espacios vacíos en base a la masa del espécimen sumergido a las 24 horas, en agua en ebullición por 5 horas y se obtiene su masa sumergida aparente.
	Medición de la tasa de absorción de agua en concreto - ASTM C 1585	Método por el cual se determina la absorción capilar del concreto por medio de la medición del incremento de masa del espécimen cuando la superficie del concreto es expuesta al agua.
	Determinación de la permeabilidad al agua del concreto - SIA 261 - 1	En este método se emplea un parámetro denominado absorción capilar.
	Medición de la absorción del agua DIN 52 617	Las muestras de concreto se colocan en una rejilla en una bandeja que contiene agua de modo que el nivel del agua se mantenga a 10 mm por encima de la cara de succión del espécimen de concreto

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Bustamante Romero, I. G. (2017). Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú. (Tesis de graduación), p. 41.

Estos métodos de medición complementan los resultados que se pueden obtener con los métodos de permeabilidad, se pueden obtener coeficientes y parámetros que ayudarían con el diseño de concreto para un proyecto con condiciones climáticas desfavorables.

2.3.1. Profundidad De Penetración De Agua

Esta norma europea mide la profundidad de penetración de agua en muestras de concreto sometida a 5 bares (0.5MPa) de presión hidrostática durante un período de 72 horas. Este ensayo se debe realizar en probetas con más de 28 días de curado en agua. Después del curado las probetas deben secar y se colocan en el equipo de permeabilidad con presión de agua.

Después de aplicar la presión durante el tiempo indicado, se retira la probeta del equipo. Se limpia la cara a la que se aplicó la presión de agua para retirar el exceso de agua. Se divide la probeta en dos mitades, perpendicularmente a la cara en la que se aplica la presión de agua. Tan pronto como la cara partida se ha secado de forma tal que se puede ver claramente la profundidad de penetración de agua. Se mide la profundidad máxima de penetración bajo la superficie de ensayo y se redondea al mm más próximo (Bustamante, 2017, p. 36).

El art. 37.3.3 (Impermeabilidad del hormigón) de la EHE-08 (Normas Europeas) establece que para comprobar experimentalmente la consecución de una estructura porosa del concreto suficientemente impermeable para el ambiente en el que va a estar ubicado, puede realizarse comprobando la impermeabilidad al agua del concreto, mediante el método de determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión, según la UNEEN 12390-8 esta comprobación se deberá realizar cuando las clases generales de exposición sean III o IV, o cuando el ambiente presente cualquier clase específica de exposición (González & Alloza, 2015, p. 81). Un concreto se considera suficientemente impermeable al agua si los resultados del ensayo de penetración de agua cumplen simultáneamente:

Tabla 6 Clasificación de la permeabilidad de acuerdo a la exposición

Clase de exposición ambiental	Especificación para la profundidad máxima	Especificación para la profundidad media
IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F, Qb (en el caso de elementos en masa o armados)	50mm	30mm
IIIc, Qc, Qb (sólo en el caso de elementos pretensados)	50mm	20mm

Fuente: Art. 37.3.3 – EHE 08, González & Alloza, 2015.

En la tabla 6, se indica la profundidad de penetración de agua para elementos armados y pretensados de concreto dependiendo de su grado de exposición.

Además de las normas europeas, la norma Colombiana NTC 4483 nos indica una clasificación de permeabilidad de acuerdo a la profundidad que presenta la probeta en el ensayo, en la Tabla 7 se muestran los valores:

Tabla 7 Clasificación de la permeabilidad de profundidad de penetración (Norma Colombiana)

Determinación	Und	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Profundidad de Penetración	mm	< 30	30 a 60	> 60

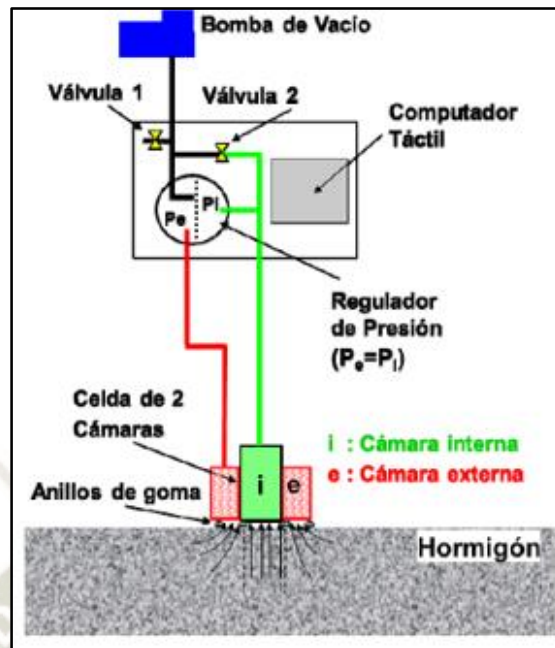
Fuente: Elaboración propia, en base a la Norma Colombiana: NTC 4483

Para realizar la clasificación de permeabilidad en la presente investigación se utilizara como referencia la norma colombiana antes mencionada (González & Alloza, 2015).

2.3.2. Método Torrent

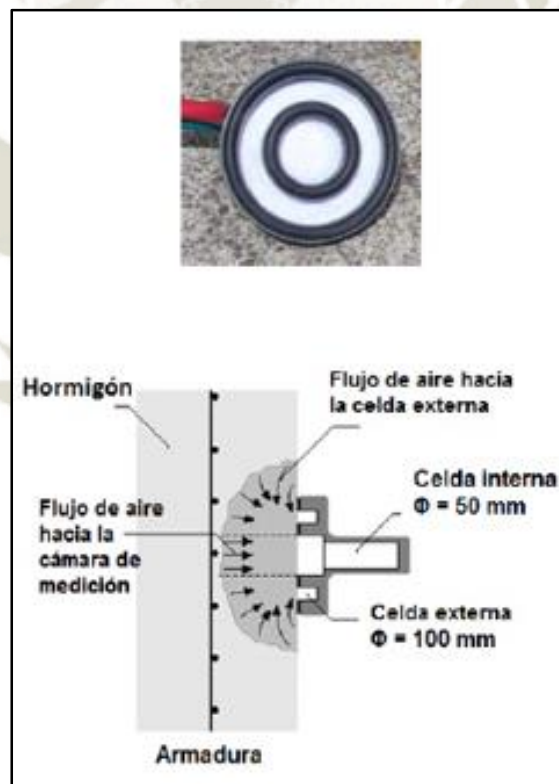
El método se utiliza para medir el coeficiente de permeabilidad del concreto de recubrimiento in situ, de un modo no destructivo. Funciona y se opera del siguiente modo: Se genera un vacío en la cámara concéntrica de doble celda, la cual se pega al concreto mediante dos anillos de goma que se adhieren a la superficie. Después de un intervalo de 35 s. a 60 s. (con un vacío de 5 a 50 mbar equivalente entre 0,5 a 5 kPa dependiendo del concreto, instrumento, etc.), la válvula 2 se cierra y la cámara interna queda aislada. El aire en los poros del material comienza a fluir a través del concreto de recubrimiento hacia la cámara interna, aumentando la presión P_i . Este aumento de presión ΔP_i (medición comienza a los 60s) se relaciona directamente con el coeficiente de permeabilidad del concreto superficial. Un regulador de presión mantiene la presión de la cámara externa permanentemente balanceada con la presión de la cámara interna ($P_e = P_i$). Así, se asegura un flujo unidireccional controlado hacia la cámara interna (*Figura 3 y Figura 4*) y el coeficiente de permeabilidad al aire k_T (m^2) puede ser calculado según se muestra más adelante, pero en el caso del equipo PermeaTorr, un microprocesador almacena la información y calcula automáticamente el valor del coeficiente de permeabilidad al aire k_T , el cual se muestra digitalmente al terminar el ensayo. Esto sucede cuando el aumento de presión alcanza a 20 mbar alcanza 20 mbar (2kPa), o en caso de permeabilidades muy bajas, después de 6 minutos de iniciado el ensayo (Torrent, 2012).

Figura 3. Esquema del método.



Fuente: Torrent, 2012.

Figura 4. Detalles de la celda de vacío de flujos de aire.



Fuente: Torrent, 2012.

Dado el flujo de aire es perpendicular a la superficie, es posible calcular el coeficiente de permeabilidad con la siguiente Ecuación:

$$kT = \left(\frac{Vc}{A}\right)^2 \frac{\mu}{2\varepsilon Pa} \left(\frac{\ln \frac{Pa + \Delta Pi}{Pa - \Delta Pi}}{\sqrt{tf} - \sqrt{to}}\right)^2$$

Fuente: Torrent, 2012.

Donde:

kT: coeficiente de permeabilidad al aire (m²)

Vc: volumen de la celda interior (m³)

A: superficie de la celda interior (m²)

μ: viscosidad del aire (= 2.10⁻⁵ Ns/m²)

ε: porosidad del recubrimiento del concreto (asumida = 0.15)

Pa: presión atmosférica (N/m²)

ΔPi: aumento de presión en la celda interior a tf (N/m²)

tf : tiempo (s) al final del ensayo (2 hasta 6 o 12min, dependiendo del modelo de equipo)

to : tiempo (s) al comienzo del ensayo (= 60 s)

La profundidad que se ve afectada por el ensayo (típicamente entre 10 a 70 mm), la cual aumenta con el valor de kT, también es indicada por el instrumento. La permeabilidad al aire kT es muy sensible a la micro estructura del recubrimiento, y el método permite detectar hasta 6 órdenes de magnitud (0.001x10⁻¹⁶ hasta 100x10⁻¹⁶ m²). La Tabla 16 muestra la clasificación de la permeabilidad del hormigón basada en mediciones de kT realizadas entre los 28 a 180 días. (Torrent, 2012)

Tabla 8 Clasificación de Permeabilidad del Concreto -Torrent

Clase	kT (10^{-16} m^2)	Permeabilidad
PK1	<0.01	Muy Baja
PK2	0.01 - 0.10	Baja
PK3	0.10 - 1.0	Moderada
PK4	1.0 - 10	Alta
PK5	>10	Muy Alta

Fuente: Torrent, 2012.

Se recomienda que las probetas de laboratorio deben ser condicionadas antes del ensayo secándolas a 50°C. En obra se recomienda comprobar la humedad mediante un instrumento de medición de humedad antes de la realización de la medición de kT, que la humedad superficial no supere un 5.5% (Torrent, 2012).

2.4. Principios Y Requerimientos De Los Concretos Por Durabilidad

El concreto debe ser capaz de resistir a las condiciones a las que estará expuesto durante el tiempo para el cual fue proyectado, sin deteriorarse y con las mismas características desde un inicio. El agua juega un papel muy importante en la mezcla de concreto, pero a la vez podría ser el causante de casi el 100% de patologías que afectan el concreto, ya que es el vehículo de transporte y medio en el cual se desarrollan estas patologías ya sean físicas, químicas o biológicas afectando su durabilidad (Bustamante, 2017, p. 18).

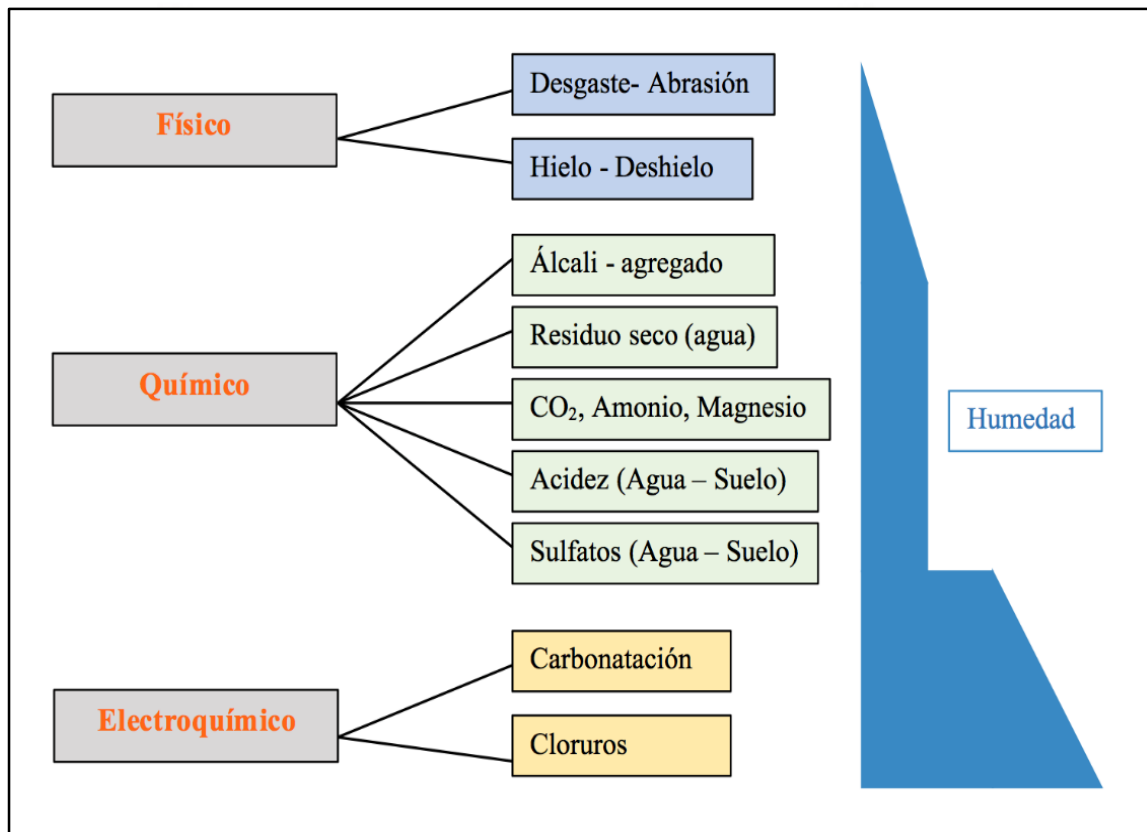
Según el comité ACI 201, la durabilidad del concreto se define como su resistencia a la acción del clima, a los ataques químicos y/o físicos o cualquier otro proceso de deterioro. De tal manera que un concreto durable debe mantener su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio al estar expuesto a su medio ambiente (Bustamante, 2017, p. 18).

Es importante mencionar que la durabilidad del concreto depende no solo de sus propiedades sino también del proceso constructivo y las condiciones ambientales a las que estará expuesto que debieron tomarse en cuenta al ser diseñado. Las condiciones que afectan la durabilidad del concreto pueden ser de origen físico o químico. En su mayoría estos factores se presentan en combinación manifestándose en la aparición de manchas o fisuras (Bustamante, 2017, p. 18).

2.5. Patologías que afectan la durabilidad de concreto

Las patologías del concreto siempre se desarrollan en presencia de humedad, además de otros factores como son la temperatura y agentes nocivos, en la *Figura 5* se describen los ataques del concreto y se puede observar que en casi todos es esencial la presencia de humedad.

Figura 5. Patologías del concreto.



Fuente: Arcila (2010)

2.5.1. Patología debido a fenómenos físicos

Los fenómenos físicos que atacan la durabilidad del concreto son los producidos por desgaste de la superficie, abrasión, erosión, fisuramiento por cristalización de sales en concreto húmedo, ciclos de humedecimiento y secado, congelamiento deshielo y fuego (Bustamante, 2017).

2.5.2. Patología debido a fenómenos químicos

Los fenómenos químicos que afectan al concreto en presencia de humedad, son las reacciones de iones agresivos que producen formación de productos expansivos, como es el caso de los ataques por sulfatos, ácidos y cloruros así como

también la expansión álcali agregado y la corrosión del acero en el concreto (Bustamante, 2017), ver Tabla 9.

Tabla 9 Factores que afectan el ataque del hormigón por parte de los agentes químicos

Factores que aceleran o agravan el ataque	Factores que mitigan o demoran el ataque
1. Elevada porosidad debida a: <ul style="list-style-type: none"> i. Elevada absorcion de agua ii. Permeabilidad iii. Vacíos 	1. Hormigón denso obtenido mediante: <ul style="list-style-type: none"> i. Correcta dosificación de la mezcla * ii. Contenido unitario de agua reducido iii. Mayor contenido de material cementicio. iv. Incorporación de aire v. Compactación adecuada vi. Curado efectivo^
2. Fisuras y separaciones debidas a: <ul style="list-style-type: none"> i. Concentración de tensiones ii. Choque térmico 	2. Tensiones de tracción reducidas en el hormigón atribuible a:‡ <ul style="list-style-type: none"> i. Uso de armadura de tracción de tamaño adecuado y correctamente ubicada ii. Inclusión de puzolana (para reducir el aumento de temperatura) iii. Colocación de materiales adecuados en las juntas de contracción
3. Lixiviación y penetración de líquidos debido a: <ul style="list-style-type: none"> i. Flujo de líquidos[¶] ii. Formación de charcos iii. Presión hidráulica 	3. Diseño estructural: <ul style="list-style-type: none"> i. Minimizar las áreas de contacto y turbulencia ii. Proveer membranas y sistemas con barreras protectoras[†] para reducir la penetración

* La dosificación de la mezcla y el mezclado y procesamiento inicial del hormigón fresco determinan su homogeneidad y densidad.

^ Si los procedimientos de curado son defectuosos se producirán fallas y fisuras.

‡ La resistencia a la fisuración depende de la resistencia y capacidad de deformación.

×□ El movimiento de las sustancias perjudiciales que transportan agua aumenta las reacciones que dependen tanto de la cantidad como de la velocidad de flujo.

† Los hormigones que frecuentemente estarán expuestos a agentes químicos que se sabe producen un rápido deterioro del hormigón se deberían proteger con una barrera protectora resistente a dichos agentes químicos. Extraído de Comité ACI 201 2R

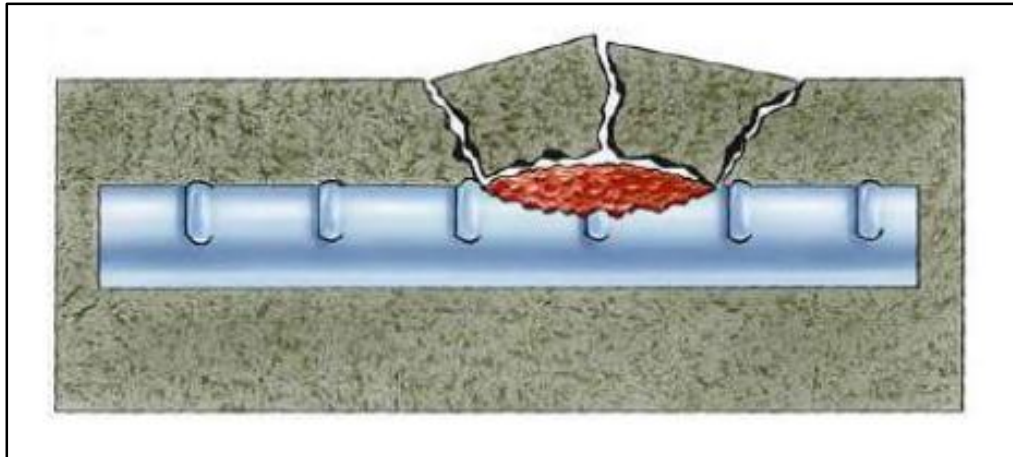
Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Bustamante, 2017.

2.5.3. Ataque de cloruros y corrosión del acero en el concreto

La alta alcalinidad del hidróxido de calcio, producto de la hidratación del cemento, previene la corrosión del acero de refuerzo mediante la formación de una delgada película protectora de óxido de hierro en la superficie del metal, capa comúnmente llamada como capa pasivante. No obstante, si el concreto es permeable y permite que los cloruros solubles penetren en el concreto, si el agua y el oxígeno están presentes, entonces ocurrirá corrosión en el acero de refuerzo.

La capa de protección “capa pasivante” se destruye, se forma óxido y provoca un incremento de volumen, el cual causaría fisuras en el concreto fenómeno que observamos en la *Figura 6* a continuación (Neville, 1998):

Figura 6. Mecanismo de generación de corrosión de acero de refuerzo ante cloruros, agua y oxígeno.



Fuente: Bustamante, 2017, p. 19

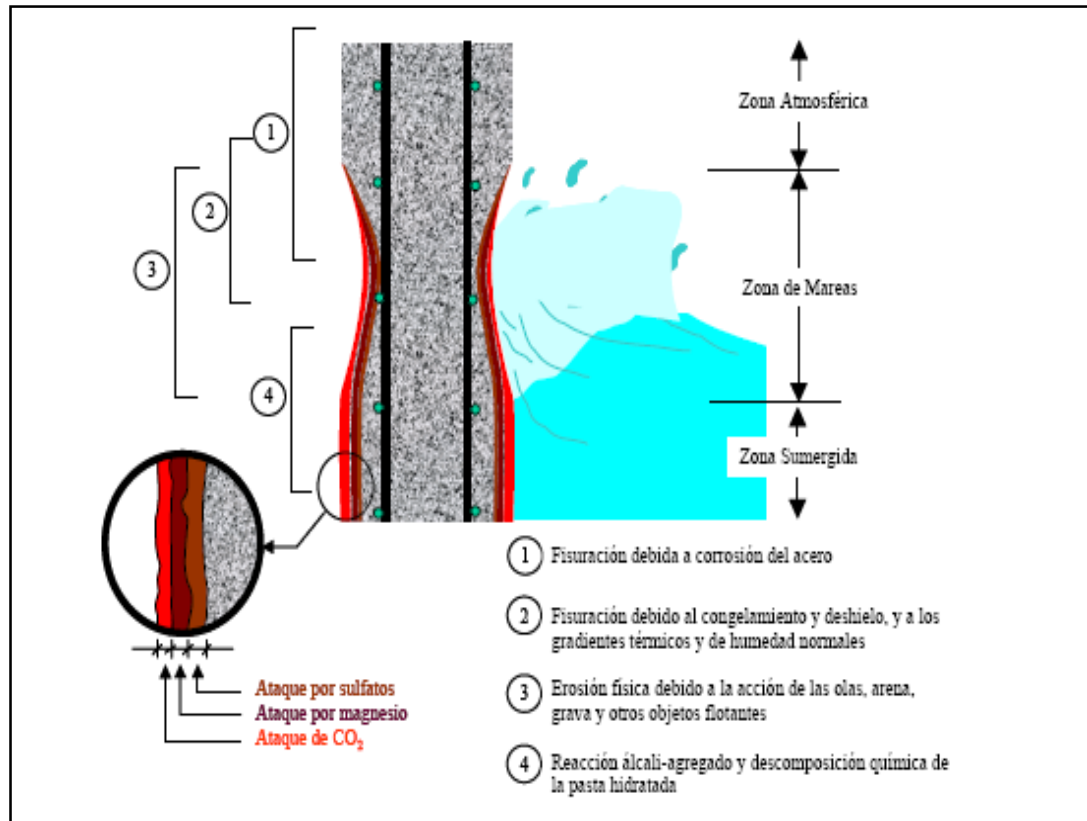
2.5.4. Ataque de sulfatos

Los sulfatos de sodio, potasio, calcio o magnesio que están presentes en la naturaleza, los cuales pueden atacar al concreto endurecido, algunas veces se encuentran en el suelo y otras disueltos en el agua adyacente a las estructuras de concreto. Las sales de sulfato en solución ingresan al concreto y atacan los materiales cementicios. Los sulfatos generan deterioro directamente al concreto, las principales fuentes de Sulfatos que pueden atacar al concreto son: los suelos que contienen yeso mineral (sulfato cálcico), las aguas que contienen residuos industriales y, principalmente el agua de mar que contiene una concentración de aproximadamente 0,004 de sulfato de sodio. El sulfato ocasiona la formación de yeso y etringita que provocan un aumento en volumen del 250%, lo cual produce grandes tensiones que desencadenan fisuras y desprendimientos superficiales del material.

Una estructura expuesta al agua del mar o la salpicadura del agua del mar es más vulnerable en la zona de marea o salpicadura, donde hay ciclos repetidos de mojado y secado y/o congelamiento y deshielo. La presencia de sulfatos y cloruros presentes en el agua de mar requiere el uso de concretos de baja permeabilidad (baja relación a/c) para minimizar la corrosión del acero de

refuerzo y el ataque de sulfatos. La *Figura 7*, representa el ataque químico de cloruros, sulfatos, CO₂ y ataques físicos debido al contacto con agua de mar y/o ambiente marino (Bustamante, 2017, p. 20).

Figura 7. Esquema del ataque típico sobre un pilar de concreto expuesto en un ambiente marino.



Fuente: Irassar, 2001.

2.5.5. Carbonatación

La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio (con alto pH) a carbonato de calcio, el cual tiene un pH más neutral. El aumento de carbonatación depende, en gran medida, del contenido de humedad y de la permeabilidad del concreto.

La carbonatación puede causar problemas de corrosión incluso en un concreto de alta calidad: un recubrimiento bajo del concreto y defectos de superficie tales como grietas y pequeños agujeros proporcionan una ruta directa al acero de refuerzo. No pasará mucho tiempo antes de que el acero en el área de esta grieta empiece a corroerse (Osorio, 2012).

La *Figura 8*, muestra acero de refuerzo expuesto y corroído debido a la carbonatación del concreto:

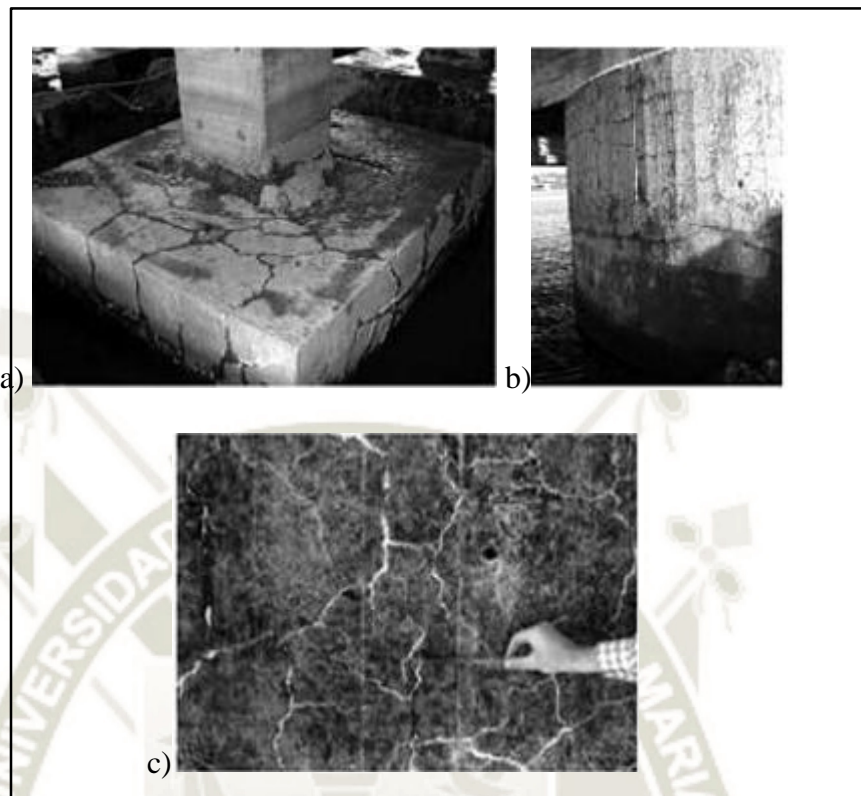
Figura 8. Daños por carbonatación del concreto.



Fuente: Bustamante, 2017, p. 21

2.5.6. Reacción Álcali Sílice

La reacción álcali sílice es un fenómeno que ataca al concreto endurecido elaborado con agregados potencialmente reactivos con el álcali proveniente principalmente del cemento en presencia de humedad y temperatura suficientes para activar la reacción. Esta reacción origina un gel alrededor de las partículas gruesas, que va hinchándose cada vez más, rompiendo la estructura interna del concreto y ocasionando fisuración y desintegración de la estructura, ver *Figura 9*.

Figura 9. Manifestaciones macroscópicas de RAS.

Fuente: Tomadas de Santos Silva, 2007.

2.6. Materiales Para El Concreto

El concreto se define como: Es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción (Pasquel, 1998, p. 11).

Resistencia A La Compresión ASTM C39 – NTP 339.034

La resistencia a la compresión es la característica principal del concreto, con este ensayo mediremos las resistencias para cada relación agua cemento y se podrá verificar la hipótesis que a mayor relación a/c la resistencia es menor. Es importante verificar la calidad del concreto en cuanto a resistencia a la compresión ya que este dato también se puede correlacionar con la permeabilidad del concreto.

2.6.1. Componentes del concreto

La tecnología del concreto moderna define para este material, el concreto, cuatro componentes: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. En la *Figura 10*, se esquematizan las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto, el cemento es el ingrediente activo que interviene en menor cantidad, pero sin embargo es el que define las tendencias del comportamiento, por lo que es obvio que necesitamos profundizar en este aspecto que está muy ligado a las reacciones químicas que se suceden al entrar en contacto con el agua y los aditivos.

Figura 10. Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.



Fuente: Pasquel, 1998, p. 13

2.6.1.1. Cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de piedra caliza y arcillas en su mayoría, posteriormente molidas. El producto resultante de la calcinación de estas rocas es llamada clinker, el cual se convierte en cemento cuando es finamente molido y se le agrega una pequeña cantidad de yeso para que adquiera la propiedad de fraguar al añadirle agua y endurecerse posteriormente (Cemento, 2014).

A. Composición

El cemento tiene distintos compuestos, siendo los más importantes el silicato tricalcico, silicato dicalcico, aluminato tricalcico y ferroaluminato tetracalcico. Además de estos compuestos principales hay otros que tiene un rol menor predominante en el proceso de hidratación (Cemento, 2014).

B. Tipos de cemento

La clasificación de acuerdo a la norma ASTM divide a los cementos en 4 grandes grupos:

- Cementos Portland sin adición ASTM C 150
- Cementos Portland adicionados ASTM C 595
- Cementos Portland por desempeño ASTM C1157
- Cementos Portland expansivos ASTM C845

En la norma ASTM C-150 encontramos las especificaciones para el cemento Portland Tipo I, II, III, IV y V. En la ASTM C 595 observamos las especificaciones para los cementos adicionados, Tipo IP cemento puzolánico Portland, Tipo P cemento Portland puzolánico para su uso cuando no se requieren mayores resistencias a edades tempranas, cemento Portland modificado con escoria, Tipo S cemento de escoria para su uso en combinación con cemento Portland en la fabricación de hormigón y en combinación con cal hidratada en la fabricación de mortero de albañilería. En la ASTM C 1157 tenemos las especificaciones de desempeño para cemento, Tipo GU cemento de uso general, Tipo HE cemento de alta resistencia inicial, Tipo MS cemento con moderada resistencia a los sulfatos, Tipo HS cemento con alta resistencia a los sulfatos, Tipo MH cemento con moderado calor de hidratación, Tipo LH cemento con bajo calor de hidratación; para estos cementos solo se indican requerimientos para los ensayos físicos y se hace referencia a los ensayos químicos sin hacer mención de los requerimientos. Esta norma también contiene requisitos opcionales, uno de ellos para los cementos resistentes a la reacción álcali-agregado.

Tabla 10 Ensayos químicos requeridos en muestras de cemento según las especificaciones de la Normas ASTM

Ensayos Químicos ASTM C 114	ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 845	ASTM C 1157
Dióxido de silicio (SiO ₂) %	√	-	-	-
Óxido de calcio (CaO) %	√	-	-	-
Trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃) %	√	-	-	-
Trióxido de aluminio (Al ₂ O ₃) %	√	-	-	-

Trióxido de azufre (SO ₃) %	√	√	-	-
Óxido de magnesio (MgO) %	√	√	√	-
Residuo Insoluble %	√	√	√	-
Perdida por Ignición %	√	√	√	-
Grupo R ₂ O ₃	-	-	-	-
Óxido de sodio (Na ₂ O) %	√	-	-	-
Óxido de potasio (K ₂ O) %	√	-	-	-
Álcalis (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O) %	√	-	√	-
Cal Libre (%)	x	-	-	-
Cloruros (Cl-) %	-	-	-	-
Fósforo (P ₂ O ₅) %	√	-	-	-
Dióxido de carbono (CO ₂) %	√	-	-	-
Silicato tricálcico (C ₃ S) %	√	-	-	-
Silicato bicálcico (C ₂ S ₉) %	√	-	-	-
Aluminato tricálcico (C ₃ A) %	√	-	-	-
Aluminato ferrita tetracálcica (C ₄ AF) %	√	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, en base a Normas ASTM

Tabla 11 Ensayos físicos obligatorios y opcionales de las normas ASTM para cemento, en base a Normas ASTM

Ensayos Físicos	ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 845	ASTM C 1157
Resistencia a la compresión Mpa (psi) ASTM C 109	√	√	√	√
Fluidez % ASTM C 109	√	√	-	√
Consistencia normal (mm) ASTM C 187	-	-	-	-
Fraguado Vicat inicial (minutos) ASTM C 191	√	√	√	-
Fraguado Vicat final (minutos) ASTM C 191	√	√	√	-
Fraguado Gilmore inicial (minutos) ASTM C 266	√	-	-	-

Fraguado Gilmore final (minutos) ASTM C 266	√	-	-	-
Fraguado falso (%) ASTM C 451	√	-	-	-
Finura de malla N° 325 (%) ASTM C430	-	√	-	-
Finura, superficie específica (Permeabilidad al aire) m ² /kg (cm ² /g). ASTM C 204	√	√	-	√
Expansión autoclave (%) ASTM C 151	-	√	-	√
Contenido de aire de mortero (%) ASTM C 185	√	√	-	√
Densidad (g/cm ³) ASTM C 188	-	-	-	-
Cambio de longitud de mortero de cemento hidráulico expuesto a la solución de sulfato (%) ASTM C 1012	-	-	-	√
Expansión potencial de mortero de cemento Portland expuesto a SO ₄ ⁻² (%) ASTM C 452	-	-	-	√
Calor de hidratación ASTM C 186	√	√	-	√
Expansión 14 días y 56 días ASTM C 227	-	√	-	√
Contracción por secado ASTM C 157	-	√	-	-

Fuente: Elaboración propia.

2.6.1.2. Agua

Es un componente importante para la producción del concreto ya que al mezclarse con el cemento ocurre su hidratación produciéndose así la pasta, iniciando la reacción química. Debemos de considerar que generalmente el agua potable es conveniente para la elaboración del concreto. Si el agua no fuera potable deberá cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en las normas NTP 339.088 / ASTM C1602. De acuerdo a las normas indicadas el agua debe cumplir ciertos requisitos que se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12 Propiedades Químicas del Agua, en base a Norma NTP 339.088

Características	Especificaciones
Cloruros (ppm)	1000
Sulfatos (ppm)	3000
Solidos Totales (ppm)	5000
Alcalinidad (ppm)	600

Fuente: Elaboración propia.

2.6.1.3. Agregados

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en las normas: NTP 400.011 y/o ASTM C 33. Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones (Campos, 2016).

A. *Función en el concreto*

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

B. *Propiedades*

• *Granulometría*

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado determinado por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de

tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33.

○ ***Granulometría de los agregados finos.***

Depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y el tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada malla resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad.

