



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

**Aditivo superplastificante y su influencia en la
consistencia y desarrollo de resistencias de
concreto para $F'_{C} = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$.
Huancayo, 2016**

Kemmer Emely Sánchez Zárate

Huancayo, 2017

Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniera Civil



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Mg. Ing. Richard Hugo Reymundo Gamarra

Dr. Ing. Eusebio Zenón Castro León

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental de Ciencias e Ingeniería por el apoyo que me prestaron en el desarrollo de esta tesis, y en particular a mis asesores el Mg. Ing. Richard Hugo Reymundo Gamarra, por el soporte técnico, y el Dr. Ing. Eusebio Zenón Castro León, por el soporte metodológico en el desarrollo de mi tesis.

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial.

ÍNDICE

PORTADA.....	i
ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. ESPACIAL.....	2
1.2.2. TEMPORAL.....	2
1.2.3. CONCEPTUAL.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. PROBLEMA GENERAL.....	3
1.3.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	3
1.5. HIPÓTESIS.....	4
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	4
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	4
1.6. METODOLOGÍA.....	4
1.6.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.6.2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.7. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS.....	5
1.7.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10

2.2.1.	GENERALIDADES DEL CONCRETO.....	10
2.2.2.	COMPONENTES DEL CONCRETO	11
2.2.3.	PROPIEDADES DEL CONCRETO	33
2.2.4.	DISEÑOS DE MEZCLAS	36
2.2.5.	CONCRETO RHEOPLÁSTICO	37
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	39
CAPÍTULO III MÉTODO.....		41
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
3.1.1.	SEGÚN SU APLICACIÓN	41
3.1.2.	SEGÚN SU FIN.....	41
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
3.3.1.	POBLACIÓN.....	42
3.3.2.	MUESTRA.....	42
3.4.	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	42
3.4.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	42
3.4.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	42
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	43
3.6.	METODOLOGIA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	43
3.7.	EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
3.7.1.	ETAPA 1: SELECCIÓN DE MATERIALES.....	46
3.7.2.	ETAPA 2: MARCO NORMATIVO DE LOS ENSAYOS.....	48
3.7.3.	ETAPA 3: INVESTIGACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	50
3.7.4.	ETAPA 4: DISEÑO DE MEZCLA	63
3.7.5.	ETAPA 5: ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO.....	64
3.7.6.	ETAPA 6: ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO	68
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....		70
4.1.	GENERALIDADES.....	70
4.2.	ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO	70
4.2.1.	TRABAJABILIDAD	70
4.2.2.	TIEMPO DE FRAGUADO.....	88
4.3.	ENSAYO AL CONCRETO ENDURECIDO.....	94
4.3.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	94
4.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	103

4.5. PRUEBA DE HIPOTESIS.....	103
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
5.1. CONCLUSIONES	104
5.1.1. TRABAJABILIDAD	104
5.1.2. TIEMPO DE FRAGUADO.....	107
5.1.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	108
5.2. RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXOS	112

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1. Cronograma de actividades.	5
Tabla 2-1. Patología del concreto.	7
Tabla 2-2. Límites permisibles para agua de mezcla y curado.	15
Tabla 2-3. Límites permisibles para granulometría de agregado fino.	23
Tabla 2-4. Límites máximos de sustancias perjudiciales permisibles del agregado fino.	24
Tabla 2-5. Requisitos granulométricos del agregado grueso.	25
Tabla 2-6. Límites máximos de sustancias perjudiciales en el agregado grueso.	26
Tabla 2-7. Consistencia-asentamiento del concreto.	34
Tabla 2-8. Tolerancias en asentamientos del concreto.	34
Tabla 3-1. Normas de los ensayos y requisitos técnicos de las propiedades de los materiales del concreto.	49
Tabla 3-2. Normas de los ensayos en estado fresco.	50
Tabla 3-3. Normas de los ensayos en estado endurecido.	50
Tabla 3-4. Resultados de los ensayos de las propiedades físicas del cemento portland Tipo I "Andino" (Pasquel 1998).	51
Tabla 3-5. Resultados de los ensayos de las propiedades químicas del cemento portland Tipo I "Andino".	51
Tabla 3-6. Cantidad de muestra en función del tamaño del agregado.	53
Tabla 4-1. Resumen del ensayo de asentamiento máximo del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.	73
Tabla 4-2. Resumen del tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 3 1/2" para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.	75
Tabla 4-3. Porcentaje de aire atrapado en el concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.	79
Tabla 4-4. Resumen del ensayo de peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.	82
Tabla 4-5. Resumen del ensayo de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.	85
Tabla 4-6. Resumen del ensayo tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.	89
Tabla 4-7. Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.	95
Tabla 4-8. Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, con respecto a las resistencias a la compresión 175 kg/cm ² de relación a/c = 0.63.	96
Tabla 4-9. Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, con respecto a las resistencias a la compresión 210 kg/cm ² de relación a/c = 0.56.	96

Tabla 4-10. Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, con respecto a las resistencias a la compresión 245 kg/cm ² de relación a/c = 0.51.....	97
Tabla 4-11. Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto expresadas como porcentaje de la resistencia del concreto patrón 175 kg/cm ² de relación a/c = 0.63.	100
Tabla 4-12. Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto expresadas como porcentaje de la resistencia del concreto patrón 210 kg/cm ² de relación a/c = 0.56.	101
Tabla 4-13. Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto expresadas como porcentaje de la resistencia del concreto patrón 245 kg/cm ² de relación a/c = 0.51.	101
Tabla 4-14. Resistencia a la compresión del concreto para diferentes dosis de aditivo, expresadas como porcentaje de la resistencia a los 28 días del concreto 175 kg/cm ² de relación a/c = 0.63.	101
Tabla 4-15. Resistencia a la compresión del concreto para diferentes dosis de aditivo, expresadas como porcentaje de la resistencia a los 28 días del concreto 210 kg/cm ² de relación a/c = 0.56.	102
Tabla 4-16. Resistencia a la compresión del concreto para diferentes dosis de aditivo, expresadas como porcentaje de la resistencia a los 28 días del concreto 245 kg/cm ² de relación a/c = 0.51.	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto.	12
Figura 2-2. Resistencia a la compresión.	14
Figura 2-3. Distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno.....	18
Figura 2-4. Condiciones de humedad de los agregados.	20
Figura 2-5. Estructura molecular de un aditivo superplastificante lignosulfonato modificado (Alonso 2011).	29
Figura 2-6. Estructura molecular básica de un aditivo superplastificante a) derivado de melamina y b) derivado de naftaleno (Alonso 2011).	30
Figura 2-7. Esquema del mecanismo de absorción de aditivos superplastificantes convencionales en partículas de cemento. Repulsión electrostática (Alonso 2011).	31
Figura 2-8. Estructura química y molecular de un aditivo PCE (Alonso 2011).....	32
Figura 2-9. Esquema del mecanismo de absorción y repulsión de aditivos PCE en partículas de cemento. Repulsión electrostática (Alonso 2011).	33
Figura 2-10. Comparación gráfica de concreto rheoplástico con vibración y sin él.....	37
Figura 2-11. Gráfica de asentamiento versus horas del concreto rheoplástico.....	38
Figura 2-12. Gráfica de desarrollo de resistencias del concreto rheoplástico.....	39
Figura 3-1. Flujograma de mezclas a realizar en la investigación.	44
Figura 3-2. Diagrama de etapas de trabajo para la ejecución del proyecto	45
Figura 3-3. Ubicación geográfica del banco de arena Pilcomayo.	46
Figura 3-4. Ubicación geográfica de la planta chancadora Pilcomayo.	47
Figura 3-5. Aditivo Superplastificante Rheobuild 1000.	48
Figura 3-6. Reducción a tamaño de prueba del agregado fino, mediante cuarteo manual.	54
Figura 3-7. Ensayo del peso específico y absorción de la arena haciendo uso de una probeta graduada.	55
Figura 3-8. Ensayo del peso específico y absorción de la piedra haciendo uso de la canastilla.....	57
Figura 3-9. Ensayo peso unitario compactado de la piedra.....	59
Figura 3-10. Ensayo peso unitario compactado de la arena.....	60
Figura 3-11. Ensayo peso unitario suelto de la arena.	60
Figura 3-12. Ensayo peso unitario suelto de la piedra.....	61
Figura 3-13. Ensayo humedad piedra (muestra seca y muestra secada al horno).	62
Figura 3-14. Ensayo de granulometría piedra y arena.	63
Figura 3-15. Ensayo de asentamiento utilizando el cono de Abrams.	64
Figura 3-16. Ensayo de aire atrapado.....	65
Figura 3-17. Ensayo de peso unitario.	66
Figura 3-18. Ensayo de exudación.....	67
Figura 3-19. Ensayo de tiempo de fragua.	67
Figura 3-20. Curado de probetas de concreto.....	68
Figura 3-21. Ensayo de resistencia a la compresión $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.	69
Figura 4-1. Pérdida de asentamiento del concreto en el tiempo para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.63$).....	71
Figura 4-2. Pérdida de asentamiento del concreto en el tiempo para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.56$).....	71
Figura 4-3. Pérdida de asentamiento del concreto en el tiempo para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.51$).....	72

Figura 4-4. Asentamiento máximo del concreto para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.63$).....	73
Figura 4-5. Asentamiento máximo del concreto para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.56$).....	74
Figura 4-6. Asentamiento máximo del concreto para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.51$).....	74
Figura 4-7. Tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ " para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.63$).....	75
Figura 4-8. Tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ " para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.56$).....	76
Figura 4-9. Tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$ " para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.51$).....	76
Figura 4-10. Temperatura promedio del concreto para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 175, 210$ y 245 kg/cm^2 con relaciones ($a/c = 0.63, 0.56$ y 0.51), respectivamente.	78
Figura 4-11. Porcentaje de aire atrapado para dosis de aditivo con respecto a $f'c = 175, 210$ y 245 kg/cm^2 con relaciones ($a/c = 0.63, 0.56$ y 0.51), respectivamente.	79
Figura 4-12. Porcentaje de aire atrapado para dosis de aditivo con respecto a $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c = 0.63$	80
Figura 4-13. Porcentaje de aire atrapado para dosis de aditivo con respecto a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c = 0.56$	80
Figura 4-14. Porcentaje de aire atrapado para dosis de aditivo con respecto a $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c = 0.51$	81
Figura 4-15. Peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión $175, 210$ y 245 kg/cm^2 de relaciones $a/c = 0.63, 0.56$ y 0.51 , respectivamente.....	82
Figura 4-16. Peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.63$	83
Figura 4-17. Peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 210 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.56$	83
Figura 4-18. Peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.51$	84
Figura 4-19. Porcentaje de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión $175, 210$ y 245 kg/cm^2 de relaciones $a/c = 0.63, 0.56$ y 0.51 , respectivamente.	86
Figura 4-20. Porcentaje de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 175 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.63$	86
Figura 4-21. Porcentaje de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 210 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.56$	87
Figura 4-22. Porcentaje de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.51$	87
Figura 4-23. Tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 175 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.63$	89
Figura 4-24. Tiempo de fraguado inicial del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 175 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.63$	90
Figura 4-25. Tiempo de fraguado final del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 175 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.63$	90
Figura 4-26. Tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 210 kg/cm^2 con relación $a/c = 0.56$	91

Figura 4-27. Tiempo de fraguado inicial del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 210 kg/cm ² con relación a/c = 0.56.	91
Figura 4-28. Tiempo de fraguado final del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 210 kg/cm ² con relación a/c = 0.56.	92
Figura 4-29. Tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm ² con relación a/c = 0.51.	92
Figura 4-30. Tiempo de fraguado inicial del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm ² con relación a/c = 0.51.	93
Figura 4-31. Tiempo de fraguado final del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm ² con relación a/c = 0.51.	93
Figura 4-32. Resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, en mezclas patrones De resistencia a la compresión 175,210 y 245 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51.	95
Figura 4-33. Resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 175 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63.	97
Figura 4-34. Resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 210 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.56.	98
Figura 4-35. Resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 245 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.51.	98
Figura 4-36. Resistencia a la compresión del concreto con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 175 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63.	99
Figura 4-37. Resistencia a la compresión del concreto con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 175 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63.	99
Figura 4-38. Resistencia a la compresión del concreto con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 175 kg/cm ² de relaciones a/c = 0.63.	100

RESUMEN

Un aditivo superplastificante se caracteriza por su superior capacidad reductora de agua, también por qué en su síntesis pueden modificarse secuencias que permiten modular propiedades como el mantenimiento de consistencia (persistencia del efecto dispersante), la evolución de resistencia inicial y, lo más importante, adaptar la compatibilidad del aditivo a cada cemento en particular.

Rheobuild 1000 es un aditivo que, gracias a su composición química, permite reducir el agua de amasado de concreto decididamente más marcada en comparación con el resto de superplastificantes de la línea Rheobuild y así aumentar en gran medida la especialmente el desarrollo de la resistencia mecánica y retención del asentamiento del concreto.

ABSTRACT

Superplasticizer additive is characterized by its superior capacity to reduce water, also why in their synthesis can be modified sequences allowing modular properties such as maintaining consistency (persistent dispersing effect), the evolution of initial resistance and, most importantly, compatibility of the additive adapted to each cement in particular.

Rheobuild 1000 is an additive that thanks to its chemical composition allows to reduce the mixing water of concrete decidedly more marked compared with the rest of the Rheobuild superplasticizers line, and thus greatly increase especially the development of resistance mechanics and concrete slump retention.

INTRODUCCIÓN

En los últimos diez a veinte años, los materiales de la construcción destinados a fabricar el concreto han experimentado grandes cambios. Estos se han debido a los materiales de construcción en sí y a sus métodos de fabricación según las exigencias del mercado de la construcción. El aditivo superplastificante Rheobuild 1000 es un producto diseñado para desarrollar en el concreto resistencias de alto rango, para curar tanto a corto como a largo plazo, con características de alta capacidad diluyentes y buena manejabilidad asociado con retención del asentamiento del concreto.

La presente tesis tiene como objeto determinar la influencia de uso del aditivo superplastificante Rheobuild 1000 en la consistencia y resistencia del concreto rheoplástico para $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Huancayo, 2016.

La finalidad de la investigación es calcular y analizar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, consistencia y resistencia respectivamente debido a la incorporación del aditivo superplastificante en las mezclas patrones. El estudio contribuirá a formalizar y mejorar la calidad de producción del concreto en nuestro medio, pues los usuarios tendrán el conocimiento e información necesaria sobre las posibilidades y limitaciones que ofrece el uso del aditivo superplastificante en el concreto.

La tesis tiene seis capítulos: El capítulo I señala al planteamiento del problema, en que se describen los problemas, objetivos, hipótesis y variables del proyecto.

En el capítulo 2 se desarrollan las consideraciones teóricas de la tecnología del concreto, elaborado para describir la terminología a emplear, para facilitar la comprensión del lector de los capítulos posteriores.

En el capítulo 3 se expone la metodológica de la investigación. Comprende el planteamiento del enfoque, diseño, población, muestra y desarrollo experimental del proyecto.

En el capítulo 4 se presentan los resultados y análisis obtenidos de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, consistencia y resistencia, respectivamente, debido a la incorporación del aditivo superplastificante en la mezclas patrones.

En el capítulo 5 se hace mención a las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

En la parte final se muestran las referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La economía basada en el comercio de la ciudad de Huancayo ha permitido el crecimiento de la industria de la construcción. A lo largo de este crecimiento, se ha observado que se han ejecutado proyectos de viviendas multifamiliares, edificios destinados a departamentos, edificaciones para oficinas de gran envergadura. En estas edificaciones se presenta una baja calidad en la construcción de placas de concreto armado. Esta es una tarea difícil, pero no imposible. A ello se suma el efecto de las variabilidades de temperaturas típico de la ciudad de Huancayo.

En Huancayo, la construcción de placas de concreto armado es uno de los principales problemas para que la productividad deseada no se llegase a alcanzarse, pues la elaboración, transporte, colocado y compactado del concreto son afectados por diferentes factores, como cambios de puntos de vaciados, esperas por traslados de personal y equipos materiales que no cumplen los estándares de calidad, maquinas defectuosas (mezcladoras, vibradores para concreto, etcétera), mano de obra no capacitada, mal diseño de la estructura, temperatura bajas, cambios en el clima, etcétera, provocando defectos que pueden traer bajas resistencias, cangrejeras, juntas frías del concreto. Siendo la pérdida del asentamiento el problema principal que se tiene en la colocación de concreto en obra afectando las resistencias iniciales y finales. El factor principal para evitar este problema es elaborar concretos que retengan el asentamiento por un par de horas, pues básicamente esta parte del proceso de fabricación del concreto es dependiente de la experiencia de operador a cargo, Muchas veces la mano de obra capacitada es escasa y aquí empiezan los problemas de productividad.

A través del uso del concreto con aditivo reductor de agua de alto rango, buscaremos solucionar estos efectos negativos. Es decir, buscaremos mejorar la calidad y productividad en la fabricación de concreto armado en la ciudad de Huancayo.

Los ingenieros hemos tomado plena conciencia del rol determinante que juega el concreto en el desarrollo de la industria de la construcción. La adecuada selección de los materiales integrantes de la mezcla, el conocimiento profundo de las propiedades del concreto, los criterios de diseños de las proporciones de la mezcla más adecuada para cada caso, el proceso de puesta en obra, el control de calidad del concreto, y los más adecuados procedimientos de mantenimiento y reparación de la estructura son aspectos a ser considerados cuando se construye estructuras de concreto que deben cumplir con los requisitos de calidad, seguridad y vigencia en el tiempo que se espera de ellas (Rivva 2007: 1).

1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. ESPACIAL

La investigación se realizará en la provincia de Huancayo. Busca mejorar la calidad y productividad de losas aligeradas en las edificaciones en, bajo lo indicado en la NTP, ASTM, ACI y UNE.

1.2.2. TEMPORAL

Las variaciones de temperatura, velocidad de viento y humedad relativa son de gran influencia en las propiedades del concreto. Estos parámetros presentan diversas variaciones durante el transcurso del año, lo cual ha conllevado a plantear que en el presente estudio sean evaluadas bajo condiciones normales de laboratorio de enero de 2016 a abril de 2016.

1.2.3. CONCEPTUAL

En la investigación el diseño de concreto con aditivo en Huancayo será elaborado facilitando la fabricación del concreto con una alta productividad.

El material a utilizar para el concreto patrón será cemento con contenido de puzolana agua potable. Los agregados serán agregados grueso y fino. En las

mezclas de pruebas para el concreto con aditivo reductor de agua de alto rango se usará el material utilizado en los concretos patrones, como el agua, los agregados. Se añadirá el aditivo reductor de agua de alto rango, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Para la elaboración de las mezclas del concreto con aditivo reductor de agua de alto rango de prueba, se utilizará el aditivo reductor de agua de alto rango Rheobuild 1000, los agregados del banco de Pilcomayo y el Cemento Tipo I Andino de mayor uso comercial en la región.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la influencia del uso de aditivo superplastificante en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$, Huancayo, 2016?

1.3.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cuál es la influencia del uso de aditivo superplastificante en la consistencia de concreto $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$, Huancayo, 2016?

¿Cuál es la influencia del uso de aditivo superplastificante en el desarrollo de resistencias de concreto $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$, Huancayo, 2016?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia del uso de aditivo superplastificante en la consistencia y desarrollo de resistencias de concreto para $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ -Huancayo-2016.

1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar la influencia del uso de aditivo superplastificante en la consistencia de concreto $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ -Huancayo-2016.

Determinar la influencia del uso de aditivo superplastificante en el desarrollo de resistencias de concreto $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ -Huancayo-2016.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

La utilización del aditivo superplastificante influye positivamente en la consistencia y desarrollo de la resistencia de concreto para $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ -Huancayo-2016.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

La utilización del aditivo superplastificante influye positivamente en la consistencia de concreto para $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ -Huancayo-2016.

La utilización del aditivo superplastificante influye positivamente en el desarrollo de la resistencia de concreto para $f'c = 175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ -Huancayo-2016.

1.6. METODOLOGÍA

1.6.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación pertenece al enfoque cuantitativo, pues es susceptible de medición. Además, usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento.

1.6.2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación será de alcance explicativo o causal.

1.7. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

1.7.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 1-1.
Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES		NOV	DIC	ENE	FEB	MARZ	ABR										
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S
PLANTEAMIENTO	- Planteamiento del tema al asesor	■															
	- Revisión bibliográfica	■	■														
	- Elaboración del plan de tesis		■	■													
IMPLEMENTACIÓN	- Acopio de información bibliográfica		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	- Adquisición de materiales construcción			■	■												
EJECUCIÓN	- Ensayo granulométrico y propiedades de los agregados			■	■												
	- Elaboración de los diseños de mezcla del concreto			■	■												
	- Extracción y control del concreto en estado fresco			■	■												
	- Ensayos del concreto estado endurecido				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	- Procesamiento de datos						■	■									
	- Análisis de resultados obtenidos							■	■								
										■	■						
SUSTENTACIÓN	- Redacción del borrador								■	■	■						
	- Revisión											■	■				
	- Sustentación																■

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta un recorrido cronológico que antecedieron a esta investigación. Son hitos que han marcado la evolución de los concretos. Hay que destacar que en algunas menciones de los autores se denomina hormigón al concreto.

A principios de la década de 1980 el problema de durabilidad de las estructuras de hormigón era un tema de gran interés en Japón. Incluso se le consideró un problema mayúsculo. La gradual reducción del número de trabajadores calificados en la industria de la construcción japonesa llevó a una reducción similar en la calidad de los trabajos de construcción, por lo que el desarrollo de un hormigón autocompactante fue entonces una buena forma de garantizar estructuras de hormigón durables en el futuro y con menos mantenimiento (Okamura y Ouchi 2003: 5-15).

Año 1955: Hormigón vibrado convencional

Entonces se empezaron a utilizar los fluidificantes basados en lignosulfatos, sin apenas purificar, procedentes de los residuos industriales de la fabricación del papel. Su rendimiento era aceptable (8% de reducción de agua de amasado), aunque con efectos secundarios negativos notables. Los aireantes de resina vinsol saponificada entraron también en estos años, pero también con efectos secundarios negativos. El grupo MBT marcó un paso adelante con su plastificante en polvo Pozzolith 8, de bastante mejor calidad que los convencionales de la época, pero aun así no exento de efectos secundarios.

En las obras se “peleaba” milímetro a milímetro la consistencia del hormigón en el cono de Abrams. Más cono, más agua y evidentemente menos calidad. El cono era el parámetro más llamativo e inmediatamente relacionado con la calidad de hormigón.

Dada su normalmente consistencia seca, la calidad de hormigón colocado en obra (de forma lenta y laboriosa) dependía fundamentalmente de la ejecución.

Consecuentemente, los errores de ejecución eran excesivos, del 40%. Según el boletín de GEO, nro. 10, 1992, la encuesta sobre patología del hormigón daba la siguiente distribución de errores:

Tabla 2-1.
Patología del concreto.

Proceso	Porcentaje
Ejecución	40%
Proyecto	25%
Acciones imprevistas	18%
Materiales	17%

Fuente: Boletín de GEO, nro. 10, 1992.

Año 1970: Hormigón autonivelante y hormigón de alta resistencia

Se comenzará a utilizar en la obra civil los primeros superfluidificantes procedentes de Japón y Alemania. Los superplastificantes basados en formaldehído naftaleno sulfonados se desarrollaron en Japón, con resultados espectaculares (el mítico Mighty). También se introdujeron las melaninas alemanas (los excelentes aditivos Melmet y Melcret, aún gama esencial dentro de la gama de superplastificantes actuales relacionados con el mundo del hormigón).

Una de las primeras obras relevantes de edificación en la que se empleó hormigón autonivelante en España fue la Torre Europa (1982 en Azca, Madrid). En su cimentación, muy armada, se utilizó hormigón autonivelante (consistencia fluida en el cono de Abrams). El resultado fue espectacular por la calidad del propio hormigón. Una reducción del agua de amasado del orden del 25%, sin efectos secundarios negativos y por la rapidez, facilidad y garantía en la ejecución.

En esta obra se utilizó el mismo aditivo superplastificante/reductor de agua de alta actividad (basado en condensados de formaldehído naftaleno sulfonado) para la consecución de hormigón de elevadas prestaciones en la construcción de los pilares.

Con la entrada de los aditivos superplastificantes, se redujeron considerablemente los errores de ejecución y se mejoró enormemente la calidad del hormigón. La calidad del hormigón ya no dependía de su consistencia, sino de la relación a/c. En consecuencia, el cono de Abrams comenzó a perder protagonismo y quedó solo como medida de control de obra.

Concretos rheoplásticos

Son conocidas ya los parámetros que influyen en la durabilidad del hormigón. Asimismo, que las exigencias sobre la confección de estructuras y elementos más durables aumentan progresivamente.

La durabilidad del hormigón depende en primer grado de la formulación de este. En sentido, los parámetros básicos son la relación a/c y la cantidad de cemento. Estos parámetros son controlables en el diseño de la mezcla y, por lo tanto, en cierta manera, previsible. En segundo plano aparece el factor puesto en obra. Sin duda, una perfecta formulación del hormigón puede perder todas sus propiedades debido a una mala puesta en obra (desde la adición de agua en el camión hasta un defectuoso o incluso excesivo vibrado).

En consecuencia, la durabilidad del hormigón depende también, e incluso en mayor medida, de su puesta en obra. El problema de este aspecto es que, a diferencia del diseño de la mezcla, es un parámetro no controlable y ni mucho menos previsible. La ejecución queda en manos del operario de la obra, que en la mayoría de ocasiones no entiende o no conoce los parámetros que pueden afectar positivamente o negativamente las propiedades del hormigón que manipula. En resumen, la durabilidad del hormigón se ve altamente afectada por las características de la puesta en obra.

En otro contexto, las exigencias de la mejora de las condiciones ambientales de obra aumentan también progresivamente. Eliminar los ruidos producidos por el vibrador es un aspecto a considerar, tanto para los operarios de la obra como para el entorno.