Agregado fino

Tabla 13 Especificación Norma ASTM C 33 – Granulometría

Tamiz (Especificación E 11)	% Que pasa
9.5mm (3/8")	100
4.75mm (N° 4)	95 - 100
2.36mm (N°8)	80 - 100
1.18mm (N°16)	50 - 85
600µm (N°30)	25 - 60
300µm (N°50)	25 - 30
150µm (N°100)	0 - 10

Fuente: Elaboración propia.

○ ***Granulometría de los agregados gruesos.***

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para asentamiento de aproximadamente 7.5 cm para un amplio rango de tamaños de agregado grueso.

El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado.

Por lo común el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe pasar:

- Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
- Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
- Un tercio del peralte de las losas (Campos, 2016).



Tabla 14 Especificación Norma ASTM C 33 – Granulometría Agregado Grueso

Tamaño Número	Tamaño Nominal (Tamices con aberturas cuadradas)	Cantidades más Finas que cada Tamiz de Laboratorio (Aberturas Cuadradas). Porcentaje en Masa													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 1/2 in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 1/2 in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (Nº 4)	2.36 mm (Nº 8)	1.18 mm (Nº 16)	300 µm (Nº 50)
1	90 a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 in.)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 a 25.0 mm (2 a 1 in.)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 a 4.75 mm (2 in. a Nº 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 a 19.0 mm (1 1/2 a 3/4 in.)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 a 4.75 mm (1 1/2 in. a Nº 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25.0 a 12.5 mm (1 a 1/2 in.)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25.0 a 9.5 mm (1 a 3/8 in.)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25.0 a 4.75 mm (1 in. a Nº 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19.0 a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in.)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19.0 a 4.75 mm (3/4 in. a Nº 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 a 4.75 mm (1/2 in. a Nº 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 a 2.36 mm (3/8 in. a Nº 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5 a 1.18 mm (3/8 in. a Nº 16)	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	4.75 a 1.18 mm (Nº 4 a Nº 16)	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

^A El agregado de número de tamaño 8 está definido en el documento Terminology C 125 como un agregado fino. Está incluido como un agregado grueso cuando está combinado con un material de número de tamaño 6 para crear un número de tamaño 89, que es un agregado grueso según está definido por el documento Terminology C 1

Fuente: ASTM C 33 en español.

- **Módulo de Fineza**

Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{Acumulados retenidos } (1\frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{3}{8}, N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

Fuente: Campos, 2016.

- **Contenido De Finos**

El contenido de finos o polvo no se refiere al contenido de arena fina ni a la cantidad de piedras de tamaño menor, sino a la suciedad que presentan los agregados (tamaños inferiores a 0,075 mm).

El contenido de finos es importante por dos aspectos:

- A mayor suciedad habrá mayor demanda de agua, ya que aumenta la superficie a mojar y por lo tanto también aumentará el contenido de cemento si se quiere mantener constante la relación agua/cemento;
- Si el polvo está finamente adherido a los agregados, impide una buena unión con la pasta y por lo tanto la interfase mortero-agregado será una zona débil por donde se puede originar la rotura del concreto.

- **Densidad**

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

- **Peso Unitario**

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil

sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa (Campos, .2016).

- **Humedad**

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma:

$$\%humedad = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Fuente: Campos, 2016

- **Reacción Álcali-Sílice**

Los álcalis en el cemento están constituidos por el Óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo normalmente para que se produzca esta reacción. Existen pruebas de laboratorio para evaluar estas reacciones, existe un procedimiento normado en la norma ASTM C1778 y ASTM C1260, C1597 que permiten obtener información para calificar la reactividad del agregado (Campos, 2016).

- **Reacción Álcali-carbonatos**

Se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción. Los procedimientos para la evaluación en de esta característica se encuentran normalizados en ASTM C-586 (Campos, 2016).

Especificaciones

Las normas nacionales NTP y las internacionales ASTM establecen especificaciones para los agregados finos en la Tabla 15 y para los agregados gruesos en la Tabla 16.

Tabla 15 Especificaciones de las normas para agregado fino

Ensayo	Especificaciones
	(NTP 400.037/ASTM C 33)
Ensayo Cloruros (ppm)	600 (máx.)
Ensayo Sulfato (ppm)	1000 (máx.)
Equivalente de Arena (%)	75 (min.)
Inalterabilidad por Sulfato de Magnesio (%)	15 (máx.)
Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables (%)	3 (máx.)
Impurezas Orgánicas	No Debe Contener
Azul de Metileno (mg/g)	5 (máx.)
Material más Fino que la Malla N° 200 (%)	5 (máx.)
Reactividad Alcalina ASTM C1567 (%)	0.10 (máx.)

Fuente: Elaboración propia en base a Norma ASTM C33

Tabla 16 Especificaciones de las normas para agregado grueso (propiedades físico – químicas).

Ensayo	Especificaciones
	(NTP 400.037/ASTM C 33)
Ensayo Cloruros (ppm)	600 (máx.)
Ensayo Sulfato (ppm)	1000 (máx.)
Inalterabilidad por Sulfato de Magnesio (%)	18 (máx.)
Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables (%)	3 (máx.)
Desgaste por Abrasión (%)	50 (máx.)

Fuente: Elaboración propia en base a Norma ASTM C33

2.6.1.4. Aditivos

Los aditivos para concreto son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones (Aditivos para concreto, 2017).

a. *Clasificación*

De acuerdo con su función principal se clasifica a los aditivos para el concreto de la siguiente manera:

- **Aditivo reductor de agua/plastificante:** Aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir el contenido de agua de un determinado hormigón, o que, sin modificar el contenido de agua, aumenta el asiento (cono de Abrams)/escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.
- **Aditivo reductor de agua de alta actividad/aditivo súper plastificante:** Aditivo que, sin modificar la consistencia del hormigón, o que sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asiento (cono de Abrams)/ escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.
- **Aditivo incorporador de aire:** Aditivo que permite incorporar durante el amasado una cantidad determinada de burbujas de aire, uniformemente repartidas, que permanecen después del endurecimiento.
- **Aditivo acelerador de fraguado:** Aditivo que reduce el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al rígido.
- **Aditivo acelerador del endurecimiento:** Aditivo que aumenta la velocidad de desarrollo de resistencia iniciales del hormigón, con o sin modificación del tiempo de fraguado.
- **Aditivo retardador de fraguado:** Aditivo que aumenta el tiempo del principio de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido.
- **Aditivo Impermeabilizante:** Aditivo que proporciona al concreto la propiedad de repeler el agua evitando su ingreso desde el exterior.

Existen otra variedad de productos que, sin ser propiamente aditivos y por tanto sin clasificarse como ellos, pueden considerarse como tales ya que modifican propiedades del hormigón, como ocurre con los colorantes o pigmentos que actúan sobre el color hormigón, los generadores de gas que lo hacen sobre la densidad, etc. (Aditivos para concreto, 2017).



Fragua Inicial	min	213	154	155
Fragua final	min	267	201	203
Expansión en Autoclave	%	-0.06	-0.01	0.02
Compresión	Und	IP	HE	Tipo I
1 día	kgf/cm ²	99	146	181
3 días	kgf/cm ²	197	267	335
7 días	kgf/cm ²	241	329	391
28 días	kgf/cm ²	321	409	460

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Agregados

Los agregados provienen de la cantera La Poderosa, la cual está inscrita como Sociedad Minera La Poderosa S.A.C. y consta de 350,000 hectáreas con una reserva de 10,000,000 m³ aproximadamente.

Sus coordenadas son las siguientes (Tabla 18 y *Figura 12*):

Tabla 18 Ubicación cantera Poderosa – Coordenadas

Ver.	Este	Norte
1	218447.21	8181917.53
2	219897.67	8179290.62
3	219022.04	8178807.13
4	217571.57	8181434.04

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Ubicación imagen satelital.

Fuente: Google Earth, 2019

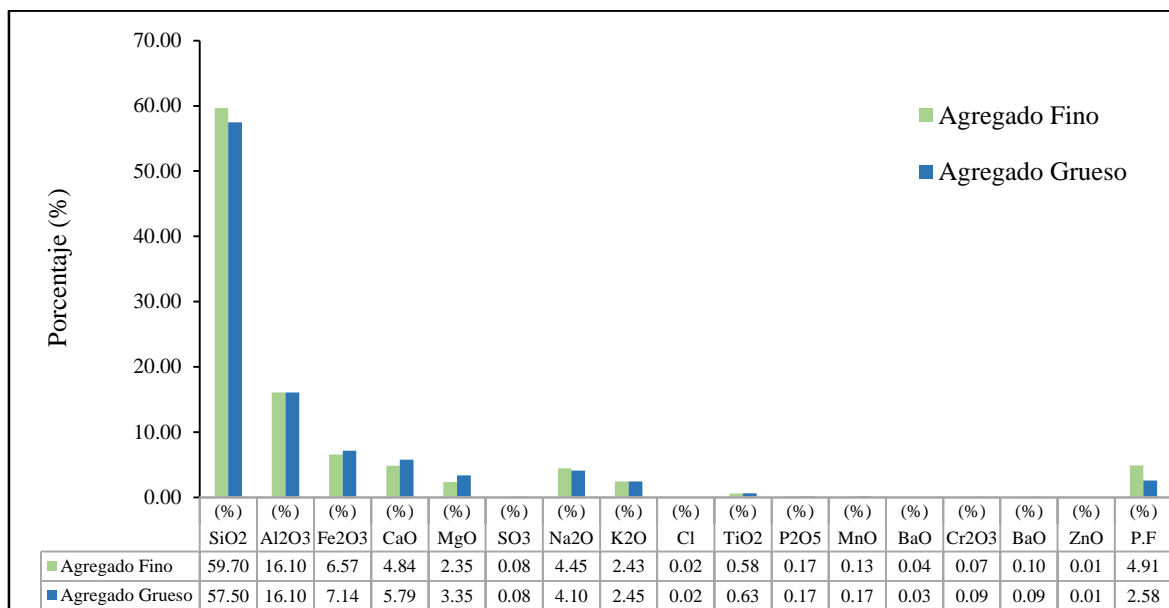
3.3. Caracterización de los Agregados

La evaluación de los agregados es fundamental para poder entender su comportamiento dentro del concreto, se obtuvo la composición mineralógica Difracción X-Ray y la composición química se determinó a través de fluorescencia X-Ray.

3.3.1. Composición Química

A través de la difracción por rayos X se pudo determinar la composición química de los agregados.

Figura 13. Composición química del agregado fino y grueso.



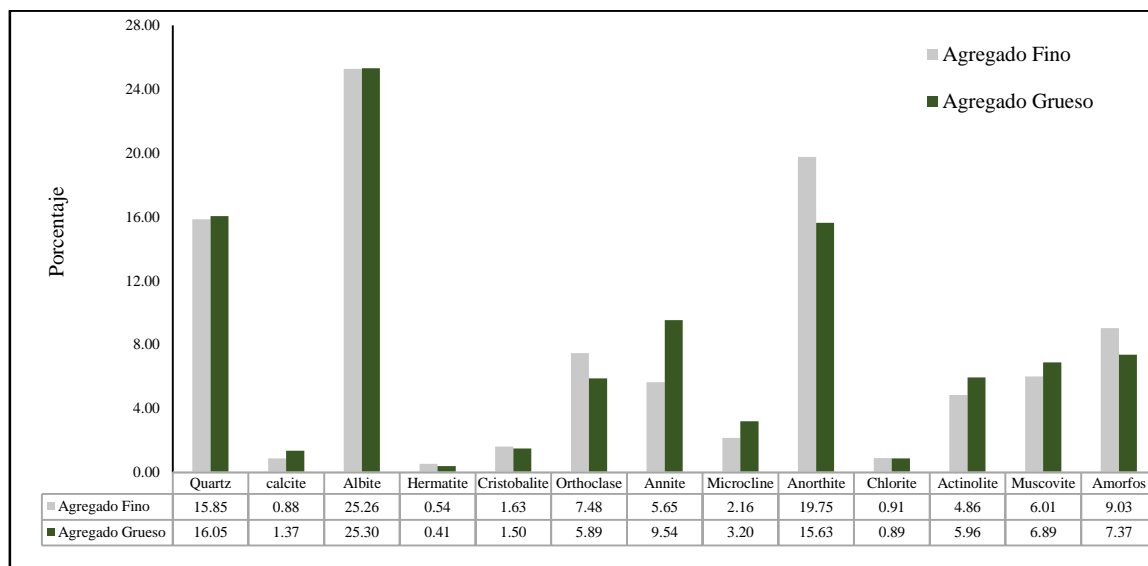
Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 13*, se observa que los agregados fino y grueso están constituidos en forma predominante por SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO y Na₂O, no cuentan con sustancias dañinas para el concreto, ya que el material tiene compuestos iguales a la puzolana.

3.3.2. Composición Mineralógica

La composición mineralógica es importante ya que nos permiten conocer a los minerales que componen el material, para determinar la composición mineralógica se hizo uso del equipo de Fluorescencia por rayos X, los resultados se muestran en el siguiente gráfico, *Figura 14*:

Figura 14. Composición mineralógica del agregado fino y grueso.



Fuente: Elaboración propia.

En su composición mineralógica predominan principalmente la Albite, Amorthite, Quartz (Cuarzo) y elementos amorfos, los últimos dos minerales podrían causar que el material sea potencialmente reactivo.

3.3.3. Agregado Fino

Se realizaron los ensayos correspondientes a la caracterización de agregados obteniéndose como resultados las propiedades físicas, granulometría (Tabla 19 y *Figura 16* respectivamente) y las características físicas y químicas (Tabla 20).

Tabla 19 Propiedades Físicas Arena Gruesa.

Ensayo	Arena Gruesa
Módulo de fineza	3.02
Peso Esp. SSS (kg/m ³)	2598
P.U. Compactado (kg/m ³)	1842
P. U. Suelto (kg/m ³)	1624
% Absorción	2.18
% Malla < # 200	5.22

Fuente: Elaboración propia

Las propiedades físicas de la arena de la cantera la poderosa (*Figura 16*) cumplen con los parámetros indicados en las normas, en el caso de la malla 200 el límite

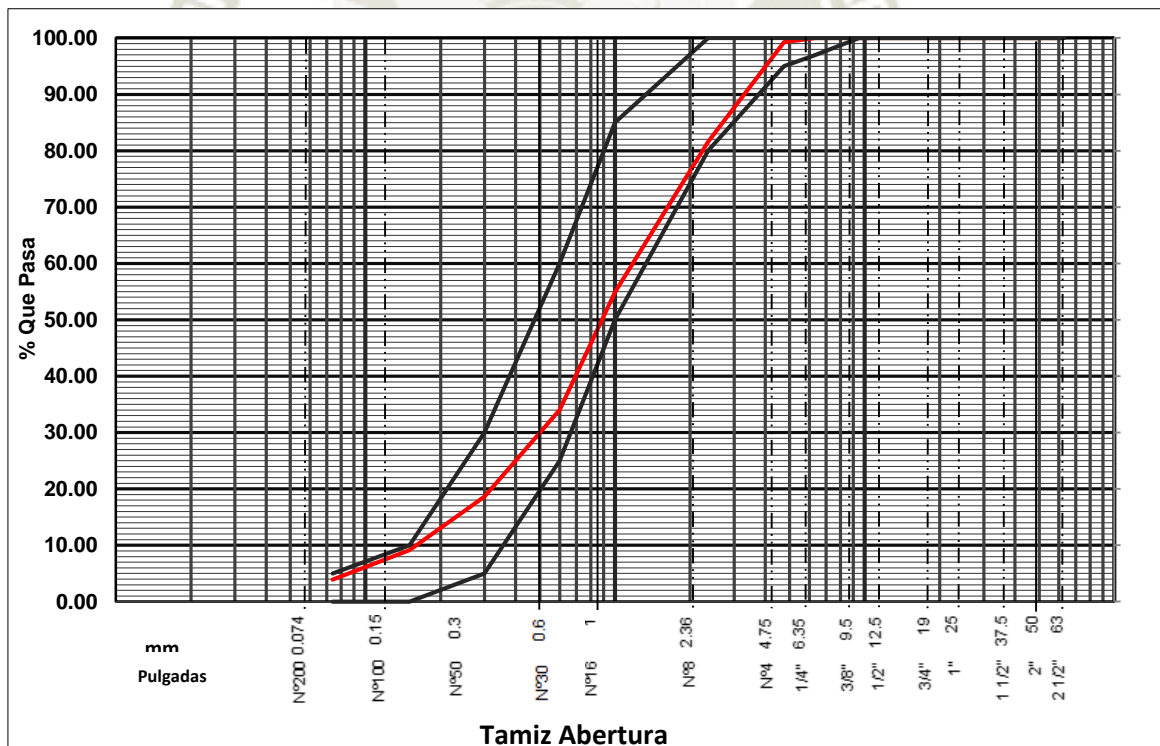
establecido en la norma ASTM C 33 es 5%, el resultado obtenido fue 5.22% que se acepta como válido por ser mínimo el exceso.

Figura 15. Acopio de arena.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Curva Granulométrica Arena La Poderosa.



Fuente: Elaboración propia.

La arena de la cantera la poderosa tiene una gradación uniforme y su curva granulométrica se encuentre dentro de los límites establecidos por las normas, el equipo utilizado se muestra en la *Figura 17* y *Figura 18*.

Figura 17. Tamiz finos.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20 Propiedades Físico Químicas de la Arena Gruesa.

Ensayo	Cantera	Arena Gruesa	Especificaciones (NTP 400.037/ASTM C 33)
Ensayo Cloruros (ppm)		26.22	600 (ppm)
Ensayo Sulfato (ppm)		175.19	1000 (ppm)
Equivalente de Arena (%)		82.60	75 (min.)
Inalterabilidad por Sulfato de Magnesio (%)	La Poderosa	3.41	15 (máx.)
Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables (%)		0.40	3 (máx.)
Impurezas Orgánicas		No Contiene	No Debe Contener

Fuente: Elaboración propia, basado en la norma ASTM C 33.

De lo expuesto anteriormente en la Tabla 20 se puede apreciar que el agregado fino cumple con las especificaciones técnicas establecidas en las normas NTP 400.037 y ASTM C33.

Figura 18. Patio de agregados – Laboratorio Planta Supermix.



Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Agregado Grueso

El agregado grueso utilizado para la mezcla de concreto corresponde al Huso 67 indicado en la norma ASTM C 33, su tamaño máximo es de $\frac{3}{4}$ ". Se realizaron los ensayos correspondientes a la caracterización de agregados obteniéndose como resultados las propiedades físicas, granulometría (Tabla 21 y *Figura 20*) y las características físicas y químicas (Tabla 22).

Tabla 21 Propiedades Físicas Piedra Huso 67.

Ensayo	Piedra Huso 67
Módulo de fineza	6.65
Peso Esp. SSS (kg/m ³)	2746
P.U. Compactado (kg/m ³)	1656
P. U. Suelto (kg/m ³)	1449
% Absorción	0.70
% Malla < # 200	0.64

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21, se puede observar que la piedra de la cantera la poderosa cumple con los parámetros establecidos en los códigos y normas. En el caso de la malla

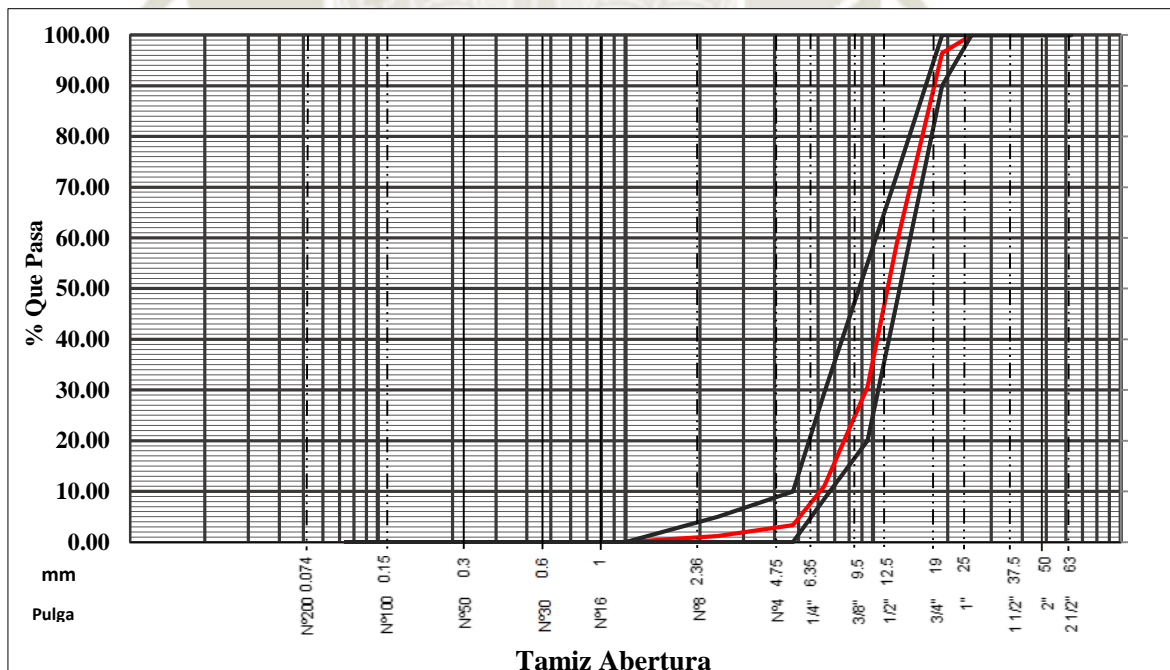
200 el límite es 1% la piedra tiene un resultado de 0.64% cumpliendo ampliamente con el parámetro establecido en la norma ASTM C 33.

Figura 19. Acopio de piedra.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Curva Granulométrica Piedra Huso 67 La Poderosa.



Fuente: Elaboración propia.

La piedra de la cantera la poderosa (*Figura 19*) tiene una gradación uniforme y se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma ASTM C 33 y corresponde al Huso 67 y los parámetros se muestran en el gráfico.

Figura 21. Tamiz grueso. Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22 Propiedades Físico Químicas de la Piedra Huso 67

Ensayo	Cantera	Piedra Huso 67	Especificaciones (NTP 400.037/ASTM C 33)
Ensayo Cloruros (ppm)		4.75	600 (ppm)
Ensayo Sulfato (ppm)		22.21	1000 (ppm)
Inalterabilidad por Sulfato de Magnesio (%)	La Poderosa	0.55	18 (máx.)
Terrones de Arcilla y Partículas Deleznables (%)		0.14	3 (máx.)
Desgaste de Abrasión (%)		20.29	50 (máx.)

Fuente: Elaboración propia, basado en la norma ASTM C 33

De lo expuesto anteriormente se puede apreciar que la piedra huso 67 cumple con las especificaciones técnicas establecidas en las normas NTP 400.037 y ASTM C33.

3.4. Agua

El agua utilizada en la investigación es agua de la planta Gloria la cual tiene las siguientes propiedades que cumplen con las especificaciones de las normas:

Tabla 23 Propiedades Químicas del Agua

Características	Agua Planta Gloria	Especificaciones NTP 339.088
Cloruros (ppm)	79.26	1000
Sulfatos (ppm)	100.40	3000
Sólidos Totales (ppm)	498.00	50000
Alcalinidad (ppm)	124.97	600

Fuente: Elaboración propia, basado en la norma NTP 339.088

El agua utilizada en las mezclas fue procedente de la red de la empresa Leche Gloria, la cual cumple con las especificaciones de las normas como se puede apreciar en la Tabla 23 Propiedades químicas del agua. Para acreditar dichos resultados se adjunta certificado de calidad del agua.

3.5. Aditivos

Los aditivos utilizados son aditivos de la marca EUCO y SIKA, se utilizaron los siguientes:

- Aditivo plastificante Neoplast 8500 HP EUCO
- Aditivo retardante Euco WR 75 EUCO
- Aditivo impermeabilizante Sika 1 en polvo SIKA

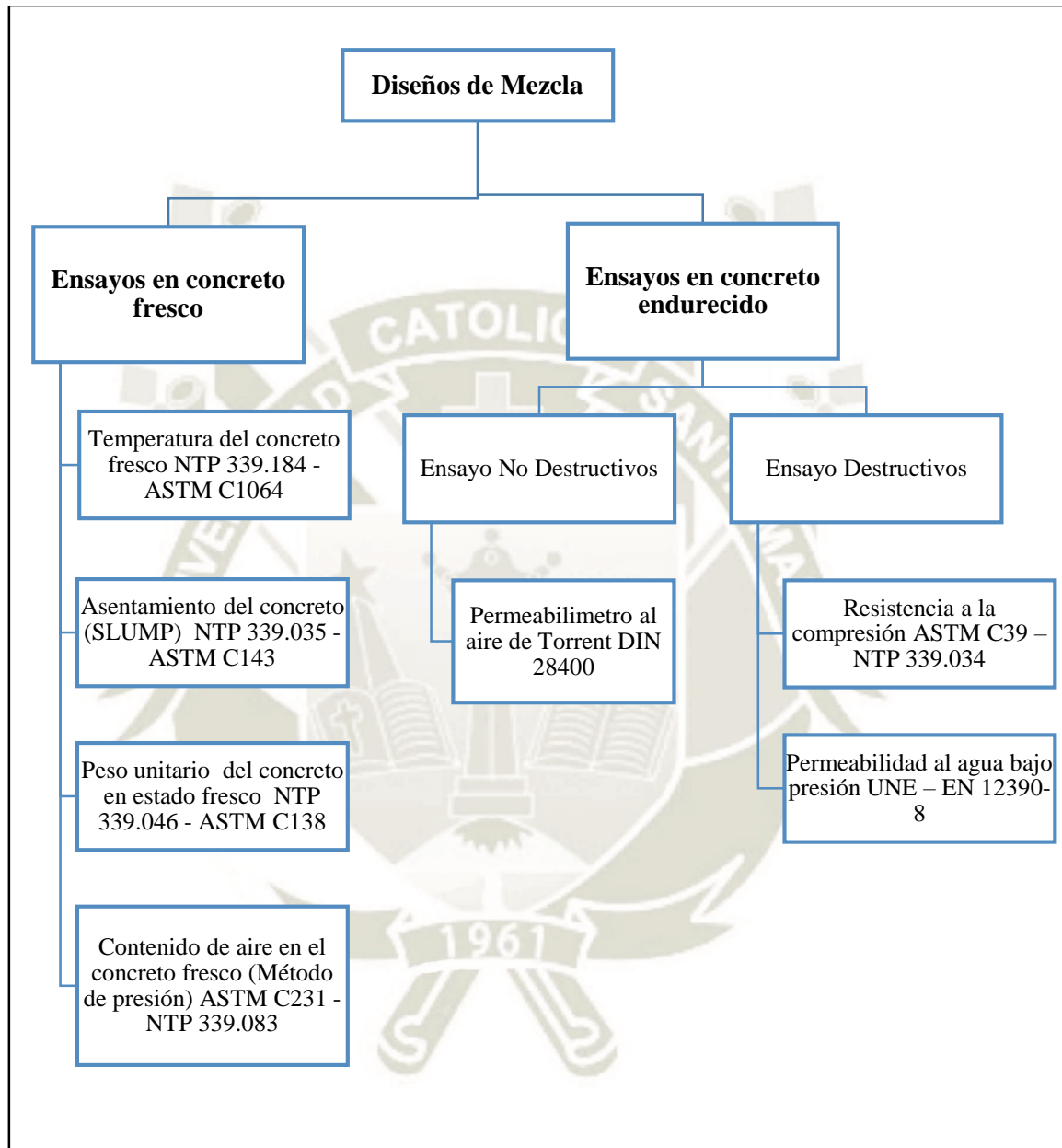
En el **APENDICE G** Se adjuntan los certificados de calidad.



4. METODOLOGÍA

En la *Figura 22* se explican los ensayos y la secuencia de trabajo realizada:

Figura 22. Tipo de ensayos y normativa.



Fuente: Elaboración propia.

4.1. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla que se utilizó en la investigación es el diseño de mezcla por módulo de fineza, los agregados de la cantera La Poderosa cumplen con los requisitos de granulometría de la norma ASTM C 33, tienen una granulometría continua tanto agregado grueso como fino, motivo por el cual no necesitan ajustes para utilizar otros métodos de diseño como Fuller, Bolomey, etc.

Se usaron los datos de la caracterización de los agregados grueso y fino para hacer los diseños de mezcla, se realizó la corrección de cada mezcla con la humedad natural de los agregados diaria, se realizaron tandas de 30 litros para verificar los diseños preliminares y luego se realizaron tandas de 70 litros para el moldeo de probetas grandes (15x30cm) que se utilizaron para la medida de permeabilidad bajo presión de agua, probetas pequeñas (10x20cm) para la medida de la resistencia a la compresión y cubos (15x15x25cm) para la medida de la permeabilidad por presión de aire (*Figura 23 y Figura 24*).

Figura 23. Patio de mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Moldeo de probetas.



Fuente: Elaboración propia,

4.2. Diseño Módulo de fineza

De acuerdo a varias investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias si el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores indicados en la Tabla 24 que se muestra a continuación:

Tabla 24 Módulo de Fineza de la combinación de agregados

Tamaño Máximo Nominal Agregado Grueso		Módulo de fineza de la combinación de agregados para buenas condiciones de trabajabilidad				
mm	Pulg	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Diseños

En las siguientes tablas se indican los diseños de mezcla de concretos convencionales, además de las características de la mezcla para cada tipo de cemento:

Tabla 25 Diseños de mezcla - cemento Tipo I

Diseño	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Cemento	185	195	205	220	235	250	265	280	295	310	325
Agua	158	156	154	155	152	150	145	140	134	124	115
Arena Gruesa	972	981	968	941	939	929	928	928	936	922	927
Piedra Huso 67	1117	1102	1113	1126	1124	1111	1111	1110	1121	1149	1155
Neoplast 8500 HP	0.65	0.68	0.86	0.81	0.89	1.00	1.17	1.40	1.65	1.92	2.28
Euco WR 75	0.56	0.59	0.72	0.66	0.71	0.75	0.80	0.84	0.97	1.09	1.14

Fuente: Elaboración propia.

Las cantidades se muestran en Kilogramos.

Las características de la mezcla son las siguientes:

Tabla 26 Características diseño de mezcla - Tipo I

Características	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
FC	185	195	205	220	235	250	265	280	295	310	325
RF	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46
MC	4.70	4.70	4.70	4.70	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.78	4.78
% Neoplast 8500 HP	0.35%	0.35%	0.35%	0.37%	0.37%	0.40%	0.45%	0.50%	0.55%	0.60%	0.70%
% Euco WR 75	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.33%	0.35%	0.35%

Nota: FC: Factor cemento; RF: Relación de finos; MC: Módulo de combinación.

Fuente: Elaboración propia.

La relación de finos se ha corregido de acuerdo al contenido de cemento que se incrementaba. El porcentaje de aditivos utilizada se calculó de acuerdo a las indicaciones del fabricante y a las mezclas preliminares realizadas.

Tabla 27 Diseños de mezcla - cemento Tipo HE

Diseño	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Cemento	195	205	220	235	250	265	280	295	310	325	340
Agua	162	160	162	162	160	157	152	146	138	130	119
Arena Gruesa	961	959	946	939	912	909	909	909	912	915	921
Piedra Huso 67	1123	1121	1106	1098	1092	1088	1088	1088	1092	1095	1103
Neoplast 8500 HP	0.66	0.70	0.75	0.78	0.85	0.90	0.98	1.12	1.40	1.95	2.11
Euco WR 75	0.57	0.59	0.64	0.68	0.75	0.80	0.84	0.89	1.02	1.14	1.29

Fuente: Elaboración propia.

Las características de las mezclas con cemento Tipo HE son las siguientes:

Tabla 28 Características diseño de mezcla - Tipo HE

Características	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
FC	195	205	220	235	250	265	280	295	310	325	340
RF	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46
MC	4.70	4.70	4.70	4.70	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.78	4.78
% Neoplast 8500 HP	0.34%	0.34%	0.34%	0.34%	0.34%	0.34%	0.35%	0.38%	0.45%	0.60%	0.65%
% Euco WR 75	0.29%	0.29%	0.29%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.33%	0.35%	0.38%

Nota: FC: Factor cemento; RF: Relación de finos; MC: Módulo de combinación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29 Diseños de mezcla - cemento Tipo IP

Diseño	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Cemento	215	230	245	260	275	295	315	335	355	375	395
Agua	183	183	183	183	180	178	175	169	162	152	140
Arena Gruesa	900	894	887	881	878	871	867	865	865	868	873
Piedra Huso 67	1078	1070	1062	1054	1051	1043	1037	1035	1036	1039	1045
Neoplast 8500 HP	0.71	0.76	0.81	0.86	0.91	0.97	1.04	1.17	1.24	1.43	1.78
Euco WR 75	0.65	0.69	0.74	0.78	0.83	0.89	0.95	1.01	1.07	1.13	1.19

Fuente: Elaboración propia.

Las características de las mezclas con cemento IP son las siguientes:

Tabla 30 Características diseño de mezcla - Tipo IP

Características	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
FC	215	230	245	260	275	295	315	335	355	375	395
RF	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46
MC	4.70	4.70	4.70	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.78	4.78
% Neoplast 8500 HP	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%	0.35%	0.35%	0.38%	0.45%
% Euco WR 75	0.29%	0.29%	0.29%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%

Nota: FC: Factor cemento; RF: Relación de finos; MC: Módulo de combinación.

Fuente: Elaboración propia.

Diseños de mezcla de concreto con impermeabilizante Sika 1

Tabla 31 Diseños de mezcla - cemento Tipo I + impermeabilizante sika 1

Diseño	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Cemento	185	195	205	220	235	250	265	280	295	310	325
Agua	158	156	154	155	152	150	145	140	134	124	115
Arena Gruesa	967	975	963	935	933	922	921	920	929	913	918
Piedra Huso 67	1112	1096	1107	1120	1116	1104	1103	1102	1111	1138	1143
Neoplast 8500 HP	0.65	0.68	0.86	0.81	0.89	1.00	1.17	1.40	1.65	2.79	3.09
Euco WR 75	0.56	0.59	0.72	0.66	0.71	0.75	0.80	0.84	0.97	1.09	1.14
Sika 1	4.35	4.59	4.82	5.18	5.53	5.88	6.24	6.59	6.94	7.29	7.65

Fuente: Elaboración propia.

Las características de las mezclas con cemento Tipo I + impermeabilizante (Sika 1) son las siguientes:

Tabla 32 Características diseño de mezcla - Tipo I + Impermeabilizante

Características	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
FC	185	195	205	220	235	250	265	280	295	310	325
RF	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48
MC	4.70	4.70	4.70	4.70	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.78	4.78
% Neoplast 8500 HP	0.35%	0.35%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.45%	0.50%	0.60%	0.80%	0.90%
% Euco WR 75	0.30%	0.30%	0.32%	0.32%	0.32%	0.30%	0.30%	0.30%	0.33%	0.35%	0.35%

Nota: FC: Factor cemento; RF: Relación de finos; MC: Módulo de combinación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33 Diseños de mezcla - Cemento Tipo He + Impermeabilizante Sika 1

Diseño	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Cemento YURA	195	205	220	235	250	265	280	295	310	325	340
Tipo HE											
Agua	162	160	162	162	160	157	152	146	138	130	119
Arena	956	954	940	933	906	902	901	902	904	907	912
Piedra 3/4" Huso	1117	1115	1099	1091	1084	1080	1079	1079	1082	1085	1092
Neoplast 8500	0.66	0.70	0.75	0.78	0.85	0.90	0.98	1.12	1.40	1.95	2.11
Euco WR 75	0.57	0.59	0.64	0.68	0.75	0.80	0.84	0.89	1.02	1.14	1.29
Sika 1 (Polvo)	4.59	4.82	5.18	5.53	5.88	6.24	6.59	6.94	7.29	7.65	8.00

Fuente: Elaboración propia.

Las características de las mezclas con cemento Tipo HE + impermeabilizante (Sika 1) son las siguientes:

Tabla 34 Características diseño de mezcla - Tipo HE + Impermeabilizante

Características	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
FC	195	205	220	235	250	265	280	295	310	325	340
RF	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46
MC	4.70	4.70	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.78	4.78	4.78
% Neoplast 8500 HP	0.33%	0.33%	0.34%	0.34%	0.34%	0.34%	0.35%	0.38%	0.45%	0.55%	0.68%
% Euco WR 75	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.35%	0.32%

Nota: FC: Factor cemento; RF: Relación de finos; MC: Módulo de combinación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35 Diseños de mezcla - Cemento Tipo IP + Impermeabilizante Sika 1

Diseño	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Cemento YURA	215	230	245	260	275	295	315	335	355	375	395
Tipo IP											
Agua	183	183	183	183	180	178	175	169	162	152	140
Arena	895	888	881	874	871	864	858	856	856	858	863
Piedra 3/4" Huso	1071	1063	1054	1046	1042	1034	1027	1024	1024	1027	1033
Neoplast 8500	0.71	0.76	0.81	0.81	0.85	0.97	1.04	1.17	1.24	1.43	1.78
Euco WR 75	0.65	0.69	0.74	0.73	0.77	0.89	0.95	1.01	1.07	1.13	1.19
Aditivo Sika 1 Polvo	5.06	5.41	5.76	6.12	6.47	6.94	7.41	7.88	8.35	8.82	9.29

Fuente: Elaboración propia.

Las características de las mezclas con cemento Tipo IP + impermeabilizante (Sika 1) son las siguientes:

Tabla 36 Características diseño de mezcla - Tipo IP + Impermeabilizante

Características	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
FC	215	230	245	260	275	295	315	335	355	375	395
RF	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46
MC	4.70	4.70	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.74	4.78	4.78	4.78
% Neoplast 8500 HP	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%	0.33%	0.35%	0.35%	0.38%	0.45%
% Euco WR 75	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%

Nota: FC: Factor cemento; RF: Relación de finos; MC: Módulo de combinación.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Ensayos en concreto fresco

4.4.1. Asentamiento

El ensayo de asentamiento (Slump) del concreto o prueba del cono de Abrams es un método de control de calidad cuyo objetivo principal es medir la consistencia del concreto en estado fresco. El asentamiento es una medida de la consistencia de concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan seco o fluido está el concreto, este ensayo se realiza de acuerdo a la norma ASTM C 143. *Figura 25.*

Figura 25. Slump del concreto.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Contenido de aire

Esta prueba determina la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado, la medición se realizó de acuerdo al método de presión con la norma ASTM C 231 (*Figura 26*). La medición de aire es importante ya que se debe cuidar que los aditivos utilizados sean compatibles entre ellos y con el tipo de cemento utilizado.

Figura 26. Contenido de aire en el concreto.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Peso unitario

El concreto convencional, normalmente usado en estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que oscila de 2200 hasta 2400 kg/m^3 (137 hasta 150 libras/piés^3). La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluído) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Este ensayo se realiza de acuerdo a la norma ASTM C 138 (Eddy.H, 2011), *Figura 27*.

Figura 27. Peso unitario.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Temperatura

Cuando se habla del control de las temperaturas del concreto se refiere a poder manejar las propiedades que la mezcla tiene en estado fresco (*Figura 29*) para que de este modo se pueda generar un balance térmico de la estructura a vaciar.

Los factores que pueden influir en la determinación del control de la temperatura del concreto pueden ser varios pero entre los más importantes están los climas extremos. Por ejemplo, en climas cálidos se ven afectados los límites de la velocidad de la evaporación, y en el clima frío se reducen los procesos de hidratación. De acuerdo a estas variables se pueden tener resultados que van íntimamente ligados a fenómenos físico mecánicos como son la fisuración, el desgaste y la resistencia en el concreto y esto afecta a la durabilidad, dejando el concreto expuesto al ingreso de agentes externos como humedad.

Figura 28. Temperatura del concreto.



Fuente: Elaboración propia.

4.5. Ensayos en concreto endurecido

4.5.1. Resistencia A La Compresión - ASTM C 39

El ensayo tiene como objetivo medir la resistencia del concreto sometido a compresión (*Figura 29* y *Figura 30*), para lo cual es necesario contar con testigos (probetas) las que deben ser moldeadas y curadas de acuerdo a los estándares establecidos en la norma ASTM C 31. Las edades que se consideraron para realizar el ensayo son: 3, 7 y 28 días para poder determinar una curva de desarrollo de resistencia, la cual podría ser correlacionada con el valor de permeabilidad del concreto (*Figura 31* y *Figura 32*).

Figura 29. Prensa para rotura de probetas de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Rotura de probetas de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Poza de curado – Laboratorio Supermix.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Probetas en poza.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Permeabilidad al agua bajo presión UNE – EN 12390-8

El ensayo tiene como objetivo determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión en concreto endurecido, de acuerdo a lo indicado en la norma el

ensayo debe realizarse después de los 28 días de curado y con el espécimen seco, las probetas se dejaron secar al aire por un mínimo de 8 días.

Se utilizó el equipo de permeabilidad de agua bajo presión de 6 celdas marca PROETI (Figura 33), el equipo se encuentra conectado a la red de agua que abastece las celdas para ejercer la presión de agua directa a las probetas.

Los especímenes fueron preparados antes de colocarlos, luego de secarlos al aire, se procedió a marcar la probeta como se muestra en la Figura 34, círculo que estará en contacto con el agua a presión y el contorno se protegió con un impermeabilizante para evitar que el agua pueda ir por los costados de la probeta, la cara de la probeta que está en contacto con el agua es la cara de la probeta que estuvo en contacto con el molde (encofrado), no se debe utilizar la cara del acabado, según lo indica la Norma.

Figura 33. Equipo de permeabilidad de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Ensayo de permeabilidad con probetas identificadas.



Fuente: Elaboración propia.

Los datos que debe contener la probeta para su identificación es la siguiente:

- El código de probeta (Tipo de concreto, tipo de cemento, Resistencia a la compresión en kgf/cm^2 , relación a/c, etc.)
- Fecha de vaciado
- Fecha de ensayo
- Hora de ensayo

La probeta deberá estar sometida a presión de agua por 72 horas con una presión de 5 Bares (0.5 MPa) de acuerdo a lo indicado en la norma (*Figura 35* y *Figura 36*), luego se procede a romper la probeta para dividirla por la mitad (*Figura 37*), y así poder medir la profundidad máxima de penetración del agua con el uso de un vernier, los resultados se expresan en milímetros y se debe redondear al mm más próximo (*Figura 38* y *Figura 39*).

Figura 35. Presión a 5 bares.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Colocación de probeta en equipo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Rotura de probeta inclinada.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Medición de profundidad de penetración.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 39. Uso de vernier.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la presente investigación, las probetas de la primera tanda, no secaron lo suficiente (menos de 8 días) y se obtuvieron resultados muy variables ya que las probetas estaban húmedas y no se pudo diferenciar la humedad de la probeta con la penetración de agua por el ensayo.

En estas probetas se pudo observar humedad en todo el largo de la probeta, sin distinguir la penetración del agua, los resultados de medición fueron muy dispersos y se mostraron en los cuadros de resultados.

4.5.3. Permeabilmetro Al Aire De Torrent DIN 28400/SIA 262/1-E

Este ensayo permite conocer la calidad del concreto y su permeabilidad, dicho ensayo se realiza con el equipo PermeaTorr (*Figura 40*), este método fue desarrollado por El Ingeniero Roberto Torrent de nacionalidad Argentina, ensayo completamente no destructivo se puede utilizar tanto en laboratorio como en campo directamente en la estructura. El equipo cuenta con una celda de doble cámara que establece un vacío sobre la superficie del concreto de manera que el aire que está en los poros a presión atmosférica fluya de manera controlada hacia la cámara mediante un regulador de presión y cuenta con un procesador de datos el cual mide las presiones y calcula el coeficiente kT (*Figura 41*). Cuanto más permeable es el concreto, más rápido se recupera la presión de la celda de vacío. Existe una ecuación que permite calcular el coeficiente de permeabilidad del concreto al aire, el equipo Torrent calcula de manera instantánea dicho coeficiente. Este método se puede correlacionar con otros métodos que también miden la permeabilidad, como son: el ensayo de profundidad de penetración de

agua a presión, y con los ensayos de difusividad o migración de cloruros y carbonatación, entre otros.

Figura 40. Equipo de Torrent.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 41. Pantalla con el coeficiente kT.



Fuente: Elaboración propia.



5. RESULTADOS Y ANALISIS

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Ensayos en concreto fresco

Todos los diseños realizados fueron controlados en estado fresco, en las siguientes tablas se pueden observar los resultados:

Tabla 37 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo I

Descripción	Und	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Hora Contacto a/c	Hora	9:17	10:30	14:00	15:11	15:13	11:02	13:57	9:30	10:53	15:31	10:50
Humedad Relativa	%	21	20	22	20	23	25	21	20	22	23	20
T° Concreto	°C	19.1	20.3	23.9	22.7	21.1	20.8	22.6	18.1	19.4	21.6	21.2
T° Ambiente	°C	26.7	27.9	28.1	26.6	25.7	27.6	26.9	23.0	21.3	24.6	27.4
Slump	Pulg	4	4	4	4	4 1/4	5	4 3/4	5	4	4	4 1/4
Peso Unitario	kg/m ³	2414	2410	2413	2412	2431	2426	2431	2452	2454	2477	2487
Contenido de Aire	%	2.7	2.9	3.0	2.8	2.7	2.8	2.9	2.5	2.2	1.8	2.5

Fuente: Elaboración propia.

El asentamiento promedio de las mezclas fue de 4 pulgadas, el contenido de aire se encuentra dentro del límite establecido (1 a 3%), y los pesos unitarios están por encima de 2400 kg/m³, todas las temperaturas del concreto han sido mayor a la temperatura ambiente.

Tabla 38 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo HE

Descripción	Und	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Hora Contacto a/c	Hora	10:13	14:13	10:10	2:24	7:40	10:43	15:47	10:12	14:00	10:15	14:41
Humedad Relativa	%	21	20	23	20	22	21	20	24	20	23	20
T° Concreto	°C	17.9	20.7	20.6	19.7	17	22	20.6	16.4	19.9	19.5	21.6
T° Ambiente	°C	25.9	26.6	25.5	26.6	23.9	25.1	22.5	24.2	25.3	26.9	25.1
Slump	Pulg	3 3/4	4	4 1/2	5	5 1/4	4 3/4	5	4 1/2	6	6	7
Peso Unitario	kg/m ³	2378	2378	2406	2416	2382	2422	2414	2433	2455	2464	2461
Contenido de Aire	%	2.3	2.1	2.2	2.8	2.6	2.5	2.8	1.9	2.1	2.2	3.0

Fuente: Elaboración propia.

El asentamiento de las mezclas ha sido variable dependiendo de la relación agua cemento y la cantidad de cemento, el aditivo plastificante se colocó en porcentaje del contenido de cemento. El contenido de aire en las mezclas se encuentra dentro de los parámetros definidos (1 a 3%). Los pesos unitarios están por encima de los 2350 kg/m³.

Tabla 39 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo IP

Descripción	Und	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Hora Contacto a/c	Hora	10:25	10:31	14:21	9:38	10:36	15:05	9:30	10:41	14:18	9:50	11:14
Humedad Relativa	%	21	22	20	23	21	20	22	21	20	23	21
T° Concreto	°C	16	18.2	20.9	16.5	17.3	22.1	16.6	19.2	21.6	20.7	22.2
T° Ambiente	°C	23.9	25.5	25.7	24.0	26.0	24.4	24.9	25.9	25.1	24.9	26.3
Slump	Pulg	6 1/2	5 1/4	7 1/2	6 1/4	7 1/2	6 1/2	7 1/4	7 1/2	7	5 1/2	6 1/2
Peso Unitario	kg/m ³	2247	2293	2376	2381	2387	2394	2398	2405	2422	2433	2449
Contenido de Aire	%	2.0	2.2	2.0	2.4	2.5	2.8	2.6	2.8	2.5	2.3	1.5

Fuente: Elaboración propia.

El asentamiento que presentan las mezclas son 6½” en promedio, el contenido de aire se encuentra dentro de los parámetros de diseño (1 a 3%), el peso unitario de las mezclas está por encima de 2300 kg/m³.

La temperatura del concreto está en función a la temperatura ambiente y la cantidad de cemento, en el caso de las mezclas con cemento IP, estas presentan menor temperatura en comparación con otros tipos de cemento.

En las siguientes tablas se pueden observar los resultados de los diseños con aditivo impermeabilizante:

Tabla 40 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo I + Impermeabilizante Sika 1

Descripción	Und	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Hora Contacto a/c	Hora	14:22	15:22	9:48	11:02	13:55	10:31	10:59	13:59	9:17	10:47	14:15
Humedad Relativa	%	20	20	23	21	20	24	23	21	30	26	20
T° Concreto	°C	24.1	23.7	24.2	24.6	23.8	21.8	22.7	22.4	21.8	22.4	22.1
T° Ambiente	°C	26.8	26.7	26.1	27.8	26.7	26.7	27.9	25.1	23.9	26.1	25.2
Slump	Pulg	6	6	6	6 1/4	5 3/4	5	7	6	5	4 1/4	4
Peso Unitario	kg/m ³	2381	2386	2396	2393	2402	2419	2428	2431	2446	2474	2485
Contenido de Aire	%	2.4	2.1	2.2	2.0	2.1	2.5	3.0	2.8	2.5	2.9	2.8

Fuente: Elaboración propia.

El asentamiento promedio de las mezclas fue de 5½” pulgadas, las mezclas con menor contenido de agua presentaron menor asentamiento pese al uso de aditivos plastificantes, debido a la finura del cemento. El contenido de aire se encuentra dentro del límite establecido (1 a 3%), y los pesos unitarios están por encima de 2350 kg/m³, las mezclas con el aditivo impermeabilizante tienen menos pesos unitarios en comparación de las mezclas convencionales.

Tabla 41 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo HE + Impermeabilizante Sika 1

Descripción	Und	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Hora Contacto a/c	Hora	14:50	15:43	9:52	12:28	13:59	15:22	9:58	11:04	14:22	15:20	11:05
Humedad Relativa	%	20	20	23	21	24	27	23	22	24	25	22
T° Concreto	°C	25.3	24.2	22.8	23.1	25.4	24.8	22	22.4	23.9	22.1	24.6
T° Ambiente	°C	26.8	25.5	26.9	27.7	26.4	25.4	27.1	28.1	26.1	24.5	27.9
Slump	Pulg	4 1/4	4 1/2	4 1/2	5	4 1/4	5 1/4	7	7 1/4	6	7 1/2	4 1/2
Peso Unitario	kg/m ³	2384	2402	2404	2406	2408	2415	2426	2434	2444	2448	2458
Contenido de Aire	%	2.0	2.1	2.1	2.0	1.9	2.0	2.1	2.2	2.1	1.8	1.9

Fuente: Elaboración propia.

El asentamiento promedio de las mezclas es 6", el aditivo impermeabilizante no influyó en la plasticidad. El contenido de aire es menor en comparación de las mezclas sin aditivo impermeabilizante, se encuentra dentro del parámetro establecido (1 a 3%) todas las mezclas tienen un porcentaje de aire menor al 2.2%. El peso unitario de las mezclas en promedio es mayor a las mezclas de concreto convencionales, el PU es mayor a 2380 kg/m³.

Tabla 42 Propiedades concreto fresco - cemento Tipo IP + Impermeabilizante Sika 1

Descripción	Und	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Hora Contacto a/c	Hora	14:11	15:23	16:16	9:19	10:19	9:47	10:51	14:27	15:35	9:43	11:10
Humedad Relativa	%	20	21	20	20	20	23	20	20	21	20	20
T° Concreto	°C	25.1	24.5	23.2	20.7	21.3	22	23.5	25.3	23.1	23.8	23.7
T° Ambiente	°C	26.4	25.2	23.3	25.5	25.5	27.3	28.3	26.7	25.6	28.8	29.2
Slump	Pulg	8	7 3/4	8	8 1/4	8 1/4	8	7 1/4	7 1/4	7 1/2	7	8
Peso Unitario	kg/m ³	2399	2400	2401	2410	2410	2414	2419	2420	2422	2431	2435
Contenido de Aire	%	1.4	1.9	1.7	1.3	1.2	1.5	1.7	2.0	1.8	2.0	2.0

Fuente: Elaboración propia.

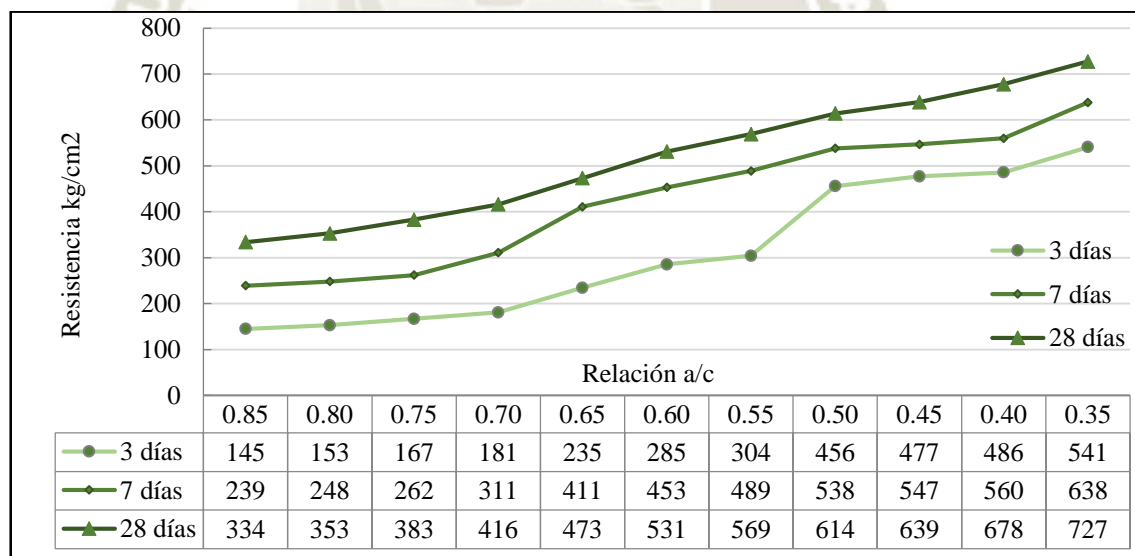
El asentamiento promedio de las mezclas con aditivo impermeabilizante es de 7½”, el aditivo no ha afectado en la plasticidad de las mezclas. El contenido de aire es menor a comparación de las mezclas convencionales sin aditivo impermeabilizante, el máximo porcentaje de aire es 2%. En cuanto al peso unitario de las mezclas con aditivo impermeabilizante es mayor a comparación de las mezclas de concreto convencional, están por encima de 2400 kg/m³.

5.1.2. Resistencia A La Compresión ASTM C39 – NTP 339.034

La resistencia a la compresión es la característica principal del concreto, con este ensayo mediremos las resistencias para cada relación agua cemento y se podrá verificar la hipótesis que a mayor relación a/c la resistencia es menor. Es importante verificar la calidad del concreto en cuanto a resistencia a la compresión ya que este dato también se puede correlacionar con la permeabilidad del concreto.

Las edades que se tomaron para la curva de evolución son 3, 7 y 28 días, El esfuerzo se dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo en laboratorio entre el área de la cara axial expuesta. Los valores obtenidos se expresarán en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm²). En las siguientes graficas se presentan los resultados promedio de las resistencias de concretos sin aditivo impermeabilizante con los tres tipos de cemento utilizados, cemento Tipo IP, Tipo HE y Tipo I.

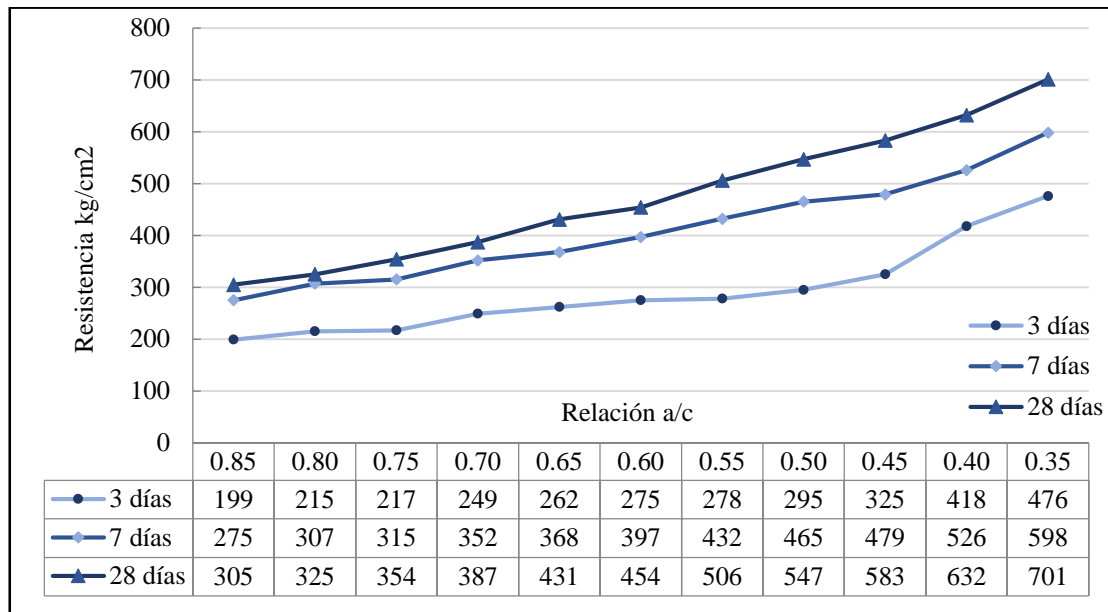
Figura 42. Resistencia a la compresión cemento Tipo I.



Fuente: Elaboración propia.

Las resistencias son indirectamente proporcionales, a mayor relación a/c menor resistencia, en la gráfica (*Figura 43*) puede observar que la tendencia a 7 y 28 días es uniforme.

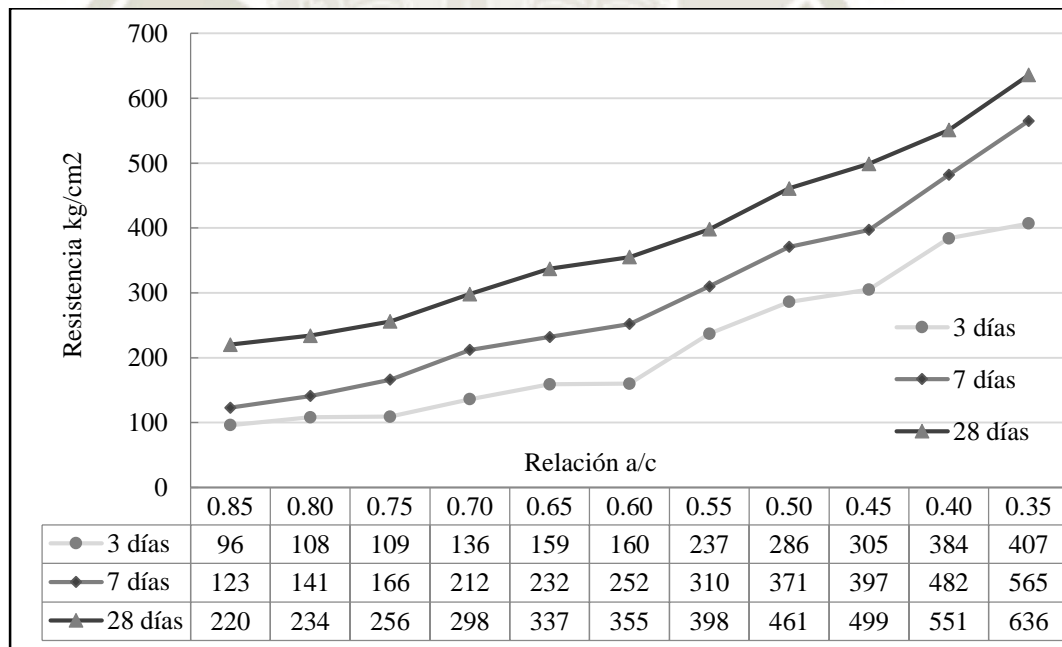
Figura 43. Resistencia a la compresión cemento Tipo HE.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 43* se muestra la evolución de resistencia es homogénea, pero se puede notar que la diferencia entre 3 y 7 días es bien marcada.

Figura 44. Resistencia a la compresión cemento Tipo IP.

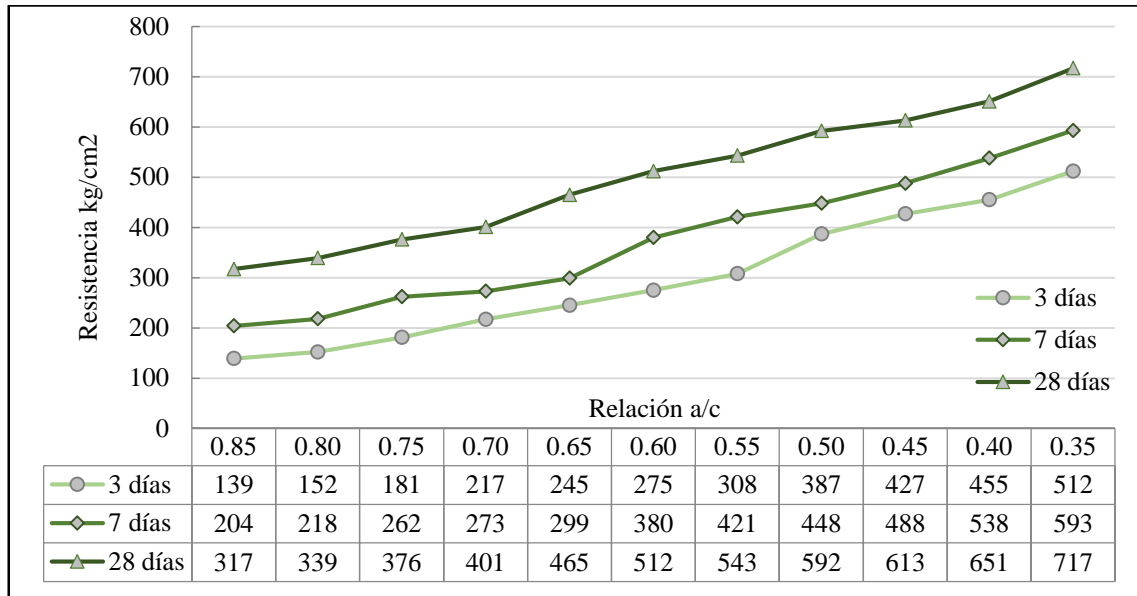


Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 44* se muestra que la evolución de resistencia en homogénea en las 3 edades.

En las siguientes graficas se presenta los resultados de resistencia a la compresión de las mezclas con aditivo impermeabilizante, con los tres tipos de cemento indicados.

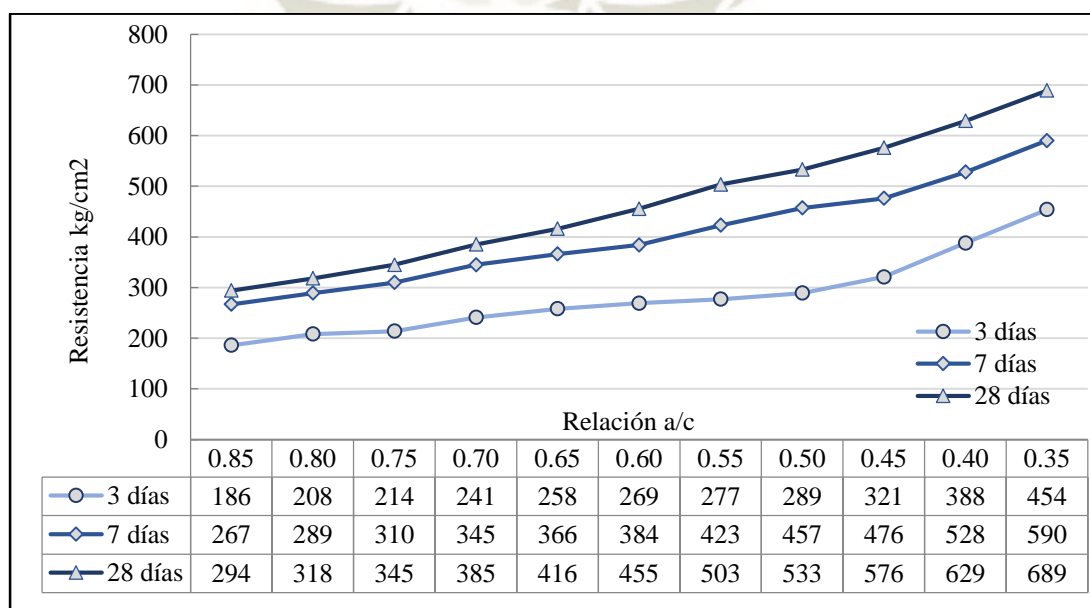
Figura 45. Resistencia a la compresión cemento Tipo I – Sika 1.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 45* se muestra que la evolución de resistencia se observa más uniforme en relación a los concretos convencionales, pero las resistencias son ligeramente menores a 28 días.

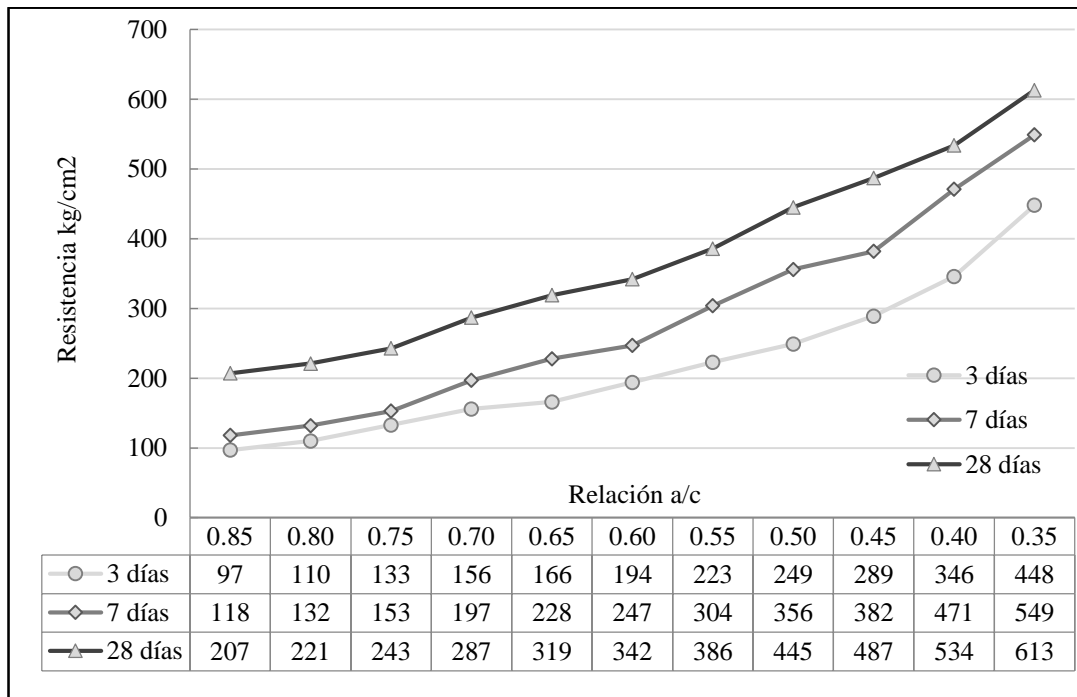
Figura 46. Resistencia a la compresión cemento Tipo HE – Sika 1.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 46* se muestra que la evolución de resistencia en las 3 edades es homogénea, no se observa ningún pico.

Figura 47. Resistencia a la compresión cemento Tipo IP – Sika 1.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 47* se muestra que las resistencias de los concretos con relaciones a/c altas tuvieron una evolución de resistencia menor a 3 días, a comparación de las mezclas con relaciones a/c mayores.

5.1.3. Permeabilidad del concreto

La permeabilidad del concreto se puede medir de distintas maneras, en el caso de la presente investigación se han utilizado dos métodos para la medición de la permeabilidad, los cuales fueron descritos anteriormente.

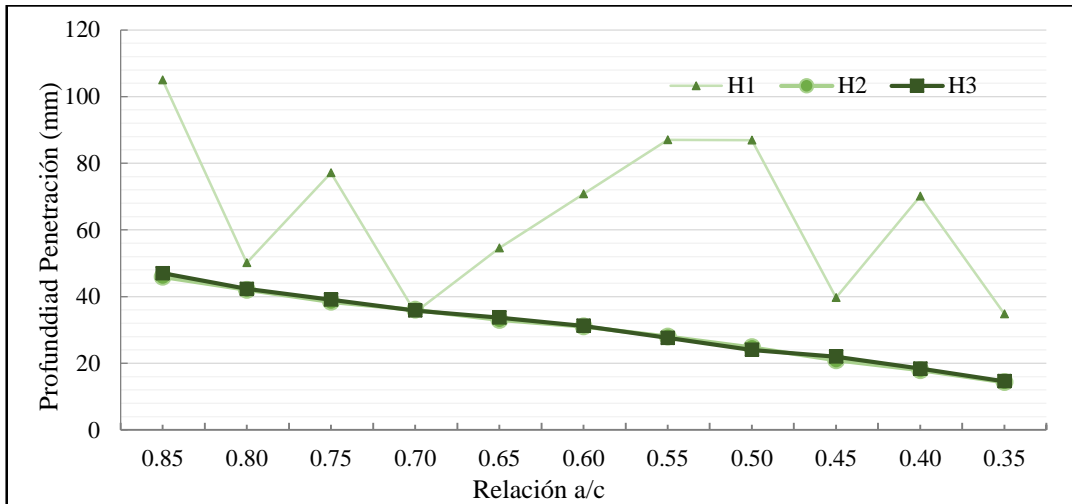
5.1.3.1. Gráficos Permeabilidad al agua bajo presión – UNE 12390 – 8

En las siguientes graficas se muestran los resultados para cada tipo de cemento, se realizaron 3 réplicas de las cuales la primera presenta resultados muy dispersos, en las gráficas resumen no se consideran para no alterar los resultados finales. El ensayo se realizó con dos probetas por diseño, cada diseño se realizó tres veces para obtener resultados representativos, en las

gráficas se pueden observar algunos resultados dispersos, que más adelante se analizarán

En las tres primeras gráficas se muestran resultados de concreto convencional:

Figura 48. Profundidad de penetración del agua – Cemento I.