Reflejado el panorama, la solución debería ser un hormigón cuyas propiedades quedaran garantizadas exclusivamente en el momento de su diseño, independientemente de su ejecución. Esto sería una garantía de calidad y seguridad. Así, pues, los últimos desarrollos en la tecnología del hormigón se ha centrado en la elaboración de hormigones reológicos, que gracias al avance de la química implicada en la construcción han permitido el nacimiento de la que hoy nombramos hormigón rheoplásticos, el cual permite ser colocado en obra sin ningún problema por cuanto permite la retención del asentamiento reducir la

necesidad de vibradores, incremento de resistencias iniciales y finales, eliminado definitivamente este factor que tanto afecta a la calidad y durabilidad como es la puesta en obra.

En 1989, el profesor Ozawa introdujo el término “Self Compating Concrete”, en el Congreso de Ingeniería Estructural de East Asia, en Singapur. Abría, así, una puerta a la tecnología del hormigón, de contrastadas posibilidades de futuro (García y Pere 2001: 54-64).

Durante más de sesenta años la evaluación de los aditivos ha sido continua, desde los primeros aditivos a base de lignosulfatos a los actuales policaborxilatos modificados. Sin embargo, en el Perú su uso aún no es generalizado, pese al incremento registrado en la década de 1990.

Pasquel (1998) señala que en nuestro país no es frecuente el empleo de aditivos superplastificantes por la creencia generalizada de que su alto costo no justifica su utilización en el concreto de manera rutinaria, pero si se hace un estudio detallado del incremento en el costo del metro cúbico de concreto (incremento que normalmente oscila de 0,5% a 5% dependiendo del producto en particular), y de la economía en mano de obra, horas de operación y mantenimiento del equipo, reducción de plazos de ejecución de las labores, mayor vida útil de las estructuras etcétera, se concluye que el costo extra es solo aparente en la mayoría de los casos, en contraposición a la gran cantidad de beneficios que se obtienen.

Aunado a esto, hay mucho desconocimiento sobre el uso y potencialidades de los aditivos superplastificantes. Son pocos los profesionales que tienen la oportunidad de emplearlos e investigar sus posibilidades con los materiales y condiciones locales.

Este círculo vicioso de no usar aditivos superplastificantes por su alto costo, los precios elevados de estos por ser el mercado pequeño y la poca investigación en cuanto a sus posibilidades de uso en nuestro medio, trae como consecuencia que en términos de desarrollo tecnológico en el Perú, la experiencia en su empleo sea limitada solo a algunos proyectos de cierta importancia. No existe una tecnología local organizada que comparta, aproveche y difunda los avances internacionales en este campo.

Harman (2005) expuso en el VI Coloquio de Química del Cemento la investigación “Acción del aditivo reductor de agua de alto rango, tipo F en la resistencia y fluidez del concreto”, que consistió en la preparación de 24 dosificaciones de concretos con una fluidez, medida por el asentamiento del cono de Abrams, de 3 @ 5 cm y se determinaron las relaciones existentes entre cantidad de agua de mezclado, relación agua/cemento, relación dosis de

aditivo/cemento, resistencia y trabajabilidad, para cuantificar la acción del aditivo en la resistencia a la compresión, flexotracción (módulo de rotura), en el módulo de elasticidad a compresión y en la reducción de agua de mezclado.

Las mezclas de prueba para dosis máximas lograron reducciones de agua del 17% y aumento de la resistencia a la compresión del 43%, a los 28 días.

Gomero (2006), para optar el grado de ingeniero civil, sustentó, en la Universidad Nacional de Ingeniería, la tesis “Aditivos y adiciones minerales para el concreto”.

El propósito fundamental de su investigación fue establecer las aplicaciones y diferencias entre los aditivos y las adiciones usualmente empleados en nuestro país.

En su estudio agrupó los aditivos en seis grupos: aditivos incorporadores de aire, acelerantes, reductores de agua (superplastificantes), floculantes y diversos. Asimismo, las adiciones en cuatro grupos: adiciones puzolánicas, escorias, cenizas y microsilices.

A base de la documentación obtenida, concluyó que los diferentes tipos de aditivos y adiciones afectan a las propiedades en estado plástico y endurecido de los concretos en general. Su empleo debe estar condicionado a las propiedades que se desea modificar en el concreto y a las recomendaciones del fabricante.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. GENERALIDADES DEL CONCRETO

El concreto 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 adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De esta definición se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes, que, bien proporcionados, aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original.

En consecuencia, para dominar el uso de este material, hay que conocer no solo las manifestaciones del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, pues son en primera instancia los que le confieren su particularidad.

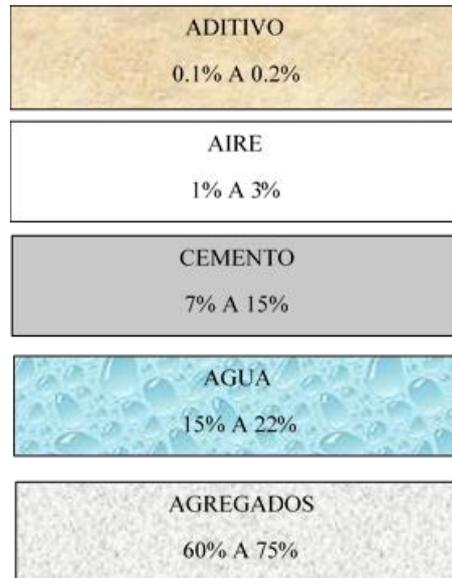
Como cualquier material, se contrae al bajar la temperatura, se dilata si esta aumenta, se ve afectado por sustancias agresivas y se rompe si es sometido a esfuerzos que superan sus posibilidades, por lo que responde perfectamente a las leyes físicas y químicas. Luego, pues, la explicación a sus diversos comportamientos siempre responde a alguna de estas leyes; y la no obtención de los resultados esperados se debe al desconocimiento de la manera como actúan en el material, lo que constituye la utilización artesanal del mismo (por lo que el barco de la práctica sin el timón de la ciencia nos lleva a rumbos que no podemos predecir) o porque durante su empleo no se respetaron o se obviaron las consideraciones técnicas que nos da el conocimiento científico sobre él (Pasquel 1998).

2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO

La tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo.

Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad. Esta es, a la larga, una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento (Pasquel 1998).

Figura 2-1.
Proporciones en volumen absoluto de los componentes del concreto.



Fuente: Instituto de Construcción y Gerencia, ICG, 2013. Elaboración propia.

La pasta se compone de materiales cementantes, agua, aire atrapado o aire incluido (intencionalmente incorporado) y aditivo. La pasta constituye aproximadamente de 25% a 40% del volumen total del concreto. Como los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto, su selección es muy importante. Los agregados deben componerse de partículas con resistencia mecánica adecuada y con resistencia a las condiciones de exposición y no deben contener materiales que puedan causar deterioración del concreto.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente confeccionado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi 2004).

2.2.2.1. Cemento

El cemento como componente del concreto “es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (Pasquel 1998: 59).

2.2.2.1.1. Tipos de cemento

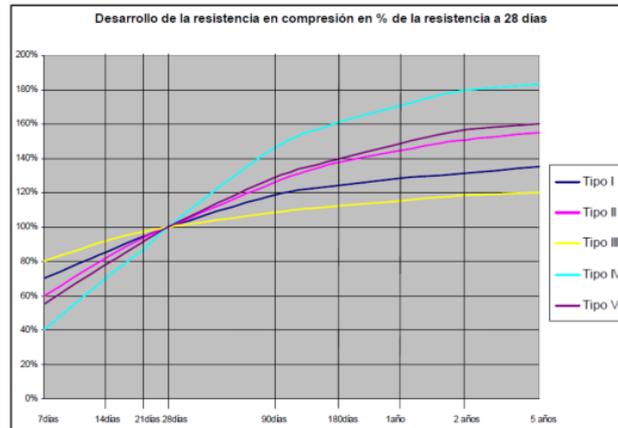
Los cementos portland sin adición, constituidos por clinker portland y la inclusión solo de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Acorde con la norma NTP 334.009, presenta la siguiente clasificación:

- Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

La norma establecida por la American Society for Testing and Materials (ASTM C595) especifica las características de los cementos adicionados, los que contienen, además de los compuestos mencionados, escorias, puzolanas y materiales calizos que modifican el comportamiento. Entre los tipos de cementos y el porcentaje añadido, tenemos:

- Tipo IS: Contenido de escoria de 25% a 70%.
- Tipo ISM: Contenido de escoria menor a 25%
- Tipo IP: Contenido de puzolana de 15% a 40%.
- Tipo IPM: Contenido de escoria menor a 15%
- Tipo I (CO): Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de clinker portland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso.

Figura 2-2.
Resistencia a la compresión.



Fuente: ICG 2013. Elaboración propia.

2.2.2.2. Agua

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades. Por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para realizar su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- a) Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- b) Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- c) Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Véase Pasquel 1998.

2.2.2.2.1. Requisitos de calidad del agua

La Norma NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos en los límites señalados en la tabla 2.2.

Tabla 2-2.
Límites permisibles para agua de mezcla y curado.

Descripción	Límite permisible	
Sólidos en suspensión	5000 ppm	Máximo
Materia orgánica	3 ppm	Máximo
Alcalinidad (NaCHCO3)	1000 ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO4)	600 ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl-)	1000 ppm	Máximo
pH	5 a 8	

Fuente: NTP 339.088.

2.2.2.3. Agregados

Los agregados como elementos del concreto “se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente” (Pasquel 1998: 69).

2.2.2.3.1. Clasificación de los agregados

Según Pasquel (1998), la clasificación de agregados que detallaremos a continuación no son necesariamente las únicas ni las más completas, pero responden a la práctica usual en tecnología del concreto, a su vez la clasificación se encuentra enmarcada en la Norma NTP 400.011.

Según su procedencia

Pueden ser naturales o artificiales. Los agregados naturales son formados por procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años. Estos agregados son los de uso más frecuente en el mundo y, particularmente, en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto. Los agregados artificiales provienen de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen

productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto. Algunos agregados de este tipo los constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílíce, etcétera.

Según su tamaño

Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4.75 mm (malla Standard ASTM # 4).

Esta clasificación responde, además, a consideraciones de tipo práctico, pues las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma para establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo.

Según su densidad

Entendiendo densidad como la gravedad específica, es decir, el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con $G_e = 2,5$ a $2,75$, ligeros con $G_e < 2,5$ y pesados con $G_e > 2,75$. Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso.

2.2.2.3.2. Propiedades físicas de los agregados

Pasquel (1998) considera que las propiedades físicas de mayor importancia son la de peso específico, peso unitario, humedad, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.

Asociadas a estas características se encuentran ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos a las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas:

a) Peso específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas NTP 400.021 y 400.022 establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. En la figura 2.3 se muestra la distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno, estableciéndose las siguientes expresiones para la determinación en laboratorio del peso específico:

Peso específico de masa seca.

$$P_{em} = \frac{A}{B - C} = \frac{A}{V_{ag} * D_a}$$

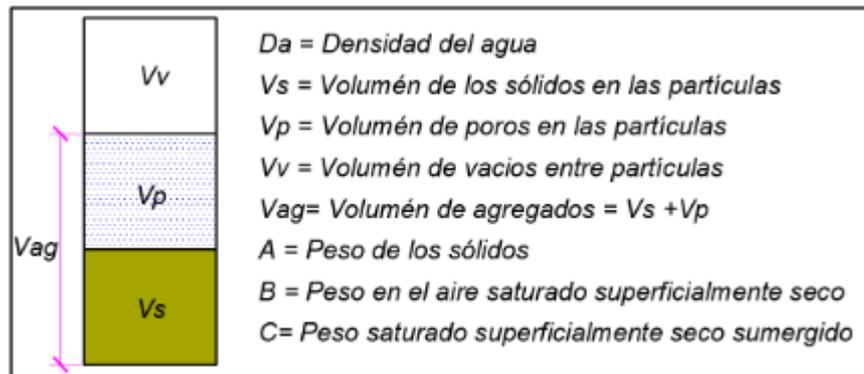
Peso específico saturado superficialmente seco.

$$P_{esss} = \frac{B}{B - C} = \frac{B}{V_{ag} * D_a}$$

Peso específico aparente.

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C} = \frac{A}{V_s * D_a}$$

Figura 2-3.
Distribución de volúmenes de sólidos, poros y vacíos para agregado secado al horno.



Fuente: Pasquel 1998. Elaboración propia.

b) **Peso unitario**

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total, incluidos los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, influye la forma de acomodación de estos. El procedimiento para la determinación del peso unitario suelto y compactado se encuentra en la Norma NTP 400.017. El valor obtenido para el peso unitario compactado es el que se emplea en algunos métodos de diseños de mezclas para estimar las proporciones. Por otro lado, el peso unitario suelto se emplea para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. La expresión para calcular esta propiedad es la siguiente:

$$\text{Peso Unitario} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Volumen total}}$$

c) **Porcentaje de vacíos**

Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodamiento entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

La propia Norma NTP 400.017 establece la fórmula para calcularlo. Emplea los valores de peso específico masa y peso unitario:

$$\%Vacíos = \frac{P_{em} * D_a - P.U}{P_{em} * D_a} * 100\%$$

d) Absorción

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad. No se llegan a llenar absolutamente los poros indicados, pues queda siempre aire atrapado. Tiene importancia, pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

Las normas NTP 400.021 y 400.022 establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

$$\%Absorción = \frac{\text{Peso S.S.S.} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}}$$

e) Humedad

La estructura interna de una partícula de agregado se constituye de materia sólida y de vacíos que pueden contener o no agua. El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenido en el agregado y el peso del agregado sólido seco, expresado en porcentaje. Según la Norma NTP 339.185, la humedad se expresa así:

$$\%Humedad = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100\%$$

Las condiciones de humedad de los agregados se muestran en la figura 2.04:

Secados al horno: Son completamente absorbentes.

Secados al aire: Están secos en la superficie de la partícula, pero contienen cierta humedad interior, siendo por lo tanto algo absorbentes.

Saturados y superficialmente secos (sss): No absorben ni ceden agua a la mezcla de concreto.

Húmedos: Contienen un exceso de humedad en la superficie (agua libre).

Figura 2-4.
Condiciones de humedad de los agregados.



Fuente: Kosmatka y otros 2004.

Hay que diferenciar entre absorción y contenido de humedad, pues la absorción es un valor constante del agregado y el contenido de humedad es variable en función de la exposición del agregado al intemperismo (sol, lluvia, viento, etcétera).

Cualquier cantidad de agua que se encuentre en la superficie de los agregados contribuirá a aumentar el agua de la mezcla y ocupará un volumen, además del de las partículas del agregado.

Cuando el agregado está expuesto a la lluvia, se acumula una cantidad considerable de humedad en la superficie de las partículas. A excepción de la parte superior del apilamiento de

los agregados, esa humedad se conserva durante mucho tiempo. Esto ocurre especialmente cuando se trata del agregado fino.

El contenido de humedad del agregado cambia con el clima. Varía también de una pila a otra, por lo que es necesario determinar con frecuencia este valor. El agregado grueso retiene mucho menos agua que la arena, tiene un contenido de humedad menos variable y, por lo tanto, presenta menos dificultades.

f) Porosidad

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados.

Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas.

No hay un método estándar en ASTM para evaluarla. Sin embargo, existen varias formas de determinación, por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de estimarla es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, pues, como hemos indicado en el párrafo anterior, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas.

Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar de 0% a 15%, aunque por lo general el rango común es de 1% a 5%.

En agregados ligeros se pueden tener porosidades de 15% a 50%.

g) Granulometría

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado. Así, se obtienen la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada tamiz. Eventualmente, se calcula la masa retenida y/o que pasa también los porcentajes parciales y acumulados.

Durante el proceso de análisis granulométrico es importante conocer los parámetros siguientes:

Módulo de finura

En la búsqueda de caracterizaciones numéricas que representen la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se definió hace muchos años el módulo de fineza.

Es un concepto muy importante establecido por Duff Abrams en 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie estándar hasta el tamiz 100. Esta cantidad se divide entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acum. ret. (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Debe tenerse muy en claro que el módulo de finura es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto.

Tamaño máximo

La NTP 400.011 lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que deja pasar todo el agregado.

Tamaño máximo nominal

La NTP 400.011 lo define como aquel tamaño de la abertura del tamiz que produce el primer retenido del agregado.

2.2.2.3.3. Agregados fino y grueso

a) Agregado fino

La NTP 400.011 sostiene que son partículas provenientes de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 3/8”.

Requisitos granulométricos

El agregado fino deberá estar graduado en los límites especificados en la Norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la tabla 2.6. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas 4, 8, 16, 30, 50 y 100 de la serie de Tyler.

El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá en el límite de $\pm 0,2$ del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto. Es recomendable que el valor asumido esté entre 2,35 y 3,15.

En la apreciación del módulo de fineza, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2,2 y 2,8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación, y que las que se encuentran de 2,8 a 3,2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

Tabla 2-3.
Límites permisibles para granulometría de agregado fino.

Malla	Porcentaje que pasa
3/8	100
4	95-100
8	80-100
16	50-85
30	25-60
50	10-30
100	02-10

Fuente: NTP 339.088.

Límites de sustancias perjudiciales

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder los límites fijados por la Norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la tabla 2.4.

Tabla 2-4.

Límites máximos de sustancias perjudiciales permisibles del agregado fino.

Sustancias perjudiciales	Porcentaje máximo
Lentes de arcilla y partículas desmenuzadas	3%
Material más fino que la malla 200	
a) Concretos sujetos a la abrasión	3,0%
b) Otros concretos	5,0%
Carbón	
a) Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0,5%
b) Otros concretos	1,0%

Fuente: NTP 400.037.

b) Agregado grueso

La NTP 400.011 señala que los agregados grueso son partículas retenidas en el tamiz 4 (4,75 mm), provenientes de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

Requisitos granulométricos

El agregado grueso deberá estar graduado en los límites especificados en la Norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la tabla 2.8. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 11/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".
- El tamaño nominal máximo del agregado grueso no deberá ser mayor de:

Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.

Un tercio del peralte de las losas.

Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de presfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá con autorización de la inspección reducir el tamaño nominal máximo del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.

Tabla 2-5.
Requisitos granulométricos del agregado grueso.

Huso N° ASTM	Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que Pasa por los Tamices Normalizados												
		100mm (4")	90mm (3 ½")	75mm (3")	63mm (2 ½")	50mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25.0mm (1")	19.0mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (N° 4)	2.36mm (N° 8)	1.18mm (N° 16)
1	90 a 37.5mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25.0mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50 a 4.75 mm (2" a N° 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19.0 mm (1 ½" a ¾")					100	90 a 100	20 a 55		0 a 15		0 a 5		
467	37.5 a 4.75 mm (1 ½" a N° 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	25.0 a 9.5 mm (1" a 1/2")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	0 a 5		
57	25.0 a 4.75 mm (1" a N° 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	19.0 a 9.5 mm (¾" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19.0 a 4.75 mm (¾" a N° 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75 mm (½" a N° 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a N° 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

NTP 400.037.

Límite de sustancias perjudiciales

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá exceder los límites fijados por la Norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la tabla 2.6.

Tabla 2-6.

Límites máximos de sustancias perjudiciales en el agregado grueso.

Sustancias perjudiciales	Porcentaje máximo
Arcilla	0,25%
Partículas desmenuzable	5,0%
Material más fino que la malla 200	1,0%
Carbón	
Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0,5%
Otros concretos	1,0%

Fuente: NTP 400.037.

2.2.2.4. Aditivo

Según la Norma UNE 83-200-84, aditivos son aquellas sustancias o productos que incorporados al hormigón, mortero o pasta antes o durante el amasado y/o durante un amasado suplementario, en una proporción no superior al 5% del peso de cemento (salvo casos especiales), producen la modificación deseada en este hormigón, mortero o pasta en estado fresco y/o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento. Gaspar – Tebar, (1984), Aditivos para hormigones, morteros y pastas, Informes de la Construcción, 36 (359-360), 95-99.

2.2.2.4.1. Clasificación de los aditivos

La Asociación de Productores de Cemento (Asocem 2000) manifiesta que, en armonía con el desarrollo de los aditivos y su aplicación más extensiva en nuestro medio, se ha dado la Norma NTP 334.088, que reemplaza a las anteriores normas nacionales 339.086 y 339.087, de 1981. El antecedente de la nueva norma se encuentra en la ASTM C 494. La norma, como lo indica su denominación, se refiere a aditivos químicos, comprendidos en la nomenclatura de la norma ASTM. No se consideran algunos aditivos de uso limitado, como son aquellos que regulan la contracción del concreto, fungicidas y germicidas, generadores de burbujas de gas, etcétera. Tampoco incluye a los incorporadores de aire.

En consecuencia, las normas NTP 334.088 y ASTM C 494 distinguen siete tipos de aditivos:

Tipo A: Reductor de agua.

Tipo B: Retardador de fraguado.

Tipo C: Acelerador de fraguado.

Tipo D: Reductor de agua y retardador.

Tipo E: Reductor de agua y acelerador.

Tipo F: Reductor de agua de alto rango.

Tipo G: Reductor de agua de alto rango y retardador.

Por su parte, la Norma UNE-EN 934-2 (2002) establece que todos los aditivos se clasifican en los 11 grupos siguientes:

Reductores de agua/plastificantes.

Reductores de agua de alta actividad/superplastificantes.

Aceleradores de fraguado.

Aceleradores de endurecimiento.

Retardadores de fraguado.

Inclusores de aire.

Retenedores de agua.

Hidrófugos en masa.

Reductores de agua de alta actividad / superplastificantes / retardador de fraguado.

Reductores de agua/plastificantes/aceleradores de fraguado.

Reductores de agua/plastificantes/retardadores de fraguado.

La inclusión de los aditivos en uno de estos grupos no es capricho del fabricante. Depende del cumplimiento de unos determinados requisitos definidos para cada uno de los diferentes grupos.

2.2.2.4.2. Aditivos superplastificantes o reductores de agua de alto rango

Las normas NTP 334.088 y ASTM C 494 denominan propiamente como aditivos superplastificantes o reductores de agua de alto rango a los que se encuentran en la categoría “Tipo F”.

Portugal (2007) señala que los aditivos superplastificantes pueden ser usados para tres funciones principales:

a) Incrementar la trabajabilidad (función superplastificante)

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento, relación agua/cemento, y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para incrementar la trabajabilidad de la mezcla, sin cambiar otra característica del diseño de mezcla, dependiendo de la dosis y tipo de aditivo en la prueba de cono de Abrams, el slump puede ser incrementado de manera considerable.

b) Incrementar la resistencia (función reductor de agua)

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para encontrar la cantidad de agua + aditivo que producirá el slump deseado. Según la dosis y tipo de aditivo, la reducción de agua puede llegar a 40%, con el consiguiente incremento de resistencia, dada la menor relación agua/cemento. Esta función es empleada para producir concretos de alta resistencia.

c) Reducir la cantidad de cemento

Dada una mezcla de concreto con una relación agua/cemento, slump y cantidad de cemento definidos, el aditivo se usa para reducir la cantidad de agua, manteniendo constante la relación agua/cemento, con la consiguiente reducción de la cantidad de

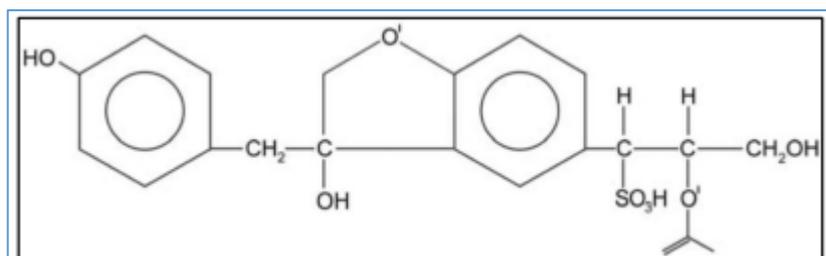
cemento. Esta función ha sido muy empleada, sin embargo no es muy recomendada usarla para reducir al máximo la cantidad de cemento, dada la reducción en la durabilidad del concreto. Si bien puede conseguirse ahorros de hasta el 30% del contenido del cemento, en un análisis de los costos puede ser antieconómico por el mayor uso de aditivo.

2.2.2.4.3. Clasificación y evolución de los aditivos superplastificantes según su composición

Alonso (2011) asevera que los primeros superplastificantes utilizados, hacia la década de 1940, fueron los lignosulfonatos modificados, cuya estructura molecular se muestra en la figura 2.07.

Estos aditivos se utilizaban como reductores de agua, y su mejora como aditivo superplastificante se consigue con la eliminación de las impurezas (carbohidratos) y seleccionando aquellas fracciones de mayor peso molecular. Su rango de reducción de agua oscila de 5% a 10%.

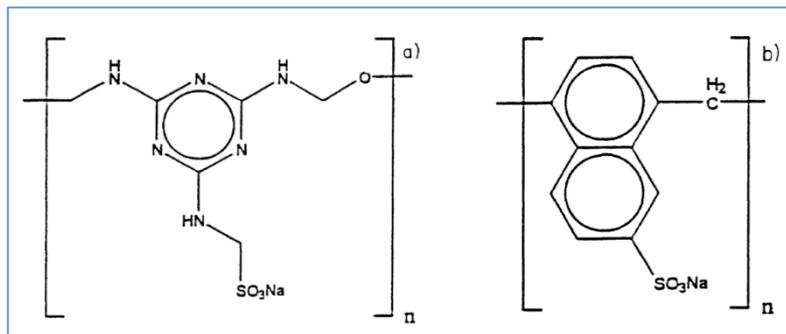
Figura 2-5.
Estructura molecular de un aditivo superplastificante lignosulfonato modificado
(Alonso 2011).



A partir de la década de 1960 se desarrollaron los aditivos derivados de melanina (SMFCs-sulfonated melamine formaldehyde polycondensates), en Alemania, y los derivados denaftaleno (SNFC-sulfonate naphtaleneformaldehyde polycondensates), en Japón, que se sintetizan a partir de la

sulfonación de melamina y naftaleno, respectivamente, y posterior polimerización. Su rango de reducción de agua oscila de 10% a 20%. Sus estructuras moleculares típicas se presentan en la figura 2.6.

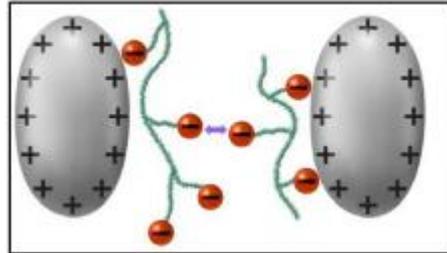
Figura 2-6.
Estructura molecular básica de un aditivo superplastificante a) derivado de melamina y b) derivado de naftaleno (Alonso 2011).