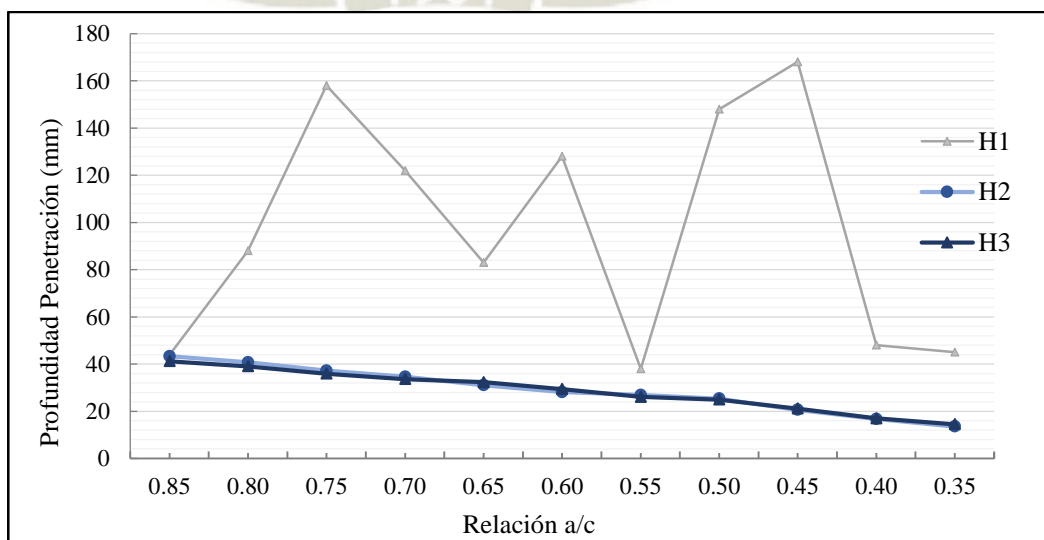


Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 48* se puede observar los datos dispersos que se obtuvieron en la primera tanda de prueba, debido a la falta de experiencia en el manejo del equipo, preparación de especímenes, entre otros.

En la segunda y tercera tanda de prueba los resultados son muy parecidos, las mezclas tienen el mismo comportamiento frente al ensayo de penetración de agua a presión.

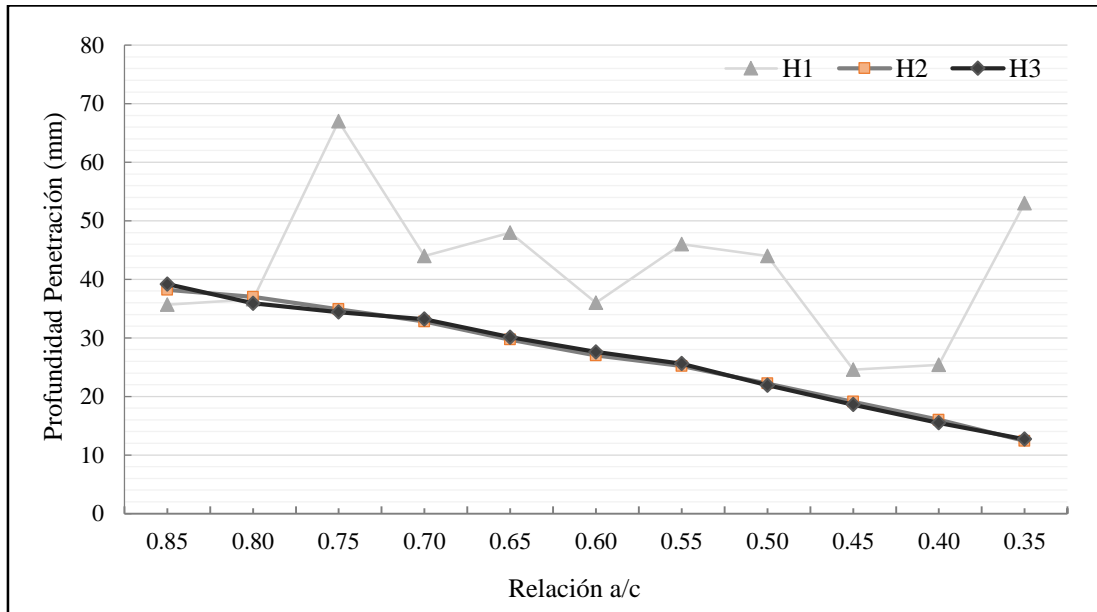
Figura 49. Profundidad de penetración de agua – Cemento Tipo HE.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 49* se muestra que al igual que las mezclas realizadas con cemento Tipo I, la primera tanda de prueba dio resultados erróneos, la segunda y tercera tanda tienen resultados homogéneos.

Figura 50. Profundidad de penetración de agua – Cemento Tipo IP.

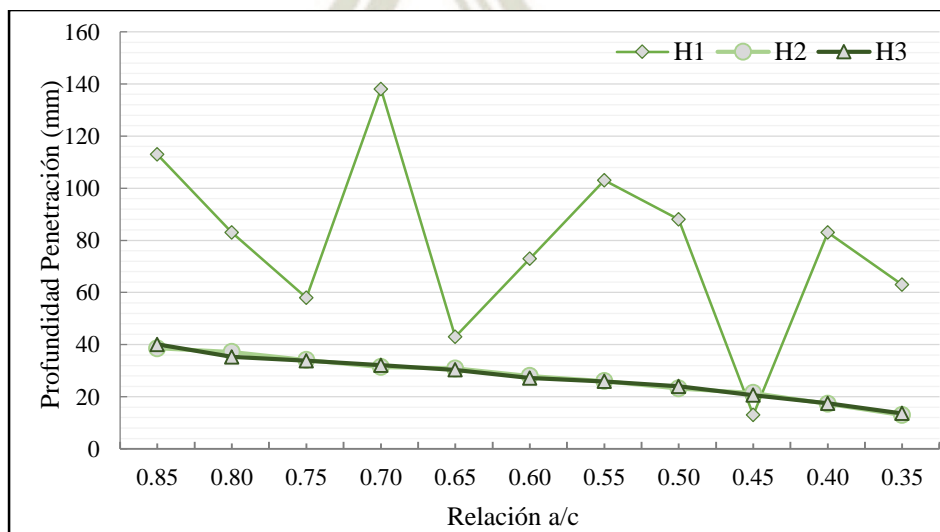


Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 50* se aprecia la misma tendencia de resultados dispersos y erróneos en la primera tanda de prueba con los tres tipos de cemento empleados.

A continuación se presentan los gráficos de los concretos con aditivo impermeabilizante:

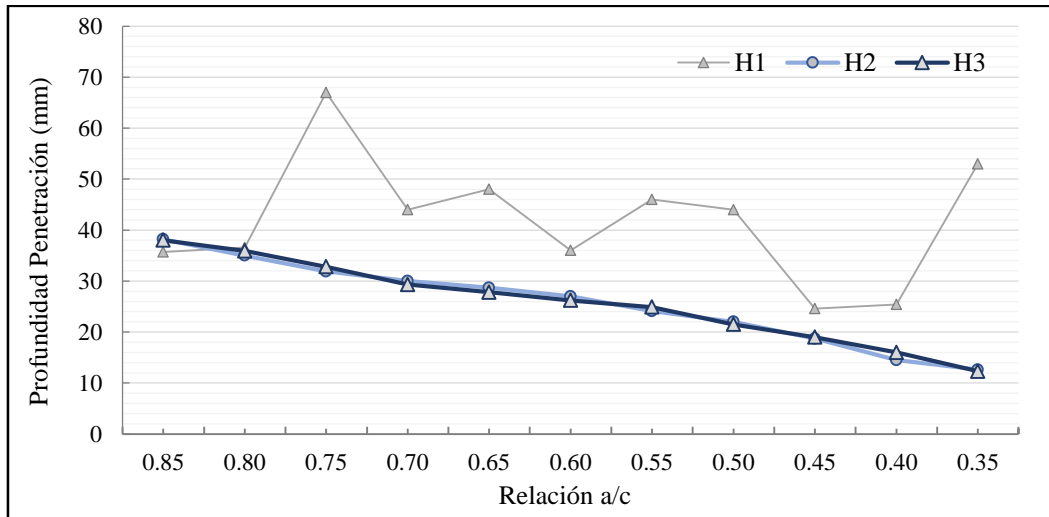
Figura 51. Profundidad de Penetración del agua – Cemento Tipo I + Sika 1.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 51* se muestra que los resultados de la segunda y tercera tanda son menores en comparación a las mezclas realizadas sin aditivo impermeabilizante, se mostraran los porcentajes en el análisis de resultados. Al igual que las anteriores gráficas, la primera tanda presenta resultados muy dispersos.

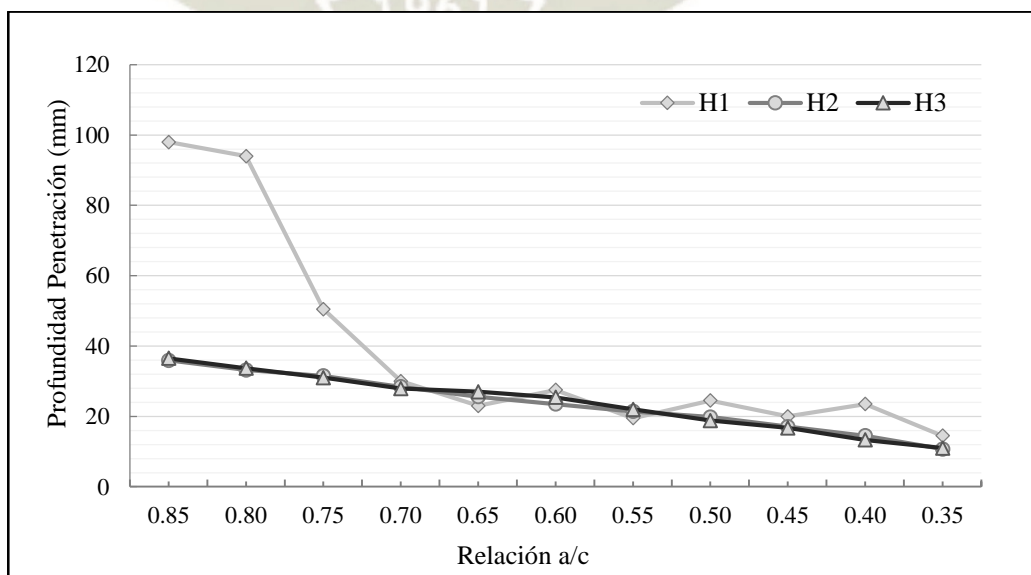
Figura 52. Profundidad de penetración de agua – Cemento Tipo HE + Sika 1.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 52* los resultados de la segunda y tercera tanda son homogéneos tienen la misma tendencia y son menores a las profundidades de las mezclas con cemento Tipo HE sin aditivo impermeabilizante.

Figura 53. Profundidad de penetración de agua – Cemento Tipo IP + Sika 1.

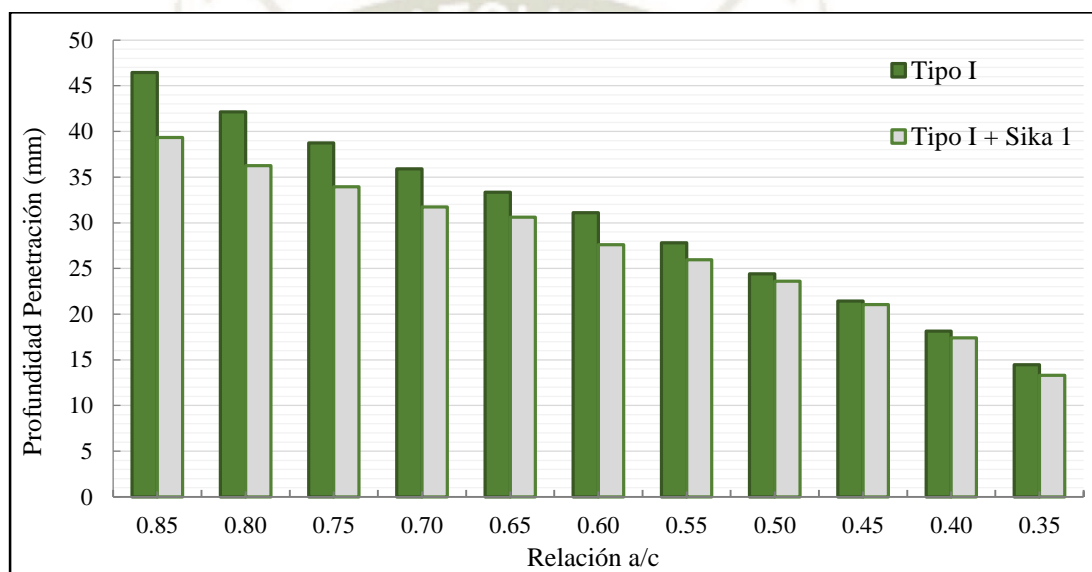


Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica (*Figura 53*) los resultados son más homogéneos a excepción de las relaciones a/c 0.85, 0.80 y 0.75, en el caso del resto de mezclas tenemos la misma tendencia.

En los siguientes gráficos se muestran resultados comparativos de permeabilidad de concreto convencional y concreto con impermeabilizante por cada tipo de cemento, los datos son promedios de las dos últimas tandas, se eliminaron los resultados de la primera tanda para evitar alterar los resultados promedios para todas las mezclas con y sin aditivo impermeabilizante.

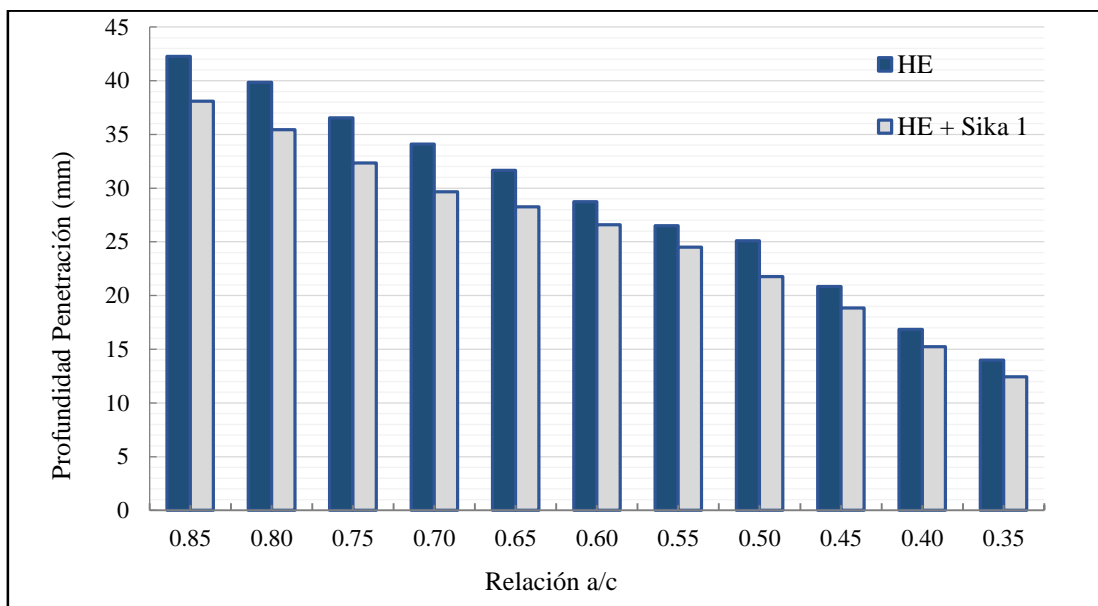
Figura 54. Comparación concreto convencional y con impermeabilizante Tipo I.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 54* se puede observar que la profundidad de penetración de las mezclas con aditivo impermeabilizante es menor en todas las mezclas, en algunos casos en mayor porcentaje.

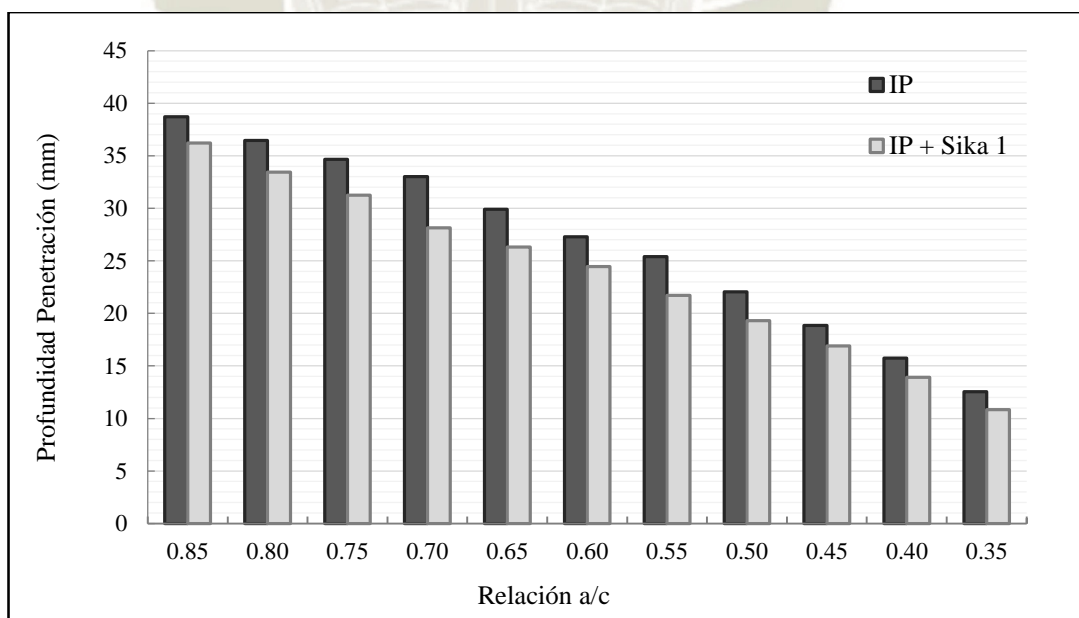
Figura 55. Comparación concreto convencional y con impermeabilizante Tipo HE.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 55* se muestra que al igual que las mezclas con cemento Tipo I, las mezclas con aditivo impermeabilizante tienen menor profundidad de penetración de agua en comparación de las mezclas convencionales, en el caso del cemento Tipo HE el porcentaje de diferencia es mayor.

Figura 56. Comparación concreto convencional y con impermeabilizante Tipo IP.

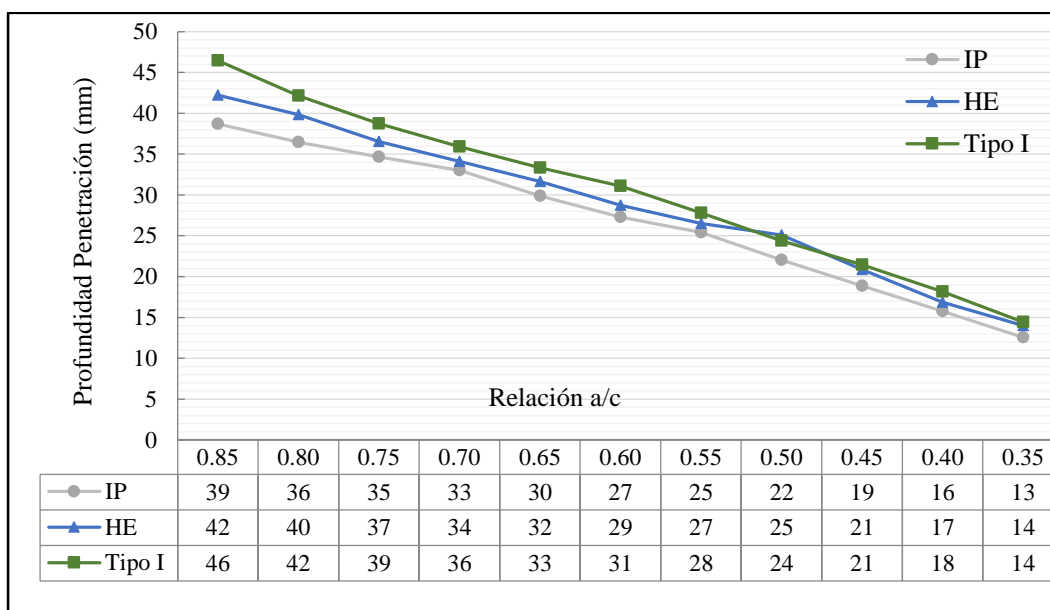


Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 56* se muestra que en las mezclas con Tipo IP al igual que las anteriores mezclas se puede observar la diferencia entre las mezclas de concreto convencional y con impermeabilizante.

En las siguientes graficas se resume el comportamiento de los concretos c/sin impermeabilizante en el ensayo de permeabilidad por presión de agua.

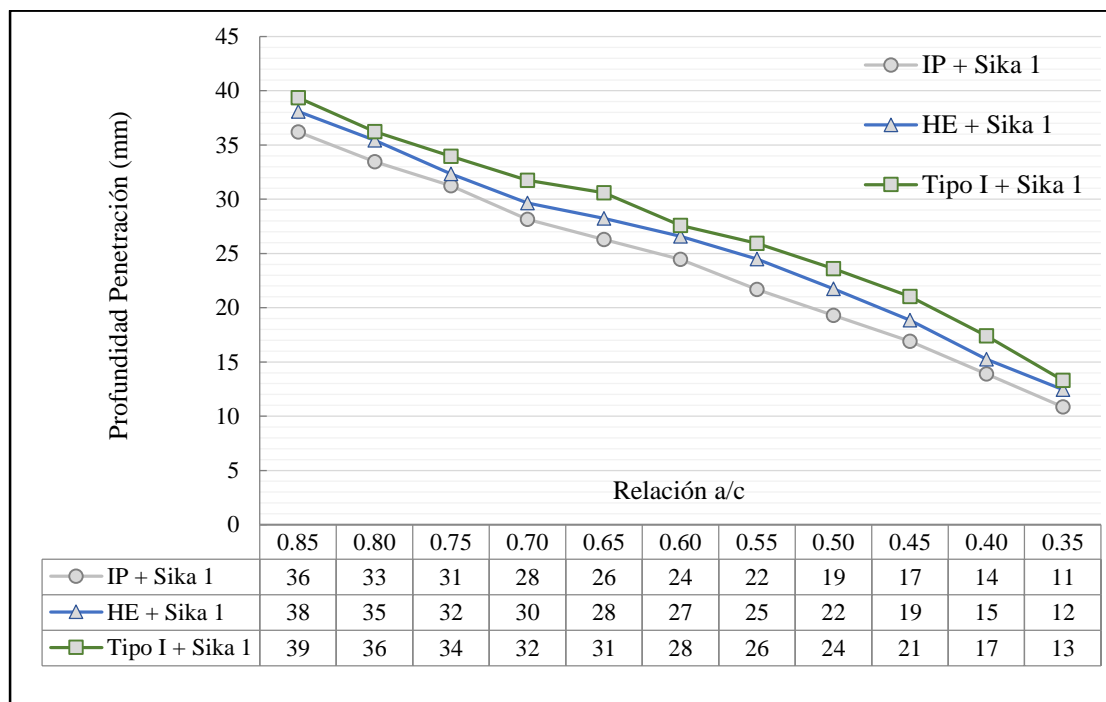
Figura 57. Profundidad de penetración de agua – Concretos convencionales.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 57* se presenta la misma tendencia en los tres tipos de cemento y se puede apreciar la diferencia de profundidad de penetración de agua, en el caso de relaciones a/c bajas la diferencia es menos pronunciada debido a que la cantidad de cemento ayuda a bajar la permeabilidad.

Figura 58. Profundidad de penetración de agua – Concretos con impermeabilizante.



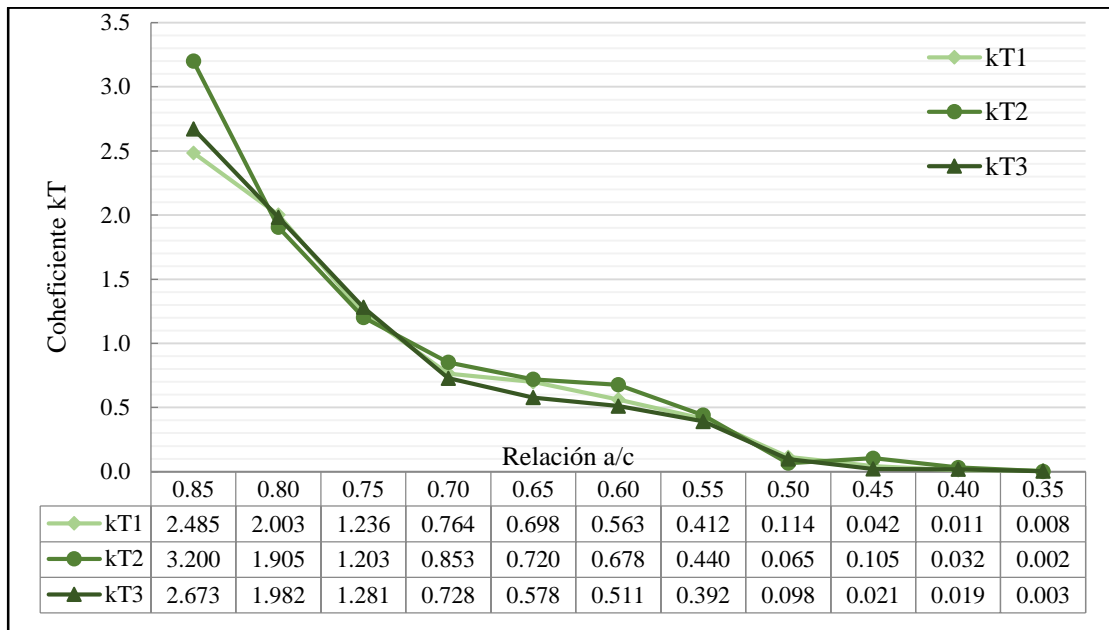
Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 58* se muestra que al igual que las mezclas de concreto convencional tienen la misma tendencia, la permeabilidad es directamente proporcional a la relación a/c, a mayor relación a/c mayor será la permeabilidad del concreto. Las mezclas con aditivo impermeabilizante tienen menor penetración de agua en comparación de las mezclas de concreto convencional los porcentajes se mostraron en el análisis de resultados.

5.1.3.2. Gráficos Permeabilidad Torrent – SIA 262 - 1E

La medida de permeabilidad por presión de aire se realizó en varios lados de los cubos elaborados, los resultados representan el promedio de las medidas tomadas con el equipo PermeaTorr. Las tres primeras graficas muestran los resultados de los concretos convencionales:

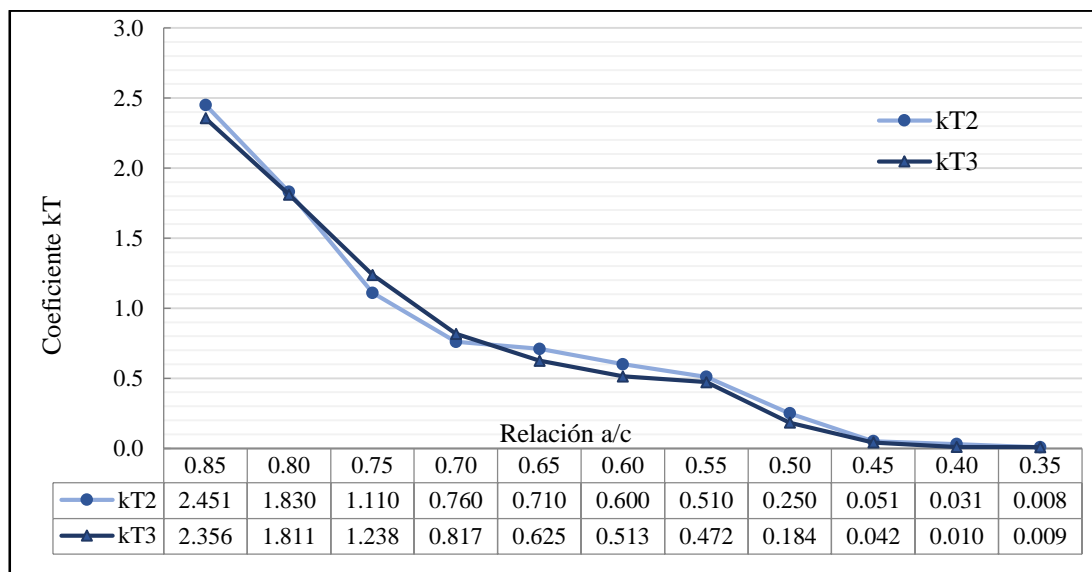
Figura 59. Permeabilidad presión de aire Torrent – Cemento Tipo I.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 59* se muestra que al igual que los resultados obtenidos con el ensayo de penetración de agua a presión, a mayor relación a/c mayor es la permeabilidad y menor la calidad del concreto de recubrimiento.

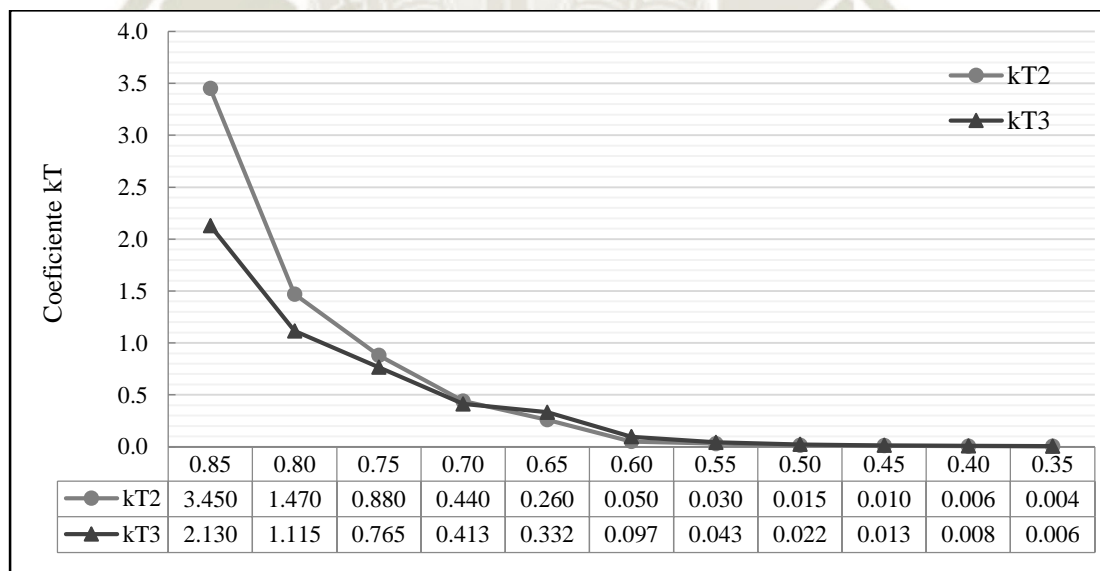
Figura 60. Permeabilidad presión de aire– Cemento Tipo HE. Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 60* solo se colocaron los resultados de las dos últimas tandas realizadas, ya que los resultados de la primera tanda distorsionaban en gráfico.

Figura 61. Permeabilidad por Presión de Aire Torrent – Cemento Tipo IP. Elaboración propia

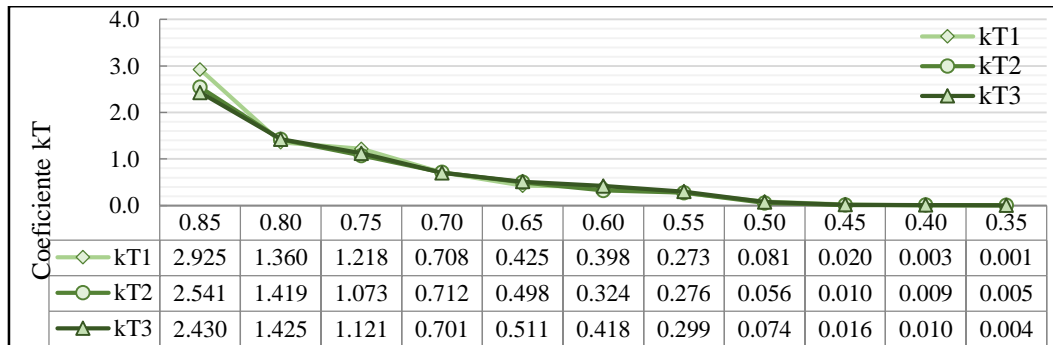


Fuente: Elaboración propia.

Al igual que el gráfico anterior solo se han considerado los resultados de las dos últimas tandas para no distorsionar el gráfico.

En las siguientes tres graficas se muestran los resultados de la medida de los concretos con impermeabilizante.

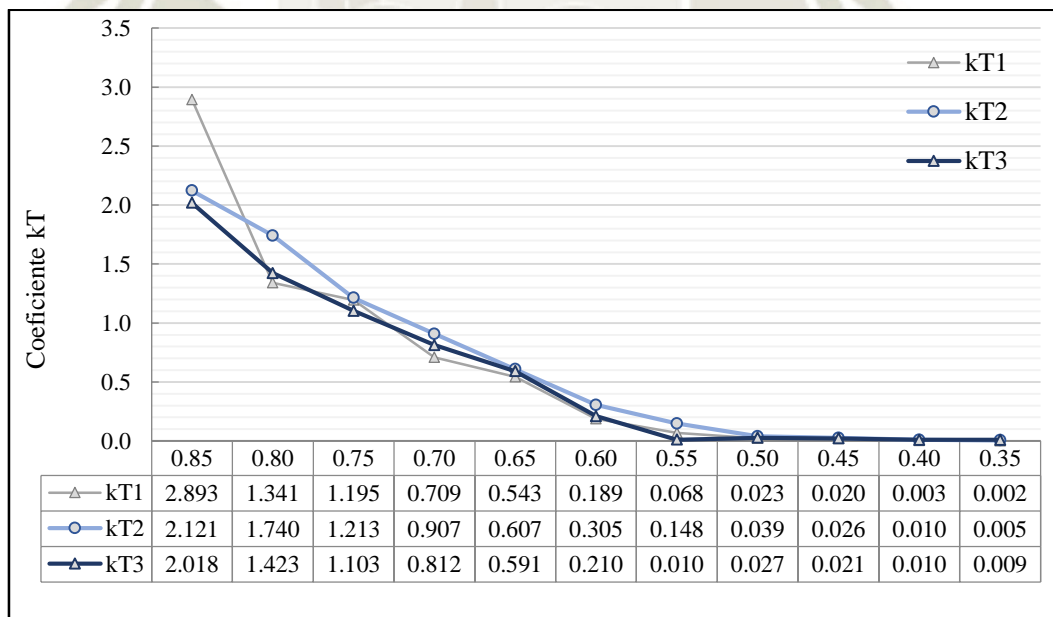
Figura 62. Permeabilidad presión de aire– Cemento Tipo I + Sika 1.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 62 podemos observar los resultados del equipo Torrent (coeficiente kT), se consideraron las tres tandas de mezcla debido a que los resultados son homogéneos.