Estos aditivos superplastificantes convencionales (lignosulfonatos y derivados de melamina y naftaleno) se absorben sobre los granos de cemento a través de sus grupos aniónicos (grupos sulfónicos), debido a la carga positiva superficial de las partículas de cemento. Además, una parte de estos grupos con carga negativa quedan en contacto con la disolución confiriendo a los granos de cemento una carga neta negativa responsable de una repulsión de tipo electrostático entre ellos.

Esta repulsión provoca la dispersión entre los granos de cemento, liberando el agua contenida en los flóculos. El esquema de actuación de estos aditivos se observa en la figura 2.7.

Figura 2-7.
Esquema del mecanismo de absorción de aditivos superplastificantes convencionales en partículas de cemento. Repulsión electrostática (Alonso 2011).



Por lo tanto, la absorción de estos surfactantes sobre las partículas de cemento produce un efecto sobre el potencial zeta del cemento. En los aditivos superplastificantes convencionales, su absorción induce potenciales zetas negativos y mayores en valor absoluto que el correspondiente valor inicial del cemento. Así, pues, las medidas de potencial zeta de las suspensiones acuosas de los cementos y su interacción con estos aditivos superplastificantes resultan de interés desde dos puntos de vista:

Por una parte, las medidas de potencial zeta de las suspensiones acuosas de los cementos y de las adiciones nos da idea de la capacidad de los cementos para absorber aditivos a través de sus grupos aniónicos. Cuanto más positivo sea el potencial zeta del cemento, mayor será la capacidad para absorber los aditivos.

Por otra parte, la variación que el potencial zeta sufre con la incorporación del aditivo nos proporciona información relativa a las fuerzas electrostáticas de repulsión inducidas por el aditivo que tienen una relación directa con las propiedades dispersantes del aditivo.

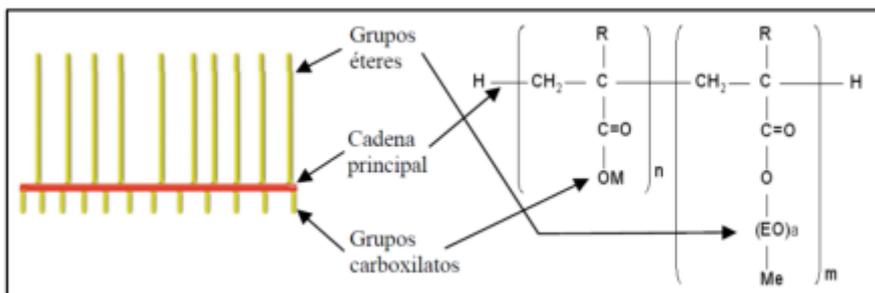
A principios de la década de 1990 se desarrolló una nueva generación de aditivos superplastificantes basados en polímeros sintéticos, con formulaciones basadas en policarboxilatos (PCE), cuya síntesis proviene generalmente

de la polimerización de derivados del ácido acrílico ($\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{COOH}$) o el metacrílico ($\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$).

Estos aditivos pueden reducir la relación agua/cemento hasta en 40% para la misma trabajabilidad.

Los aditivos PCE poseen cadenas laterales, más o menos largas, generalmente de tipo poliéter (PEO). Estos aditivos tienen una estructura tipo “peine” (figura 2.8) con una cadena hidrocarbonada principal con grupos carboxilatos y cadenas laterales con los grupos éteres. En los últimos años, existe una mayor tendencia a sintetizar aditivos con cadenas principales más cortas y cadenas laterales de poliéteres más largas.

Figura 2-8.
Estructura química y molecular de un aditivo PCE (Alonso 2011).

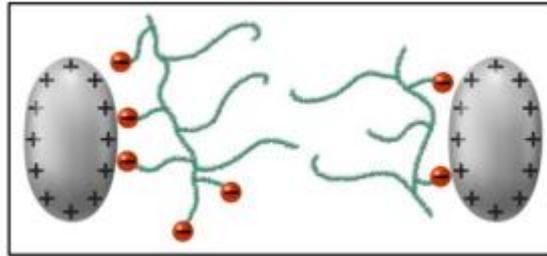


La absorción de estos aditivos PCE sobre los granos de cemento se produce a través de los grupos carboxílicos ($-\text{COO}-\text{H}^+$) o carboxilatos ($-\text{COO}-\text{M}^+$).

La dispersión que estos aditivos inducen entre las partículas de cemento se debe, fundamentalmente, a una repulsión de tipo estérica asociada a las largas cadenas laterales de los grupos éteres (figura 2.9).

Figura 2-9.

Esquema del mecanismo de absorción y repulsión de aditivos PCE en partículas de cemento. Repulsión electrostérica (Alonso 2011).



2.2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO

Las características del concreto han de ser en función a que está destinado. Por ello estas características, “deben permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras propiedades que se consideran necesarias para el caso particular para el cual la mezcla está siendo diseñada” (Rivva 2007: 37).

2.2.3.1. Concreto fresco

a) Trabajabilidad

Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido, la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad. Así como para ser acabado sin que se presente segregación.

Esta definición involucra conceptos como capacidad de moldeo, cohesividad y capacidad de compactación. Igualmente, la trabajabilidad involucra el concepto de fluidez, con énfasis en la plasticidad y uniformidad dado que ambas tienen marcada “influencia en el comportamiento y apariencia final de la estructura” (Rivva 2007: 37).

b) Consistencia

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende de:

Agua de amasado.

Tamaño máximo del agregado.

Granulometría.

La forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tipos de consistencia:

Seca. Vibrado enérgico.

Plástica. Vibrado normal.

Blanda. Apisonado.

Fluida. Barra.

Véase Torre 2004.

Tabla 2-7.
Consistencia-asentamiento del concreto.

Consistencia	Asiento (cm)
Seca	0-2
Plástica	3-5
Blanda	6-9
Fluida	10-15

Fuente: Torre 2004.

Tabla 2-8.
Tolerancias en asentamientos del concreto.

Consistencia	Tolerancia (cm)	Asiento (cm)
Seca	0	0-2
Plástica	1	3-5
Blanda	1	6-9
Fluida	1	10-15

Fuente: Torre 2004.

c) Segregación

Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero, en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es solo 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales), lo cual, sumado a su viscosidad, produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz (Pasquel 1998).

d) Exudación o sangrado

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan en la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades (Pasquel 1998).

2.2.3.2. Concreto endurecido

a) Resistencia a compresión

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días.

En túneles es bastante frecuente utilizar la resistencia a los siete días o menos, mientras en presas se suele utilizar como referencia la resistencia a los 56 días o más.

La resistencia del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros. De altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas (Torre 2004).

2.2.4. DISEÑOS DE MEZCLAS

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto, conocida como diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, para obtener un producto que en el estado no endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador e indicados en los planos y/o las especificaciones de obra.

En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, el diseñador debe recordar que la composición de la misma está determinada por:

- a) Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas por el ingeniero estructural y se encuentran indicadas en los planos y/o especificaciones de obra.
- b) Las propiedades del concreto al estado no endurecido, las cuales generalmente son establecidas por el ingeniero constructor en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto.

Los criterios presentados permiten tener una primera aproximación de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto. Estas proporciones, sea cual fuere el método empleado para determinarlas, deberán ser consideradas como valores de prueba sujetos a revisión y ajustes sobre la base de los resultados obtenidos en mezclas preparadas bajo condiciones de laboratorio y obra.

Dependiendo de las condiciones de cada caso, las mezclas de prueba deberán ser preparadas en el laboratorio y, de preferencia, como tandas de obra empleando el personal, materiales y equipo a ser utilizados en la construcción. Este procedimiento permite ajustar las proporciones seleccionadas en la medida que ello sea necesario hasta obtener un concreto que, tanto en estado fresco como endurecido, reúna las características y propiedades necesarias, evitando los errores derivados de asumir que los valores obtenidos en el gabinete son enteramente representativos del comportamiento del concreto bajo condiciones de obra (Rivva 2007).

2.2.5. CONCRETO RHEOPLÁSTICO

El concreto rheoplástico tiene una relación agua/cemento similar a la del concreto con cero asentamiento. Por lo tanto, imparte excelentes propiedades de ingeniería. Es altamente plástico y casi autonivelante, haciéndolo fácil de vaciar y consolidar. Solo un tipo de aditivo produce concreto rheoplástico, casi autonivelante, altamente compacto, y con gran homogeneidad que mejora sus resistencias tempranas y finales.

2.2.5.1. Ventajas del concreto en estado plástico

Rango de plasticidad de 20 a 28 cm (8 a 11”).

Amplia retención de asentamiento.

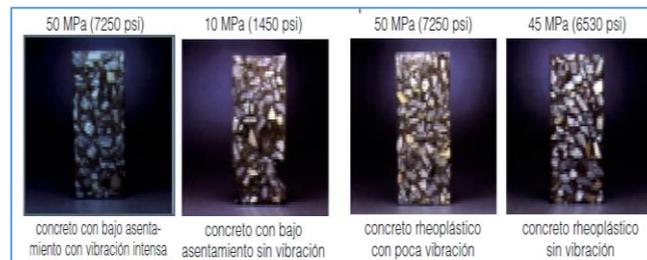
Tiempo de fraguado controlado.

Cohesivo y no segregante.

Agua de exudación mínima.

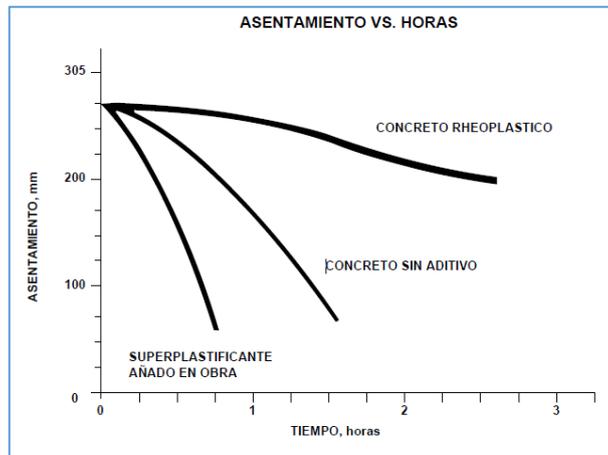
Figura 2-10.

Comparación gráfica de concreto rheoplástico con vibración y sin él.



Fuente: http://issuu.com/bertoni_salazar/docs/concretosespeciales.

Figura 2-11.
Gráfica de asentamiento versus horas del concreto rheoplástico.



Fuente: http://issuu.com/bertoni_salazar/docs/concretosespeciales.

2.2.5.2. Ventajas del concreto en estado endurecido

Gracias a mejor eficiencia de la hidratación del cemento, menos dependencia de energía en la consolidación, y posibles ajustes en la proporción de mezcla, el concreto tratado con los aditivos Rheobuild ofrece las siguientes propiedades:

Resistencias tempranas más altas que con superfluidificantes convencionales.

Incremento en resistencias finales a compresión.

Módulo de elasticidad mayor.

Adherencia al acero mejorada.

Baja permeabilidad.

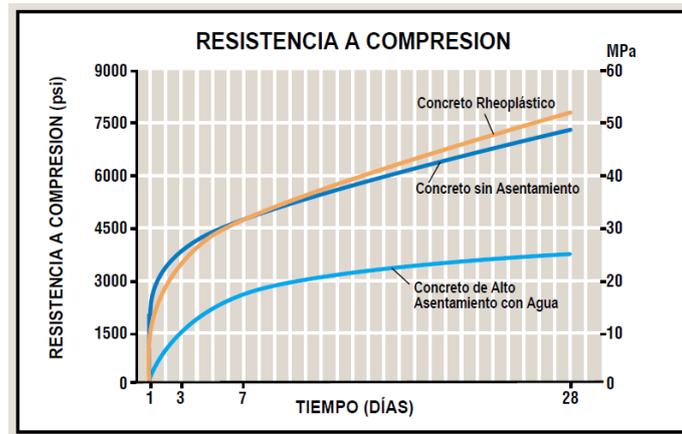
Alta durabilidad.

Control de corrosión.

Retracción y fluencia reducida.

Integridad estructural altamente confiable.

Figura 2-12.
Gráfica de desarrollo de resistencias del concreto rheoplástico.



Fuente: http://issuu.com/bertoni_salazar/docs/concretosespeciales.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Aditivos

Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a este antes o durante su mezclado para modificar sus propiedades (Comité ACI 318, 2005).

Agregados

Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico (Comité ACI 318, 2005).

Cemento

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire (Comité ACI 318, 2005).

Aditivo incorporador de aire

Los aditivos incorporador de aire son usados principalmente para producir concreto resistente a los efectos de hielo y deshielo, y para mejorar la trabajabilidad que obedecen a la norma ASTM C 260.

Aditivo reductor de alto rango

Los aditivos reductores de agua de alto rango producen concretos de alta plasticidad, resistencias altas y durabilidad que obedecen las normas ASTM C 494 A y F así como la NTP 334.088.

Trabajabilidad

Está definido por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto.

Consistencia

Se define como la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma. Se entiende con ello que cuanto más humedad es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

Tiempo de fraguado

El tiempo de fraguado es un concepto convencional que se emplea para designar el periodo que necesita una mezcla para adquirir una dureza previamente fijada.

Resistencia

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos. Es su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. SEGÚN SU APLICACIÓN

La investigación que se pretende realizar implica la consideración de todos los conocimientos existentes y su profundización, acerca del tema en cuestión, para así intentar solucionar el problema planteado. Por ello, puedo determinar que la presente investigación es una aplicada.

3.1.2. SEGÚN SU FIN

Por el tipo de trabajo por realizar en la presente investigación y porque tiende a reducir sus ámbitos de estudio a fenómenos observables y susceptibles de medición, es una investigación explicativa.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para visualizar de manera práctica y concreta las respuestas a las preguntas de investigación, además de cubrir los objetivos fijados, se realizará un plan y/o estrategia para obtener la información que se desea. Para ello, se plantea un diseño experimental.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

Concretos de resistencia 175, 210 y 245 kg/cm², elaborados en la ciudad de Huancayo con cemento Andino Tipo I.

3.3.2. MUESTRA

Tipo de muestreo: No probabilístico e intencional.

Tamaño de muestra: 12 testigos de concreto.

- Grupo de control: 9 probetas, al cual pertenecen tres diseños de mezcla sin aditivo de $f_c = 175, 210$ y 245 kg/cm², además cada una de ellas presentará un asentamiento de 3.5".
- Grupo experimental: nueve probetas, formado por nueve diseños de mezcla con aditivo superplastificante, como resultado de mezclar cinco dosis diferentes de aditivo superplastificante (650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento) para cada una de las relaciones a/c.

3.4. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Aditivo superplastificante Rheobuild 1000.

3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Consistencia.

Resistencia a la compresión.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

- **Técnicas**

La técnica a utilizar será la observación sistemática y experimentación. Por ello, se realizarán diseños de mezclas de concreto para $f'c = 175,210.245 \text{ kg/cm}^2$, para losas aligeradas de concreto armado, que son los elementos de concreto más usados en edificaciones. Una vez obtenida las muestras patrón (concreto convencional), se realizarán muestras de comparación que serán con el diseño de mezcla de concreto aditivo reductor de agua de alto rango. Se tomarán datos durante todo el proceso que engloba esta investigación, retención asentamiento (5, 20, 40, 60, 80, 100, 120 minutos) y desarrollo de resistencia (resistencia en 1d, 3d, 7d, 28d).

- **Instrumentos de medición.**

Formatos de control slump.

Formato de control de exudación.

Formato de control de aire atrapado.

Formato de control de tiempo de fragua.

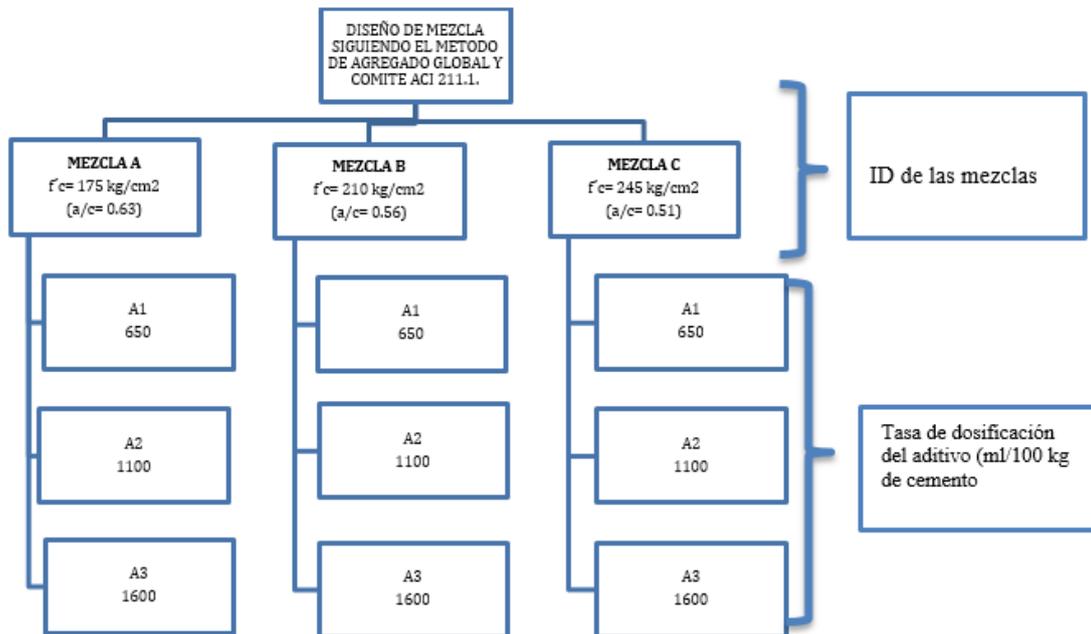
Formatos de control de resistencia a la compresión.

3.6. METODOLOGIA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

El trabajo experimental consistió en diseñar y elaborar 12 mezclas de concreto. Los primeros tres diseños de mezclas formaron el grupo de control. Estas se realizaron a base de la resistencia a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm con relaciones agua y cemento a/c = 0,63, 0,56 y 0,51, respectivamente con asentamientos de 4".

Cada diseño estuvo denominado por la letra correlativa A, B y C. Los siguientes nueve diseños de mezclas pertenecieron al grupo experimental. Estas se obtuvieron de la adición de tres diferentes tasas de dosificación de aditivo superplastificante Rheobuild 1000 para cada una de las relaciones a/c sin variar las medidas del resto de los componentes del concreto. Finalmente, la simbología de cada mezcla estuvo compuesta por la letra que identifica la resistencia con sus respectivas relaciones a/c (A, B y C) y un número correlativo que identifique la tasa de dosificación de aditivo (1, 2 y 3).

Figura 3-1.
Flujograma de mezclas a realizar en la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

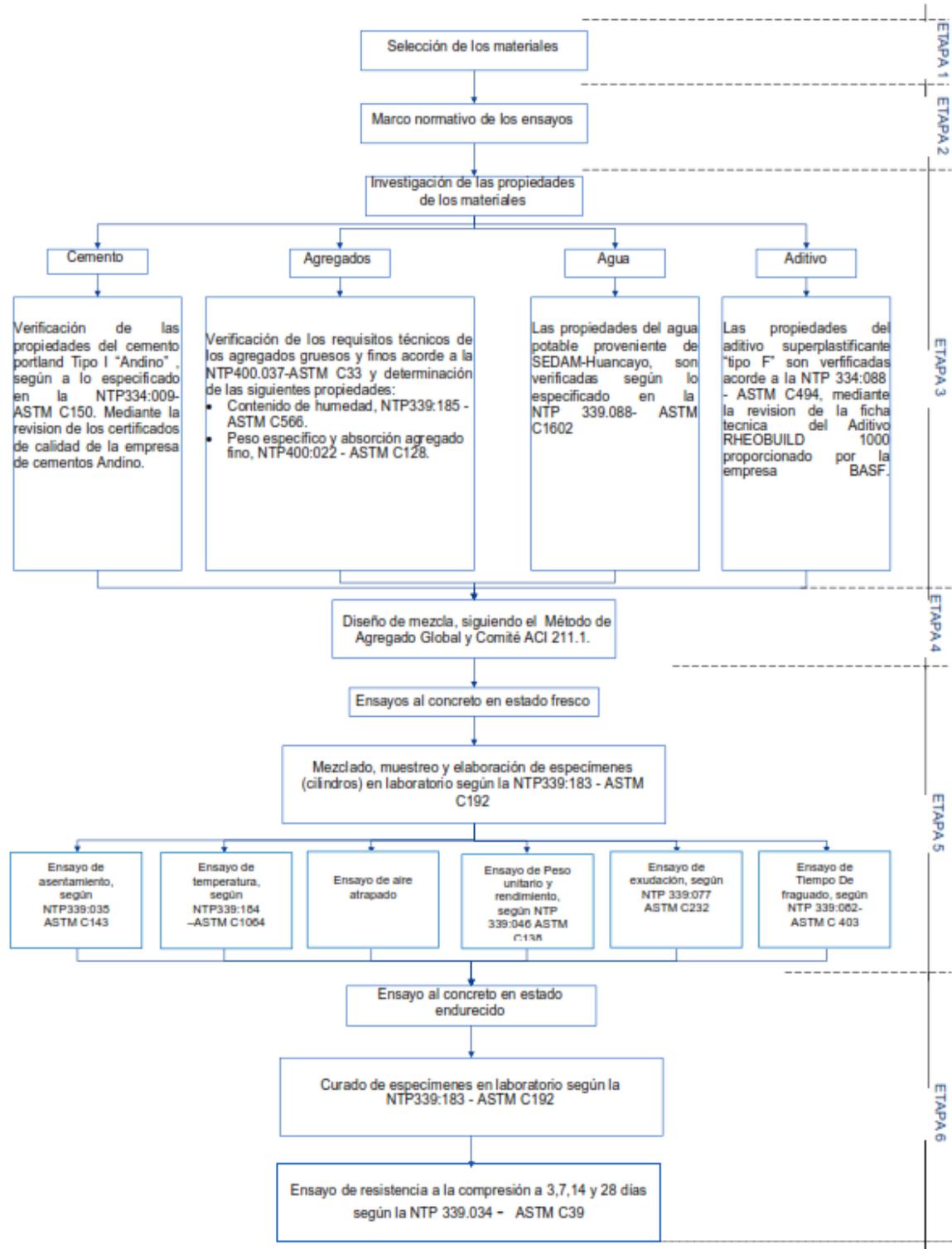
Para controlar la influencia de otras variables extrañas que puedan incidir en el desarrollo de la investigación, la evaluación de las propiedades de los agregados, la elaboración de las 18 mezclas y los ensayos al concreto en estado fresco y endurecido se realizaron en el Laboratorio de Pavimentos, Suelos y Concreto, de la Universidad Continental.

3.7. EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La recolección de los datos cumple con la siguiente secuencia de trabajo:

- Etapa 1: Selección de los materiales.
- Etapa 2: Marco normativo de los ensayos.
- Etapa 3: Investigación de las propiedades de los materiales.
- Etapa 4: Diseño de mezclas.
- Etapa 5: Ensayos al concreto fresco.
- Etapa 6: Ensayo al concreto endurecido.

Figura 3-2.
Diagrama de etapas de trabajo para la ejecución del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1. ETAPA 1: SELECCIÓN DE MATERIALES

3.7.1.1. Cemento

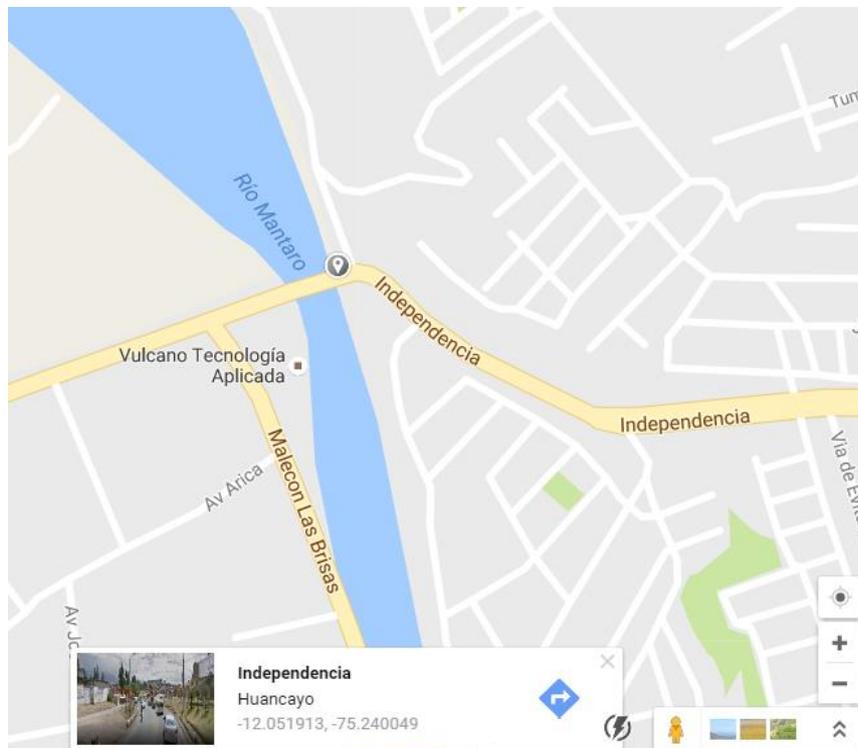
El cemento escogido para la elaboración de esta tesis fue el cemento portland Tipo I “Andino”, pues ofrece propiedades para usos generales. Es el que más se emplea para estructuras cuando no se requieran de propiedades especiales.

3.7.1.2. Agregados

3.7.1.2.1. Agregado fino

Para la siguiente investigación, se utilizó agregado fino procedente del banco del río Mantaro, localizado a la altura del distrito de Pilcomayo. Su ubicación geográfica en coordenadas UTM es: -12.051913 m E, -75.240049 m N.

Figura 3-3.
Ubicación geográfica del banco de arena Pilcomayo.