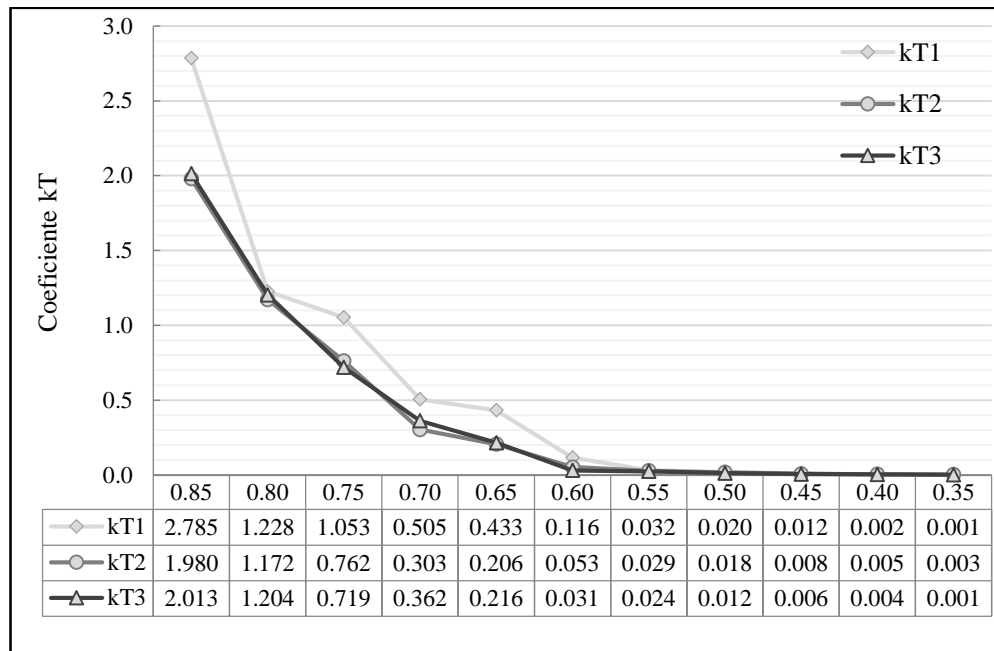
Figura 63. Permeabilidad presión de aire– Cemento Tipo HE + Sika 1.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 63* se muestran los resultados de coeficiente kT obtenidos en las mezclas con cemento Tipo HE y aditivo impermeabilizante, las mezclas con relaciones a/c presentan resultados muy parecidos.

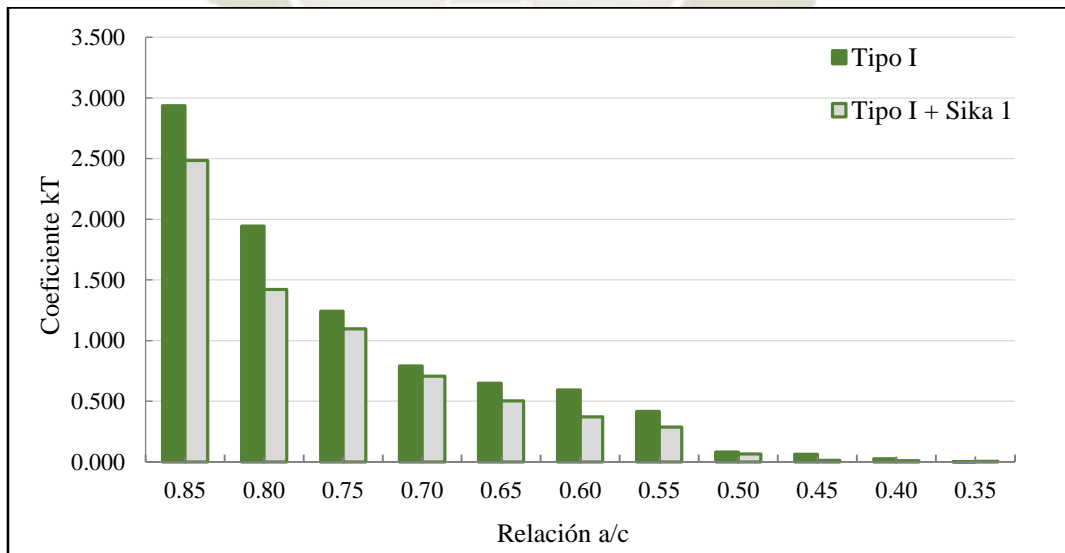
Figura 64. Permeabilidad presión de aire– Cemento Tipo IP + Sika 1.



Fuente: Elaboración propia.

En los siguientes gráficos se muestran resultados comparativos de permeabilidad Torrent de concreto convencional y con impermeabilizante por cada tipo de cemento:

Figura 65. Comparación Torrent concreto convencional y con impermeabilizante Tipo I.

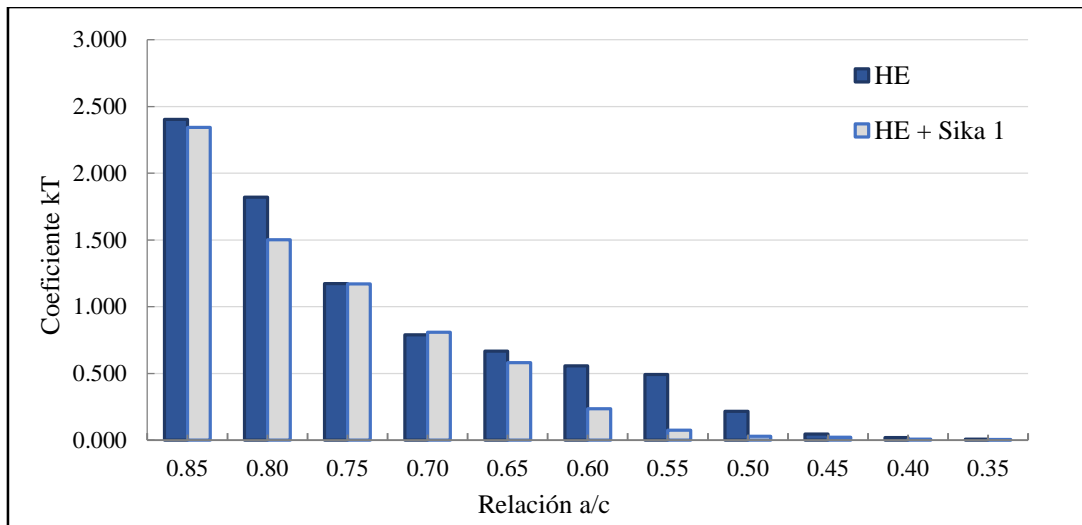


Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 65* se muestra que el comportamiento frente al ensayo de Torrent es similar al obtenido con el ensayo de profundidad de penetración, el uso de

aditivo impermeabilizante hace que las mezclas presenten menos permeabilidad que las mezclas convencionales.

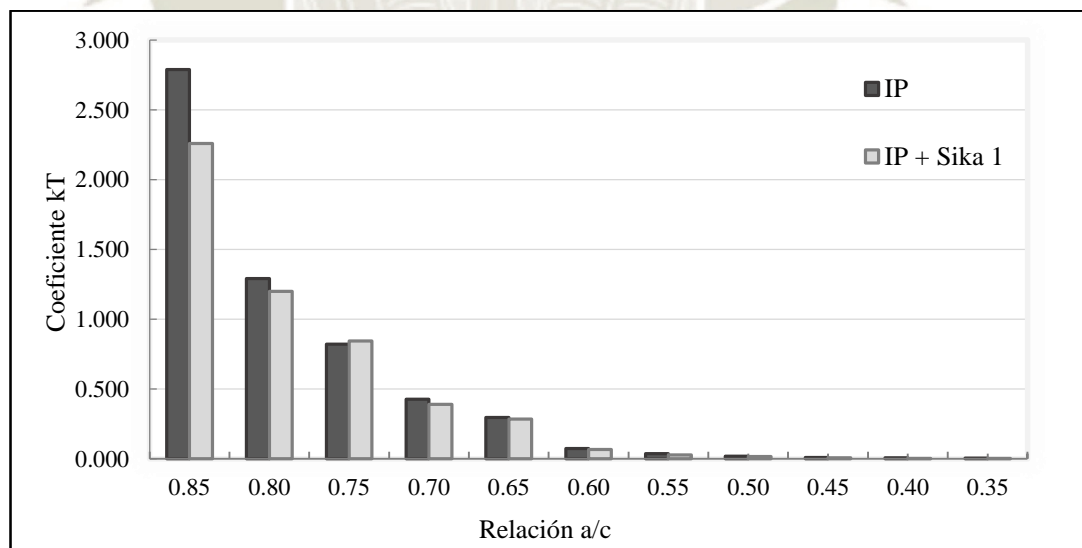
Figura 66. Comparación Torrent concreto convencional y con impermeabilizante Tipo HE.



Fuente: Elaboración propia.

Las mezclas con relación a/c 0.75 y 0.70 presentaron resultados iguales con los concretos convencionales y con impermeabilizante, en los demás casos el impermeabilizante otorgo menor impermeabilidad a las mezclas.

Figura 67. Comparación Torrent concreto convencional y con impermeabilizante Tipo IP.

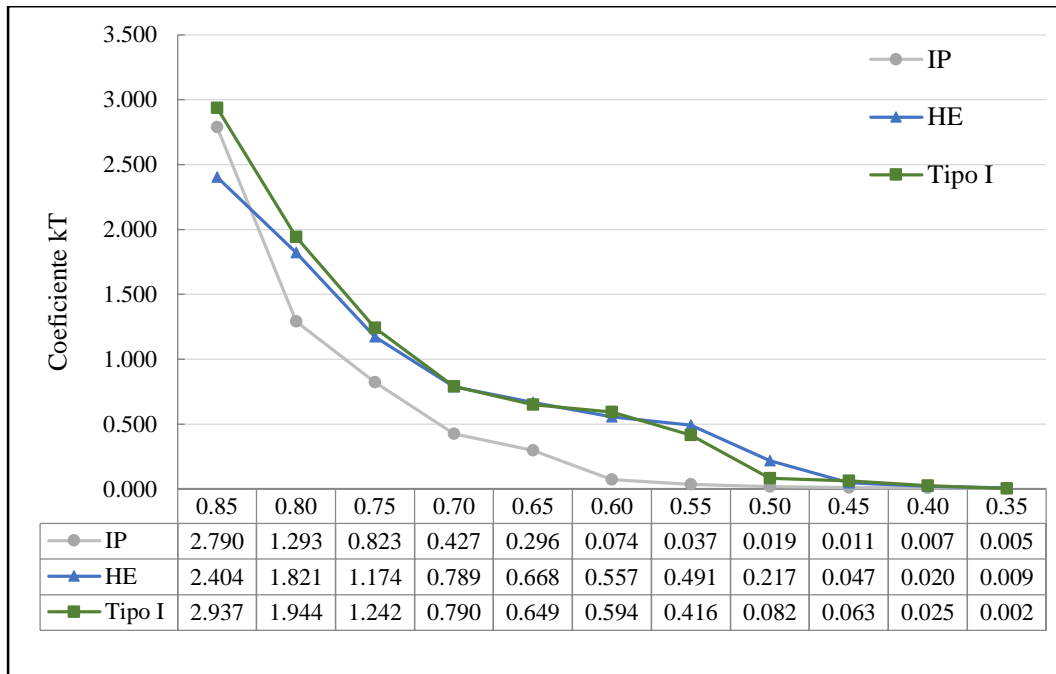


Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 67* se muestra que las mezclas 0.75, 0.70 y 0.65 tienen resultados similares, en el caso de las demás mezclas se puede apreciar una diferencia entre concreto convencional y con impermeabilizante.

En las siguientes figuras se presentan los resultados totales por cada tipo de cemento para concreto convencional y con impermeabilizante.

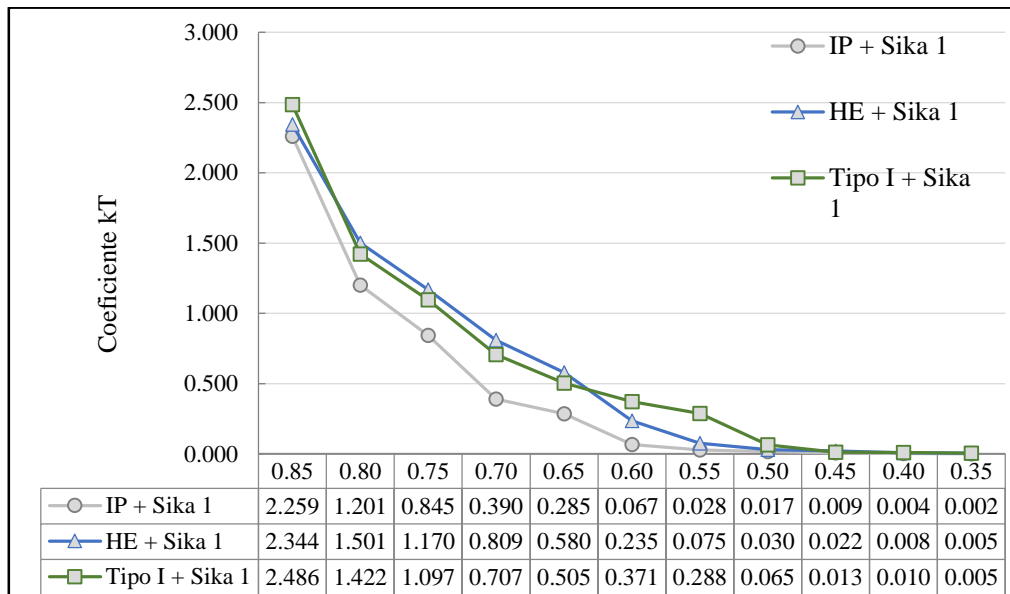
Figura 68. Permeabilidad Torrent – Concretos Convencionales.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 68* se pueden observar los resultados promedio de permeabilidad con el equipo Torrent con los tres tipos de cemento, se puede apreciar que el cemento Tipo IP presenta menor permeabilidad en comparación de los otros dos tipos de cemento, los porcentajes se presentaran en el capítulo de análisis de resultados.

Figura 69. Permeabilidad Torrent – Concretos con Impermeabilizante.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 69* se muestra que al igual que las mezclas de concreto convencional, el cemento Tipo IP presenta menores valores de coeficiente kT por lo que tienen una menor permeabilidad en comparación de los otros dos tipos de cemento.

5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.2.1. Evaluación De Concreto Fresco

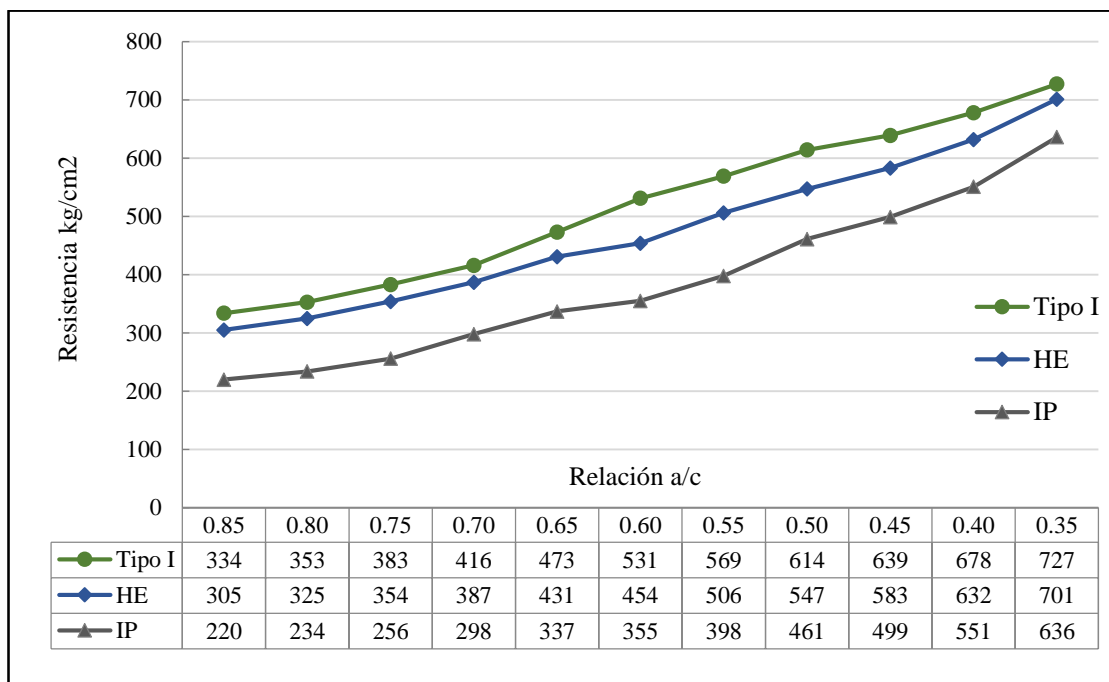
- Los cementos otorgan al concreto diferente comportamiento en estado fresco, como hemos podido observar en las tablas 37, 38 y 39, el concreto con cemento Tipo IP tiene mayor asentamiento, promedio de $6\frac{3}{4}$ " , mientras que el cemento Tipo HE su promedio es de 5" y el cemento Tipo I tiene en promedio $4\frac{1}{4}$ " , el contenido de aditivo plastificante es el mismo, la diferencia es debido a la presencia de puzolana que retiene el agua saturando los poros y permite que el concreto sea más fluido.
- Por otro lado el concreto con cemento Tipo I tiene mayor P.U. en comparación de los concretos con cementos adicionados, 0.8% con respecto al cemento Tipo HE y 1.85% con respecto al cemento Tipo IP.
- Otro factor importante es la temperatura del concreto, los cementos adicionados tienen menor calor específico (1° con respecto al cemento Tipo HE y 2° con respecto al Tipo I) eso se puede observar en las tablas 37, 38 y 39. Se debe tener en cuenta que la temperatura ambiente también influye en la temperatura del concreto.

5.2.2. Evaluación De Resistencia

5.2.2.1. Concretos Convencionales (Sin aditivo Impermeabilizante)

Las resistencias obtenidas con el cemento Tipo I fueron superiores a las obtenidas con cemento Tipo HE en 9% y al cemento Tipo IP en 27% en promedio. A su vez el cemento Tipo HE tuvo mayor resistencia que el cemento Tipo IP en 20% promedio. A continuación se pueden observar las resistencias de los tres tipos de cemento a 28 días:

Figura 70. Resistencia a la compresión 28 días – Concreto Convencional.



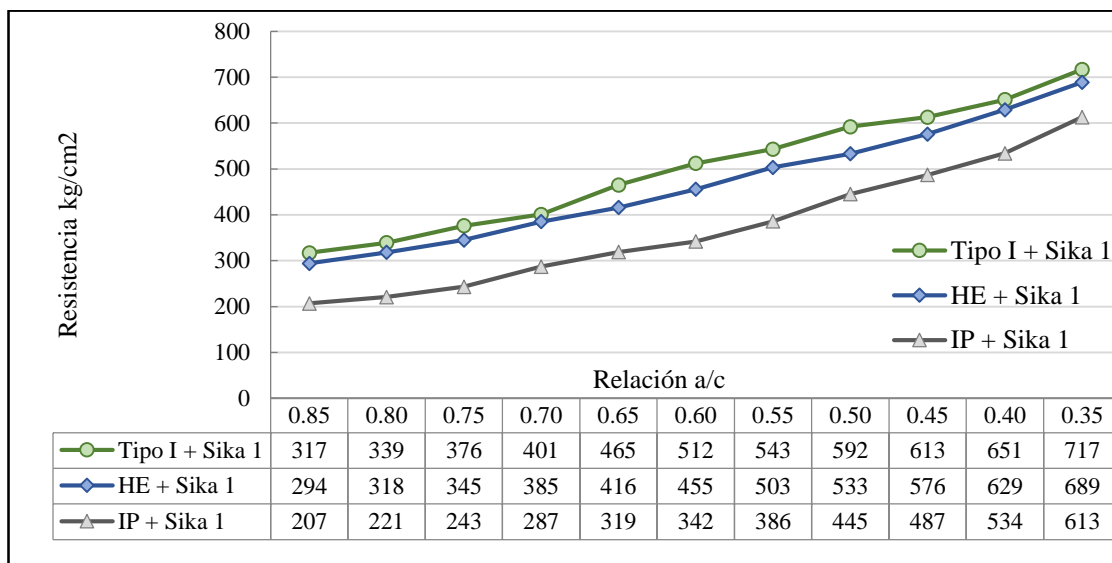
Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 70* se puede observar que el crecimiento de resistencia es progresivo, que el cemento Tipo IP tiene menor resistencia a edades tempranas, que el cemento sin adición (Cemento Tipo I), el cemento Tipo HE tiene un comportamiento intermedio.

5.2.2.2. Concretos con Aditivo Impermeabilizante

Las resistencias obtenidas con el cemento Tipo I fueron superiores a las obtenidas con cemento Tipo HE en 7% y al cemento Tipo IP en 27% en promedio. A su vez el cemento Tipo HE tuvo mayor resistencia que el cemento Tipo IP en 22% promedio. A continuación, en la *Figura 71* se pueden observar las resistencias de los tres tipos de cemento a 28 días:

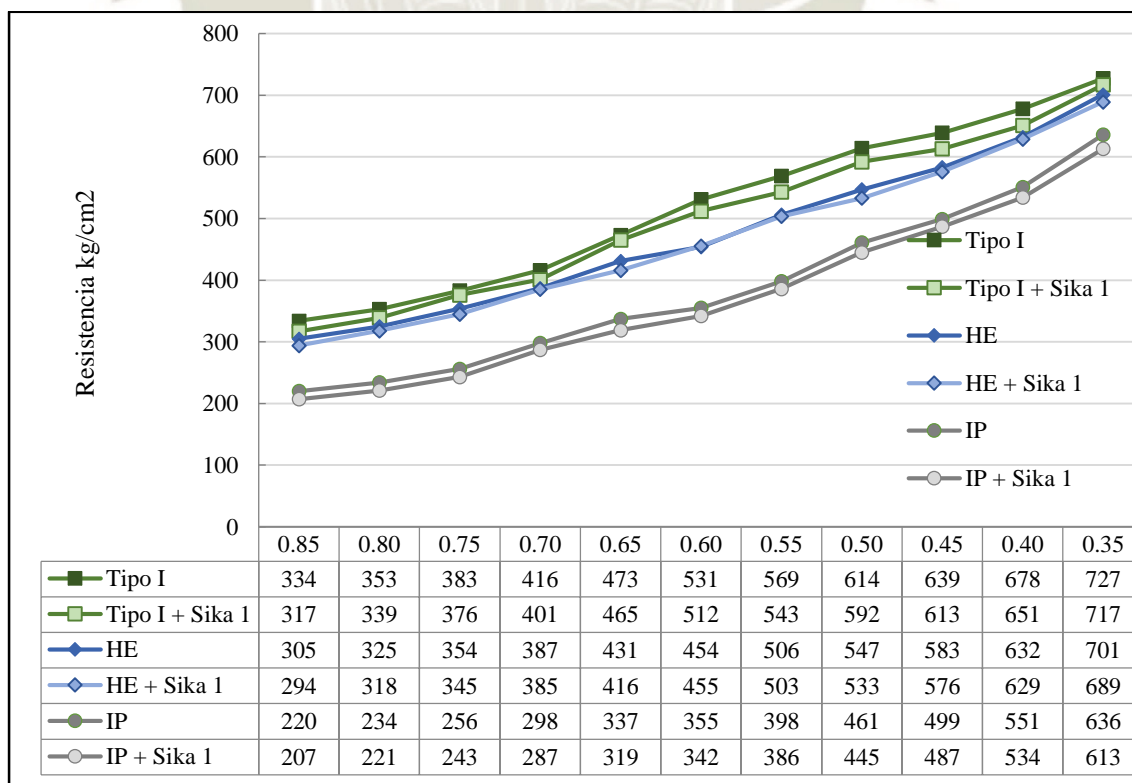
Figura 71. Resistencia a la compresión 28 días – Concreto con Impermeabilizante.



Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 72* se muestra que las resistencias obtenidas con aditivo impermeabilizante fueron menores que las resistencias de concreto convencional, se pueden apreciar los datos en la siguiente grafica global:

Figura 72. Resistencias de Concreto con aditivo vs Concreto convencional.



Fuente: Elaboración propia.

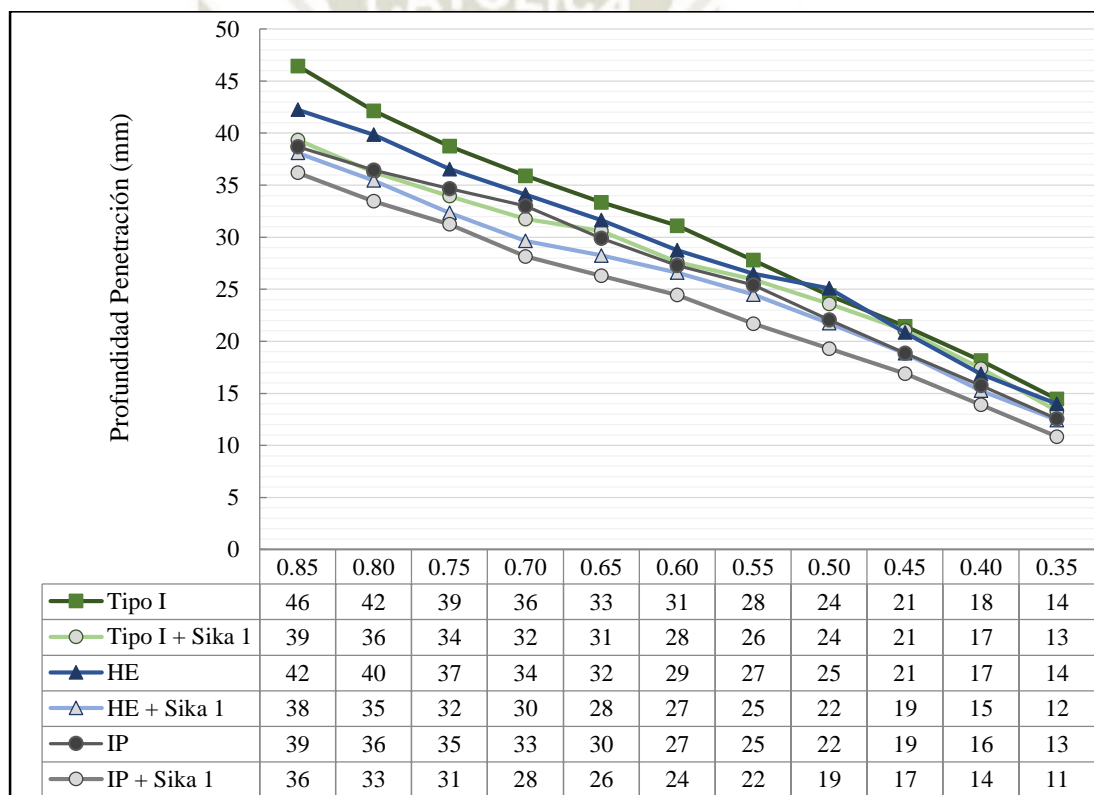
La diferencia en porcentaje promedio entre las mezclas convencionales y con aditivo impermeabilizante en el caso del cemento Tipo I es del 3.4%, en el caso del cemento Tipo HE la diferencia promedio es de 1.7% y en el caso del cemento Tipo IP la diferencia promedio es de 4.1%.

5.2.3. Evaluación De Permeabilidad

5.2.3.1. Evaluación Profundidad de penetración de agua a presión

En la *Figura 73* se muestran los resultados obtenidos con las mezclas de concreto convencional y las mezclas con aditivo impermeabilizante:

Figura 73. Resultado de permeabilidad – Ensayo Profundidad de Penetración.



Fuente: Elaboración propia.

Todas las mezclas con aditivo impermeabilizante tuvieron menor profundidad de penetración, en el grafico anterior con el cemento Tipo I, en relaciones a/c mayores (0.85 a 0.70) la diferencia es mayor, 6 mm en promedio, conforme va bajando la relación a/c (desde la 0.65) la diferencia de profundidad entre las mezclas es menor. Con el cemento Tipo HE la diferencia en relaciones a/c altas es menor en comparación con el cemento Tipo I el promedio de diferencia es 4 mm, desde la relación a/c 0.65 la diferencia es menor 1 mm en promedio.

Con el cemento Tipo IP la diferencia entre las mezclas convencionales y con aditivo impermeabilizante es constante en todas las mezclas, se ve una diferencia promedio de 3 mm.

Las mezclas con aditivo impermeabilizante tuvieron mejor comportamiento que las mezclas de concreto convencional.

En las siguientes tablas (Tabla 43, Tabla 44, Tabla 45, Tabla 46 y Tabla 47) podremos observar la clasificación según la Norma Colombiana NTC 4483 para cada tipo de cemento de concretos convencionales y con impermeabilizante:

Tabla 43 Permeabilidad por Presión de Agua - Tipo I

Relación a/c	Profundidad de Penetración de agua (mm)			Clasificación
	H2	H3	Promedio	
0.85	45.9	47.0	46.5	Media
0.80	42.0	42.3	42.2	Media
0.75	38.4	39.1	38.8	Media
0.70	36.0	35.8	35.9	Media
0.65	33.0	33.7	33.4	Media
0.60	31.0	31.2	31.1	Media
0.55	28.0	27.6	27.8	Baja
0.50	24.8	24.0	24.4	Baja
0.45	20.9	22.0	21.5	Baja
0.40	17.9	18.4	18.2	Baja
0.35	14.3	14.6	14.5	Baja

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44 Permeabilidad por Presión de Agua - Tipo I + Sika 1

Relación a/c	Profundidad de Penetración de agua (mm)			Clasificación
	H2	H3	Promedio	
0.85	38.6	40.1	39.4	Media
0.80	37.2	35.3	36.3	Media
0.75	34.1	33.8	34.0	Media
0.70	31.4	32.1	31.8	Media
0.65	30.9	30.3	30.6	Media
0.60	28.0	27.2	27.6	Baja
0.55	26.0	25.9	26.0	Baja
0.50	23.2	24.0	23.6	Baja
0.45	21.5	20.6	21.1	Baja
0.40	17.3	17.5	17.4	Baja
0.35	13.0	13.6	13.3	Baja

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 44 se puede observar que las mezclas con aditivo impermeabilizante tienen una clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.60 mientras que las mezclas convencionales desde la relación 0.55, lo que nos indica que el aditivo pudo llenar poros e impedir el ingreso del agua al interior del concreto.

Tabla 45 Permeabilidad por Presión de Agua – Tipo HE

Relación a/c	Profundidad de Penetración de agua (mm)			Clasificación
	H2	H3	Promedio	
0.85	43.3	41.2	42.3	Media
0.80	40.7	39.0	39.9	Media
0.75	37.2	35.9	36.6	Media
0.70	34.6	33.6	34.1	Media
0.65	31.0	32.3	31.7	Media
0.60	28.1	29.4	28.8	Baja
0.55	26.9	26.1	26.5	Baja
0.50	25.3	24.9	25.1	Baja
0.45	20.6	21.1	20.9	Baja
0.40	16.7	17.0	16.9	Baja
0.35	13.5	14.5	14.0	Baja

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46 Permeabilidad por Presión de Agua - Tipo HE + Sika 1

Relación a/c	Profundidad de Penetración de agua (mm)			Clasificación
	H2	H3	Promedio	
0.85	38.2	38.0	38.1	Media
0.80	35.0	35.9	35.5	Media
0.75	31.9	32.8	32.4	Media
0.70	30.0	29.3	29.7	Baja
0.65	28.7	27.8	28.3	Baja
0.60	27.0	26.2	26.6	Baja
0.55	24.1	24.9	24.5	Baja
0.50	22.0	21.5	21.8	Baja
0.45	18.7	19.0	18.9	Baja
0.40	14.5	16.0	15.3	Baja
0.35	12.6	12.3	12.5	Baja

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 46 se muestra que las mezclas con aditivo impermeabilizante con cemento Tipo HE tuvieron mejor desempeño que las mezclas con cemento Tipo I.

En la Tabla 47 se muestra que las mezclas con aditivo impermeabilizante tienen clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.70 teniendo un mejor desempeño que las mezclas de concreto convencional que alcanzan la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.60.

Tabla 47 Permeabilidad por Presión de Agua – Tipo IP

Relación a/c	Profundidad de Penetración de agua (mm)			Clasificación
	H2	H3	Promedio	
0.85	38.2	39.2	38.7	Media
0.80	37.0	35.9	36.5	Media
0.75	34.9	34.4	34.7	Media
0.70	32.8	33.2	33.0	Media
0.65	29.7	30.1	29.9	Media
0.60	27.0	27.6	27.3	Baja
0.55	25.2	25.6	25.4	Baja
0.50	22.2	21.9	22.1	Baja
0.45	19.1	18.6	18.9	Baja
0.40	16.0	15.5	15.8	Baja
0.35	12.4	12.7	12.6	Baja

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48 Permeabilidad por Presión de Agua - Tipo IP + Sika 1

Relación a/c	Profundidad de Penetración de agua (mm)			Clasificación
	H2	H3	Promedio	
0.85	35.9	36.5	36.2	Media
0.80	33.2	33.7	33.5	Media
0.75	31.5	31.0	31.3	Media
0.70	28.4	27.9	28.2	Baja
0.65	25.6	27.0	26.3	Baja
0.60	23.5	25.4	24.5	Baja
0.55	21.4	22.0	21.7	Baja
0.50	19.8	18.8	19.3	Baja
0.45	17.1	16.7	16.9	Baja

0.40	14.5	13.3	13.9	Baja
0.35	10.7	11.0	10.9	Baja

Fuente: Elaboración propia.