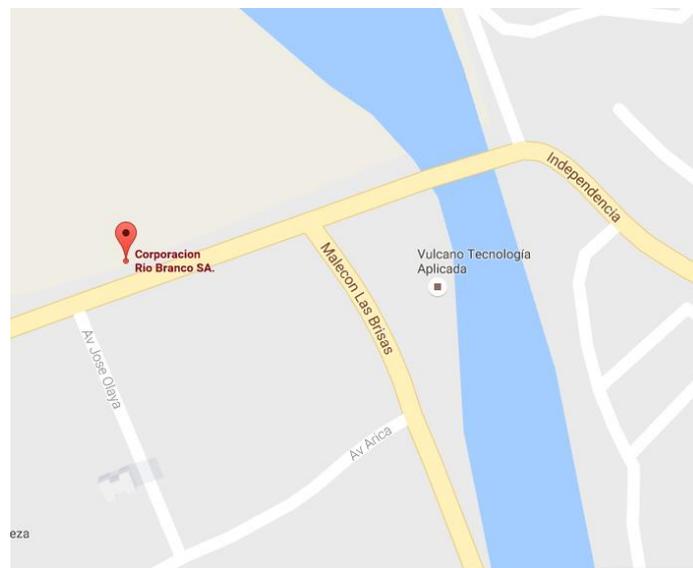


Fuente: Google Maps.

3.7.1.2.2. Agregado grueso

Para la siguiente investigación, se utilizó agregado procedente de la planta chancadora a la altura del distrito de Pilcomayo. Su ubicación geográfica en coordenadas UTM es: -12.052811 m E, -75.242327 m N.

Figura 3-4.
Ubicación geográfica de la planta chancadora Pilcomayo.



Fuente: Google Maps.

3.7.1.3. Agua

El agua utilizada para la preparación y curado del concreto provino de la red de agua potable Sedam-Huancayo.

3.7.1.4. Aditivo

Para la investigación, se utilizó el aditivo Rheobuild 1000, fabricado por la empresa BASF, superplastificante clasificado como Tipo F y de composición química a base naftaleno sulfonado.

Figura 3-5.
Aditivo Superplastificante Rheobuild 1000.



Fuente: <http://www.aditivosypisos.com/productos>.

Ver anexo 13: Ficha técnica Rheobuild Basf 1000.

3.7.2. ETAPA 2: MARCO NORMATIVO DE LOS ENSAYOS

Debido a la naturaleza de esta investigación, los ensayos de laboratorio se rigieron bajo los procedimientos indicados en las normas NTP y ASTM. Estos ensayos fueron divididos en tres grupos principales.

El primero estuvo formado por los ensayos y requisitos técnicos de las propiedades de los materiales del concreto.

El segundo, por los ensayos al concreto en estado fresco: ensayo de asentamiento, temperatura del concreto, aire atrapado, peso unitario, tiempo de fraguado, exudación y tiempo de fragua.

El grupo final, por la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto en estado endurecido. En las tablas 3.1, 3.2 y 3.3 se muestran los grupos de ensayos y las normas utilizadas en la elaboración de las mezclas de concreto en esta investigación.

Tabla 3-1.

Normas de los ensayos y requisitos técnicos de las propiedades de los materiales del concreto.

Ensayo de las propiedades de los agregados		
Prueba	Norma NTP	Norma ASTM
Extracción y preparación de las muestras.	NTP 400.010:2001	ASTM D-75
Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.	NTP 400.043:2006	ASTM C-702
Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.	NTP 400.022:2002	ASTM C-128
Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.	NTP 400.021:2002	ASTM C-127
Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados.	NTP 400.017:2011	ASTM C-29
Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.	NTP 339.185:2002	ASTM C-566
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.	NTP 400.012:2001	ASTM C-136
Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (200) por lavado en agregados.	NTP 400.018:2002	ASTM C-117
Requisitos técnicos de los agregados		
Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).	NTP 400.037:2002	ASTM C-33
Requisitos técnicos del cement		
Cemento <i>portland</i> . Requisitos.	NTP 334.009:2011	ASTM C-150
Requisitos técnicos del agua		
Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento pórtland. Requisitos.	NTP 339.088:2006	ASTM C-1602
Requisitos técnicos del aditivo superplastificante Tipo F		
Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto). Especificaciones. 2a. ed.	NTP 334.088:2006	ASTM C-494

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-2.
Normas de los ensayos en estado fresco.

Prueba	Norma NTP	Norma ASTM
Mezclado, muestreo y elaboración de especímenes en laboratorio.	NTP 339.183:2009	ASTM C-192
Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento <i>portland</i> .	NTP 339.035:2009	ASTM C-143
Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.	NTP 339.046:2008	ASTM C-138
Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).	NTP 339.184:2002	ASTM C-1064
Métodos de ensayo normalizado para la exudación del hormigón (concreto).	NTP 339.077:2003	ASTM C-232

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-3.
Normas de los ensayos en estado endurecido.

Prueba	Norma NTP	Norma ASTM
Práctica normalizada para el curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.	NTP 339.183:2009	ASTM C-192
Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.	NTP 339.034:2008	ASTM C-39

Fuente: Elaboración propia.

3.7.3. ETAPA 3: INVESTIGACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

3.7.3.1. Cemento

Las propiedades físicas y químicas del cemento portland Tipo I “Andino” (ver tablas 3.4 y 3.5) influyen en las propiedades del concreto. Sin embargo, la única propiedad del cemento que se emplea directamente en el cálculo de las proporciones de la mezcla es el peso específico (Pe).

Tabla 3-4.
Resultados de los ensayos de las propiedades físicas del cemento portland Tipo I
“Andino” (Pasquel 1998).

Requisitos físicos	Cemento <i>portland</i> Tipo I
Finura mallas (porcentaje retenido)	
Malla 100 ASTM	0.34
Malla 170 ASTM	3.07
Malla 200 ASTM	5.66
Malla 325 ASTM	20.42
Superficie específica (cm ² /gr)	3300
Densidad (gr/cm ³)	3.12
Expansión autoclave (porcentaje)	0.02
Calor de hidratación (cal/gr)	
7 días	64.93
Consistencia normal (porcentaje)	23.38
Falso fraguado (porcentaje)	68.44
Contenido de aire (porcentaje)	6.5
Fraguado vicat (hr:min)	
Inicial	02:50
Final	03:45
Fluidez (a/c)	0.485
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	
3 días	204
7 días	289
28 días	392

Tabla 3-5.
Resultados de los ensayos de las propiedades químicas del cemento portland Tipo
I “Andino”.

Requisitos químicos	Cemento <i>portland</i> Tipo I
Pérdida por Ignición (porcentaje en peso)	1.24
SiO ₂ (porcentaje)	21.86
Al ₂ O ₃ (porcentaje)	4.81
Fe ₂ O ₃ (porcentaje)	3.23
CaO (porcentaje)	64.19
MgO (porcentaje)	0.96
SO ₃ (porcentaje)	2.41
Na ₂ O (porcentaje)	0.15
K ₂ O (porcentaje)	0.65
TiO ₂ (porcentaje)	0.24
P ₂ O ₅ (porcentaje)	0.14
Mn ₂ O ₅ (porcentaje)	0.07
SrO (porcentaje)	0.1
Total (porcentaje)	100.05
Cal libre (porcentaje)	0.59
Residuo insoluble (porcentaje)	0.42
Alcallis total (porcentaje)	0.58
Fases de bogue considerando cal libre:	
C ₃ S (porcentaje)	48.93
C ₂ S (porcentaje)	25.76
C ₃ A (porcentaje)	7.28
C ₄ AF (porcentaje)	9.83

Fuente: Adaptado de Pasquel 1998.

3.7.3.2. Agregados

El análisis de las propiedades físicas de los agregados (arena y piedra) es muy importante, pues influyen en gran medida en el cálculo de las proporciones de mezcla. Este es el caso de propiedades como peso específico, pesos unitarios (suelto y compactado), absorción, contenido de humedad. Los resultados de estos parámetros (tanto para la arena y la piedra) se obtuvieron mediante la ejecución de los ensayos mencionados en la tabla 3.1. También se realizó el ensayo de análisis granulométrico y la evaluación de sus requisitos técnicos (análisis de calidad) según la norma NTP 400.037.

3.7.3.2.1. Extracción y preparación de muestras

La Norma NTP 400.010 establece los procedimientos de muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento.
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de utilización.
- Aceptación y rechazo de los materiales.

El muestreo de los agregados es igualmente importante, como el ensayo que se le realice a estos. El encargado de realizarlo tendrá mucho cuidado para obtener muestras que exhiban la naturaleza y condición de los materiales que representan.

Las cantidades especificadas en la tabla 3.6 proporcionan material suficiente para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios.

Tabla 3-6.
Cantidad de muestra en función del tamaño del agregado.

Tamaño máximo nominal del agregado (A)	Masa mínima aproximada para la muestra de campo kg (B)
Agregado fino	
Nro. 8 (2.36 mm)	10 kg
Nro. 4 (4.75 mm)	10 kg
Agregado grueso	
3/8" (9.5 mm)	10 kg
1/2" (12.5 mm)	15 kg
3/4" (19.0 mm)	25 kg
1" (25.0 mm)	50 kg
1 1/2" (37.5 mm)	75 kg
2" (50 mm)	100 kg
2 1/2" (63 mm)	125 kg
3" (75 mm)	150 kg
3 1/2" (90 mm)	175 kg

A: Para agregados procesados, el tamaño nominal máximo es la malla menor donde se produce el primer retenido.

B: Para agregado global (por ejemplo, para base y subbase), la masa mínima requerida será la mínima para el agregado grueso más 10 kg.

Fuente: NTP 400.010.

3.7.3.2.2. Reducción de muestras de agregados a tamaños de prueba

La Norma NTP 400.043 define los procedimientos para reducir la muestra total obtenida en campo o producida en el laboratorio, ya sea de agregado grueso o fino, a un tamaño conveniente, para la realización de una serie de ensayos que describan al material y midan su calidad, de tal manera que la porción más pequeña sea representativa de la muestra total suministrada. Para la conformación de muestras de ensayo, en la práctica se emplea el método de cuarteo manual. Este método puede apreciarse en la figura 3.5.

Figura 3-6.
Reducción a tamaño de prueba del agregado fino, mediante cuarteo manual.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3.2.3. Peso específico y absorción

El peso específico de masa es la característica que generalmente se utiliza para el cálculo de volumen ocupado por el agregado en las mezclas de concreto, que son proporcionadas o analizadas sobre la base del volumen absoluto.

Los valores de absorción se usan para calcular el cambio de masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios porosos dentro de las partículas, comparados a la condición seca, cuando se estima que el agregado ha estado en contacto con el agua por el tiempo suficiente para satisfacer el potencial de absorción.

a) Agregado fino

La Norma NTP 400.022 indica el método para determinar el peso específico de masa, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado fino.

El peso específico y la absorción de la arena se obtienen utilizando una probeta graduada. La realización de este método puede visualizarse en la figura 3.6.

Figura 3-7.
Ensayo del peso específico y absorción de la arena haciendo uso de una probeta graduada.



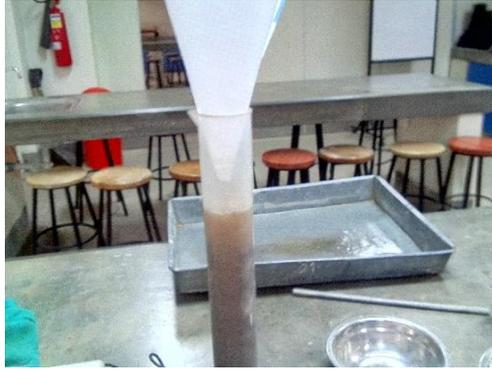
Paso 1: Remojar 5 kg de muestra durante 24 horas.



Paso 2: Secar la muestra superficialmente a la temperatura del ambiente.



Paso 3: Compactar la muestra en forma circular utilizando el pizon metálico.



Paso 4: Pesar la muestra y llenar en la probeta y medir el volumen desplazado.



Paso 5: Llevar la muestra al horno durante 24 horas.



Paso 6: Pesar la muestra y calcular el peso específico y absorción.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 3 (Ensayo de peso específico agregados).

b) Agregado grueso

La Norma NTP 400.021 indica el método para determinar el peso específico de masa, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso.

El peso específico y la absorción se realizan utilizando la canastilla. Ello se visualiza en la figura 3.7.

Figura 3-8.

Ensayo del peso específico y absorción de la piedra haciendo uso de la canastilla.



Paso 1: Remojar la muestra durante 24 horas.



Paso 2: Secar la muestra superficialmente.



Paso 3: Pesar 500 gr de muestra.



Paso 4: Llenar la muestra en la canastilla sumergida en el agua.



Paso 5: Medir el peso de la muestra sumergida en el agua.



Paso 6: Llevar la muestra al horno durante 24 horas, pesar y calcular.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 3 (Ensayo de peso específico agregados).

3.7.3.2.4. Peso unitario compactado y suelto

La Norma NTP 400.017 establece los lineamientos para la determinación del peso unitario en condición suelto o compactado del agregado (agregados finos, gruesos y mezcla de ambos). Este método de ensayo es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño máximo nominal.

Figura 3-9.
Ensayo peso unitario compactado de la piedra.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-10.
Ensayo peso unitario compactado de la arena.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-11.
Ensayo peso unitario suelto de la arena.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-12.
Ensayo peso unitario suelto de la piedra.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 4 (Ensayo de peso unitario agregados).

3.7.3.2.5. Contenido de humedad

La Norma NTP 339.185 define la metodología para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

La humedad total es un parámetro solo de control y utilizado, principalmente, en la determinación del contenido de agua de mezclado, que, apoyada en el valor de absorción, determina la corrección por humedad, que para el caso de esta investigación fue realizada periódicamente, antes de la dosificación de cada mezcla de concreto.

El contenido de humedad, tanto para la arena y piedra, se obtiene por la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco al horno, entre el peso seco.

Figura 3-13.

Ensayo humedad piedra (muestra seca y muestra secada al horno).



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 3 (Ensayo de peso específico de agregados).

3.7.3.2.6. Análisis granulométrico

La Norma NTP 400.012 establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

La determinación de los parámetros del módulo de finura y tamaño máximo nominal, en el análisis granulométrico, adquiere importancia en el diseño y control de mezclas. En consecuencia, se debe tener en cuenta las recomendaciones.

Figura 3-14.
Ensayo de granulometría piedra y arena.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 1 (Análisis granulométrico de agregado fino) y en el anexo 2 (Análisis granulométrico de agregados grueso).

3.7.4. ETAPA 4: DISEÑO DE MEZCLA

Para el diseño de mezclas, se trabajó con tres resistencias (175, 210 y 245 kg/cm²). Se diseñó una mezcla patrón para cada resistencia y luego las variantes con el aditivo superplastificante. El aditivo superplastificante Rheobuild BASF 1000 fue usado en cinco dosis: 650, 1100 y 1600 mililitros por cada 100 kilogramos de cemento.

Todas las variantes hacen un total de 18 diseños de mezcla. Para el diseño patrón, se consideró un asentamiento de 3.5 pulgadas.

El criterio del diseño utilizado es el de la mejor combinación de los agregados, determinada mediante el peso unitario compactado del agregado global.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 5 (Diseño de mezcla de agregado global 175kg/cm²), anexo 6 (Diseño de mezcla de agregado global 210kg/cm²) y anexo 7 (Diseño de mezcla de agregado global 245 kg/cm²).

3.7.5. ETAPA 5: ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

3.7.5.1. Asentamiento

La Norma NTP 339.035 establece el método para determinar el asentamiento del concreto haciendo uso del cono de Abrams. Se observan las operaciones en laboratorio en la figura 3.13.

Figura 3-15.
Ensayo de asentamiento utilizando el cono de Abrams.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 9.1, 10.1 y 11.1 (Ensayo de asentamiento).

3.7.5.2. Temperatura

La Norma NTP 339.184 señala el procedimiento para determinar la temperatura de mezcla de concreto en estado fresco.

Para medir y registrar la temperatura del concreto, primero, debemos colocar el dispositivo a una profundidad de 75 mm (3 pulg). Luego debemos esperar 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 9.1, 10.1 y 11.1 (Ensayo de asentamiento).

3.7.5.3. Aire atrapado

La Norma NTP 339.083 señala el procedimiento para determinar la cantidad de aire atrapado en la mezcla de concreto en estado fresco, utilizando el equipo de Washintong. Esto lo observamos en la figura 3.14.

Figura 3-16.
Ensayo de aire atrapado.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 9.2, 10.2 y 11.2 (Ensayo de aire atrapado).

3.7.5.4. Peso unitario

La Norma NTP 339.046 indica el procedimiento a seguir para determinar el peso unitario y rendimiento de la mezcla de concreto fresco. Esto se observa en la figura 3.15.

Figura 3-17.
Ensayo de peso unitario.



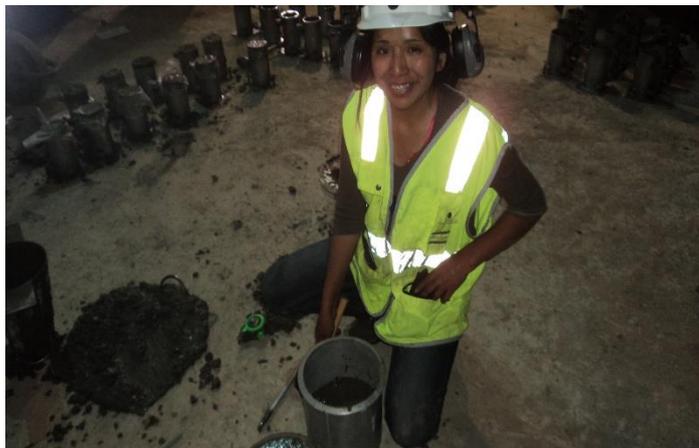
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 9.3, 10.3 y 11.3 (Ensayo de peso unitario).

3.7.5.5. Exudación

La Norma NTP 339.077 establece el procedimiento para determinar la cantidad relativa de agua de mezclado que puede ser exudada de una muestra de concreto fresco. Esto lo observamos en la figura 3.16.

Figura 3-18.
Ensayo de exudación.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 9.4, 10.4 y 11.4 (Ensayo de exudación).

3.7.5.6. Tiempo fraguado

La Norma NTP 334.007 establece el procedimiento para determinar el tiempo de fragua una muestra de concreto fresco. Esto lo observamos en la figura 3.17.

Figura 3-19.
Ensayo de tiempo de fragua.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 9.5, 10.5 y 11.5 (Ensayo de tiempo de fragua).

3.7.6. ETAPA 6: ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO

3.7.6.1. Curado de especímenes

La Norma NTP 339.183 establece procedimientos y recomendaciones para el curado de especímenes (probetas) de concreto, como se observa en la figura 3.18.

Figura 3-20.
Curado de probetas de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.6.2. Resistencia a la compresión

La Norma NTP 339.034 considera las siguientes recomendaciones y procedimientos para la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas (4" × 8"), como se visualiza en la figura 3.19.

Figura 3-21.
Ensayo de resistencia a la compresión $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados finales de este ensayo se observan en el anexo 9.6, 10.6 y 11.6 (Ensayo de resistencia a la compresión).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. GENERALIDADES

El análisis de los resultados es la parte más importante de la presente investigación, pues debido a este obtendremos las conclusiones y recomendaciones acerca del uso del aditivo reductor de agua de alto rango diseñado para producir concreto reoplástico Rheobuild 1000 en las propiedades del concreto.

Este capítulo comprende la presentación y análisis de resultados, mediante tablas y gráficos, en torno a las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido versus la tasa de dosificación del aditivo.

4.2. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

4.2.1. TRABAJABILIDAD

En esta sección se exponen y analizan los resultados obtenidos para los ensayos de asentamiento, temperatura, peso unitario y exudación, para evaluar la trabajabilidad del concreto.

4.2.1.1. Asentamiento

La pérdida de asentamiento del concreto en el tiempo, para las mezclas con dosis de 650, 1100 y 1600 ml del aditivo Rheobuild 1000, respecto a los concretos patrones de resistencia 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 245

kg/cm² con relaciones a/c = 0,63, 0,56 y 0,51, respectivamente, se aprecian en la figura 4.1, 4.2 y 4.3, respectivamente.

Figura 4-1.
Pérdida de asentamiento del concreto en el tiempo para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.63$).

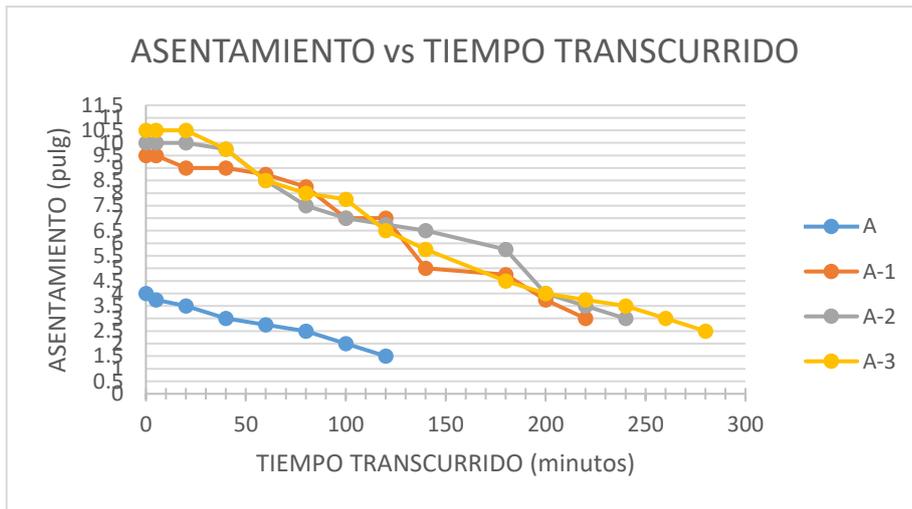


Figura 4-2.
Pérdida de asentamiento del concreto en el tiempo para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.56$).

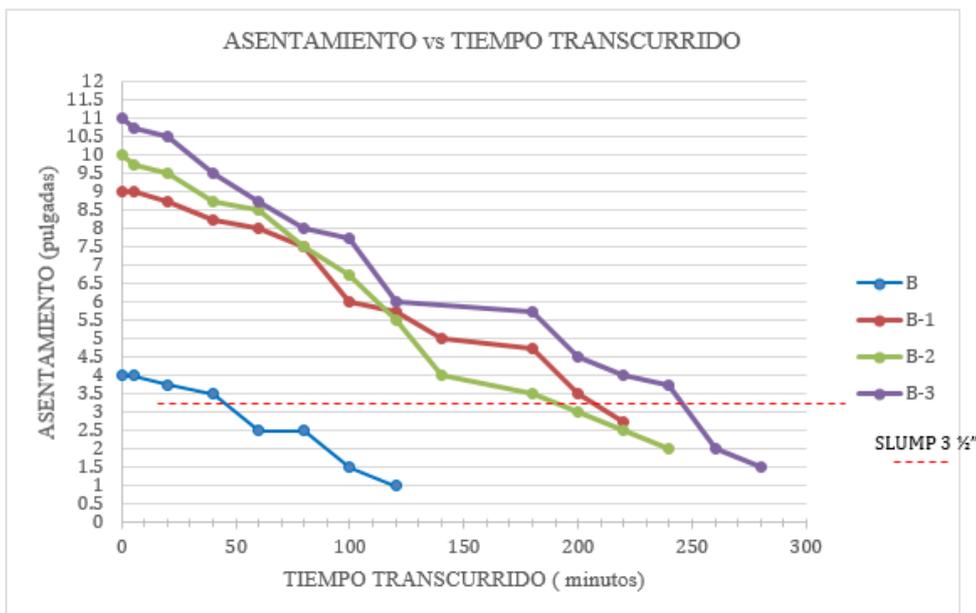


Figura 4-3.
Pérdida de asentamiento del concreto en el tiempo para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.51$).

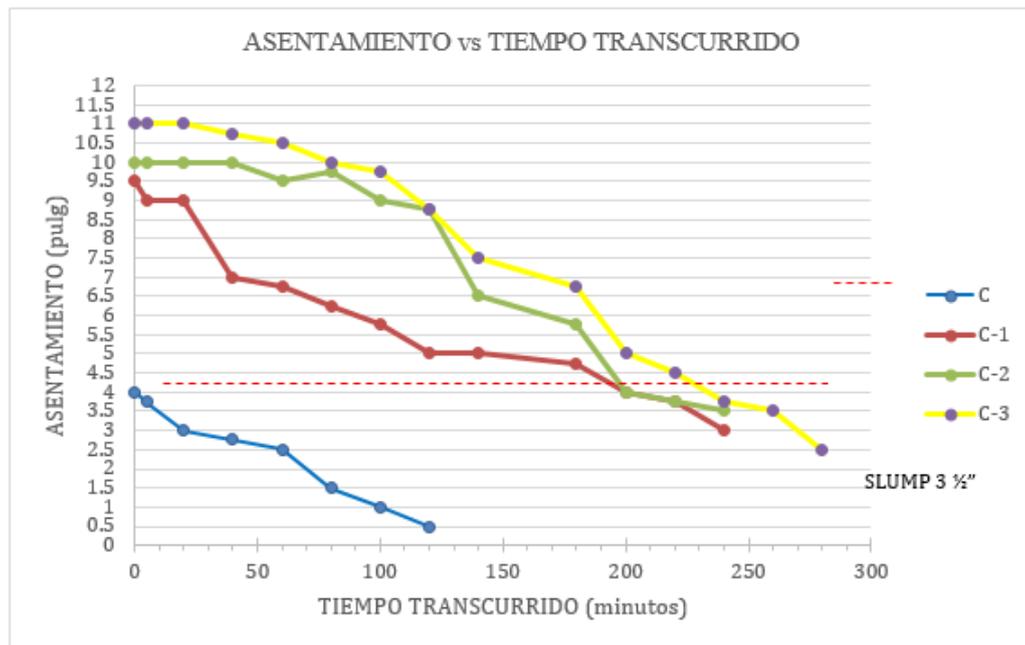


Figura 4.3. La correlación entre el asentamiento máximo inicial y las dosis del aditivo Rheobuild 1000 (0, 650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento), para cada resistencia a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² con relación agua/cemento ($a/c = 0.63, 0.56, 0.51$), respectivamente, se aprecia en la tabla 4.1 y figura 4.4 a 4.6.

La correlación entre el asentamiento máximo inicial y las dosis del aditivo Rheobuild 1000 (0, 650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento), para cada resistencia a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² con relación agua/cemento ($a/c = 0.63, 0.56, 0.51$), respectivamente, se aprecia en la tabla 4.1 y figura 4.4 a 4.6.

Tabla 4-1.

Resumen del ensayo de asentamiento máximo del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.

ID mezcla	Relación a/c	Dosis kg	ml/100	Slump máximo (pulg)	Porcentaje de variación con respecto al patrón
A	0.63	0		4	100.00%
A-1	0.63	650		9 ½	237.50%
A-2	0.63	1100		10	250.00%
A-3	0.63	1600		10 1/2	262.50%
B	0.56	0		4	100.00%
B-1	0.56	650		9	225.00%
B-2	0.56	1100		10	250.00%
B-3	0.56	1600		11	275.00%
C	0.51	0		4	100.00%
C-1	0.51	650		9 ½	237.50%
C-2	0.51	1100		10	250.00%
C-3	0.51	1600		11	275.00%

Figura 4-4.

Asentamiento máximo del concreto para diferentes dosis de aditivo con respecto a f'c = 175 kg/cm² (a/c = 0.63).

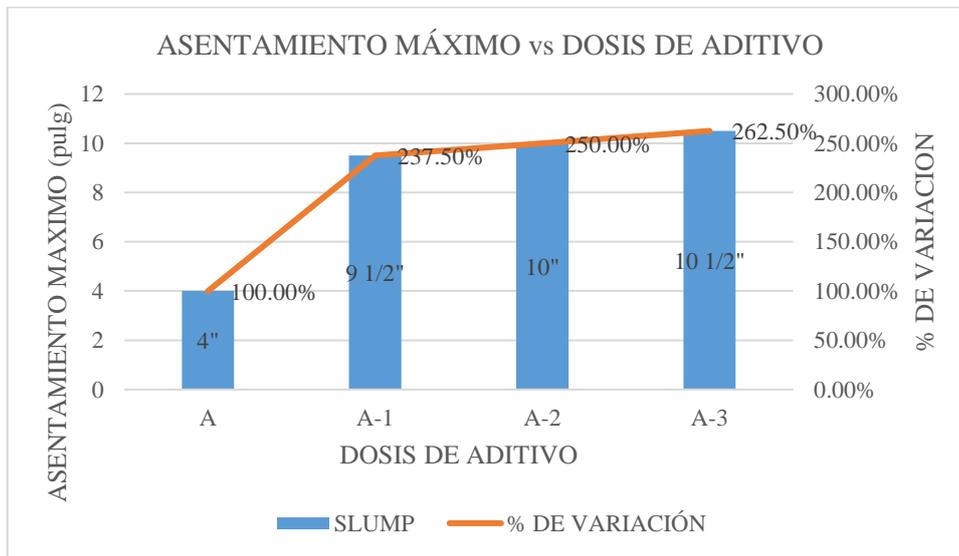


Figura 4-5.

Asentamiento máximo del concreto para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.56$).

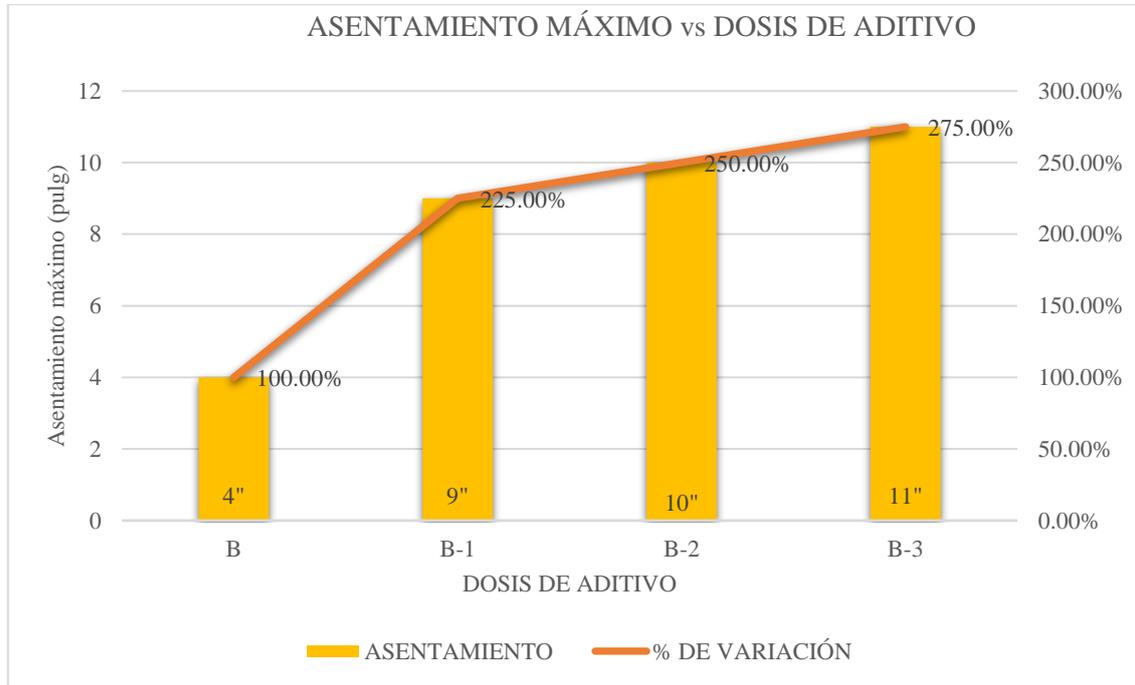
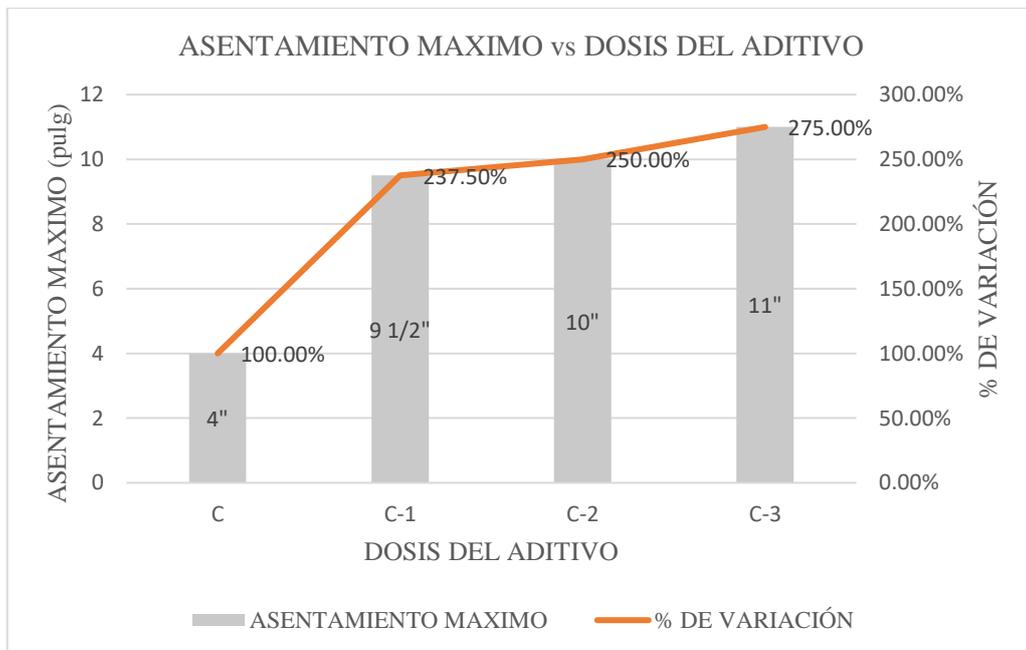


Figura 4-6.

Asentamiento máximo del concreto para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.51$).



La correlación entre el tiempo transcurrido, para alcanzar un asentamiento de 3 ½ pulgadas, y las dosis del aditivo Rheobuild 1000 (0, 650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento), con relación agua/cemento (a/c = 0.63, 0.56, 0.51) respectivamente se contempla en la tabla 4.2 y figura 4.7 a 4.9.

Tabla 4-2.

Resumen del tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 3 ½” para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.

ID mezcla	Relación a/c	Dosis ml/100 kg	Tiempo transcurrido en minutos	Porcentaje variación de con respecto al patrón
A	0.63	0	20	100.00%
A-1	0.63	650	210	1050.00%
A-2	0.63	1100	220	1100.00%
A-3	0.63	1600	240	1200.00%
B	0.56	0	40	100.00%
B-1	0.56	650	200	500.00%
B-2	0.56	1100	186	465.00%
B-3	0.56	1101	238	595.00%
C	0.51	0	15	100.00%
C-1	0.51	650	215	1433.33%
C-2	0.51	1100	240	1600.00%
C-3	0.51	1600	260	1733.33%

Figura 4-7.

Tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 3 ½” para diferentes dosis de aditivo con respecto a f'c = 175 kg/cm² (a/c = 0.63).

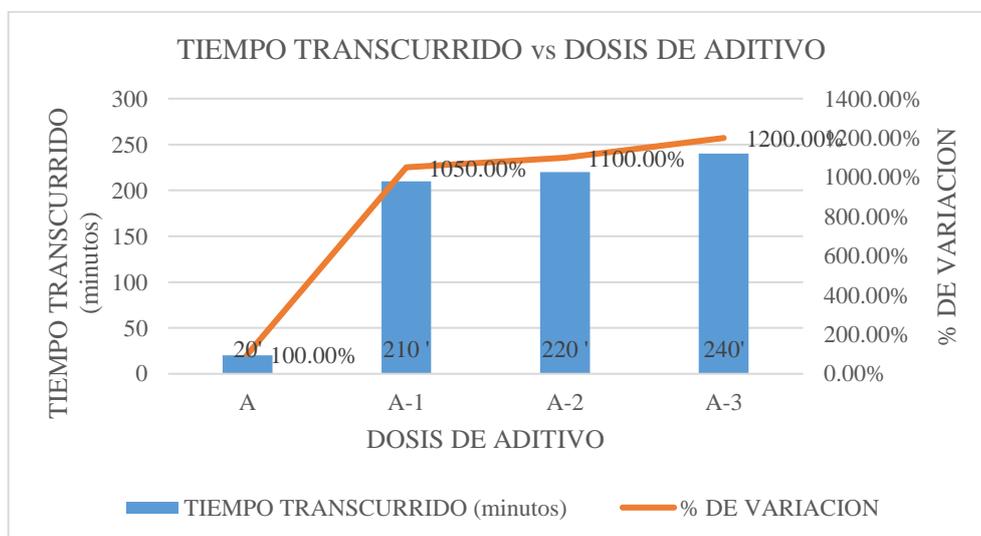


Figura 4-8.

Tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 3 1/2" para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.56$).

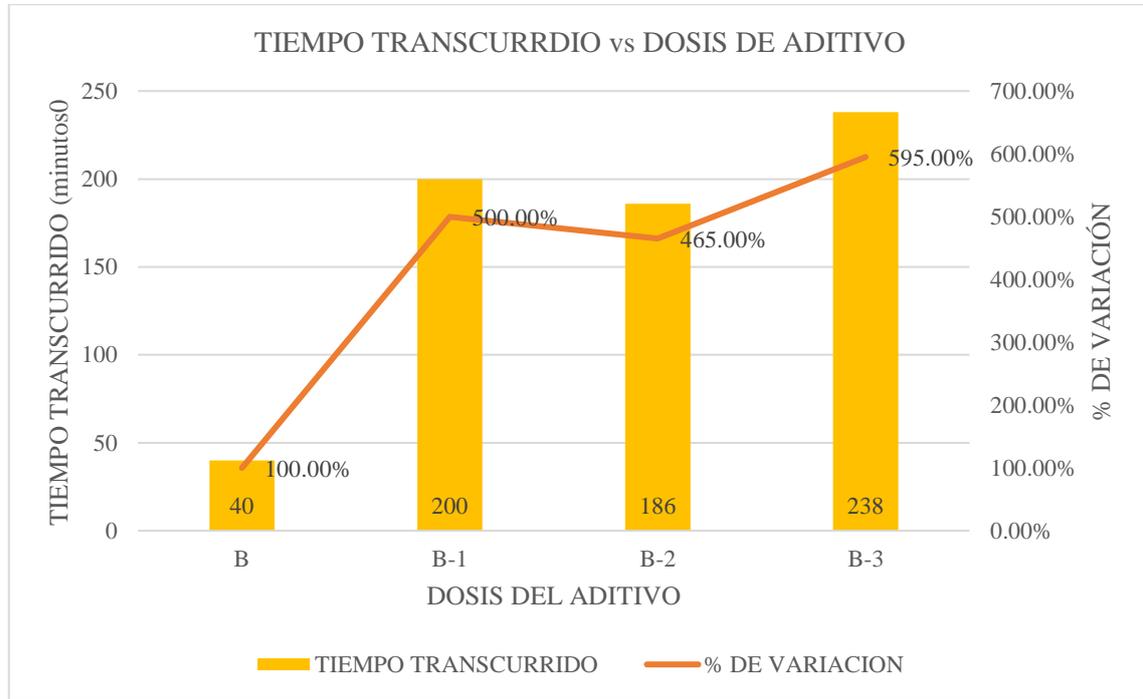
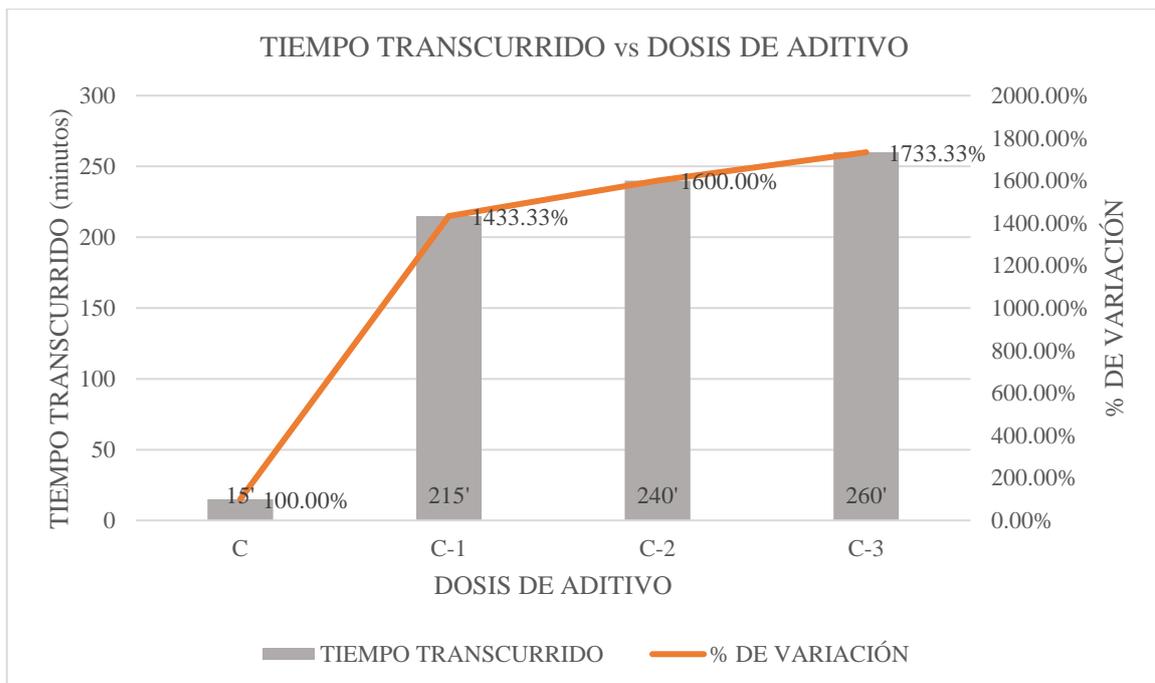


Figura 4-9.

Tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 3 1/2" para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ ($a/c = 0.51$).



Del análisis de la figura 4.4 a la 4.6 se confirma una relación directa entre el asentamiento máximo inicial y la dosis del aditivo Rheobuild 1000. Además, se observa que las mezclas que contienen un mayor factor cemento (menor relación a/c). Es decir, las resistencias 210 kg/cm² (a/c = 0.56) y 245 kg/cm² (a/c = 0.51) tienden a alcanzar asentamientos superiores, debido a que la dosificación del aditivo se realiza en función de la cantidad de cemento.

Del análisis de la figura 4.7 a la 4.9 se aprecia que el tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de 3 ½", guarda una relación directa con la dosis del aditivo Rheobuild 1000, debido a que la dosis de aditivo suministrada en la mezcla incrementa el slump inicial. Luego este pierde su manejabilidad en el tiempo.

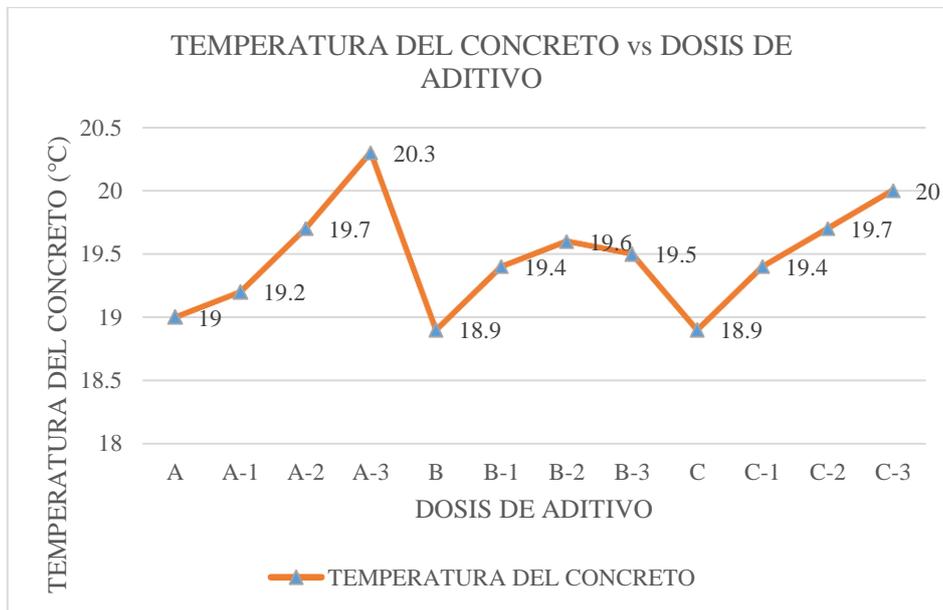
En la presente investigación, al aplicar una dosis de aditivo Rheobuild 1000 de 1600 ml/100 kg de cemento en las mezclas de resistencia a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente, el asentamiento de cono se incrementó en 170.83%. Esta es la variación máxima promedio.

4.2.1.2. Temperatura del concreto

La correlación entre la temperatura promedio del concreto y las dosis del aditivo Rheobuild 1000 (0, 650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento), para resistencia a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² con relaciones agua/cemento (a/c = 0.63, 0.56, 0.51) se aprecia en la figura 4.10.

Figura 4-10.

Temperatura promedio del concreto para diferentes dosis de aditivo con respecto a $f'c = 175, 210$ y 245 kg/cm^2 con relaciones $(a/c = 0.63, 0.56$ y $0.51)$, respectivamente.



Del análisis de la figura 4.10 se confirma que no existe una relación directa entre la temperatura promedio del concreto y la dosis del aditivo Rheobuild 1000. Los resultados obtenidos muestran que no hay una diferencia significativa de la temperatura promedio entre las distintas mezclas. La máxima variación registrada entre las mezclas fue de $1.0 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.2.1.3. Aire atrapado

La correlación entre el aire atrapado del concreto y las dosis del aditivo Rheobuild 1000 (0, 650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento), para resistencia a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm^2 con relaciones agua/cemento ($a/c = 0.63, 0.56, 0.51$) se aprecia en la tabla 4.3 y en las figuras 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14.

Tabla 4-3.

Porcentaje de aire atrapado en el concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.

Tipo de concreto	Dosificación (ml/100 kg de cemento)	Aire atrapado (porcentaje)	Porcentaje de variación de aire atrapado
A	0	1.00	100.00%
A-1	650	0.60	60.00%
A-2	1100	0.80	80.00%
A-3	1600	0.85	85.00%
B	0	1.50	100.00%
B-1	650	0.50	33.33%
B-2	1100	0.75	50.00%
B-3	1600	0.80	53.33%
C	0	1.20	100.00%
C-1	650	0.50	41.67%
C-2	1100	0.80	66.67%
C-3	1600	0.70	58.33%

Figura 4-11.

Porcentaje de aire atrapado para dosis de aditivo con respecto a f'c = 175, 210 y 245 kg/cm² con relaciones (a/c = 0.63, 0.56 y 0.51), respectivamente.

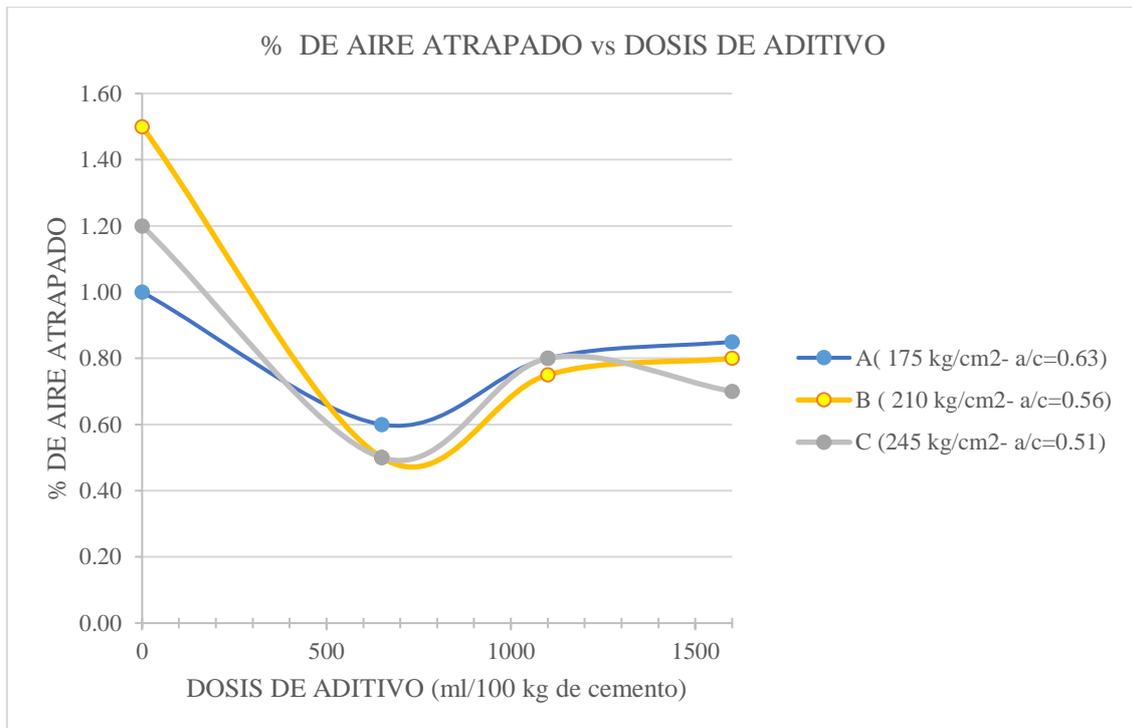


Figura 4-12.

Porcentaje de aire atrapado para dosis de aditivo con respecto a $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c = 0.63$.

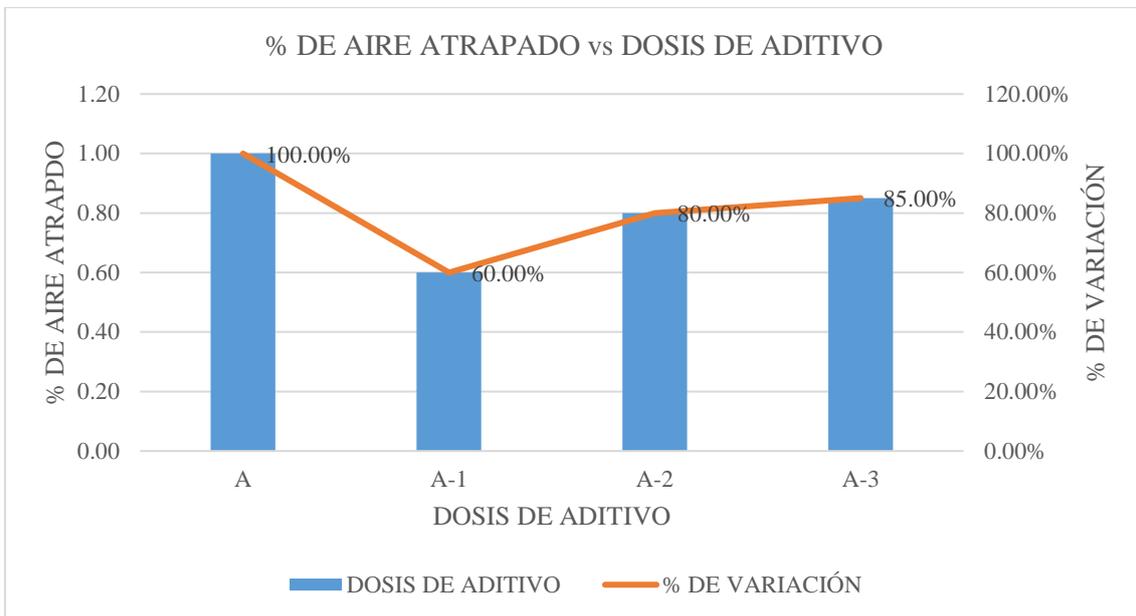


Figura 4-13.

Porcentaje de aire atrapado para dosis de aditivo con respecto a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c = 0.56$.