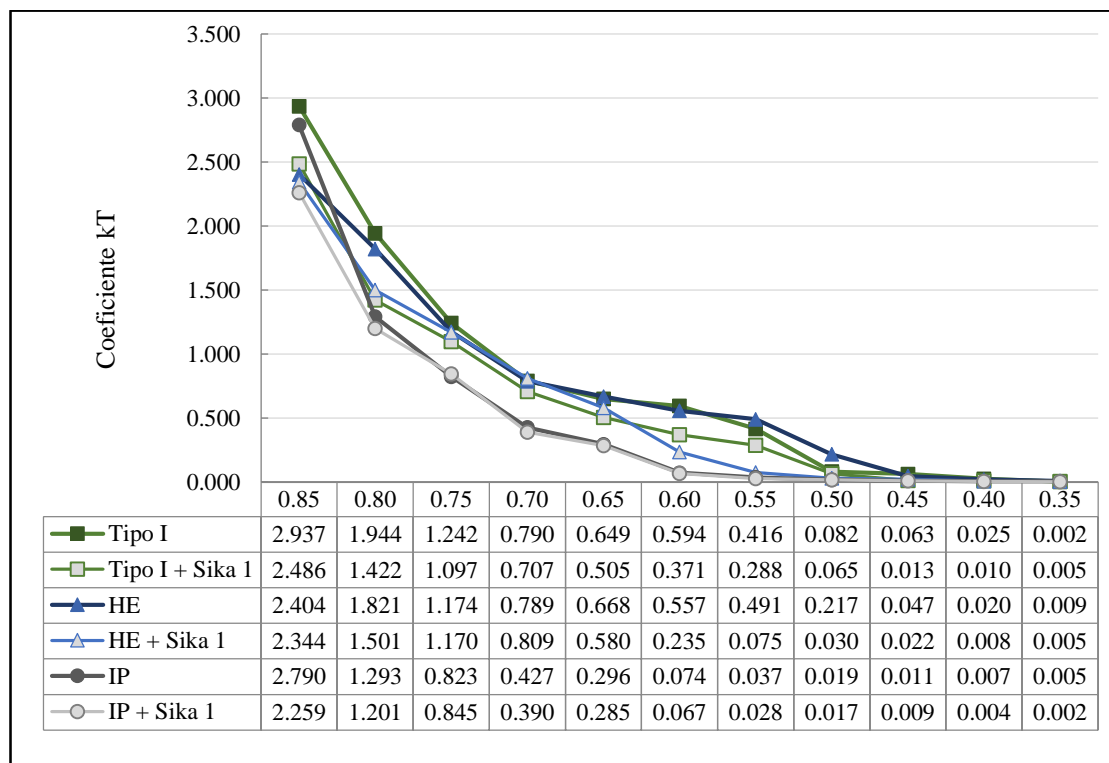
En general, el cemento Tipo IP tiene mejor desempeño que los cementos Tipo HE y Tipo I en las mezclas convencionales, su profundidad de penetración de agua es menor y alcanza la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.60 con 27 mm de penetración, las mezclas con cemento Tipo I alcanzan la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.55 con una profundidad de penetración de 27.8 mm y el cemento Tipo HE alcanza la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.60 con 28.8 mm de profundidad de penetración.

En cuanto a las mezclas con aditivo impermeabilizante, el cemento Tipo I alcanza la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.60 con un valor de 27.6 mm, las mezclas con cemento Tipo HE alcanzan dicha clasificación desde la relación a/c 0.70 con un valor de profundidad de penetración de 29.7 mm casi al límite (30 mm) y el cemento Tipo IP alcanza la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.70 al igual que el cemento Tipo HE pero con menos profundidad 28 mm.

5.2.3.2. Permeabilidad de Aire a Presión – Torrent

En la *Figura 74* se muestran los resultados comparativos con las mezclas de concreto convencional y concreto con aditivo impermeabilizante:

Figura 74. Resultados de permeabilidad – Torrent.



Fuente: Elaboración propia.

A demás, se puede observar que los resultados del coeficiente kT obtenidos con las mezclas de concreto convencional son mayores a los resultados de las mezclas de concreto con aditivo impermeabilizante.

El cemento Tipo I tiene los mayores valores promedio, seguido del cemento Tipo HE y luego el cemento Tipo IP.

En las siguientes tablas se muestra la clasificación de permeabilidad según lo indicado por el Ing. Roberto Torrent.

Tabla 49 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo I

Relación a/c	Coeficiente de Permeabilidad al aire kT (10^{-16} m^2)			Clasificación
	kT 2	kT 3	Promedio	
0.85	3.200	2.673	2.786	Alta
0.80	1.905	1.982	1.963	Alta
0.75	1.203	1.281	1.240	Alta
0.70	0.853	0.728	0.782	Moderada
0.65	0.720	0.578	0.665	Moderada
0.60	0.678	0.511	0.584	Moderada
0.55	0.440	0.392	0.415	Moderada
0.50	0.065	0.098	0.092	Baja
0.45	0.105	0.021	0.056	Baja
0.40	0.032	0.019	0.021	Baja
0.35	0.002	0.003	0.004	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50 Permeabilidad Presión de aire TORRENT - Tipo I + Sika 1

Relación a/c	Coeficiente de Permeabilidad al aire kT (10^{-16} m^2)			Clasificación
	kT 2	kT 3	Promedio	
0.85	2.541	2.430	2.632	Alta
0.80	1.419	1.425	1.401	Alta
0.75	1.073	1.121	1.137	Alta
0.70	0.712	0.701	0.707	Moderada
0.65	0.498	0.511	0.478	Moderada
0.60	0.324	0.418	0.380	Moderada
0.55	0.276	0.299	0.283	Moderada
0.50	0.056	0.074	0.070	Baja
0.45	0.010	0.016	0.015	Baja
0.40	0.009	0.010	0.007	Muy Baja
0.35	0.005	0.004	0.003	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 49 y Tabla 50 se observa que los valores de los coeficientes para todas las relaciones a/c en las mezclas de concreto convencional son mayores a las mezclas con aditivo, en cuanto a la clasificación no se ve mucha diferencia, solo hay una relación a/c 0.40 que cambia de baja a muy baja permeabilidad. El resto de la clasificación es la misma ya que está dentro del rango establecido.

Tabla 51 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo HE

Relación a/c	Coeficiente de Permeabilidad al aire kT (10^{-16} m ²)			Clasificación
	kT 2	kT 3	Promedio	
0.85	2.451	2.356	2.404	Alta
0.80	1.830	1.811	1.821	Alta
0.75	1.110	1.238	1.174	Alta
0.70	0.760	0.817	0.789	Moderada
0.65	0.710	0.625	0.668	Moderada
0.60	0.600	0.513	0.557	Moderada
0.55	0.510	0.472	0.491	Moderada
0.50	0.250	0.184	0.217	Moderada
0.45	0.051	0.042	0.047	Baja
0.40	0.031	0.010	0.020	Baja
0.35	0.008	0.009	0.009	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo HE + Sika 1

Relación a/c	Coeficiente de Permeabilidad al aire kT (10^{-16} m ²)			Clasificación
	kT 2	kT 3	Promedio	
0.85	2.121	2.018	2.344	Alta
0.80	1.740	1.423	1.501	Alta
0.75	1.213	1.103	1.170	Alta
0.70	0.907	0.812	0.809	Moderada

0.65	0.607	0.591	0.580	Moderada
0.60	0.305	0.210	0.235	Moderada
0.55	0.148	0.010	0.075	Baja
0.50	0.039	0.027	0.030	Baja
0.45	0.026	0.021	0.022	Baja
0.40	0.010	0.010	0.008	Muy Baja
0.35	0.005	0.009	0.005	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en las tablas anteriores (Tabla 51 y Tabla 52), los resultados de las mezclas con aditivo impermeabilizante son menores y la clasificación es igual hasta la relación a/c 0.55 que cambio de moderada a baja permeabilidad con aditivo impermeabilizante y la relación 0.40 que cambio de baja a muy baja permeabilidad en el caso de la mezcla con aditivo impermeabilizante.

Se pueden observar que los resultados en las mezclas con aditivo son menores pero un porcentaje muy bajo, en la clasificación no se ve una diferencia marcada ya que se tienen rangos establecidos por el Ing. Torrent, pero si se revisa cada uno de los resultados existe una diferencia en los valores.

Tabla 53 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo IP

Relación a/c	Coeficiente de Permeabilidad al aire kT (10^{-16} m ²)			Clasificación
	kT 2	kT 3	Promedio	
0.85	3.450	2.130	2.790	Alta
0.80	1.470	1.115	1.293	Alta
0.75	0.880	0.765	0.823	Moderada
0.70	0.440	0.413	0.427	Moderada
0.65	0.260	0.332	0.296	Moderada
0.60	0.050	0.097	0.074	Baja
0.55	0.030	0.043	0.037	Baja
0.50	0.015	0.022	0.019	Baja
0.45	0.010	0.013	0.011	Baja
0.40	0.006	0.008	0.007	Muy Baja
0.35	0.004	0.006	0.005	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54 Permeabilidad Presión de aire TORRENT – Tipo IP + Sika 1

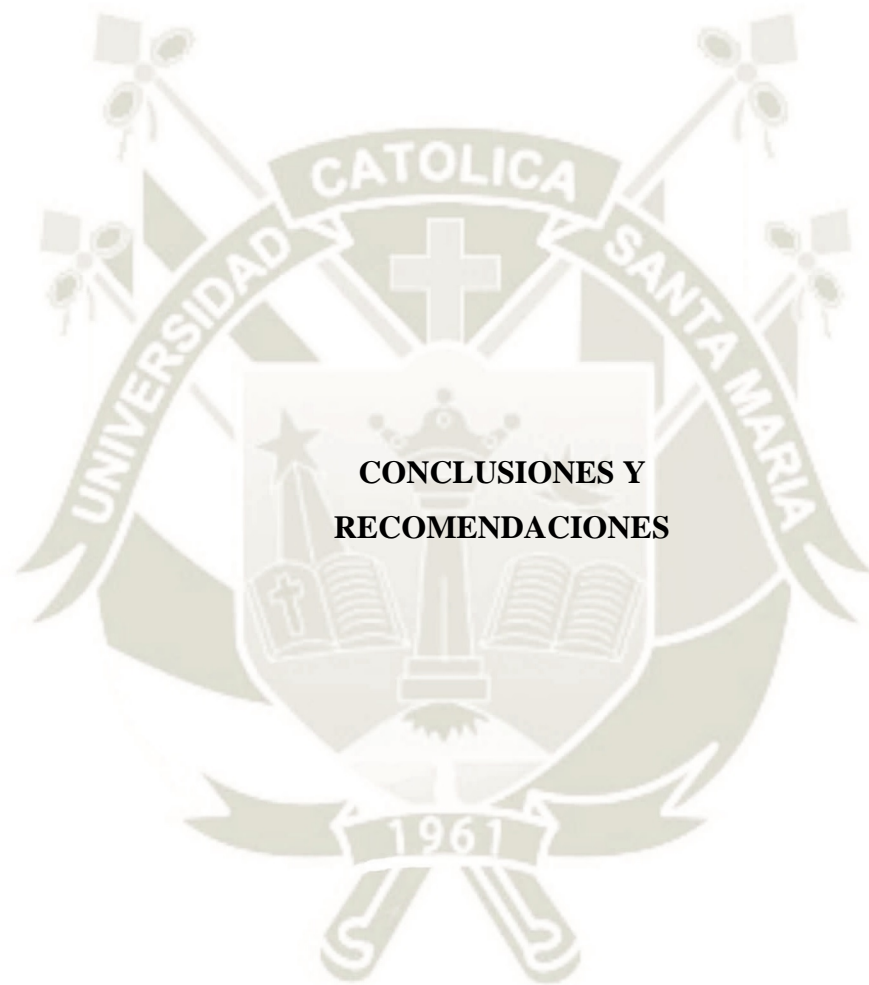
Relación a/c	Coeficiente de Permeabilidad al aire kT (10^{-16} m ²)			Clasificación
	kT 2	kT 3	Promedio	
0.85	1.980	2.013	2.259	Alta
0.80	1.172	1.204	1.201	Alta
0.75	0.762	0.719	0.845	Moderada
0.70	0.303	0.362	0.390	Moderada
0.65	0.206	0.216	0.285	Moderada
0.60	0.053	0.031	0.067	Baja
0.55	0.029	0.024	0.028	Baja
0.50	0.018	0.012	0.017	Baja
0.45	0.008	0.006	0.009	Muy Baja
0.40	0.005	0.004	0.004	Muy Baja
0.35	0.003	0.001	0.002	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 53 se muestra que en el caso del cemento Tipo IP los resultados obtenidos de las mezclas con aditivo impermeabilizante si tienen una diferencia mayor que con los otros tipos de cemento (Tabla 54).

La clasificación de permeabilidad es la misma hasta la relación a/c 0.45 en la que la mezcla con aditivo impermeabilizante cambia a muy baja con respecto a la mezcla de concreto convencional que tenía la clasificación de baja permeabilidad.

Además de clasificar la permeabilidad el Ing. Torrent hace la mención de la evaluación de la calidad del concreto la cual relaciona de manera inversa con la permeabilidad, por ejemplo a menor permeabilidad (clasificación muy baja) la calidad del concreto es alta.



CONCLUSIONES

1. Se determinó y evaluó que la permeabilidad del concreto convencional en cada diseño de mezclas, sin aditivo impermeabilizante SIKA 1, es mayor utilizando el cemento Tipo I respecto al uso del cemento Tipo HE y Tipo IP. Con respecto a la relación a/c , se desprende que la calidad de los materiales influyen en los resultados de resistencia a la compresión y permeabilidad, lo que se traduce en durabilidad.
2. Del desempeño de los diferentes diseños de mezcla utilizando el ensayo de permeabilidad al agua bajo presión, se conoce que el cemento Tipo IP tiene mejor desempeño que los cementos Tipo HE y Tipo I en las mezclas convencionales, su profundidad de penetración de agua es menor y alcanza la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.60 con 27 mm de penetración, las mezclas con cemento Tipo I alcanzan la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.55 con una profundidad de penetración de 27.8 mm y el cemento Tipo HE alcanza la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.60 con 28.8 mm de profundidad de penetración. En cuanto a las mezclas con aditivo impermeabilizante, el cemento Tipo I alcanza la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.60 con un valor de 27.6 mm reduciendo la penetración de agua en 3.5 mm, las mezclas con cemento Tipo HE alcanzan dicha clasificación desde la relación a/c 0.70 con un valor de profundidad de penetración de 29.7 mm casi al límite (30 mm) reduciendo la penetración de agua en 4.4 mm y el cemento Tipo IP alcanza la clasificación de baja permeabilidad desde la relación a/c 0.70 al igual que el cemento Tipo HE pero con una menor profundidad de 28.2 mm reduciendo la penetración de agua en 4.8 mm.
3. Del desempeño de los diferentes diseños de mezcla utilizando el ensayo de aire a presión con el Permeabilímetro de Torrent, se conoce que la clasificación de permeabilidad es la misma hasta la relación a/c 0.45 en la que la mezcla con aditivo impermeabilizante cambia a muy baja con respecto a la mezcla de concreto convencional que tenía la clasificación de baja permeabilidad. Además de clasificar la permeabilidad el Ing. Torrent hace la mención de la evaluación de la calidad del concreto la cual relaciona de manera inversa con la permeabilidad, es decir, a menor permeabilidad (clasificación muy baja) la calidad del concreto es alta.
4. Se obtuvo las características y propiedades de cada diseño de mezclas y luego de realizar un análisis se concluyó que el concreto no es un material impermeable, siempre se tendrá permeabilidad ya que es un material poroso por naturaleza, lo que sí se puede controlar

- es el grado de permeabilidad (alto, moderado y bajo) que tendrá para el diseño de las estructuras con acero, que de acuerdo a los valores obtenidos en el ensayo de profundidad de penetración se podría obtener un valor de recubrimiento del mismo.
5. Se evaluó el desempeño del aditivo impermeabilizante SIKA 1 en el concreto, determinando que todas las mezclas con aditivo impermeabilizante tuvieron menor profundidad de penetración, siendo que con el cemento Tipo I, en relaciones a/c mayores (0.85 a 0.70) la diferencia es mayor, 6 mm en promedio, conforme va bajando la relación a/c (desde la 0.65) la diferencia de profundidad entre las mezclas es menor. Con el cemento Tipo HE la diferencia en relaciones a/c altas es menor en comparación con el cemento Tipo I el promedio de diferencia es 4 mm, desde la relación a/c 0.65 la diferencia es menor 1 mm en promedio. Con el cemento Tipo IP la diferencia entre las mezclas convencionales y con aditivo impermeabilizante es constante en todas las mezclas. En promedio, se obtuvo una diferencia de 3 mm.
 6. Se demostró que el uso de aditivo impermeabilizante Sika 1 tuvo resultados satisfactorios en cuanto a las pruebas de permeabilidad, en el caso de resistencias a la compresión los concretos con aditivo impermeabilizante tuvieron menor resistencia que los concretos convencionales, los concretos convencionales con cemento Tipo I tuvieron resistencias mayores en 3.4% promedio respecto a los concretos con aditivo impermeabilizante, con cemento Tipo HE se tuvo una diferencia promedio de 1.7% y con el cemento Tipo IP la diferencia promedio fue de 4.1%, se puede concluir que el aditivo impermeabilizante Sika I disminuye ligeramente la resistencia a la compresión.

RECOMENDACIONES

1. Tomar como base la presente investigación a estructuras hidráulicas utilizando los recubrimientos al acero en elementos de concreto armado como lo indica la NTP.
2. En la aplicación de bajas relaciones a/c y aditivo impermeabilizante SIKKA 1 para lograr menor permeabilidad, se recomienda que la estructura o elementos estructurales en evaluación que se encuentren en contacto directo con el agua, contengan sulfatos, cloruros, alcalinidad y sólidos totales dentro de los parámetros permisibles según lo indica la norma NTP 339.088. De lo contrario asegurarlo utilizando componentes químicos dosificados para evitar daños al concreto.
3. Implementar un programa estadístico para reducir y asegurar el correcto procesamiento de datos.
4. Utilizar en todo momento correctamente en laboratorio los Equipos de Protección Personal EPP como son lentes (claros y oscuros), casco, protección auditiva de acuerdo a los decibeles que emita los equipos a utilizar, camisa manga larga para proteger brazos y cuello, chaleco, guantes (por desgaste y para agua) además de las botas de seguridad con baja conductividad eléctrica. Así como también mantener en laboratorio un ambiente ergonómico evitando posturas que produzcan lesiones físicas.
5. Implementar un protocolo para utilizar la presente investigación como herramienta del aseguramiento de la calidad durante la ejecución de un proyecto y lograr un mejor muestreo, análisis, procesamiento de datos e interpretación adecuada de los resultados.
6. En la práctica, la Ingeniería Civil se distingue y reconoce por la optimización de recursos, por tanto, se traduce en la reducción de costos; para la toma de decisiones esto nos sugiere prevalecer la evaluación técnica sobre la evaluación económica de los materiales que un determinado proyecto requiera.

BIBLIOGRAFIA

1. ACI. (2013) Revista Técnica No. 25. Concreto de baja permeabilidad, algo más que disminuir la relación agua/cemento.
2. American Concrete Institute. (2008) ACI 201 Guide to Durable Concrete. U.S.A. Recuperado el 22 de abril de 2018 de <https://www.concrete.org/>
3. American Concrete Institute. (2008) ACI 212 Report on Chemical Admixtures for Concrete. U.S.A. Recuperado el 22 de abril de 2018 de <https://www.concrete.org/>
4. American Concrete Institute. (2008) ACI 350 Code Requirements For Environmental Engineering Concrete Structures And Commentary. U.S.A. Recuperado el 22 de abril de 2018 de <https://www.concrete.org/>
5. Alvarado, J. (2015). Trabajos [Entrada en un blog] Características del concreto. Recuperado de <http://www.construaprende.com/docs/trabajos/305-caracteristicas-concreto>
6. Arcila, C. A. (noviembre, 2010). Avances en Especificaciones de Durabilidad de Estructuras de Concreto. Trabajo presentado en la IX Convención Internacional del ACI Perú, Lima.
7. ASTM International (2015). ASTM D75 Standard Practice for Sampling Aggregates. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
8. ASTM International (2015). ASTM C702 Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
9. ASTM International (2015). ASTM C136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
10. ASTM International (2015). ASTM C136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
11. ASTM International (2015). ASTM C33 Standard Specification for Concrete Aggregates. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>

12. ASTM International (2015). ASTM C117 Standard Test Method for Materials Finer than 75- μm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
13. ASTM International (2015). ASTM C566 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
14. ASTM International (2015). ASTM C128 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
15. ASTM International (2015). ASTM C127 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
16. ASTM International (2015). ASTM C29 Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
17. ASTM International (2015). ASTM C172 Standard Test Method for Sampling Freshly Mixed Concrete. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
18. ASTM International (2015). ASTM C1064 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
19. ASTM International (2015). ASTM C143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
20. ASTM International (2015). ASTM C138 Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
21. ASTM International (2015). ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
22. ASTM International (2015). ASTM C94 Standard Specification for Ready-Mixed Concrete. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>

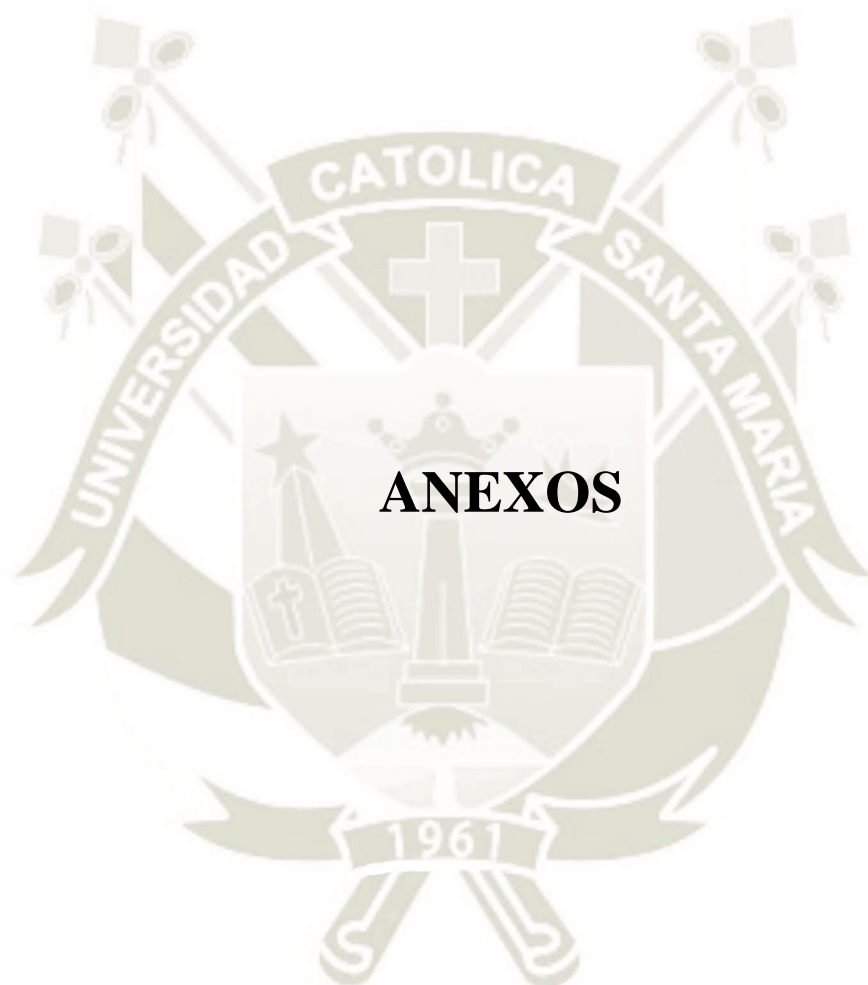
23. ASTM International (2015). ASTM C150 Standard Specification for Portland Cement. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
24. ASTM International (2015). ASTM C595 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
25. ASTM International (2015). ASTM C845 Standard Specification for Expansive Hydraulic Cement. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
26. ASTM International (2015). ASTM C1157 Standard Performance Specification for Hydraulic Cement. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
27. ASTM International (2015). ASTM C1602 Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
28. ASTM International (2015). ASTM C1778 Standard Guide for Reducing the Risk of Deleterious Alkali-Aggregate Reaction in Concrete. EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
29. ASTM International (2015). ASTM C1260 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method). EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
30. ASTM International (2015). ASTM C586 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks as Concrete Aggregates (Rock-Cylinder Method). EE. UU. Recuperado el 22 de abril de 2018 <https://www.astm.org/Standards/D75.htm>
31. Bustamante Romero, I. G. (2017). Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú. (Tesis de graduación). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/8804>
32. Campos, R. (2016). Agregados. Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados.shtml>
33. Catacora, O. A. (2015). Influencia de coberturas orgánicas, en el proceso de fraguado de concreto en épocas de heladas en el distrito de José Domingo

- Choquehuanca – Azángaro (Tesis de Grado). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4591>
34. Cement Concretes (2015). “ American Standards Testing Materials Vo. 4.02 Concrete and Aggregates, 201 ASTM
 35. DIN – 1048 German Standard for determination of Permeability of Concrete.
 36. Ebensperger, L. y Torrent, R. (junio, 2014). Ensayo in-situ de permeabilidad al aire: ¿Un medidor de durabilidad?. Trabajo presentado en el X Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras, Santiago de Chile.
 37. Eddy.h. (08 de abril de 2011). Notas de Concretos [Entrada en un blog] Permeabilidad y Estanquidad del Concreto. Recuperado de http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/permeabilidad-y-estanquidad-del_08.html
 38. Eddy.h. (08 de abril de 2011). Notas de Concretos [Entrada en un blog] Peso Unitario (Densidad del Concreto). Recuperado de <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/peso-unitario-densidad-del-concreto.html>
 39. Effio, B. (2015). Tecnología del Concreto para Residentes, Supervisores y Projectistas. Laboratorio de Ensayo de Materiales – FIC – UNI. Recuperado de https://www.academia.edu/28435546/LABORATORIO_DE_ENSAYO_DE_MATERIALES_FIC_UNI
 40. EN 12390 (2015). “Testing hardened concrete –Part 8: Depth of penetration of water under pressure English version of DIN EN 12390-8:2009-07
 41. EN 12390-8 (2015). Norma Española para Profundidad de penetración de agua bajo presión. España.
 42. Gallegos, H. (1997). La Naturaleza del Concreto.
 43. García, J. (09 de febrero de 2013). Conceptos Generales sobre el Concreto y los materiales para su elaboración [Entrada en un blog] El concreto y sus componentes. Recuperado de <https://ingjohnnygarciaupn.wordpress.com/2013/02/09/conceptos-generales-sobre-el-concreto-y-los-materiales-para-su-elaboracion/>
 44. González, E. y Alloza, A. M. (2015) Materiales de Construcción. Ensayos de hormigón endurecido, profundidad de penetración de agua bajo presión (pp. 81-84) https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/2093/mod_page/content/1/FichasTemas/tema14-penetracionaguahormigon.pdf

45. Hall, C. (1989). Water Sorptivity of Mortars and Concretes: a review. Magazine of Concrete Research, Vol. 41, N°147, pp. 51-61.
46. Hermida, G. y Herrera, D. (2012). Concreto de baja permeabilidad, algo mas que disminuir a/c.
47. Irassar, E. F. (2001). “Ataque Quimico al hormigón” AATH Durabilidad del Hormigón Estructural
48. López, J. A. (2004). Porosidad del concreto (Tesis de graduación). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2394_C.pdf
49. Mattio, M. E. (2014). La permeabilidad al agua como parámetro para evaluar la durabilidad del hormigón – parte I. (Práctica Profesional Supervisada). Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1576/PS%20Mattio%2C%20Mar%203%20Ada%20Eugenia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
50. Mehta, P. K. (1998). Concreto: estructura, propiedades y materiales. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto - IMCYC.
51. Mix Design of high Strength concrete (2019). Recuperado de <http://theconstructor.org/concrete /prestressed/mix-design-of-high-strength-concrete/3333/>
52. Neville, A.M. (1999) “Tecnología del concreto” Ed. Instituto Mexicano del Cemento y de Concreto. 612pp.
53. NTC 4483 Norma Técnica Colombiana, Métodos de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua.
54. Osorio, J. D. (27 de junio de 2012). Blog 360° en Concreto [Entrada en un blog] Carbonatación del concreto. ¿Cómo detectarla?. Recuperado de <http://blog.360gradosenconcreto.com/carbonatacion-del-concreto-como-detectarla/>
55. Pasquel, E. (1998). Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú
56. Pérez, J. (2019). Patología de Estructuras de Hormigón Armado. Recuperado de <https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Publicaciones/pub-val/Patologia/trasparencias%20patologia.pdf>
57. Rivva, E. (2000). Naturaleza y Materiales del Concreto. Lima: Capitulo Peruano ACI
58. SIA 262-1 Regulation of the method in Switzerland: SIA 262/1-E, “Air Permeability in Structures”

59. Silva, S. (2007). Métodos de evaluación de las reacciones álcali-sílice en hormigones con áridos reciclados. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262736713_Metodos_de_evaluacion_de_las_reacciones_alcali-silice_en_hormigones_con_aridos_reciclados
60. Torrent, R. (2012). Non-Destructive Air-Permeability Measurement: from Gas-Flow Modelling to Improved Testing", Paper 151, Microdurability 2012, Amsterdam.







Anexo A:
Constancia de Ensayos en Laboratorio SUPERMIX

CONSTANCIA

La que suscribe, Ing. Patricia Carpio Salazar, líder de calidad

Hace constar:

Que el señor Bachiller en Ingeniería Civil:

- EDUARDO JESUS ICAZA PALMA Código N°2006600511

Ha realizado los ensayos de laboratorio para complementar su trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero Civil cuyo título es: **“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE LOS CONCRETOS CON DIFERENTES RELACIONES A/C, DIFERENTES TIPO DE CEMENTO Y ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA 1 EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de control de Calidad de Planta Gloria han sido elaborados entre 02/11/2018 y el 25/01/2019.

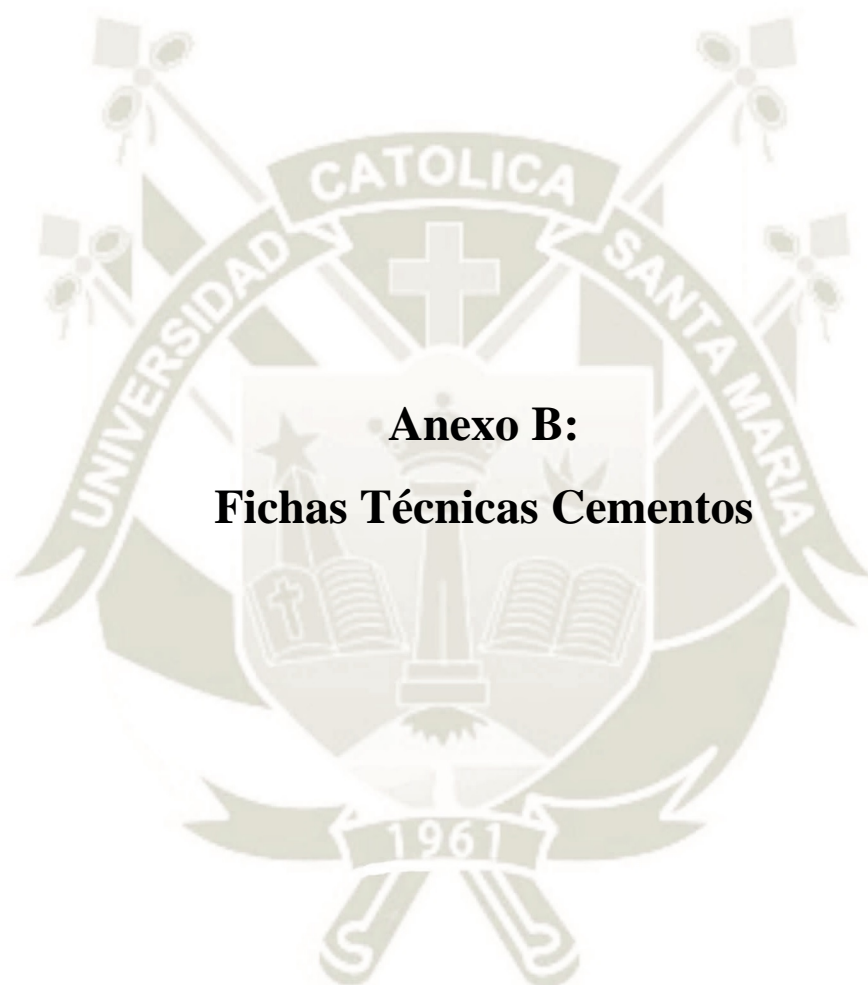
Los ensayos efectuados por el tesista fueron los siguientes:

- Ensayos en concreto en estado fresco: Temperatura del Concreto, Asentamiento, Peso Unitario y Contenido de aire.
- Vaciados de Concreto para 972 Probetas Cilíndricas de 10 cm x 20 cm (4” x 8”), para realizar ensayos de Resistencia a la Compresión.
- Vaciados de Concreto para 162 Probetas Cilíndricas de 15 cm x 30 cm (6” x 12”), para realizar los ensayos de Permeabilidad al agua bajo presión.
- Vaciado de concreto para 162 prismas de concreto de 15 cm x 15 cm x 25 cm, para realizar el ensayo de Permeabilidad al Aire de Torrent

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Arequipa, 25 de Mayo de 2019





Anexo B:
Fichas Técnicas Cementos

FICHA TÉCNICA



CEMENTO YURA TIPO HE ALTA RESISTENCIA INICIAL



DESCRIPCIÓN

El cemento YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL, clasificado como cemento tipo HE según la norma NTP 334.082 (ASTM C 1157), es un cemento portland de última generación, elaborado bajo los más altos estándares de la industria cementera, colaborando con el cuidado del medio ambiente, debido a que en su producción se genera menor cantidad de CO₂ contribuyendo a una reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente hasta lograr un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

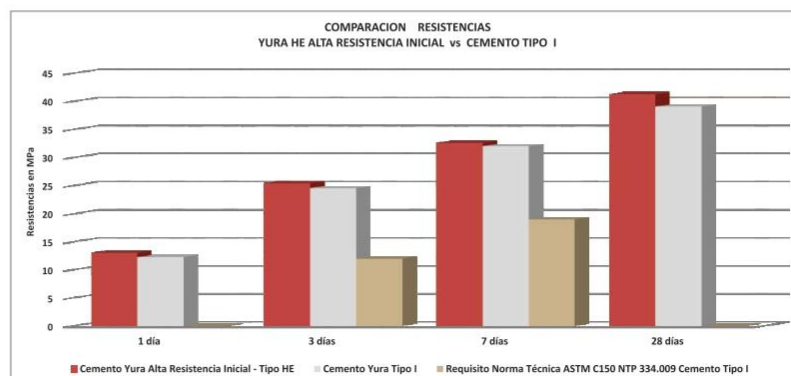
La composición de este producto permite la producción de concretos con requerimientos de altas resistencias iniciales, otorgando propiedades adicionales para lograr alta durabilidad por lo que puede ser utilizado en obras de infraestructura y construcción en general.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS FÍSICOS	REQUISITOS NORMA TÉCNICA NTP 334.082 ASTM C 1157 CEMENTO TIPO HE		REQUISITOS NORMA TÉCNICA NTP 334.009 ASTM C150 CEMENTO TIPO I		CEMENTO YURA TIPO HE ALTA RESISTENCIA INICIAL *	
- Superficie específica Blaine (cm ² /g)	-		2600 Mínimo		4200	
- Expansión en autoclave (%)	0.80 Máximo		0.80 Máximo		- 0.03 a 0.03	
- Fraguado Vitcat Inicial (minutos)	45 Mínimo		45 Mínimo		100	
- Fraguado Vitcat Final (minutos)	420 Máximo		375 Máximo		250	
- Contenido aire Mortero (%)	-		12 Máximo		6 Máximo	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	kg-f/cm ²	MPa	kg-f/cm ²	MPa	kg-f/cm ²	MPa
1 día	122	12	-	-	133	13
3 días	244	24	122	12	259	25
7 días	-	-	194	19	332	33
28 días	-	-	-	-	420	41

*EL CEMENTO YURA TIPO HE – ALTA RESISTENCIA INICIAL reemplaza al cemento tipo I, donde esté especificado técnicamente.