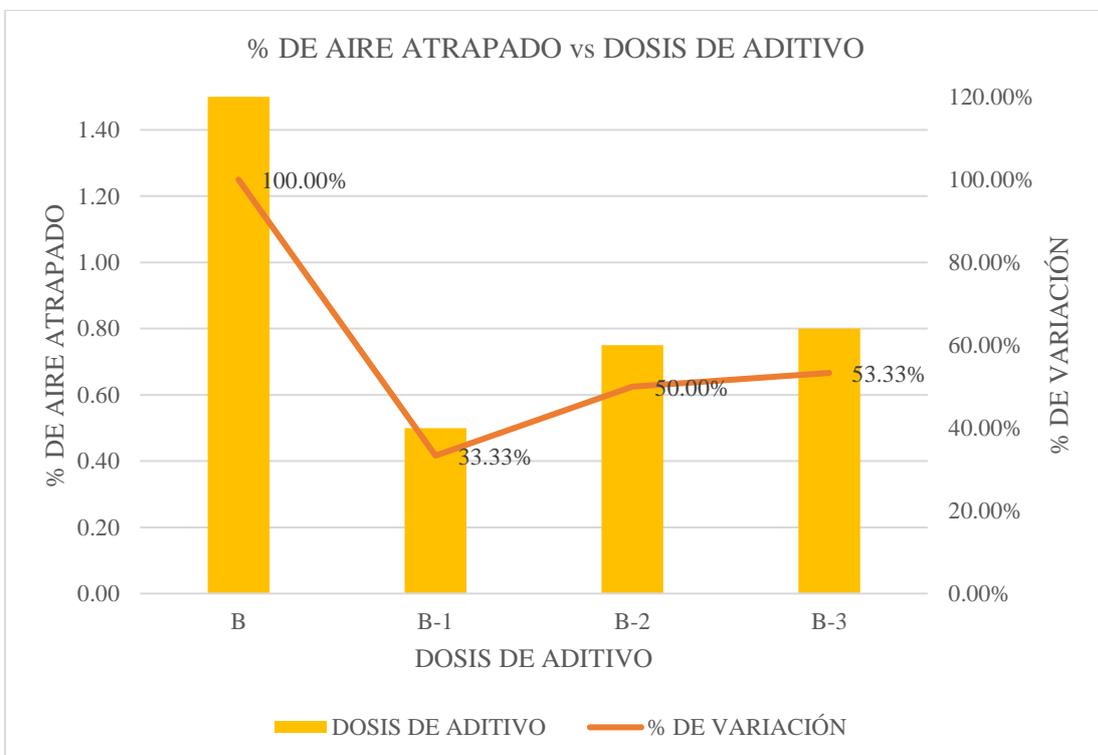
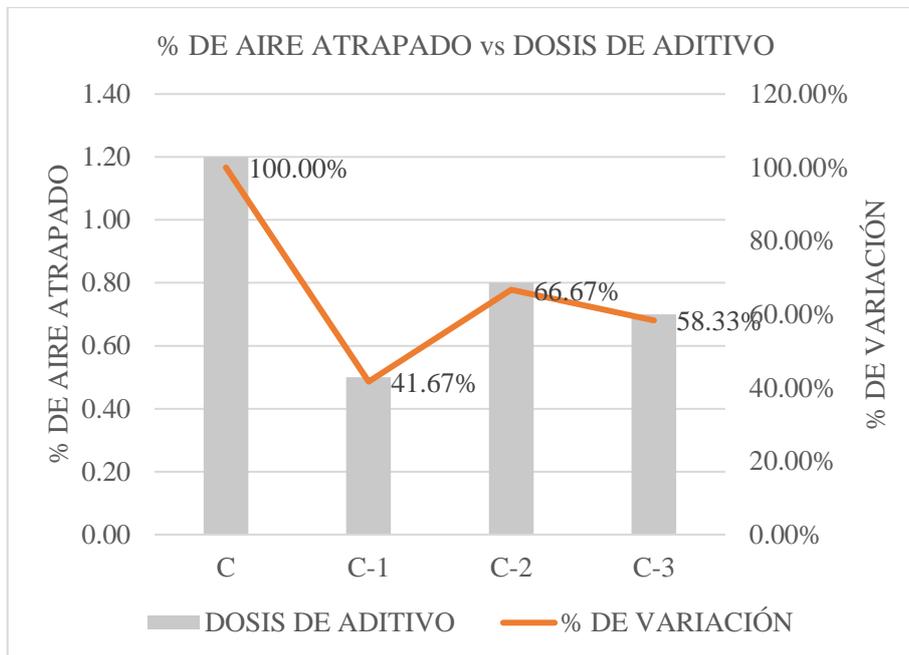


Figura 4-14.
Porcentaje de aire atrapado para dosis de aditivo con respecto a $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$
con relación $a/c = 0.51$.



Del análisis de la figura 4.11 a la 4.14 se observa que la inclusión del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto ocasionó un decrecimiento del porcentaje de aire atrapado concreto respecto al patrón para dosis iguales a 650 ml. Sin embargo, para dosis superiores a 650 ml, el porcentaje de aire atrapado en el concreto experimenta un crecimiento. No obstante, este valor se encuentra mayormente por debajo del aire atrapado de la mezcla patrón.

4.2.1.4. Peso unitario

La correlación entre el peso unitario del concreto y las dosis del aditivo Rheobuild 1000 (0, 650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento), para cada resistencia a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm^2 con relación agua/cemento ($a/c = 0.63, 0.56$ y 0.51) se aprecia en la tabla 4.4 y en la figura 4.15 a 4.18.

Tabla 4-4.

Resumen del ensayo de peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.

ID mezcla	Relación a/c	Dosis (ml/100 kg)	Peso unitario (kg/m ³)	Porcentaje de variación con respecto al patrón
A	0.63	0	2523.56	100.00%
A-1	0.63	650	2535.79	100.48%
A-2	0.63	1100	2510.60	99.49%
A-3	0.63	1600	2491.31	98.72%
B	0.56	0	2514.14	100.00%
B-1	0.56	650	2527.25	100.52%
B-2	0.56	1100	2494.26	99.21%
B-3	0.56	1600	2479.09	98.61%
C	0.51	0	2518.70	100.00%
C-1	0.51	650	2529.31	100.42%
C-2	0.51	1100	2495.73	99.09%
C-3	0.51	1600	2479.97	98.46%

4441

Figura 4-15.

Peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.

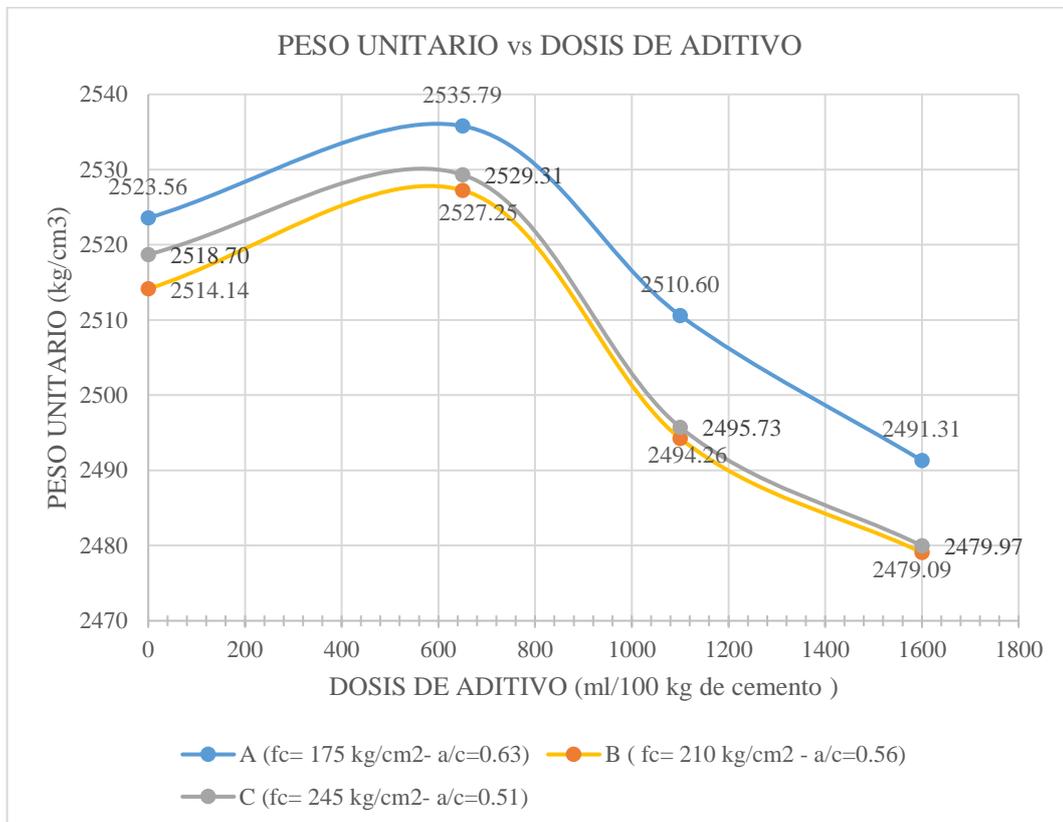


Figura 4-16.

Peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencias a la compresión 175kg/cm² con relación a/c = 0.63.

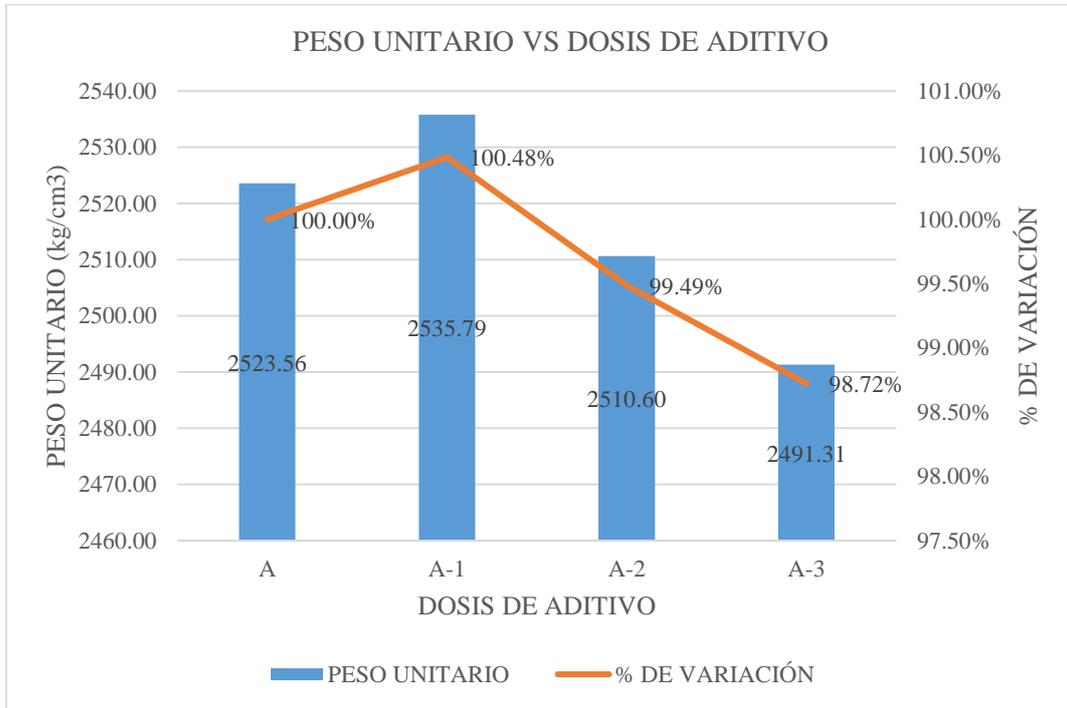


Figura 4-17.

Peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencias a la compresión 210 kg/cm² con relación a/c = 0.56.

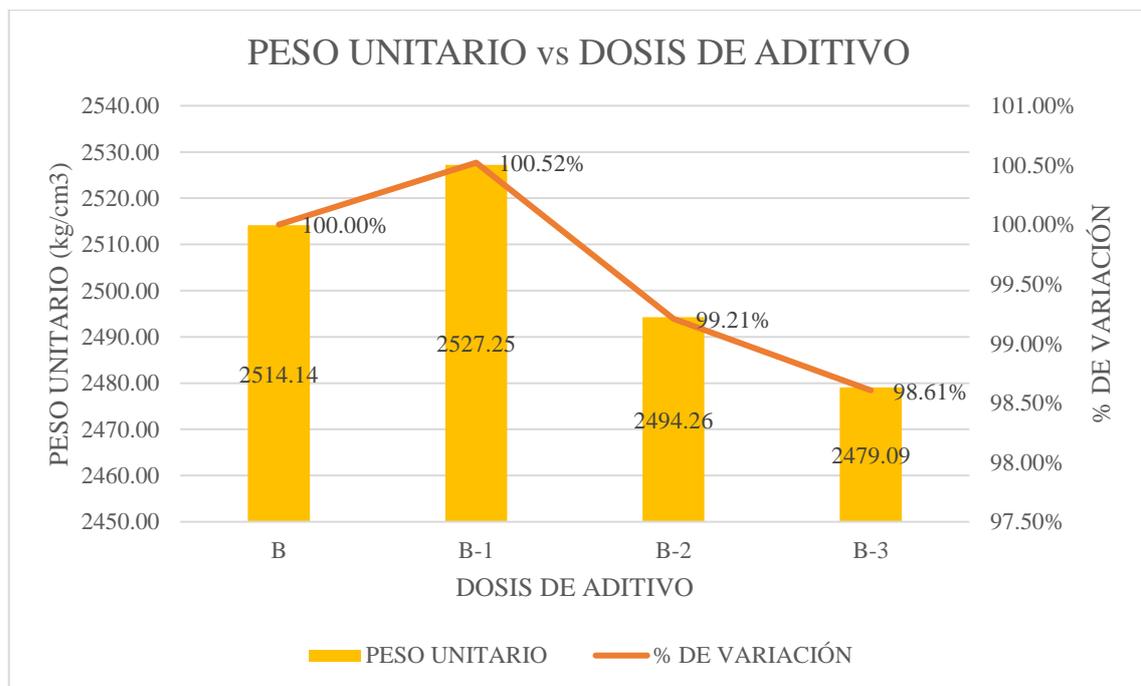
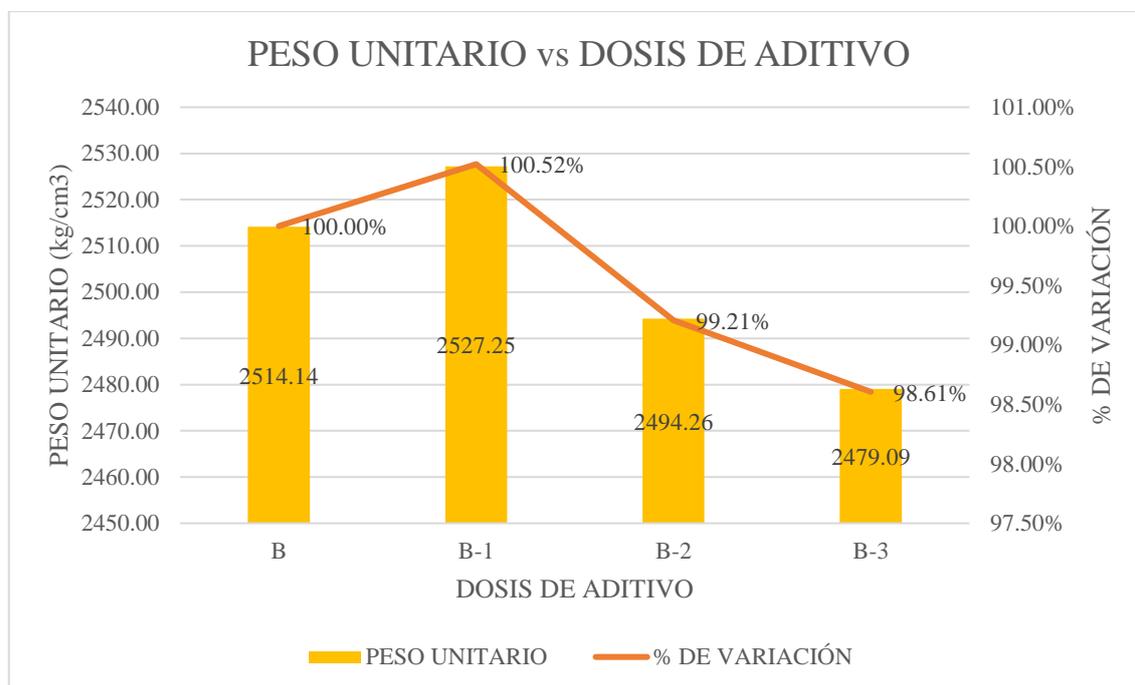


Figura 4-18.

Peso unitario del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm² con relación a/c = 0.51.



Del análisis de la figura 4.15 a 4.18 se encontró que las mezclas diseñadas en función de las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² con relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51 para dosis de aditivo Rheobuild 1000 por debajo e igual a 650 ml, el peso unitario del concreto crece en forma proporcional con la dosis suministrada. Sin embargo, para dosis superiores a 650 ml, el peso unitario del concreto experimenta un decrecimiento. No obstante, este valor se encuentra mayormente por encima del peso unitario de la mezcla patrón salvo para los diseños A-2, A-3, B-2, B-3, C-2 y C-3.

El aumento del peso unitario del concreto en un primer momento se debe a que el efecto fluidificante del aditivo superplastificante produce una hidratación más eficaz y, por lo tanto, se genera una microestructura algo más homogénea (mayor compacidad). Sin embargo, a partir de ciertas dosis de aditivo superplastificante, el valor del peso unitario disminuye debido a la inclusión de aire en la mezcla de concreto (efecto secundario del aditivo superplastificante).

4.2.1.5. Exudación

La correlación entre el porcentaje de exudación del concreto y las dosis del aditivo Rheobuild 1000 (0, 650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento), para cada relación agua/cemento ($a/c = 0.63, 0.56, 0.51$) se observan en la tabla 4.5 y en las figuras 4.19, 4.20, 4.21 y 4.22.

Tabla 4-5.

Resumen del ensayo de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones $a/c = 0.63, 0.56$ y 0.51 , respectivamente.

ID mezcla	Relación A/C	Dosis (ml/100 kg cemento)	Porcentaje de exudación	Porcentaje de variación respecto al patrón
A	0.63	0	3.95%	100.00%
A-1	0.63	650	5.08%	128.44%
A-2	0.63	1100	4.55%	115.01%
A-3	0.63	1600	5.22%	131.91%
B	0.56	0	4.49%	100.00%
B-1	0.56	650	5.33%	118.90%
B-2	0.56	1100	4.08%	90.91%
B-3	0.56	1600	4.23%	94.21%
C	0.51	0	4.41%	100.00%
C-1	0.51	650	4.23%	95.90%
C-2	0.51	1100	3.61%	81.91%
C-3	0.51	1600	6.05%	137.14%

Figura 4-19. Porcentaje de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.

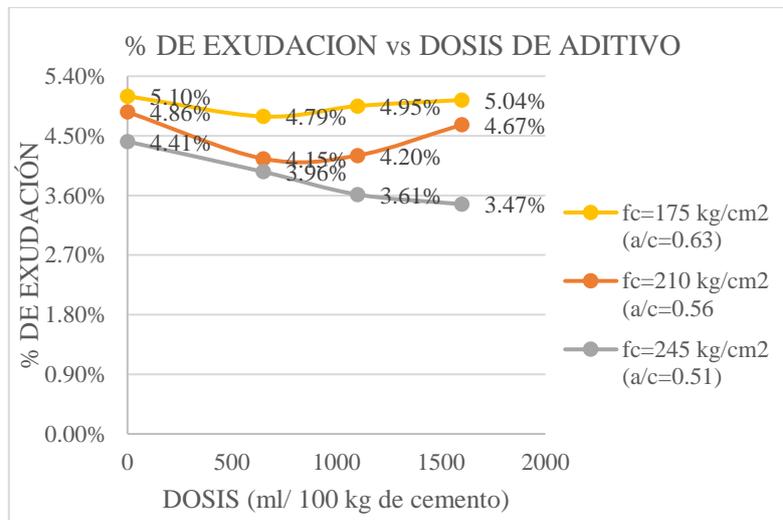


Figura 4-20. Porcentaje de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 175 kg/cm² con relación a/c = 0.63.

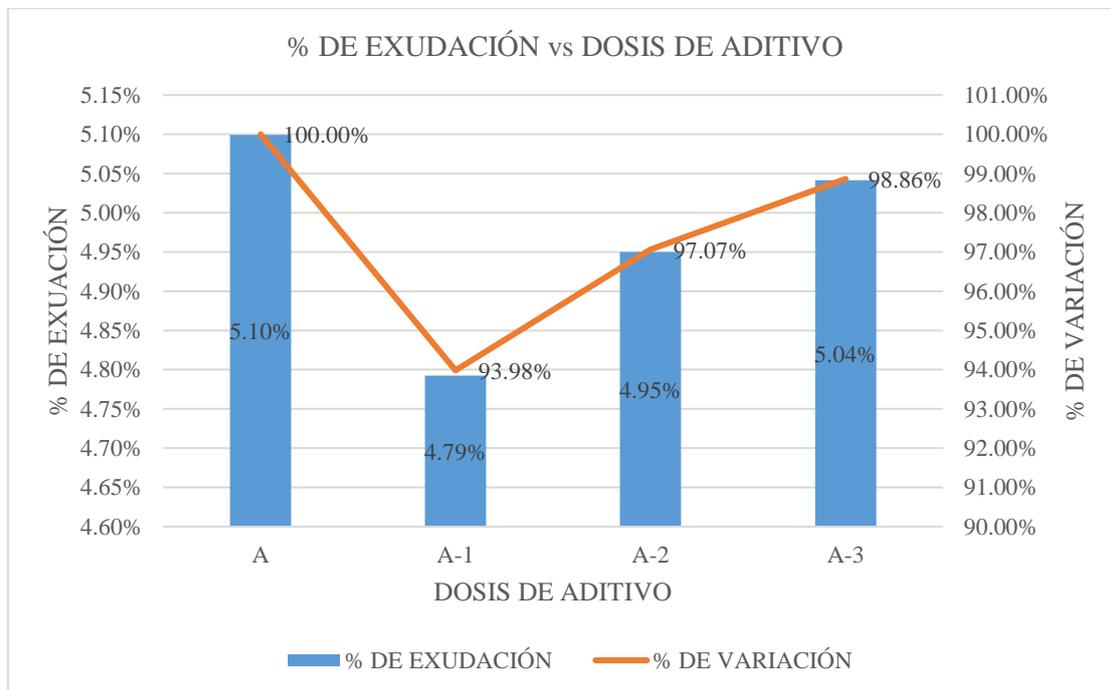


Figura 4-21.
Porcentaje de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 210 kg/cm² con relación a/c = 0.56.

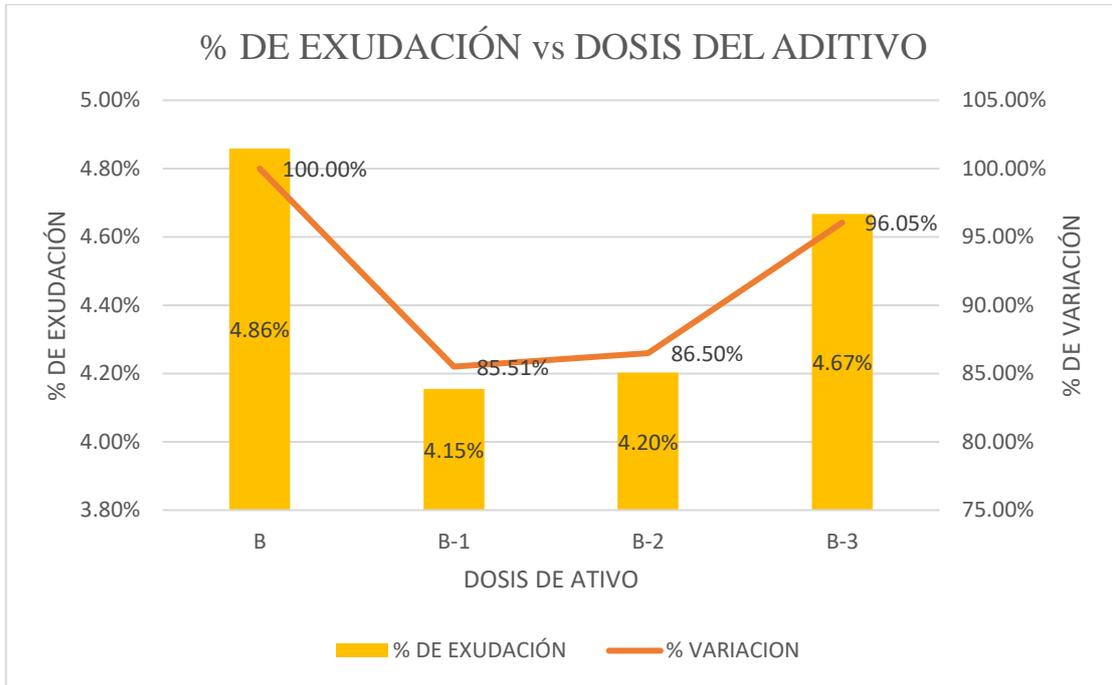
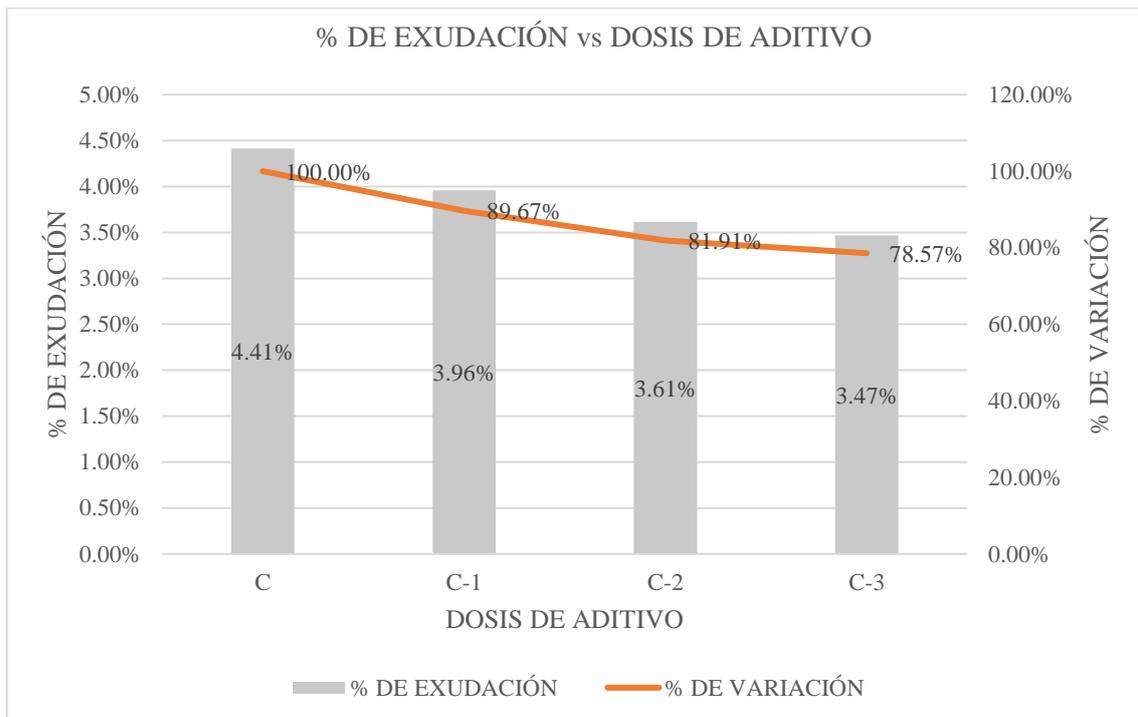


Figura 4-22.
Porcentaje de exudación del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm² con relación a/c = 0.51.