EQUIVALENCIA O CARACTERÍSTICAS SIMILARES A OTROS TIPOS DE CEMENTOS



VERSIÓN SETIEMBRE 2013

PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa
 TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650
 www.yura.com.pe

TIPO HE - ALTA RESISTENCIA INICIAL
TYPE HE - HIGH EARLY STRENGTH

FICHA TÉCNICA



CEMENTO YURA TIPO HE ALTA RESISTENCIA INICIAL

PROPIEDADES

EL CEMENTO YURA TIPO HE – ALTA RESISTENCIA INICIAL, por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia inicial.
- Aumento de impermeabilidad
- Resistencia a los sulfatos
- Resistencia a los cloruros
- Menor calor de hidratación
- Inhibe la reacción nociva álcali – agregado
- Mayor plasticidad y trabajabilidad en concretos.

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor consumo energético.
- Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Guantes Impermeables



Protección Ocular



Botas Impermeables



Protección Respiratoria

ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsas 42.5 Kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

PAIS	NORMA	DENOMINACIÓN
Perú	Norma Técnica Peruana NTP 334.082	CEMENTO PORTLAND TIPO HE
Chile	Norma Chilena Oficial NCh 148 Of68	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO GRADO ALTA RESISTENCIA
USA	Norma Americana ASTM C1157	PORTLAND CEMENT TIPO HE
Bolivia	Norma Boliviana NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA TIPO IP 40
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2380	CEMENTO HIDRÁULICO TIPO HE
Colombia	Norma Técnica Colombiana NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND TIPO 1

DURACIÓN

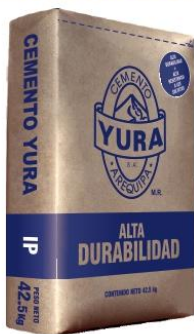
Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

VERSIÓN SETIEMBRE 2013

PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa
 TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650
 www.yura.com.pe

TIPO HE - ALTA RESISTENCIA INICIAL
 TYPE HE - HIGH EARLY STRENGTH

FICHA TÉCNICA



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD



DESCRIPCIÓN

El Cemento Portland Puzolánico Yura IP, ALTA DURABILIDAD, es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el Cemento Portland Puzolánico YURA IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

LA DURABILIDAD

“Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil”.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP	Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM 1157
MgO (%)	1.99	6.00 Máx.
SO ₃ (%)	1.75	4.00 Máx.
Pérdida por ignición (%)	2.14	5.00 Máx.

REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP		Norma NTP 334.090 ASTM C-595		Comparativo con Norma Tipo I y Tipo V Requisitos Norma Técnica NTP 334.009 / ASTM C 150	
	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa
Peso específico (gr/cm ³)	2.85		-		-	
Expansión en autoclave (%)	0		0.80 Máx.		-	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 Mín.		-	
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Máx.		-	
Resistencia a la compresión					Cemento Tipo I	
					Kgf/cm ²	MPa
	1 días	104	10	-	-	-
	3 días	199	20	133 Mín.	13	122
	7 días	247	24	204 Mín.	20	194
28 días	342	34	255 Mín.	25	-	-
60 días	397	39	-	-	-	-
Resistencia a los sulfatos	Cemento IP				Cemento Tipo V	
% Expansión a los 14 días	0.018				0.04 Máx.	

VERSIÓN SETIEMBRE 2013



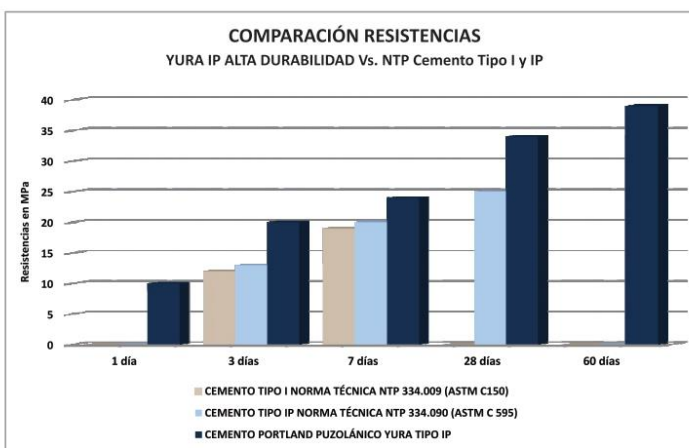
PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú
OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650
www.yura.com.pe

TIPO IP – ALTA DURABILIDAD



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

COMPARATIVO CON
REQUISITOS DE
RESISTENCIA DE
NORMAS TÉCNICAS



TIPO IP – ALTA DURABILIDAD

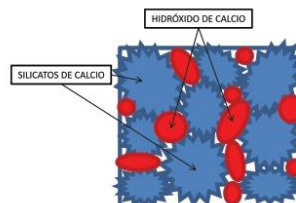
PROPIEDADES

1 MAYOR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolana, hacen que el cemento Yura IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrece otros tipos de cemento.

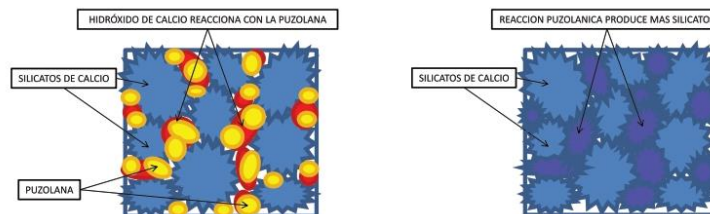
Los alúmino-silicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

CON CEMENTO TIPO I



El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25% es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

CON CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP



La puzolana que contiene el cemento YURA IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.

VERSIÓN SETIEMBRE 2013



PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa
 TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650
www.yura.com.pe

FICHA TÉCNICA



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

PROPIEDADES

2 RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS:

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio dihidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Yura para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el cemento Yura Tipo IP es más resistente a los sulfatos y al ataque Químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el cemento portland Tipo IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.

Resistencia a los sulfatos	Resultado Cemento YURA IP	Resultado Cemento YURA Tipo V	Requisitos de Norma NTP 334.009 Tipo V
Máximo % de Expansión a los 14 días	0.018	0.029	0.040 Máx.

* El cemento YURA IP - ALTA DURABILIDAD, su expansión es menor que el cemento Tipo V y mucho menor al exigido en la norma.

3 MAYOR IMPERMEABILIDAD:

El cemento portland puzolánico YURA IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace menos permeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

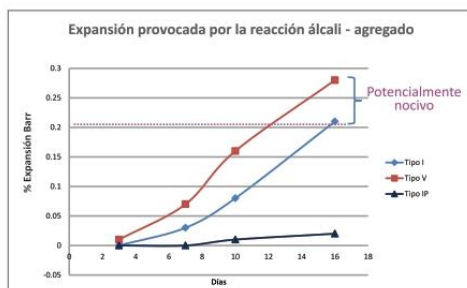
4 INHIBE LA REACCIÓN ÁLCALI - AGREGADO:

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali – agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali – reactivos. El cemento Yura tipo IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.

ENSAYO DE COMPROBACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP QUE INHIBE LA REACCIÓN ÁLCALI – AGREGADO.

Comparación de potencial de reactividad alcalina de los cemento tipos I, V y IP según método de la norma ASTM C1260-07



El cemento Yura IP neutraliza esta reacción protegiendo al concreto contra este tipo de ataque.

Días	% Expansión Barr		
	Cemento tipo I	Cemento tipo V	Cemento tipo IP
3 días	0	0.01	0
7 días	0.03	0.07	0
10 días	0.08	0.16	0.01
16 días	0.21*	0.28*	0.02**

* Los cementos tipo I y V presentan un porcentaje de expansión de 0.20 a los 16 días lo cual se les considera potencialmente dañino.

** Bajo riesgo de expansión en condiciones de campo.

VERSIÓN SETIEMBRE 2013



PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú
 OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa
 TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650
 www.yura.com.pe

TIPO IP – ALTA DURABILIDAD



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP – ALTA DURABILIDAD

TIPO IP – ALTA DURABILIDAD

PROPIEDADES

5 MENOR CALOR DE HIDRATACION:

La reacción entre el Hidróxido de Calcio, liberado en la hidratación el cemento, con el aluminato tricálcico (C3A) presente en el cemento, genera gran calor de hidratación. La puzolana al reaccionar con el hidróxido de calcio, inhibe esta reacción, generando menor calor de hidratación, evitando contracciones y fisuraciones que afectan la calidad del concreto, principalmente en obra de gran volumen.

El cemento de Yura tipo IP cumple con el requisito, a los 7 y 28 días, de generar un moderado calor de hidratación. Por lo tanto, puede utilizarse al igual que el cemento portland tipo II.

BENEFICIOS AMBIENTALES

Menor consumo energético.
Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Guantes Impermeables



Protección Ocular



Botas Impermeables



Protección Respiratoria

ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsas 42.5 Kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP - ALTA DURABILIDAD, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

PAIS	NORMA		DENOMINACIÓN	
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.090	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 Of68	CEMENTO PUZOLÁNICO	GRADO CORRIENTE
USA	Norma Americana	ASTM C595	PORTLAND POZZOLAN CEMENT	TYPE IP
Bolivia	Norma Boliviana	NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA	TIPO IP 30
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE INEN 490	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Brasil	Norma Brasileña	NBR 5736	CIMENTO PORTLAND POZOLÁNICO	TIPO CP IV 32
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO 1

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

VERSIÓN SETIEMBRE 2013



PLANTA: Estación Yura Km 26 s/n, Yura, Arequipa - Perú
OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650
www.yura.com.pe

VERSIÓN: 2012 - CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I

CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I



DESCRIPCIÓN:



El Cemento Portland Yura Tipo I, es elaborado con Clinker de Alta Calidad y Yeso, molidos industrialmente hasta lograr un alto grado de finura. Cumple con la norma NTP 334.009 y la ASTM C150.
Su fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001.

USOS Y APLICACIONES

El cemento portland Yura tipo I, puede ser utilizado en todo tipo de construcción, que no requiera de propiedades especiales.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I	NORMA TECNICA NTP 334.009 - ASTM C150
Óxido de Magnesio, MgO, %	2.55	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	2.10	3.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	0.60	3.00 Máximo
Residuo Insoluble, R.I. %	0.55	0.75 Máximo

REQUERIMIENTOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I	NORMA TECNICA NTP 334.009 - ASTM C150
Finura(Superficie Específica - Blaine), cm ² /g	3150	2600 Mínimo
Expansión en Autoclave, %	0.07	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo Vitcat, minutos		
Tiempo de Fraguado (inicial)	140	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	160	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	5.55	12.00 Máximo
Resistencia a la compresión, Kg/cm ²		Mínimo:
01 día	135	-
03 días	240	122.36
07 días	330	193.75
28 días	430	-

EL CEMENTO DE ALTA RESISTENCIA Y DURABILIDAD

VERSIÓN: 2012 - CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I

CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I



PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsa 42.5 kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corrientes de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas de altura en 2 pallet de altura.

RECOMENDACION DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Guantes
Impermeables



Protección
Ocular



Botas
Impermeables



Protección
Respiratoria

EL CEMENTO DE **ALTA RESISTENCIA** Y DURABILIDAD



Anexo C:
Certificados de Calidad de Cementos

CERTIFICADO DE CALIDAD

YURA

CEMENTO PORTLAND TIPO HE

	YURA	NTP 334.082 ASTM C 1157
REQUERIMIENTOS QUIMICOS:		
Óxido de Magnesio, MgO, %	2.33	No Especifica
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	2.25	No Especifica
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2.04	No Especifica
REQUERIMIENTOS FISICOS:		
Peso Específico (g/cm ³)	2.97	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	0.02	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	144	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	193	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, (%)	4.39	No Especifica
Superficie específica Blaine, (cm ² /g)	4992	No Especifica
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kg-f/cm ²)		Mínimo :
01 día	15.36 (157)	12.00 (122)
03 días	27.12 (277)	24.00 (245)
07 días	34.05 (347)	No Especifica -
28 días	41.58 (424)	No Especifica -

Este Documento muestra las características típicas del promedio Mensual del mes de Septiembre de la producción, asegurando que este cemento cumple con las especificación técnicas de la norma ASTM C-1157, NTP 334.082

Arequipa, 01 de Octubre 2018


Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jefe de Control de Calidad
Yura S.A.



Planta: Carretera Yura Km. 26 - Arequipa
Oficina comercial: Av. General Diez 527 - Arequipa
Telf.: (51 54) 495060 / 225000
www.yura.com.pe

CERTIFICADO DE CALIDAD

YURA

CEMENTO PORTLAND TIPO I

	YURA	ASTM C150 NTP 334.009
REQUERIMIENTOS QUIMICOS:		
Óxido de Silicio, SiO ₂ , %	21.90	No Especifica
Oxidos de Aluminio, Al ₂ O ₃ , %	3.94	No Especifica
Oxido Ferrico, Fe ₂ O ₃ , %	3.07	No Especifica
Oxido de Calcio, CaO, %	63.40	No Especifica
Óxido de Magnesio, MgO, %	2.67	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	2.11	3.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	1.36	3.00 Máximo
Residuo Insoluble, R.I.%	1.50	1.50 Máximo
REQUERIMIENTOS FISICOS:		
Peso Específico (g/cm ³)	3.13	No Especifica
Finura (Superficie Especifica - Blaine), cm ² /g	4256	2600 Mínimo
Finura (Retenido malla N° 325 (45 µm)), %	1.70	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	0.06	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	133	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	176	375 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	4.93	12.00 Máximo
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm ²)		Mínimo :
01 día	16.89 (172)	No Especifica -
03 días	30.86 (315)	12.0 (122)
07 días	39.89 (407)	19.0 (194)
28 días	47.24 (482)	28.0 (286)

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción de Septiembre 2018 confirmando que este cemento cumple con las especificaciones de las normas NTP 334.009 y ASTM C-150

Arequipa, 01 de Octubre 2018




Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jefe de Control de Calidad
Yura S.A.

Planta: Carretera Yura Km. 26 - Arequipa
Oficina comercial: Av. General Díaz 527 - Arequipa
Telf.: (51 54) 495060 / 225000

www.yura.com.pe

CERTIFICADO DE CALIDAD

YURA

CEMENTO PORTLAND TIPO IP

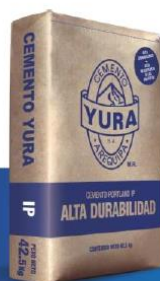
<u>REQUERIMIENTOS QUIMICOS:</u>	YURA	ASTM C 595 NTP 334.090
Óxido de Magnesio, MgO, %	1.79	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	1.94	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2.41	5.00 Máximo

REQUERIMIENTOS FISICOS:

Peso Especifico, g/cm ³	2.79	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	-0.03	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	199	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	264	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	4.29	12.00 Máximo
Superficie Especifica Blaine, cm ² /gr	4905	No Especifica
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm ²)		Mínimo :
01 día	9.55 (97)	No Especifica
03 días	19.90 (203)	13.0 (133)
07 días	24.63 (251)	20.0 (204)
28 días	32.12 (328)	25.0 (255)

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción del mes de Noviembre del 2018 que este cemento cumple especificaciones de las normas ASTM C- 595 y NTP 334.090

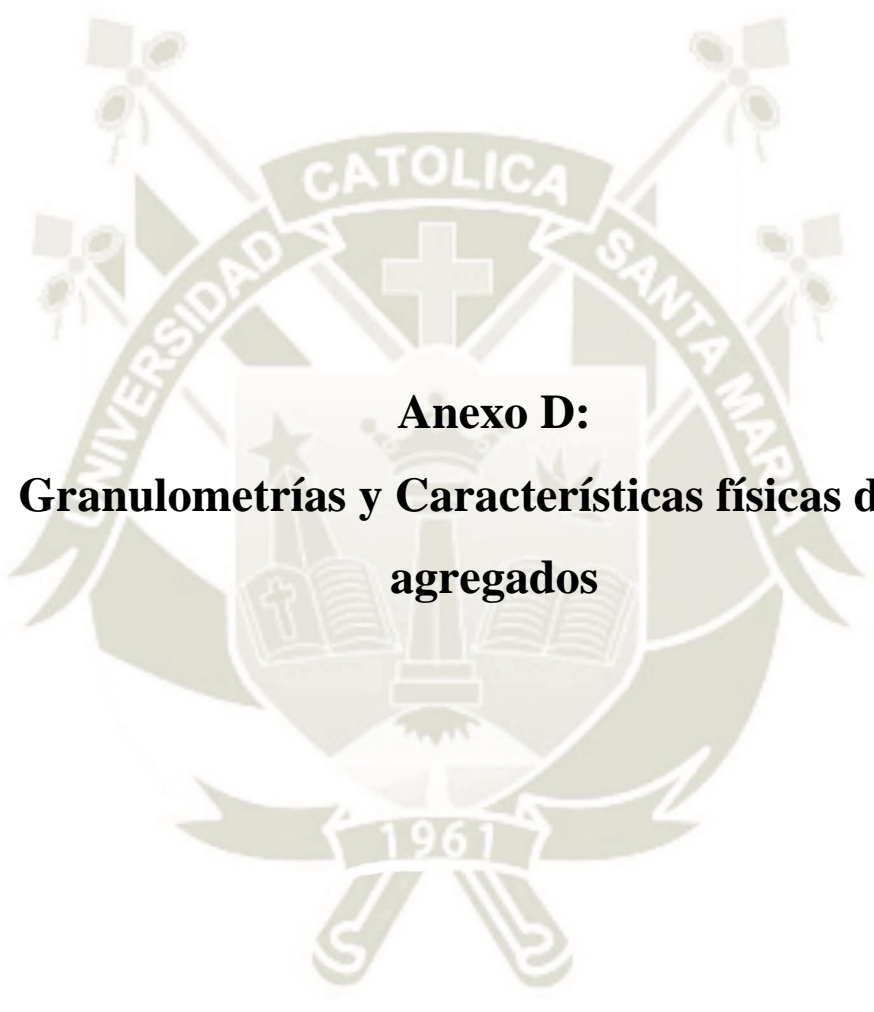
Arequipa, 03 de Diciembre 2018




Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jefe de Control de Calidad

Planta: Carretera Yura Km. 26 - Arequipa
Oficina comercial: Av. General Diez 527 - Arequipa
Telf.: (51 54) 495060 / 225000

www.yura.com.pe



Anexo D:
**Granulometrías y Características físicas de los
agregados**

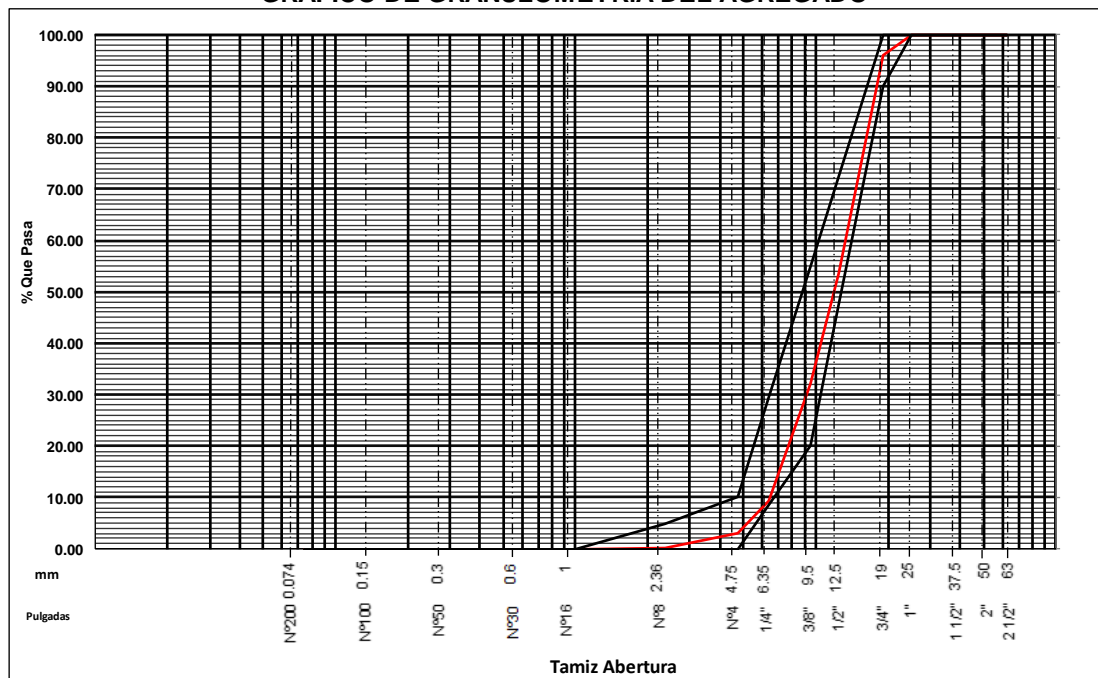


GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA MALLA 2 1/2"

MATERIAL :	PIEDRA HUSO 67	MUESTRA No :	50
CANERA:	LA PODEROSA	FECHA DE MUESTREO :	11/12/2018
PROCEDENCIA:	ACOPIO DE PLANTA	FECHA DE INGRESO :	11/12/2018
ANALIZADO POR:	ELVIS CALLA	FECHA DE ANÁLISIS :	11/12/2018

GRANULOMETRÍA						PROPIEDADES FÍSICAS		
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037	MODULO DE FINURA		
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	6.69		
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	TAMAÑO MAX. NOM.	3/4"	
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	PESO ESP. SSS	-	
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	PESO VOL. COMPAC.	1615 kg/m ³	
3/4"	267.00	3.98	3.98	96.02	90-100	PESO VOL. SUELTO	1483 kg/m ³	
1/2"	2850.00	42.44	46.41	53.59	-	% ABSORCIÓN	-	
3/8"	1442.00	21.47	67.88	32.12	20-55	% HUMEDAD	-	
1/4"	1525.00	22.71	90.59	9.41	-	% MALLA < # 200	0.77 %	
Nº 4	434.00	6.46	97.05	2.95	0-10	HUSO	67	
Nº 8	186.00	2.77	99.82	0.18	0-5	OBSERVACIONES:		
Nº 16	12.00	0.18	100.00	0.00	-			
Nº 30	0.00	0.00	100.00	0.00	-			
Nº 50	0.00	0.00	100.00	0.00	-			
Nº 100	0.00	0.00	100.00	0.00	-			
Nº 200	0.00	0.00	100.00	0.00	-			
<Nº 200	0.00	0.00	100.00	0.00	-			
TOTAL:	6716.00	100.00						

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO



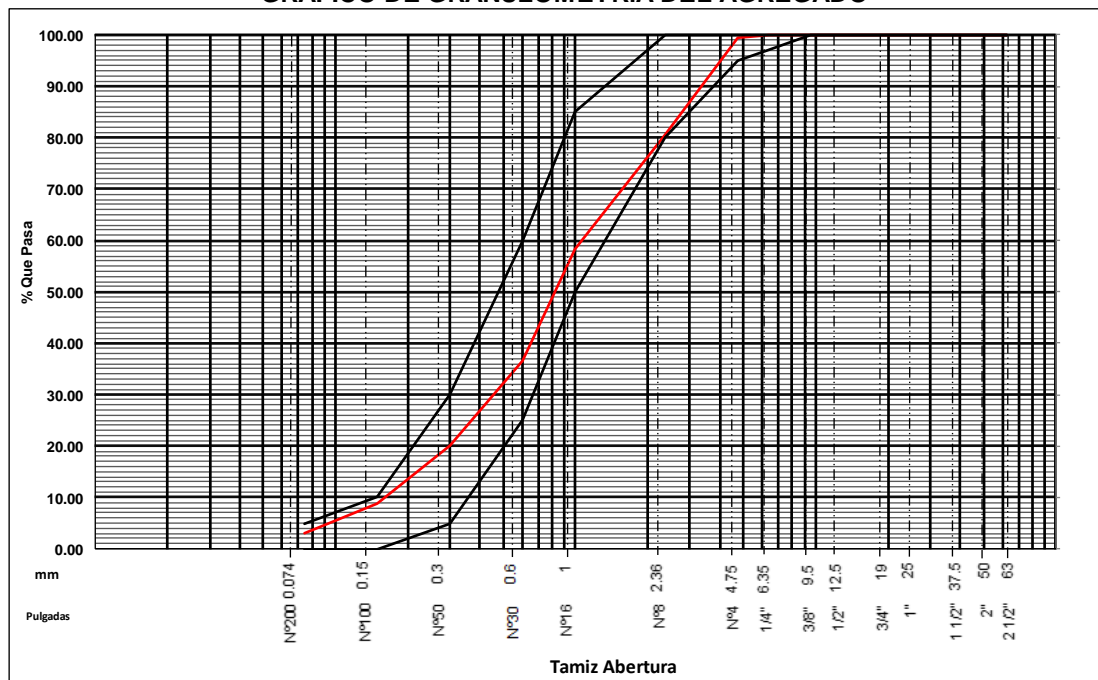


**GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA
MALLA 2 1/2"**

MATERIAL :	ARENA GRUESA	MUESTRA No :	52
CANERA:	LA PODEROSA	FECHA DE MUESTREO :	27/12/2018
PROCEDENCIA:	PLANTA	FECHA DE INGRESO :	27/12/2018
ANALIZADO POR:	MILTON MOGROVEJO	FECHA DE ANÁLISIS :	27/12/2018

GRANULOMETRÍA						PROPIEDADES FÍSICAS	
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037	MODULO DE FINURA	2.96
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	TAMAÑO MAX. NOM.	
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	PESO ESP. SSS	kg/m ³
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	PESO VOL. COMPAC.	1879 kg/m ³
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	PESO VOL. SUELTO	1689 kg/m ³
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	% ABSORCIÓN	%
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	% HUMEDAD	%
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	% MALLA < # 200	4.92 %
1/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-	HUSO	ARENA
Nº 4	4.00	0.46	0.46	99.54	95-100	OBSERVACIONES:	
Nº 8	164.00	18.85	19.31	80.69	80-100		
Nº 16	195.00	22.41	41.72	58.28	50-85		
Nº 30	188.00	21.61	63.33	36.67	25-60		
Nº 50	144.00	16.55	79.89	20.11	5-30		
Nº 100	98.00	11.26	91.15	8.85	0-10		
Nº 200	51.00	5.86	97.01	2.99	0-5		
<Nº 200	26.00	2.99	100.00	0.00	-		
TOTAL:	870.00	100.00					

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO





UNSA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

LABINVSERV
Laboratorio de Investigación y Servicios

INFORME DE ENSAYOS

N° DE REPORTE: 20222-18
CLIENTE: CONCRETOS SUPERMIX S. A.
DIRECCIÓN: VARIANTE DE UCHUMAYO Km 5,5, CERRO COLORADO - AREQUIPA
ENSAYO SOLICITADO: ANÁLISIS FISICO QUIMICO
PRODUCTO ARENA
CANTIDAD DE MUESTRA 01
FECHA DE RECEPCION: Jueves 08 de noviembre de 2018
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES: BOLSA DE PAPEL
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: Viernes 23 de noviembre de 2018
REFERENCIA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA CANTERA LA PODEROSA.
CÓDIGO DE MUESTRA 26147

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Página 1 de 2



LABINVSERV
Laboratorio de Investigación y Servicios

INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 20222-18

ANÁLISIS DE:	UNIDAD	RESULTADOS	METODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE
Cloruros	mg/1000g	15,21	Método Mercurimétrico (1, 2) 33.067 de la AOAC
Sulfatos	mg/1000g	168,44	Método Turbidimétrico (1, 2) 33.120 de la AOAC
OBSERVACIONES:			

Página 2 de 2

Emitido en Arequipa, el 23 de noviembre de 2018.

Dr. Juan Reyes Larico
Jefe de Laboratorio
RCQP - 348



Lic. Fredy Valdivia Peña
Químico Responsable
RCQP - 842

CERTIFICO: Que estas copias fotostáticas son en los anversos exactamente igual a sus originales los que he tenido a la vista de lo que doy fe
Arequipa,
5 7 MAYO 2019
JAVIER RODRIGUEZ VELARDE
NOTARIO DE AREQUIPA

NOTARIA
RODRIGUEZ VELARDE
DOCUMENTO AUTENTICADO
AREQUIPA - PERU

Av. Independencia s/n. Ciudad Universitaria
Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso

Teléfono: 054 - 220360
E-mail: fcnf labinvserv@unsa.edu.pe

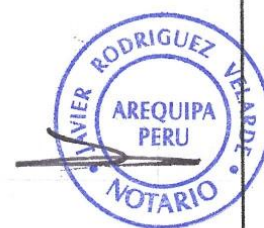


LABINVSERV
Laboratorio de Investigación y Servicios

INFORME DE ENSAYOS

N° DE REPORTE: 20225-18
CLIENTE: CONCRETOS SUPERMIX S. A.
DIRECCIÓN: VARIANTE DE UCHUMAYO Km 5,5, CERRO
COLORADO - AREQUIPA
ENSAYO SOLICITADO: ANÁLISIS FISICO QUIMICO
PRODUCTO PIEDRAS HUSO 67
CANTIDAD DE MUESTRA 01
FECHA DE RECEPCION: Jueves 08 de noviembre de 2018
**CARACTERISTICAS Y
CONDICIONES:** BOLSA DE PAPEL
**FECHA DE ENTREGA DE
RESULTADOS:** Viernes 23 de noviembre de 2018
REFERENCIA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA CANTERA LA PODEROSA.
CÓDIGO DE MUESTRA 26150

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Página 1 de 2



LABINVSERV
Laboratorio de Investigación y Servicios

INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 20225-18

ANÁLISIS DE:	UNIDAD	RESULTADOS	METODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE
Cloruros	mg/1000g	11,67	Método Mercurimétrico (1, 2) 33.067 de la AOAC
Sulfatos	mg/1000g	14,14	Método Turbidimétrico (1, 2) 33.120 de la AOAC
OBSERVACIONES:			

Página 2 de 2

Emitido en Arequipa, el 23 de noviembre de 2018.


Dr. Juan Reyes Larico
Jefe de Laboratorio
RCQP - 348



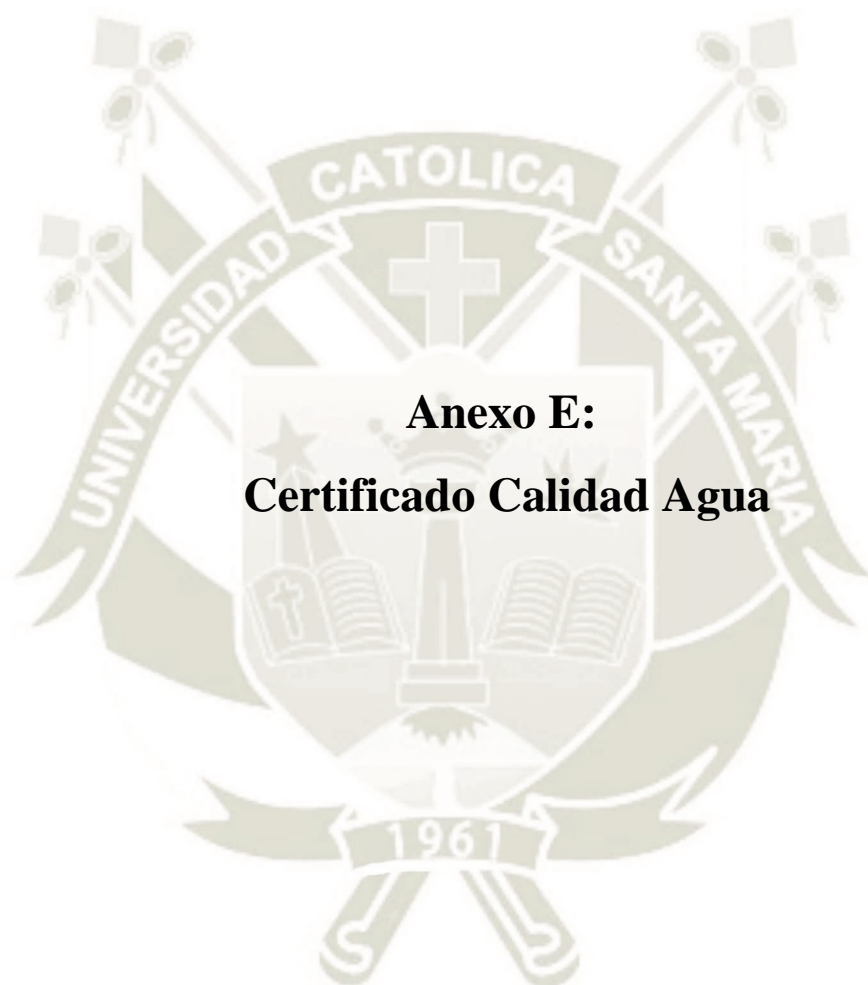

Lic. Fredy Valdivia Peña
Químico Responsable
RCQP - 842

CERTIFICO: Que estas copias fotostáticas son en los anversos exactamente igual a sus originales los que he tenido a la vista de lo que doy fe
Arequipa,
27 MAYO 2019
JAVIER RODRIGUEZ VELARDE
NOTARIO DE AREQUIPA

NOTARIA
RODRIGUEZ VELARDE
DOCUMENTO
AUTENTICADO

Av. Independencia s/n. Ciudad Universitaria
Pabellón de Química - Laboratorio 108 - Primer Piso

Teléfono. 054 - 220360
E-mail: fcnf labinvserv@unsa.edu.pe



Anexo E:
Certificado Calidad Agua



UNSA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

LABINVSERV
Laboratorio de Investigación y Servicios

INFORME DE ENSAYOS

N° DE REPORTE: 20241-18
CLIENTE: CONCRETOS SUPERMIX S. A.
DIRECCIÓN: VARIANTE DE UCHUMAYO Km 5,5, CERRO
COLORADO - AREQUIPA
ENSAYO SOLICITADO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO
PRODUCTO AGUA
CANTIDAD DE MUESTRA 01
FECHA DE RECEPCIÓN: Jueves 08 de noviembre de 2018
**CARACTERÍSTICAS Y
CONDICIONES:** BOTELLA DE PLÁSTICO
**FECHA DE ENTREGA DE
RESULTADOS:** Viernes, 23 de noviembre de 2018
REFERENCIA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA AGUA PLANTA VARIANTE
CÓDIGO DE MUESTRA 26145

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV



Página 1 de 2



LABINVSERV
Laboratorio de Investigación y Servicios

INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 20241-18

ANÁLISIS DE:	UNIDAD	RESULTADOS	METODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE
Cloruros	mg/L	23,62	Método Mercurimétrico (1, 2) 33.067 de la AOAC
Sulfatos	mg/L	26,50	Método Turbidimétrico (1, 2) de la AOAC
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	50,33	Método Volumétrico
Sólidos Totales	mg/L	161,00	Método Gravimétrico

OBSERVACIONES:

Página 2 de 2

Emitido en Arequipa, el 23 de noviembre de 2018.