Del análisis de la figura 4.19 a la 4.22 se aprecia que las mezclas diseñadas en función de las resistencias a la compresión 175,210 y 245 kg/cm² con relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente, para dosis de aditivo Rheobuild 1000 de 650 ml, experimenta un porcentaje exudación mínimo con respecto al concreto patrón. Sin embargo, en la medida que se aumentan dosis por encima de los 650 ml, se observa que el porcentaje de exudación aumenta. No obstante, este valor esta siempre por debajo del porcentaje de exudación obtenido para la mezcla patrón. El aumento del porcentaje de exudación es consecuencia de la dispersión originada por el incremento de la dosis de aditivo superplastificante, creando un intercambio elevado del agua libre durante el proceso de secado.

El hecho de que el porcentaje de exudación para las diferentes dosis de aditivo superplastificante esté por debajo de los porcentajes de las mezclas patrones se debe al breve retraso en el tiempo de fraguado originado por la naturaleza del aditivo superplastificante, que permite una pérdida gradual del agua libre de mezclado.

4.2.2. TIEMPO DE FRAGUADO

La correlación entre el tiempo de fraguado del concreto y las dosis del aditivo Rheobuild 1000 (0, 650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento), para cada relación agua/cemento (a/c = 0.63, 0.56, 0.51), respectivamente, se observan en la tabla 4.06 y en las figuras de la 4.23 a la 4.31.

Tabla 4-6.

Resumen del ensayo tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.

ID mezcla	Relación a/c	Dosis (ml/100 kg cemento)	Tiempo de fraguado			
			Inicial (hrs: min)	Porcentaje variación de con respecto al patrón	Final (hrs: min)	Porcentaje variación de con respecto al patrón
A	0.63	0	12:23 p. m.	100.00%	01:50 p. m.	100.00%
A-1	0.63	650	02:04 p. m.	154.55%	04:42 p. m.	165.00%
A-2	0.63	1100	02:35 p. m.	166.67%	05:36 p. m.	175.45%
A-3	0.63	1600	03:30 p. m.	185.61%	06:24 p. m.	186.36%
B	0.56	0	01:16 p. m.	100.00%	02:16 p. m.	100.00%
B-1	0.56	650	02:20 p. m.	119.57%	03:55 p. m.	128.57%
B-2	0.56	1100	02:30 p. m.	110.87%	04:50 p. m.	138.37%
B-3	0.56	1600	04:05 p. m.	142.39%	05:43 p. m.	148.16%
C	0.51	0	01:20 p. m.	100.00%	02:20 p. m.	100.00%
C-1	0.51	650	02:30 p. m.	106.25%	03:18 p. m.	113.64%
C-2	0.51	1100	03:15 p. m.	114.58%	05:13 p. m.	165.00%
C-3	0.51	1600	04:07 p. m.	127.60%	07:55 p. m.	197.27%

Figura 4-23.

Tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 175 kg/cm² con relación a/c = 0.63.

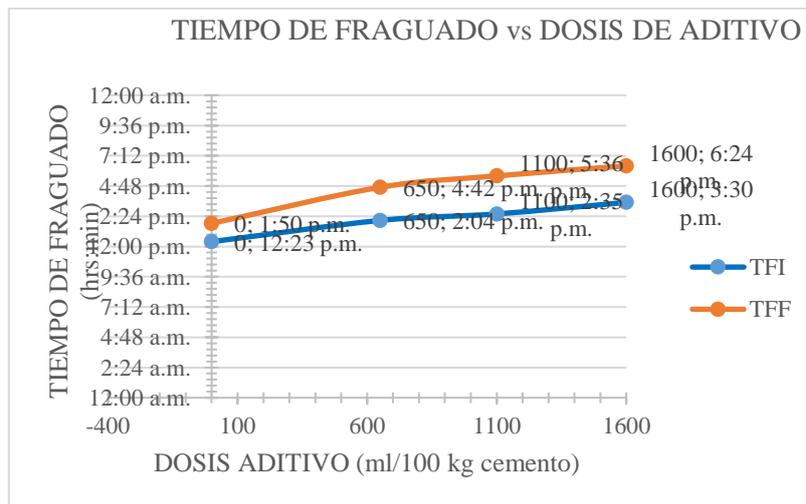


Figura 4-24.

Tiempo de fraguado inicial del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 175 kg/cm² con relación a/c = 0.63.

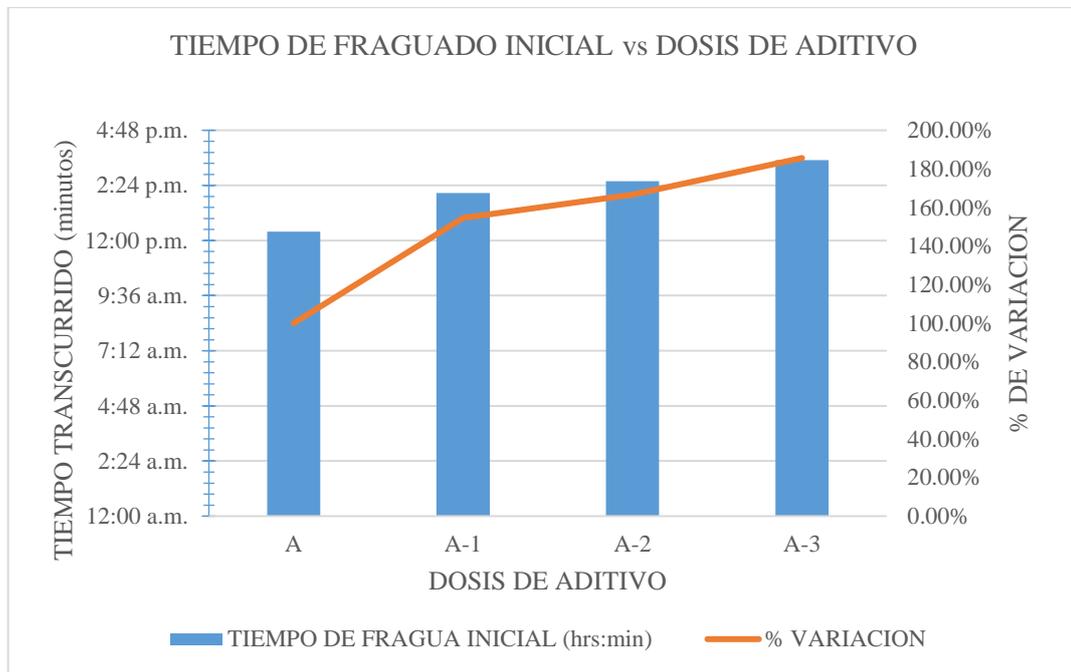


Figura 4-25.

Tiempo de fraguado final del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 175 kg/cm² con relación a/c = 0.63.

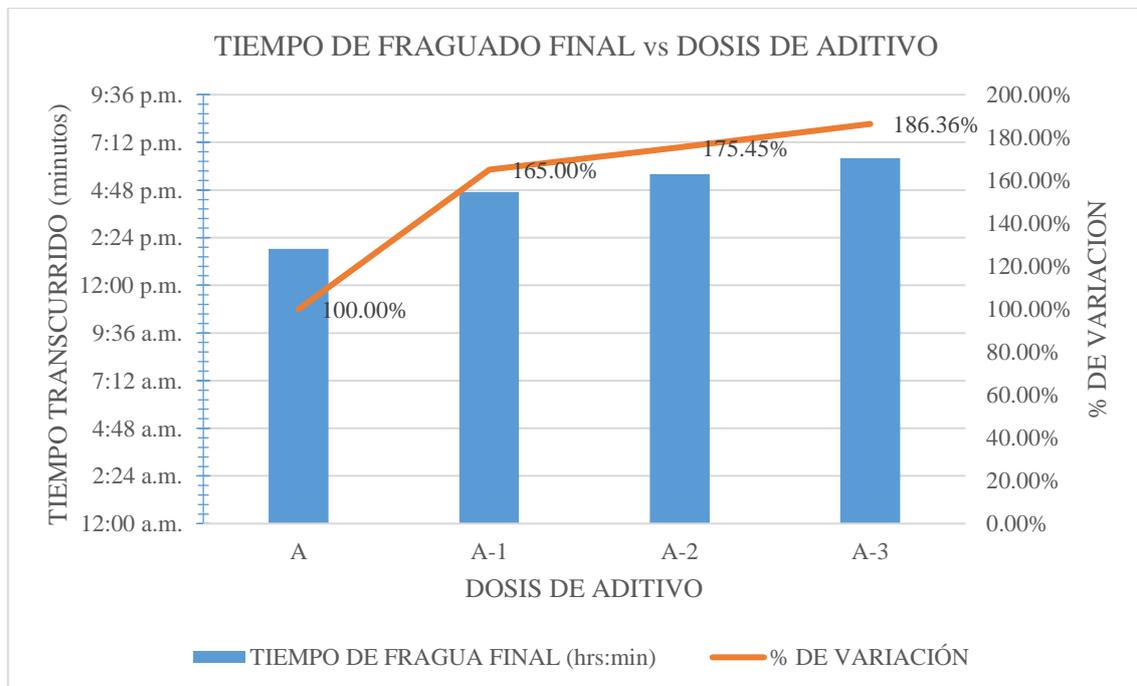


Figura 4-26.

Tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 210 kg/cm² con relación a/c = 0.56.

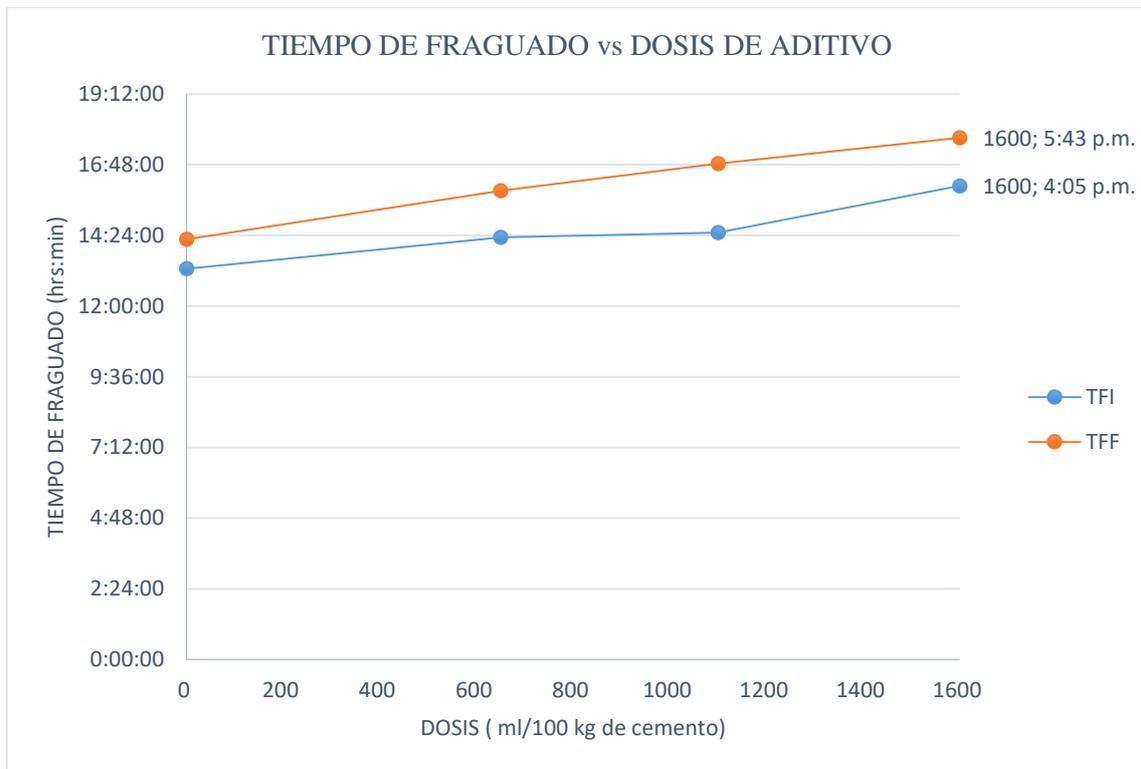


Figura 4-27.

Tiempo de fraguado inicial del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 210 kg/cm² con relación a/c = 0.56.

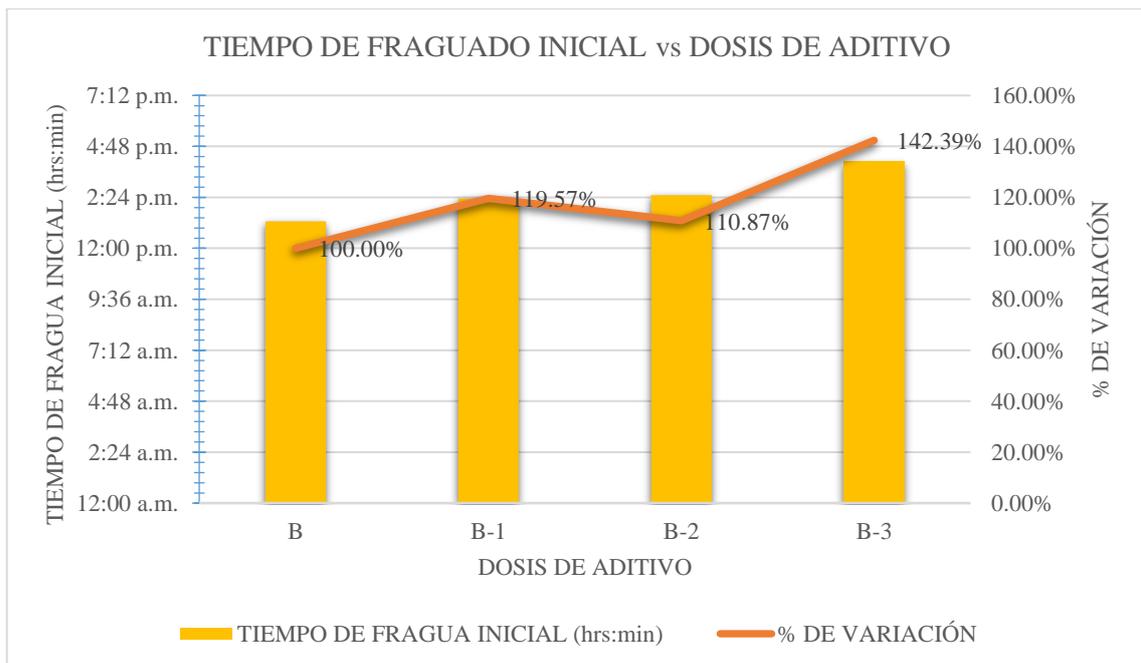


Figura 4-28.

Tiempo de fraguado final del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 210 kg/cm² con relación a/c = 0.56.

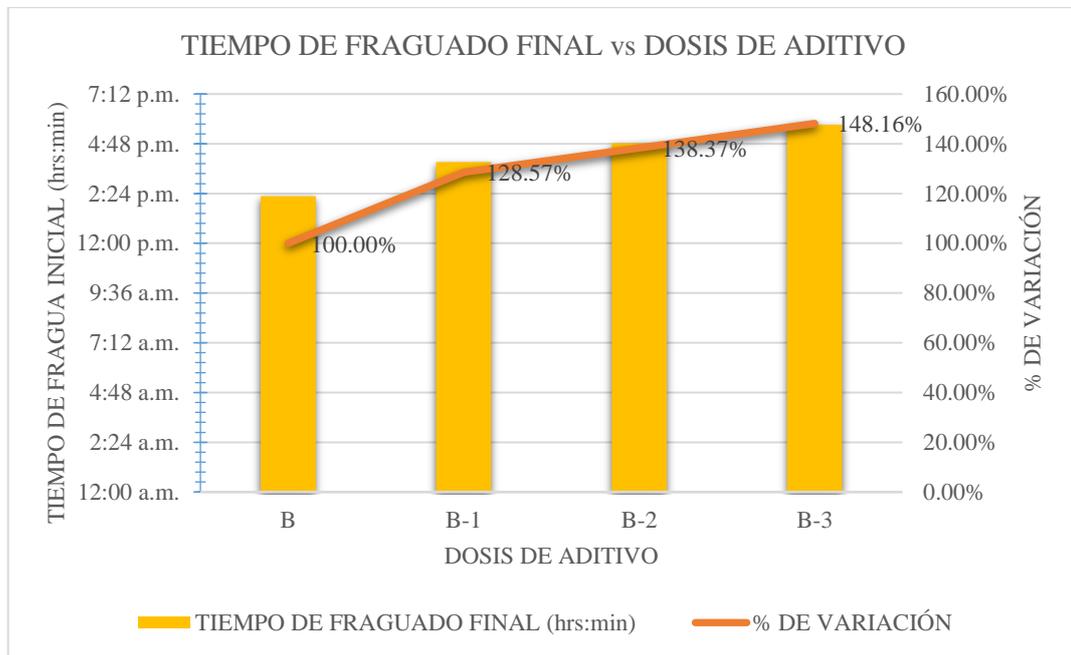


Figura 4-29.

Tiempo de fraguado del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm² con relación a/c = 0.51.

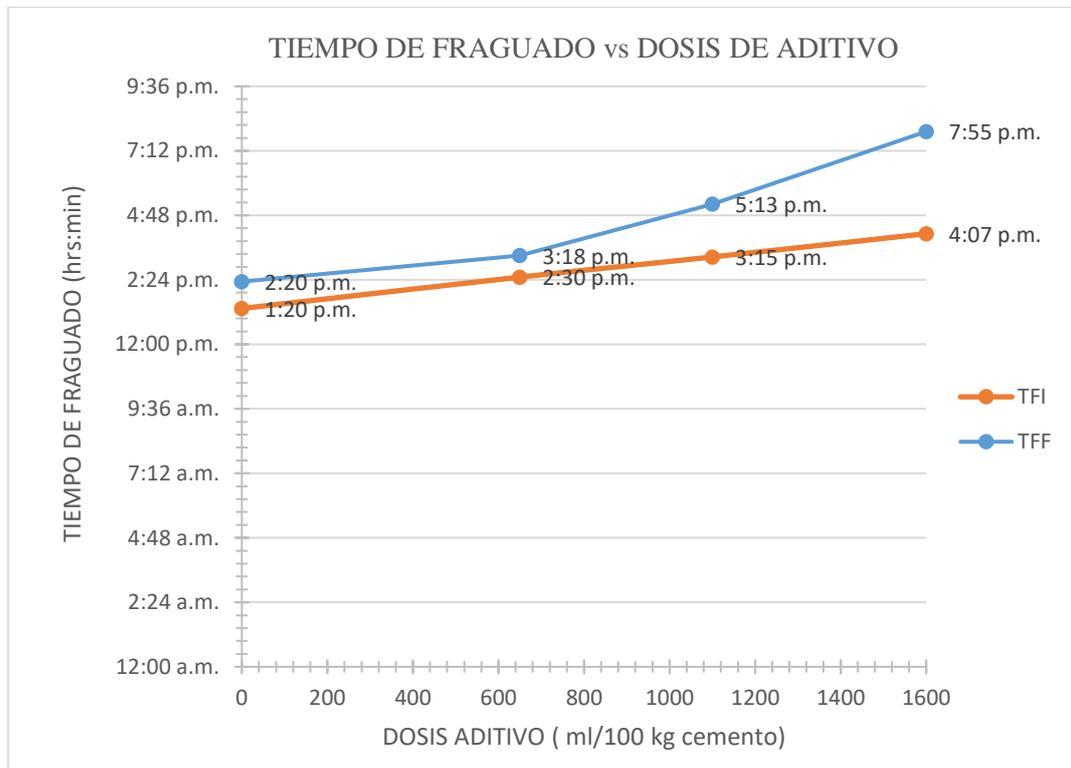


Figura 4-30.

Tiempo de fraguado inicial del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm² con relación a/c = 0.51.

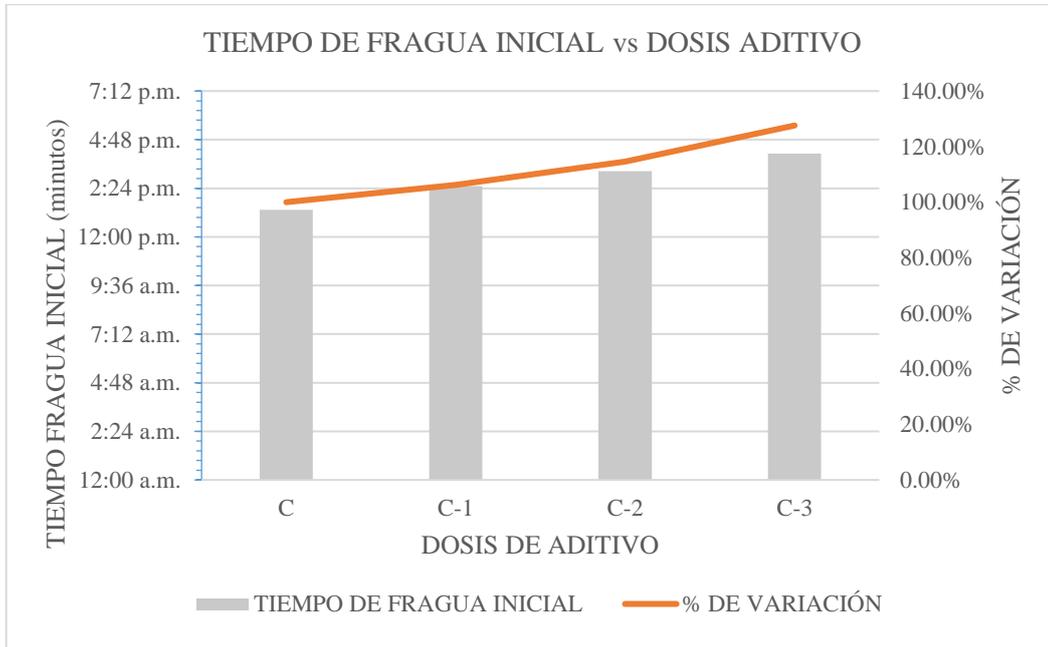
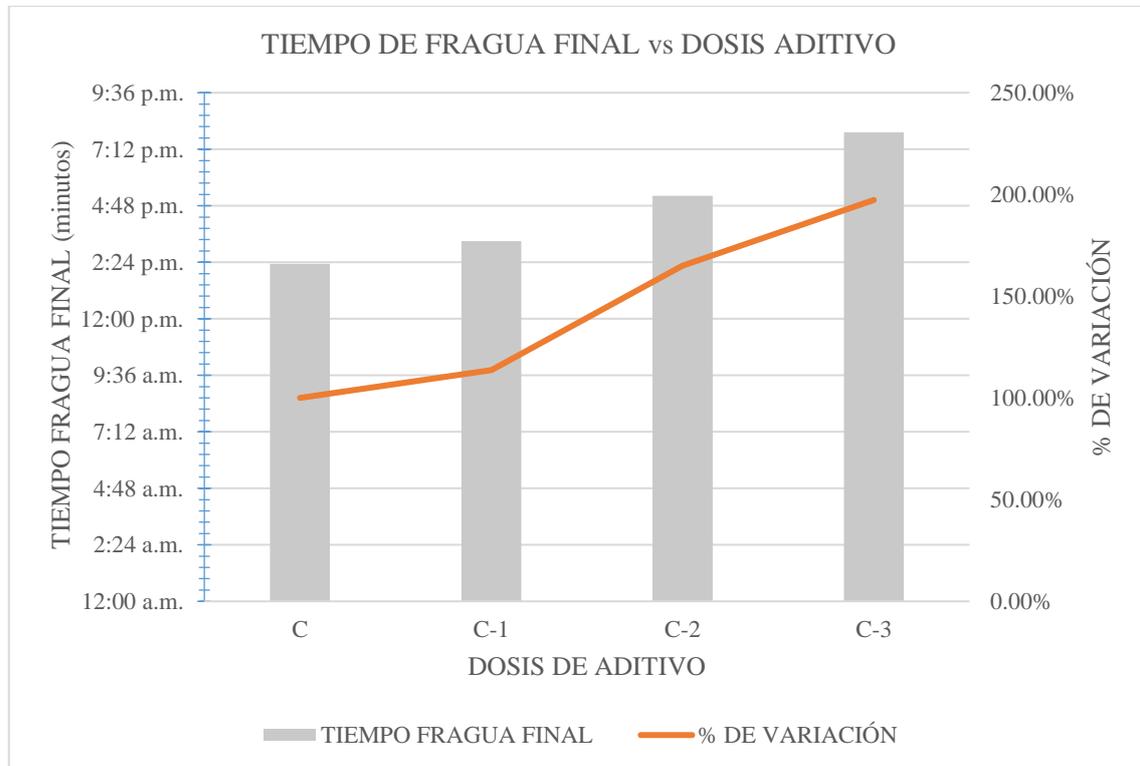


Figura 4-31.

Tiempo de fraguado final del concreto para diferentes dosis de aditivo, con respecto a la resistencia a la compresión 245 kg/cm² con relación a/c = 0.51.



Del análisis de la figura 4.19 a 4.31 se aprecia que las mezclas diseñadas en función de las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² con relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51 para las diferentes dosis de aditivo superplastificante, experimentan en su gran mayoría un breve retraso en el tiempo de fraguado con respecto al concreto patrón, siendo estos volares mayores para las dosis de 650 ml.

El ligero retraso que se observa en el tiempo de fraguado del concreto es consecuencia de la naturaleza o composición química del aditivo superplastificante, sales de condensado de naftaleno sulfonado y formaldehído (SNF).