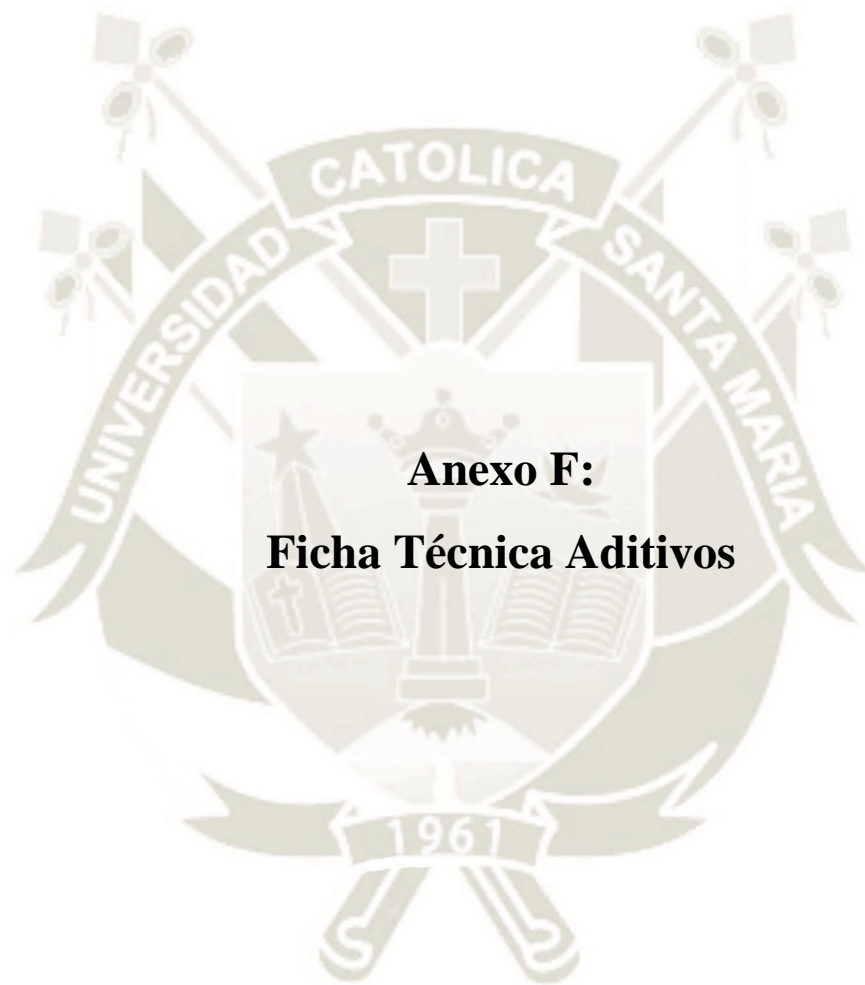
Dr. Juan Reyes Larico
Jefe de Laboratorio
RCQP - 348



Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén
Químico Responsable

CERTIFICO: Que estas copias fotostáticas son en los anversos exactamente igual a sus originales los que he tenido a la vista de lo que doy fe
Arequipa,
27 MAYO 2019
JAVIER RODRIGUEZ VELARDE
NOTARIO DE AREQUIPA





Anexo F:
Ficha Técnica Aditivos

BUILDING TRUST



HOJA TÉCNICA

Sika®-1

Impermeabilizante integral de fraguado normal.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika®-1 es un aditivo impermeabilizante a base acuosa de materiales inorgánicos de forma coloidal, que obstruye los poros y capilares del concreto o mortero mediante el gel incorporado.

USOS

- Subterráneos, cimientos, sobre cimientos y bases en contacto con el terreno.
- Mortero de asentado en las primeras hiladas de ladrillo (evitando la ascensión de la humedad por capilaridad).
- Tarrajeos exteriores, especialmente en fachadas expuestas a lluvia y riego.
- Tarrajeos interiores, especialmente en baños y cocinas.
- Tanques y estanques de agua, piscinas, canales, reservorios y otros.
- Obras hidráulicas en general.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

El empleo de Sika®-1 como aditivo hidrófugo de masa ofrece las siguientes ventajas:

- Asegura la impermeabilidad de morteros y concretos aún bajo presión de agua.
- Permite la ventilación natural de los elementos constructivos.

NORMA

Cumple con la norma IRAM 1572: Porcentaje de absorción de agua < 50% en 24 horas.

DATOS BÁSICOS

FORMA

ASPECTO

Suspensión líquida ligeramente cremosa.

COLORES

Amarillo Tenue

PRESENTACIÓN

- Paquete x 4 envases PET x 4 L.
- Balde x 20 L.
- Cilindro x 200 L.

ALMACENAMIENTO

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

2 años en lugar fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado.

Hoja Técnica
Sika®-1
22.01.15, Edición 9

1/3

DATOS TÉCNICOS	<p>DENSIDAD 0.95 ± 0.03 kg/L</p> <p>USGBC VALORACIÓN LEED Sika®-1 cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Conenido de VOC < 250 g/L (menos agua)</p>
INFORMACIÓN DEL SISTEMA	
DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS</p> <p>En morteros: Proporción de 1:10 (Sika®-1: Agua).</p> <p>En concretos: La dosis recomendada es de 42 cm³ por kilogramo de cemento</p>
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>MODO DE EMPLEO</p> <p>Sika®-1 se utiliza diluido en el agua de amasado del concreto o mortero. El empleo de este en el concreto garantiza una buena impermeabilidad en la obra, lo que hace innecesario los tarrajes impermeables posteriores, siempre que la faena de vaciado continuo de concreto cumpla con los requisitos mínimos de: dosificación, calidad de los materiales, confección, métodos de colocación adecuados y protección posterior (curado). En la confección de morteros impermeables no deben utilizarse arenas excesivamente finas, debido a que éstas producen mayores retracciones, es decir, mayor tendencia a la fisuración. Para lograr buena impermeabilidad se aconseja no utilizar morteros muy ricos en cemento ya que tienden a fisurarse. Las relaciones cemento:arena más aconsejables son 1:3 ó 1:4.</p>
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN	<p>Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma naturales o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p>
OBSERVACIONES	<p>La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe</p>
NOTAS LEGALES	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p>

Hoja Técnica
Sika®-1
22.01.15, Edición 9

2/3

BUILDING TRUST



**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 8
la misma que deberá ser destruida”**

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika®-1 :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro industrial "Las Praderas
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sika®-1
22.01.15, Edición 9

**Versión elaborada por: Sika Perú
S.A.**
CG, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



© 2014 Sika Perú S.A.

3/3

BUILDING TRUST





EUCO WR - 75®

ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA PARA PLASTICIDAD PROLONGADA

DESCRIPCIÓN

EUCO WR-75 es un aditivo líquido a base de polímeros orgánicos, formulado específicamente para obtener un excelente desempeño reduciendo la pérdida de asentamiento inicial de concreto por un periodo más largo.

APLICACIONES PRINCIPALES

EUCO WR-75 está especialmente recomendado cuando se requiere:

- Concreto premezclado.
- Concreto colocados en climas cálidos y templados.
- Cuando se requiera transporta el concreto a largas distancias.
- Excelente trabajabilidad.

CARACTERÍSTICAS / BENEFICIOS

- Permite transportar la mezcla a larga distancia.
- Mejora la cohesión y reduce la segregación.
- Facilita el bombeo y colocación del concreto a distancias largas.
- Proporciona un retardo controlado, dependiendo la dosis empleada.
- Reduce la exudación y contracción del concreto.
- No contiene cloruros ni agentes corrosivos.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Apariencia : Líquido.
Densidad : 1.16 kg/l.
Color : Incoloro a amarillo tenue.

NORMAS / ESPECIFICACIONES

Este producto cumple con las especificaciones de la norma ASTM C 494 Tipo B.

DIRECCIONES PARA SU USO

- Agregue EUCO WR- 75 al agua restante del amasado de la mezcla o directamente, no debe entrar en contacto directo con el cemento seco, no debe mezclarse con otros aditivos.
- Se puede agregar EUCO WR- 75 manualmente o con dosificadores, es un producto listo para usarse y no requiere agitación o mezclado adicional.

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211
ventasconstruccion@qsindustrial.biz
ingenieria.pe@qsindustrial.biz
www.qsindustrial.biz

1

Hoja Técnica / JM
Versión 01-QSI
Enero 2016



una empresa QUICORP



EUCO WR - 75®

ADITIVO RETARDANTE DE FRAGUA PARA PLASTICIDAD PROLONGADA

DOSIFICACIÓN

El EUCO WR-75 es usado a una dosificación 0.1– 0.3% por peso del cementos, se recomienda hacer ensayos previos para establecer la dosis.

Se recomienda realizar ensayos previos a la obra para precisar las dosis requeridas, las cuales podrían variar de las dosificaciones recomendadas debido a las diversas condiciones de cada obra y cada tipo de materiales empleados. Cualquier consulta contacte al departamento de Construcción Química Suiza Industrial del Perú.

PRESENTACIÓN

Cilindro 230kg 45.7 gal aprox.

Balde 20kg 4.6 gal aprox.

*galones americanos aproximados.

PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- Se debe proteger el EUCO WR- 75 contra el congelamiento.
- Se deberá de tener cuidado cuando se aplique en temperaturas de ambiente menores a 15°C ya que puede presentar tiempos de fraguados iniciales y finales prolongados.
- Los cambios en los tipos de cemento, agregados y temperatura modifican el desempeño de los aditivos en la mezcla de concreto, variando resultados en el concreto fresco y endurecido.
- No utilice aire para su agitación.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

EUCO WR -75 debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

Vida útil de almacenamiento: 1 año.

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211
ventasconstruccion@qsindustrial.biz
ingenieria.pe@qsindustrial.biz
www.qsindustrial.biz

2

Hoja Técnica / JM
Versión 01-QSI
Enero 2016



una empresa QUICORP



NEOPLAST 8500 HP®

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

DESCRIPCIÓN

NEOPLAST 8500 HP es un aditivo para concreto especialmente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad, reductor de agua de alto rango sin retardo y optimizador de cemento en mezclas de concreto, está diseñado para ser empleado en climas cálidos y fríos.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto autocompactados.
- Concreto de baja relaciones agua/cemento.
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto fluido de alto asentamiento.
- Concreto reforzado.

BENEFICIOS

- Produce concreto fluidos sin retardo.
- Permite que el concreto o mortero sea transportado a largas distancias.
- Reduce más de 45% del agua de amasado.
- Reduce la segregación y exudación en el concreto plástico.
- Reduce las fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Densidad : 1.10 kg/L
Color : Ámbar oscuro
Apariencia : Líquido

ESPECIFICACIONES /NORMA

El NEOPLAST 8500 HP cumple con la clasificación de la norma NTP 334.088 y ASTM C-494, Tipo F. (*).

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211
ventasconstruccion@qsindustrial.biz
ingenieria.pe@qsindustrial.biz
www.qsindustrial.biz

1

Hoja Técnica / JM
Versión 01-QSI
Enero 2016



una empresa QUICORP



NEOPLAST 8500 HP®

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

INSTRUCCIONES DE USO

NEOPLAST 8500 HP se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra húmeda dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra. Agregue NEOPLAST 8500 HP al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco.

Las variaciones en la pérdida de asentamiento y fraguado están en función a la cantidad usada del aditivo, característica del cemento y el diseño de mezcla elegido

DOSIFICACIÓN

El NEOPLAST 8500 HP es recomendado usar a una dosificación 0.2– 2.0% por peso del cemento. Se recomienda hacer ensayos previos para establecer la dosis según los requerimientos establecidos en obra.

PRESENTACIÓN

- Tanques 1100 kg
- Cilindro 180 kg
- Balde 20 kg

PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- Se debe proteger el NEOPLAST 8500 HP contra el congelamiento. Nunca agite con aire.
- Los cambios en los tipos de cemento, agregados y temperatura modifican el desempeño de los aditivos en la mezcla de concreto, variando resultados en el concreto fresco y endurecido.
- No es compatible con los aditivos base naftalenos.
- Se debe consultar con nuestros Asesores Técnicos cada vez que se tenga dudas respecto al uso del producto. De esta manera, podrá definir la solución que ofrezca un mejor costo-beneficio a nuestro cliente.
- EL producto debe almacenarse en su envase original, bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.
(*) NEOPLAST 8500 HP clasifica la norma en la dosis de 0.5%.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

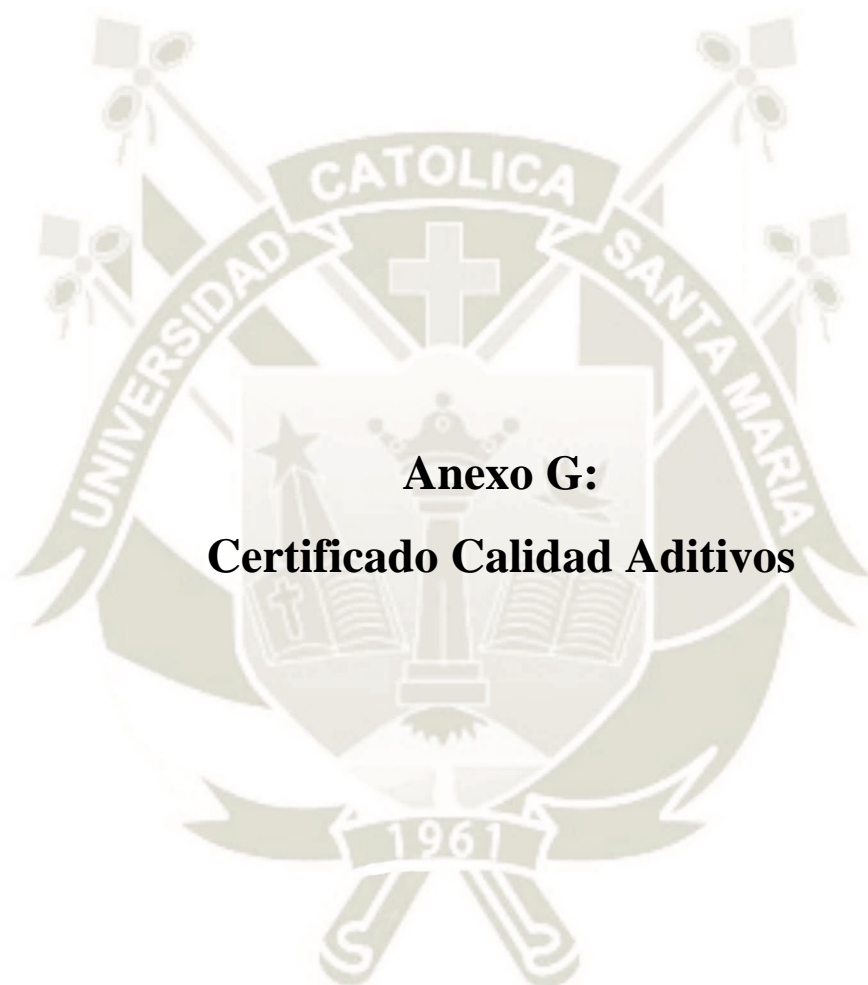
NEOPLAST 8500 HP debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

Vida útil de almacenamiento: 12 meses.

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211
ventasconstruccion@qsindustrial.biz
ingenieria.pe@qsindustrial.biz
www.qsindustrial.biz

2

Hoja Técnica / JM
Versión 01-QSI
Enero 2016



**Anexo G:
Certificado Calidad Aditivos**

CERTIFICADO DE CALIDAD

BUILDING TRUST



El presente documento presenta el Estado Permissible de las especificaciones técnicas de nuestro producto **Sika® 1 en Polvo**.

1. ESTADO PERMISIBLE:

Aspecto : Polvo color crema, sin grumos
Sólidos por Deseccación (%) : 95.0 - 99.0
Fecha de Vencimiento : 02 años

2. REFERENCIA:

NICC : 1104000
Edición : 7

Atentamente,

Lurín, Enero de 2019

Formato CC-F 12
Autorizado por: CVS
Fecha: 05/07/13
Edición: 5



Claudia Vargas
Gerente de Laboratorio
Sika Perú S.A.C.

LA INFORMACIÓN Y EN PARTICULAR LAS RECOMENDACIONES DE ESTA INSTRUCCIÓN DE USO ESTÁN BASADAS EN LOS ACTUALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA, Y EN PRUEBAS QUE CONSIDERAMOS SEGURAS SOBRE LOS PRODUCTOS APROPIADAMENTE ALMACENADOS, MANIPULADOS Y UTILIZADOS EN LAS CONDICIONES NORMALES DESCRITAS. EN LA PRÁCTICA, Y NO PUDIENDO CONTROLAR LAS CONDICIONES DE APLICACIÓN (TEMPERATURA, ESTADO DE LOS SUSTRATOS, ETC.), NO NOS RESPONSABILIZAMOS POR NINGÚN DAÑO, PERJUICIO O PÉRDIDA OCASIONADAS POR EL USO INADECUADO DEL PRODUCTO. ACONSEJAMOS AL USUARIO QUE PREVIAMENTE DETERMINE SI EL MISMO ES APROPIADO PARA EL USO PARTICULAR PROPUESTO. TODOS LOS PEDIDOS ESTÁN SUJETOS A NUESTROS TÉRMINOS CORRIENTES DE VENTA Y ENTREGA. LOS USUARIOS SIEMPRE DEBEN REMITIRSE A LA ÚLTIMA EDICIÓN DE LAS HOJAS TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS; CUYAS COPIAS SE ENTREGARÁN A SOLICITUD DEL INTERESADO O A LAS QUE PUEDEN ACCEDER EN INTERNET A TRAVÉS DE NUESTRA PÁGINA WEB WWW.SIKA.COM.PE

SIKA PERU S.A.C.

Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. "B" Lote 6, Lurín - L3 Lima - Perú
Telf: +51 1 618 6060 · Fax: +51 1 618 6070 · www.sika.com.pe



CERTIFICADO DE CALIDAD

CIUDAD DE DESPACHO	LIMA – PERU
PRODUCTO	EUCO WR 75
LOTE	81010568
FECHA DE FABRICACION	oct-18
FECHA DE EXPIRACION	oct-19

PROPIEDAD	ESPECIFICACION		LOTE REAL
ASPECTO QSIPE.06.GU.003 METODO VISUAL	Líquido incoloro a amarillo tenüe.		CONFORME
	Minimo	Maximo	
DENSIDAD (g/mL) (24 ± 1 °C) QSIPE.06.GU.005 METODO PICNOMETRO	1.146	1.166	1.158
pH (pH-metro)(24 ± 1 °C) QSIPE.06.GU.006 METODO POTENCIOMETRICO	6.00	8.00	7.75
% SOLIDOS (desecador a 110 °C) QSIPE.06.GU.007 DESECADOR HALOGENO	30.00	32.00	31.19
INFRAROJO (factor de Correlación) QSIPE.06.GU.024 ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA FTIR)	0.98	1.00	0.992099
OBSERVACIONES:			
Visto los resultados reales comparados con los especificados, se aprueba el producto fabricado. La fecha de expiración es de un año en condiciones normales de almacenamiento.			



Ing. Graciela Ramón Vicente
SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD

QSI PERU S.A.
Av. República de Panamá 2577, Lima 13 – Perú
T: +51-1710-4000

Línea gratuita: 0-800-70863
atencionalcliente@qsindustrial.biz
www.qsindustrial.biz



CERTIFICADO DE CALIDAD

CIUDAD DE DESPACHO	LIMA – PERU
PRODUCTO	NEOPLAST 8500 HP
LOTE	81010599
FECHA DE FABRICACION	oct-18
FECHA DE EXPIRACION	oct-19

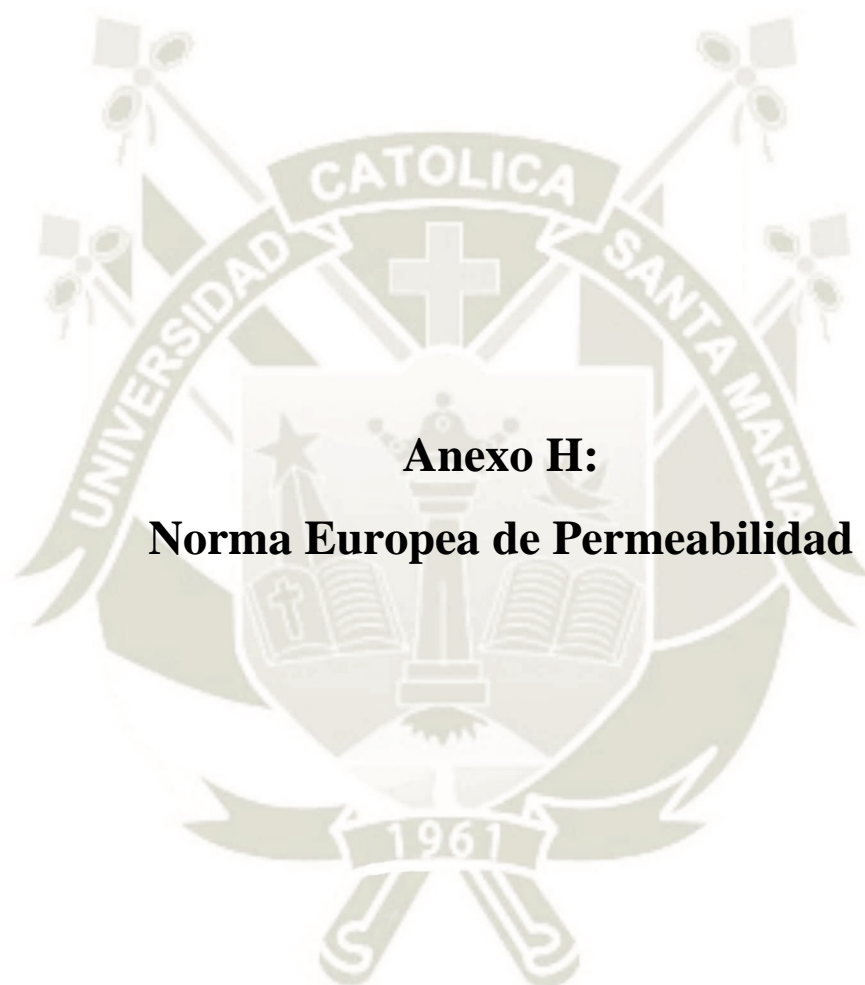
PROPIEDAD	ESPECIFICACION		LOTE REAL
ASPECTO QSIPE.06.GU.003 METODO VISUAL	Líquido ámbar.		CONFORME
	Minimo	Maximo	
DENSIDAD (g/mL) (24 ± 1 °C) QSIPE.06.GU.005 METODO PICNOMETRO	1.090	1.130	1.111
% SOLIDOS (desecador a 110°C) QSIPE.06.GU.007 DESECADOR HALOGENO	50.70	54.70	51.57
INFRAROJO (factor de Correlación) QSIPE.06.GU.024 ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA FTIR)	0.98	1.00	0.992833
OBSERVACIONES:			
Visto los resultados reales comparados con los especificados, se aprueba el producto fabricado. La fecha de expiración es de un año en condiciones normales de almacenamiento.			



Ing. Graciela Ramón Vicente
SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD

QSI PERU S.A.
Av. República de Panamá 2577, Lima 13 – Perú
T: +51-1710-4000

Línea gratuita: 0-800-70863
atencionalcliente@qsindustrial.biz
www.qsindustrial.biz



Anexo H:
Norma Europea de Permeabilidad

norma española

UNE-EN 12390-8

Junio 2001

TÍTULO

Ensayos de hormigón endurecido

Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión

Testing hardened concrete. Part 8: Depth of penetration of water under pressure.

Essai pour béton durci. Partie 8: Profondeur de pénétration d'eau sous pression.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 12390-8 de octubre 2000.

OBSERVACIONES

Esta norma anulará y sustituirá a la Norma UNE 83309 EX de junio 1990 antes de 2004-01-01.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 83 *Hormigón* cuya Secretaría desempeña ANEFHOP.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 26597:2001

© AENOR 2001
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

8 Páginas

Grupo 8

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD DA CORUÑA

EN 12390-8:2000

- 6 -

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma especifica un método para determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión en hormigones endurecidos que han sido curados en agua.

2 FUNDAMENTO

El agua es aplicada bajo presión a la superficie del hormigón endurecido. A continuación se divide la probeta por rotura en dos mitades y se mide la profundidad de penetración del frente de agua.

3 APARATOS

3.1 Equipo de ensayo

El equipo consistirá en cualquier equipo en el que la probeta de ensayo, de dimensiones dadas, se pueda situar de tal manera que la presión del agua pueda actuar sobre la zona de ensayo y se visualice la presión aplicada de forma continua. Un ejemplo de un dispositivo de ensayo se muestra en la figura 1.

NOTA 1 – Es preferible que el aparato permita observar las otras caras de la probeta de ensayo.

NOTA 2 – La presión de agua se puede aplicar a la superficie de la probeta de ensayo ya sea por el fondo o por la parte superior.

Se debe realizar un sellado suficiente con caucho u otro material similar.

Las dimensiones de la zona de ensayo serán aproximadamente la mitad de la longitud del lado o del diámetro de la superficie de la cara de la probeta.

4 PROBETAS DE ENSAYO

Las probetas serán cúbicas, cilíndricas o prismáticas de longitud de lado, o diámetro, no menor de 150 mm.

5 PROCEDIMIENTO

5.1 Preparación de la probeta de ensayo

Inmediatamente después de desmoldar la probeta, se desbasta la superficie de la cara de la probeta que va a estar expuesta a la presión del agua, con un cepillo de púas metálicas

5.2 Aplicación del agua a presión

El ensayo debe comenzar cuando las probeta tengan al menos una edad de 28 días. No aplicar el agua a presión a la cara de acabado de la probeta. La probeta se coloca en el aparato de ensayo y se aplica al agua una presión de (500 ± 50) kPa durante (72 ± 2) h. Durante el ensayo, se observaran periódicamente el estado de las superficies de la probeta de ensayo no expuestas al agua a presión para observar la posible presencia de agua. Si se observaran filtraciones, se reconsiderara la validez del resultado y el hecho será anotado en el informe.

NOTA – El uso de agua de red se considera satisfactorio.

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD DA CORUÑA

5.3 Examen de probeta

Después de aplicar la presión durante el tiempo especificado, se retira la probeta del dispositivo de ensayo. Se limpia la cara a la que se aplicó la presión de agua para retirar el exceso de agua. Se rompe la probeta en dos mitades, perpendicularmente a la cara en la que se aplica la presión de agua. Cuando se rompa la probeta, y durante el examen, la cara de la probeta expuesta a la presión de agua se situará en el fondo. Tan pronto como la cara partida se ha secado de forma tal que se puede ver claramente la extensión del frente de penetración de agua, se marca en la probeta dicho frente de penetración. Se mide la profundidad máxima de penetración bajo la superficie de ensayo y se redondea al mm más próximo.

6 RESULTADO DEL ENSAYO

El resultado del ensayo es la profundidad máxima de penetración, redondeada al mm más próximo.

7 INFORME DEL ENSAYO

El informe debe incluir

- a) identificación de la probeta de ensayo;
- b) fecha y hora de realización del ensayo;
- c) descripción de la probeta;
- d) dirección de aplicación del agua a presión con relación a la dirección de hormigonado;
- e) profundidad de penetración máxima, en milímetros;
- f) cualquier filtración y consideración sobre la validez de los resultados, (si procede);
- g) cualquier desviación respecto al método de ensayo normalizado;
- h) una declaración de la persona técnicamente responsable de la realización del ensayo de que este fue realizado de acuerdo con esta norma, excepto lo anotado en el punto g).

8 PRECISIÓN

No existen datos disponibles sobre la precisión.



Anexo I:
Diseño de Mezclas por el Método de Módulo de Fineza

DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO MEDIANTE EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINEZA

I.- PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO Y AGREGADOS

N°	MATERIAL	PROCEDECIA	P. ESP.	% ABS	MF	P.U.S.	P.U.C.	% HUM.	MALLA 200	% MATERIAL
1	Cemento Tipo IP	Yura	2830	-	-	-	-	-	-	-
2	Agua	Arequipa	1000	-	-	-	-	-	-	-
3	Arena Gruesa	La poderosa	2589	2.26	2.7	1630	1842	2.25	9.00	-
4	Piedra 3/4" Huso 67	La poderosa	2748	0.7	6.55	1446	1644	0.10	0.5	85%
5	Piedra 1" Huso 5	La poderosa	2783	0.63	7.6	1447	1630	0.00	0.48	15%
6	Neoplast 8500 HP	QSI	1101	-	-	-	-	-	-	0.30%
7	Euco WR 75	QSI	1156	-	-	-	-	-	-	0.30%

II.- REQUISITOS DEL DISEÑO

- 1) Relación Agua/Cemento
- 2) Tamaño Máximo Nominal
- 3) Slump
- 4) Factor Cemento

0.70
1"
7"
260

- 5) Volumen Unitario de Agua

Relación $\frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$ * Factor Cemento	0.70 * 260 =	182
--	--------------	-----

- 6) Pasta

Factor Cemento + $\frac{\text{Volumen Unitario de Agua}}{\text{P. Esp Cemento}}$	$\frac{260}{2830} + \frac{182}{1000} =$	0.27
--	---	------

- 7) Porcentaje de Agregado Fino RF

0.47

- 8) Modulo de Fineza de la Combinación de los Agregados

(Porcentaje de Agregado Fino RF * MF Arena) + ((1 - Porcentaje de Agregado Fino RF) * (MF ₄ ³ * %Material ₄ ³ + MF1 * %Material1))
--

Dato: Se determino que esta es la mejor combinación, cumpliendo con la curva granulométrica.

$(0.47 * 2.70) + ((1 - 0.47) * (6.55 * 85\% + 7.60 * 15\%)) =$	4.82
--	------

- 9) Porcentaje de Agregado Fino Absoluto

Porcentaje de Agregado Fino RF * $(1 - \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{P. Esp Cemento}} + \frac{\text{Volumen Unitario de Agua}}{1000})$	$0.47 * (1 - \frac{260}{2830} + \frac{182}{1000}) =$	0.34
---	--	------

- 10) Porcentaje de Agregado Grueso Absoluto

(1 - Pasta) * (1 - Porcentaje de Agregado Fino RF)	$(1 - 0.27) * (1 - 0.47) =$	0.38
--	-----------------------------	------

III.- DISEÑO DE MEZCLA

DISEÑO EN SECO

PESO SSS (kg/m3)

- 11) Cemento = (Paso 4)
- 12) Agua = (Paso 5)
- 13) Arena Gruesa = (Paso 9 * P. Esp. Arena)
- 14) Piedra 3/4" = (Paso 10 * % Material 3/4" * P. Esp. Piedra 3/4")
- 15) Piedra 1" = (Paso 10 * % Material 1" * P. Esp. Piedra 1")
- 16) Neoplast 8500 HP = (Paso 4 * %Material Dosis según Hoja Técnica ANEXO F)
- 17) Euco WR 75 = (Paso 4 * %Material Dosis según Hoja Técnica ANEXO F)

260 =	260	kg/m3
0.70 * 260 =	182	kg/m3
0.35 * 2589 =	883.6	kg/m3
0.38 * 85% * 2748 =	898.9	kg/m3
0.37 * 15% * 2783 =	160.7	kg/m3
260 * 0.30% =	0.78	kg/m3
260 * 0.30% =	0.78	kg/m3

VOLUMEN SSS (%)

- 18) Cemento = (Paso 4 / P. Esp. Cemento)
- 19) Agua = (Paso 5 / 1000)
- 20) Arena Gruesa = (Paso 9)
- 21) Piedra 3/4" = (Paso 10 * %Material)
- 22) Piedra 1" = (Paso 10 * %Material)
- 23) Neoplast 8500 HP = (Paso 16 / P. Esp. Neoplast 8500 HP)
- 24) Euco WR 75 = (Paso 17 / P. Esp. Euco WR 75)

260 / 2830 =	0.0919	%
182 / 1000 =	0.1820	%
$0.47 * (1 - (260/2830) + (182/1000)) =$	0.3413	%
0.38 * 85% =	0.3271	%
0.38 * 15% =	0.0577	%
0.78 / 1101 =	0.0007	%
0.78 / 1156 =	0.0007	%

PESO SECO (kg/m3)

- 25) Cemento = (Paso 11)
- 26) Agua = (Paso 12)
- 27) Arena Gruesa = (Paso 13 / (1 + %Absorción Arena/100))
- 28) Piedra 3/4" = (Paso 14 / (1 + %Absorción Piedra 3/4"/100))
- 29) Piedra 1" = (Paso 15 / (1 + %Absorción Piedra 1"/100))
- 30) Neoplast 8500 HP = (Paso 16)
- 31) Euco WR 75 = (Paso 17)

260 =	260	kg/m3
0.70 * 260 =	182	kg/m3
$(884 / (1 + 2.26/100)) =$	864	kg/m3
$(899 / (1 + 0.70/100)) =$	893	kg/m3
$(161 / (1 + 0.63/100)) =$	160	kg/m3
260 * 0.30% =	0.78	kg/m3
260 * 0.30% =	0.78	kg/m3

DISEÑO HUMEDO

PESO HUMEDO (kg/m3)

32) Cemento = (Paso 25)	260 =
33) Agua = (Paso 26 + ((%AbsArena- %HumArena)/100) * Paso 27 + ((%AbsPiedra3/4"-%HumPiedra3/4")/100) * Paso 28 + ((%AbsPiedra1"- %HumPiedra1")/100)*Paso 29)	$(182 + ((2.26-2.25)/100 * 864 + (0.70-0.10)/100 * 893 + (0.63-0.00)/100 * 160) =$
34) Arena Gruesa = (Paso 27 * (1+%HumArena/100))	$(864 * (1 + (2.25/100)))$
35) Piedra 3/4" = (Paso 28 * (1+%HumPiedra3/4"/100))	$(893 * (1 + (0.10/100)))$
36) Piedra 1" = (Paso 29 * (1+%HumPiedra1"/100))	$(160 * (1 + (0.00/100)))$
37) Neoplast 8500 HP = (Paso 30)	$260 * 0.30\% =$
38) Euco WR 75 = (Paso 31)	$260 * 0.30\% =$

**TANDA
(0.028)**

260	kg/m3	7.28	kg/m3
188	kg/m3	5.28	kg/m3
883	kg/m3	24.74	kg/m3
894	kg/m3	25.02	kg/m3
160	kg/m3	4.47	kg/m3
0.78	kg/m3	0.02	kg/m3
0.78	kg/m3	0.02	kg/m3

Nota: El presente diseño muestra las cantidades corregidas durante los ensayos que varían con los diseños teóricos mostrados en el Capítulo IV.

39) PROPORCIONES POR PESO

$$\frac{260}{260} \quad \frac{883}{260} \quad \frac{894}{260} \quad \frac{160}{260} \quad \frac{188}{6.0}$$

$$\frac{1}{C} \quad : \quad \frac{3.40}{\text{Arena.Gruesa}} \quad : \quad \frac{3.44}{\text{Piedra3/4"}} \quad : \quad \frac{0.62}{\text{Piedra1"}} \quad : \quad \frac{31.33}{\text{Agua}}$$

40) PESOS POR TANDA DE UN SACO

CEMENTO	1 X 42.5 =	42.5	KG/BOLSA
AGUA	188 / 6.0 =	31.3	LT/BOLSA
ARENA	3.40 * 42.5 =	144.5	KG/BOLSA
PIEDRA DE 3/4"	3.44 * 42.5 =	146.2	KG/BOLSA
PIEDRA DE 1"	0.62 * 42.5 =	26.4	KG/BOLSA