4.3. ENSAYO AL CONCRETO ENDURECIDO

4.3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

A continuación, mostraremos los resultados del ensayo de resistencia a la compresión y su análisis respectivo en dos grupos:

- Resistencia a la compresión del concreto patrón.
- Resistencia a la compresión del concreto con aditivo.

4.3.1.1. Resistencia a la compresión del concreto patrón

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión, para las mezclas patrones de resistencia a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51 respectivamente, a edades de 1, 3, 7 y 28 días pueden apreciarse en la tabla 4.7 y en la figura 4.28.

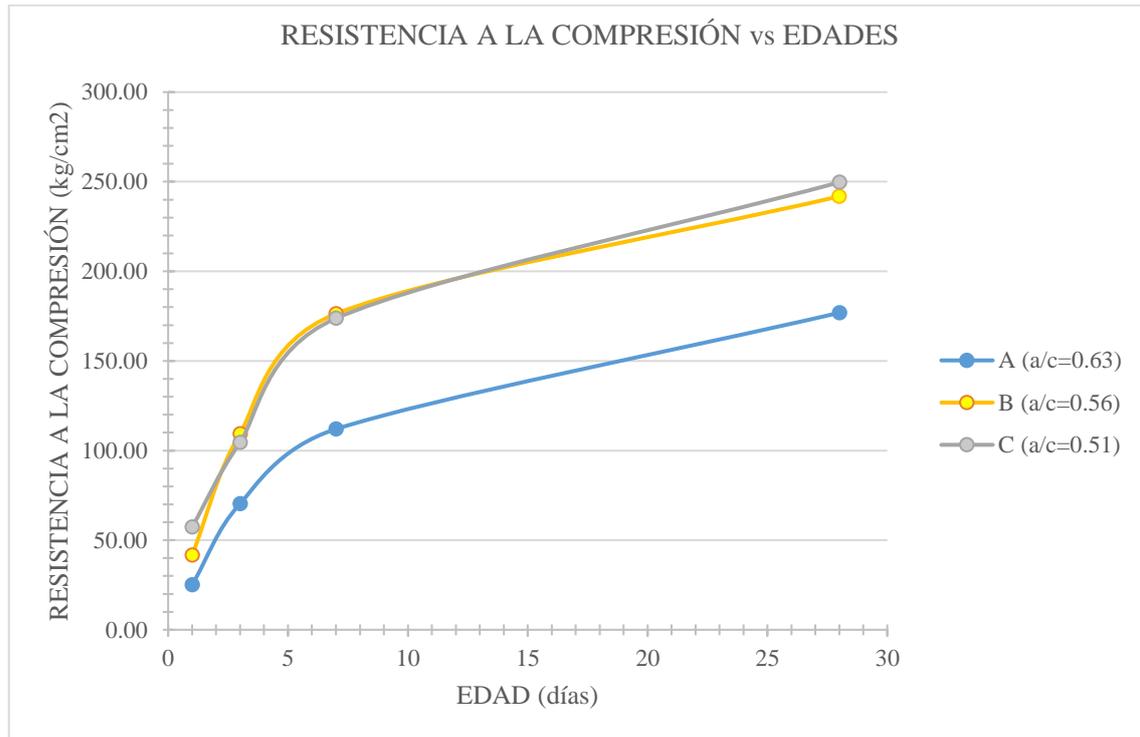
Tabla 4-7.

Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, con respecto a las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente.

ID mezcla	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
	Edad (días)			
	1	3	7	28
A	25.05	70.32	112.00	176.85
B	41.65	109.43	176.30	241.83
C	57.30	104.55	173.75	249.67

Figura 4-32.

Resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, en mezclas patrones De resistencia a la compresión 175,210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51.



Del análisis de la figura 4.32 se comprueba que la resistencia a la compresión se incrementa con el aumento de la edad y la disminución de la relación a/c.

4.3.1.2. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión para diferentes dosis del aditivo superplastificante (0, 650, 1100 y 1600 ml/100 kg de cemento), con respecto a las resistencias 175, 210 y 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente, a edades de 1, 3,7 y 28 días pueden apreciarse en la tabla 4.8 a 4.10 y en las figuras de la 4.33 a la 4.38.

Tabla 4-8.

Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, con respecto a las resistencias a la compresión 175 kg/cm² de relación a/c = 0.63.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
		Edad (días)			
		1	3	7	28
A	0	25.05	70.32	112.00	176.85
A-1	650	33.75	75.13	124.07	188.78
A-2	1100	39.35	77.72	129.70	212.93
A-3	1600	30.87	73.03	120.15	178.75

Tabla 4-9.

Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, con respecto a las resistencias a la compresión 210 kg/cm² de relación a/c = 0.56.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
		Edad (días)			
		1	3	7	28
B	0	41.65	109.43	176.30	241.83
B-1	650	68.49	123.60	178.63	262.80
B-2	1100	79.74	132.07	186.30	282.23
B-3	1600	60.77	113.99	177.56	248.69

Tabla 4-10.

Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades, con respecto a las resistencias a la compresión 245 kg/cm² de relación a/c = 0.51.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
		Edad (días)			
		1	3	7	28
C	0	57.30	104.55	173.75	249.67
C-1	650	75.43	140.83	193.00	273.73
C-2	1100	86.90	151.30	227.20	293.87
C-3	1600	69.99	128.77	183.33	265.15

Figura 4-33.

Resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 175 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63.

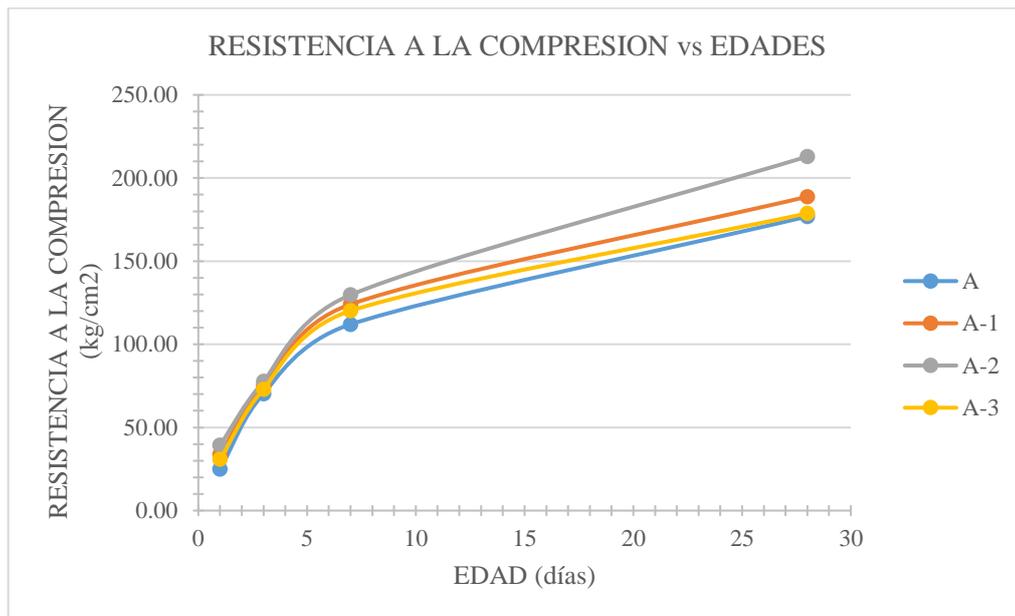


Figura 4-34.

Resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 210 kg/cm² de relaciones a/c = 0.56.

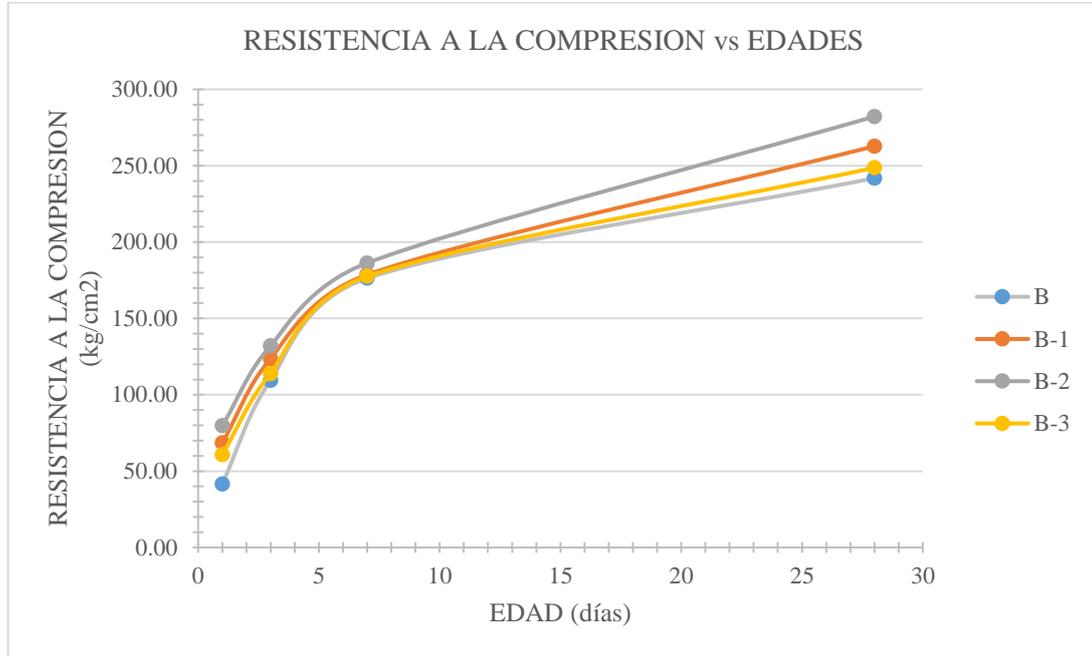


Figura 4-35.

Resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 245 kg/cm² de relaciones a/c = 0.51.

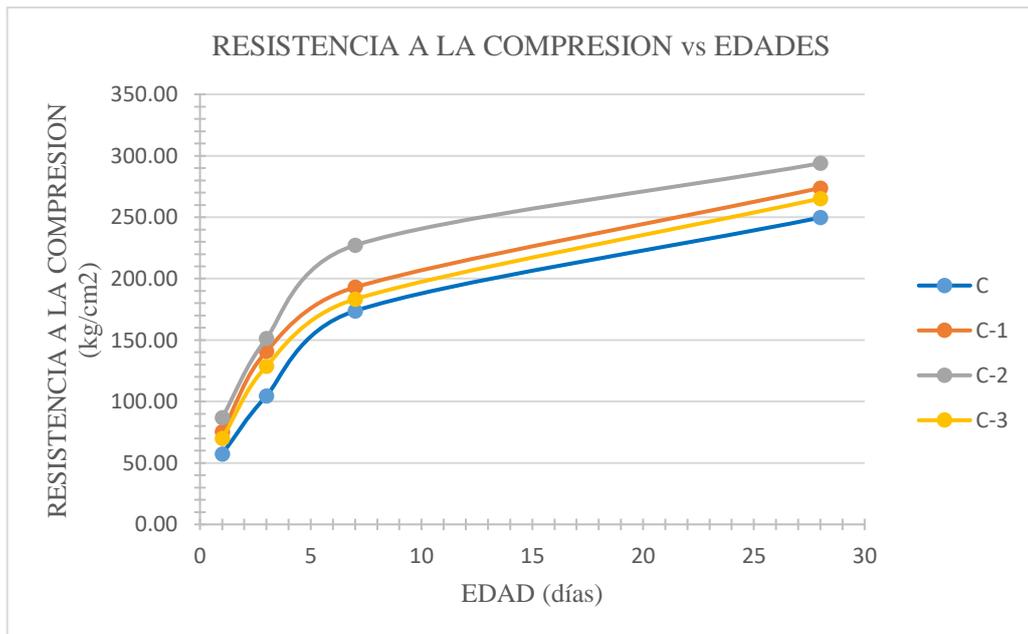


Figura 4-36.

Resistencia a la compresión del concreto con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 175 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63.

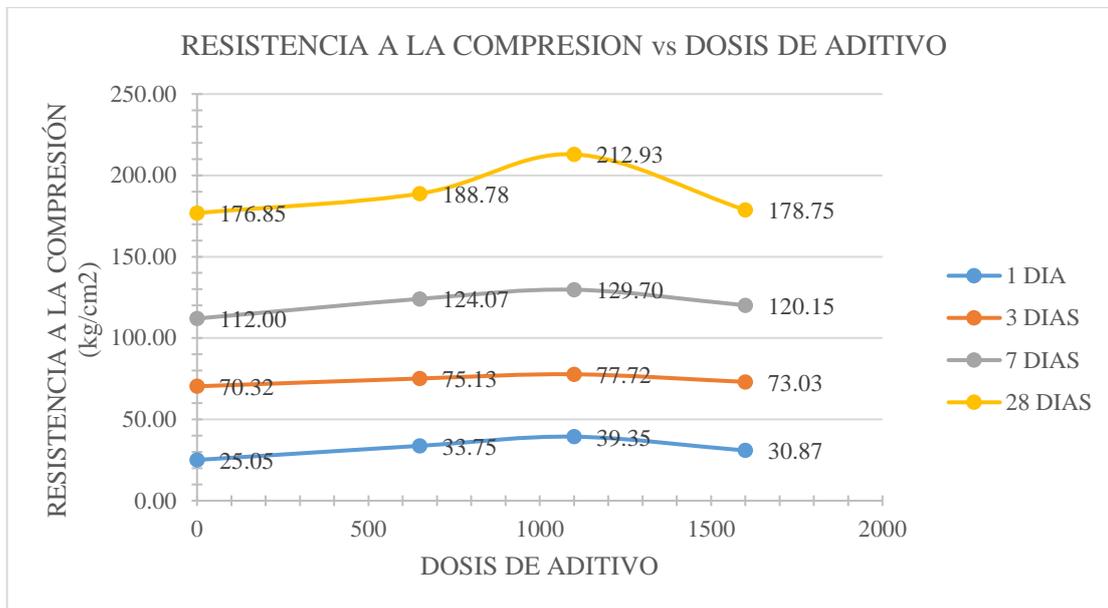


Figura 4-37.

Resistencia a la compresión del concreto con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 175 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63.

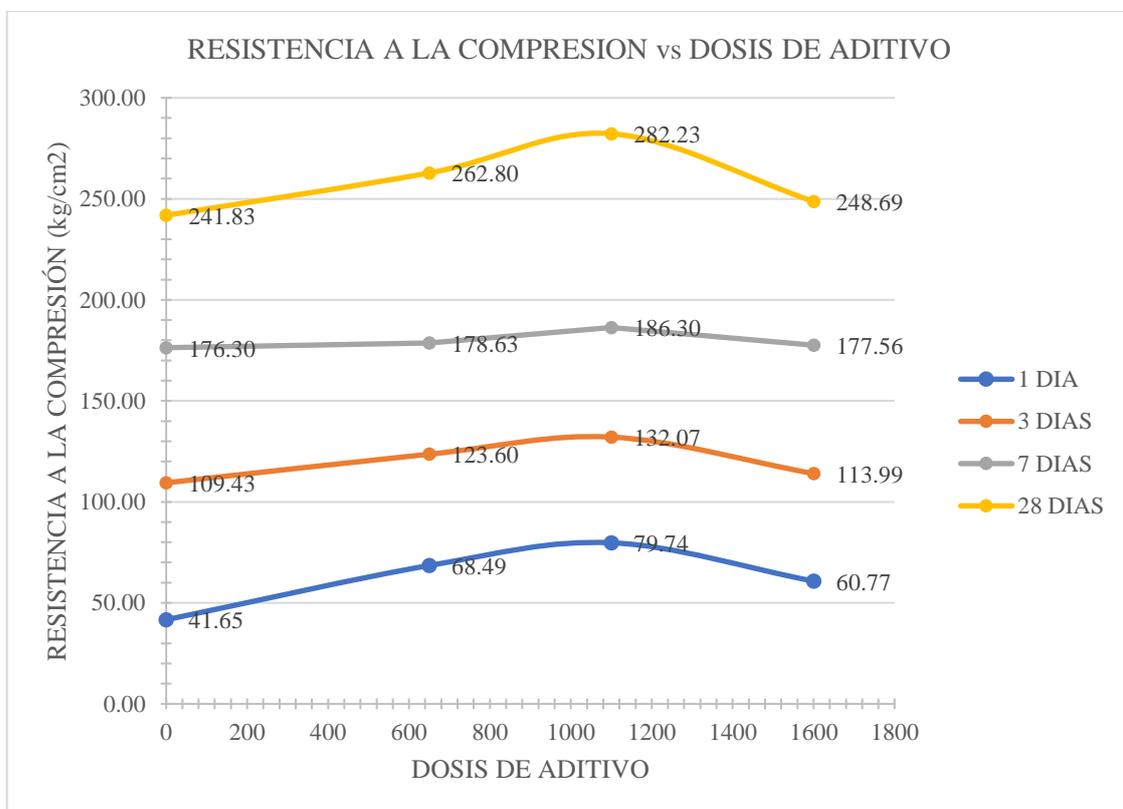
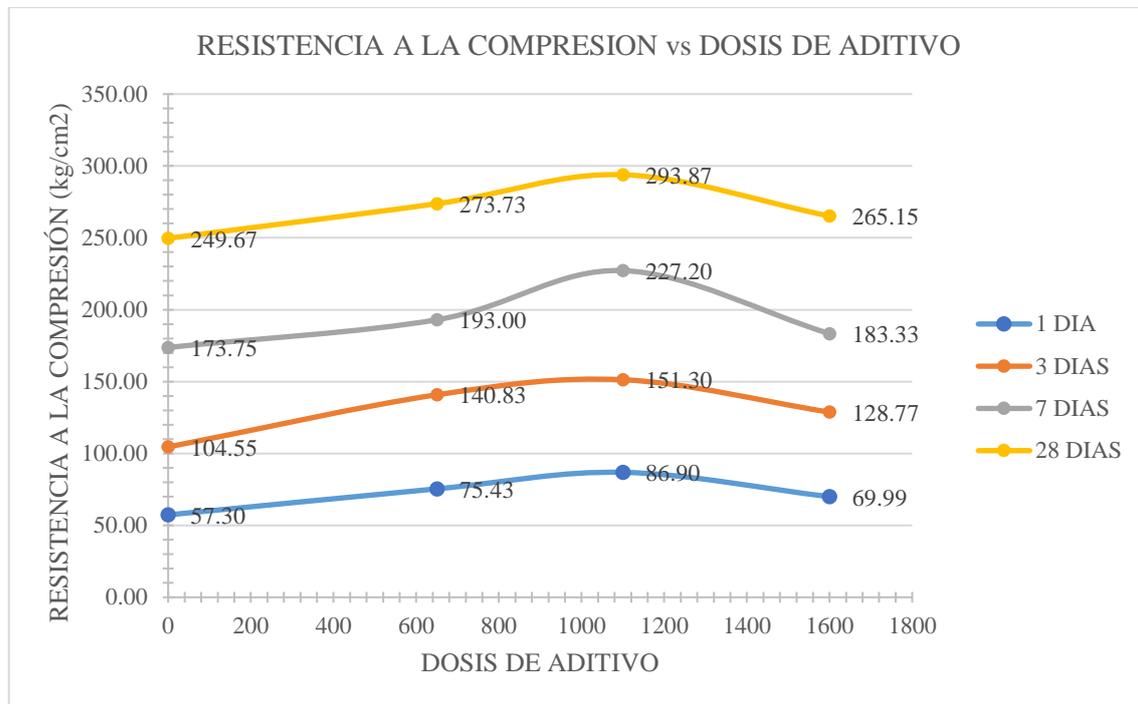


Figura 4-38.

Resistencia a la compresión del concreto con diferentes dosis de aditivo en mezclas de resistencia a la compresión 175 kg/cm² de relaciones a/c = 0.63.



Los valores de la resistencia a la compresión presentados en la tabla 4.8 a 4.10 son expresados como:

- Porcentaje de la resistencia del concreto patrón (ver tablas de la 4.11 a la 4.13).
- Porcentaje de la resistencia a los 28 días (ver tablas de la 4.14 a la 4.16).

Tabla 4-11.

Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto expresadas como porcentaje de la resistencia del concreto patrón 175 kg/cm² de relación a/c = 0.63.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
		Edad (días)			
		1	3	7	28
A	0	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
A-1	650	134.73%	106.85%	110.77%	106.74%
A-2	1100	157.09%	110.52%	115.80%	120.40%
A-3	1600	123.21%	103.86%	107.27%	101.07%

Tabla 4-12.

Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto expresadas como porcentaje de la resistencia del concreto patrón 210 kg/cm² de relación a/c = 0.56.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
		Edad (días)			
		1	3	7	28
B	0	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
B-1	650	164.45%	112.95%	101.32%	108.67%
B-2	1100	191.46%	120.68%	105.67%	116.71%
B-3	1600	145.91%	104.17%	100.71%	102.84%

Tabla 4-13.

Resumen del ensayo resistencia a la compresión del concreto expresadas como porcentaje de la resistencia del concreto patrón 245 kg/cm² de relación a/c = 0.51.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
		Edad (días)			
		1	3	7	28
C	0	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
C-1	650	131.63%	134.70%	111.08%	109.64%
C-2	1100	151.65%	144.72%	130.76%	117.70%
C-3	1600	122.15%	123.16%	105.52%	106.20%

Tabla 4-14.

Resistencia a la compresión del concreto para diferentes dosis de aditivo, expresadas como porcentaje de la resistencia a los 28 días del concreto 175 kg/cm² de relación a/c = 0.63.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
		Edad (días)			
		1	3	7	28
A	0	14.16%	39.76%	63.33%	100.00%
A-1	650	19.08%	42.48%	70.15%	106.75%
A-2	1100	22.25%	43.94%	73.34%	120.40%
A-3	1600	17.45%	41.29%	67.94%	101.08%

Tabla 4-15.

Resistencia a la compresión del concreto para diferentes dosis de aditivo, expresadas como porcentaje de la resistencia a los 28 días del concreto 210 kg/cm² de relación a/c = 0.56.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
		Edad (días)			
		1	3	7	28
B	0	17.22%	45.25%	72.90%	100.00%
B-1	650	28.32%	51.11%	73.87%	108.67%
B-2	1100	32.97%	54.61%	77.04%	116.71%
B-3	1600	25.13%	47.14%	73.42%	102.84%

Tabla 4-16.

Resistencia a la compresión del concreto para diferentes dosis de aditivo, expresadas como porcentaje de la resistencia a los 28 días del concreto 245 kg/cm² de relación a/c = 0.51.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
		Edad (días)			
		1	3	7	28
C	0	22.95%	41.88%	69.59%	100.00%
C-1	650	30.21%	56.41%	77.30%	109.64%
C-2	1100	34.80%	60.60%	91.00%	117.70%
C-3	1600	28.03%	51.57%	73.43%	106.20%

Del análisis de las figuras de la 4.33 a la 4.38 y de las tablas de la 4.11 a la 4.13, se encontró que las mezclas diseñadas en función de las resistencias a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² con relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.51 para dosis de aditivo superplastificante por debajo e igual a 650 ml, la resistencia a la compresión del concreto crece en forma proporcional con la dosis suministrada. Sin embargo, para dosis superiores a 650 ml, la resistencia a la compresión del concreto experimenta un decrecimiento. No obstante, este valor se encuentra mayormente por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón.

El ligero incremento de la resistencia a la compresión del concreto en un primer momento se debe a que el efecto fluidificante del aditivo superplastificante produce una hidratación más eficaz y, por lo tanto, se genera una microestructura algo más homogénea que produce una cierta mejoría de las resistencia mecánica a compresión. Sin embargo, a partir de ciertas dosis de aditivo superplastificante, el valor de la resistencia disminuye debido a la inclusión de aire en la mezcla de concreto (efecto secundario del aditivo superplastificante).

En las tablas de la 4.14 a la 4.16 se observa que las probetas alcanzan valores de resistencia mayores al 50% respecto al concreto patrón (referente 28 días) en tres días, para dosis de 650 ml del aditivo superplastificante para cualquier relación a/c. Esto hace prever que el aditivo se comporta ligeramente como un acelerador de endurecimiento temprano.

Las resistencias máximas y mínimas alcanzadas para las dosis de aditivo superplastificante Rheobuild 1000 son 1100 y 1600 ml, respectivamente.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de análisis estadístico de las pruebas de resistencia a la compresión se visualizan en los siguientes anexos 13, 14 y 15.

4.5. PRUEBA DE HIPOTESIS

Los resultados de la prueba de hipótesis se visualizan en el Anexo 16.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Debido a la utilización del aditivo superplastificante Rheobuild 1000 en las mezclas de concreto se obtuvo lo siguiente:

5.1.1. TRABAJABILIDAD

5.1.1.1. Asentamiento

El asentamiento de cono, para cualquier relación a/c, experimentó incrementos mínimos con dosis de aditivo superplastificante de 650 ml, e incrementos máximos con dosis de aditivo superplastificante de 1600 ml.

Dosis (ml/100 kg de cemento)	Incremento del asentamiento			Incremento promedio
	175 kg/cm ² (a/c = 0.63)	210 kg/cm ² (a/c = 0.56)	245 kg/cm ² (a/c = 0.51)	
650	137.50%	125.00%	137.50%	133.33%
1600	162.50%	175.00%	175.00%	170.83%

El tiempo transcurrido en alcanzar un asentamiento de cono de 3 ½", para cualquier relación a/c, desarrolló incrementos mínimos con dosis de aditivo superplastificante de 650 ml, e incrementos máximos con dosis de aditivo superplastificante de 1600 ml.

5.1.1.2. Temperatura

La mínima y máxima temperaturas promedio alcanzadas por las mezclas de concreto fueron de 19 °C y 20 °C. Estos valores están en los límites permisibles de 13 °C y 32 °C para una adecuada hidratación del concreto.

La variación máxima de 1 °C alcanzada por las mezclas corroboró que se tomaron las medidas adecuadas para evitar las influencia del medio exterior.

5.1.1.3. Aire atrapado

La inclusión del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto para dosis iguales 650 ml genera aire atrapado mínimo para las resistencias 175, 210 y 245 kg/cm² con sus respectivos a/c/ lo que es favorable tanto para las resistencias a la compresión finales.

Dosis (ml/100 kg de cemento)	Decrecimiento de aire atrapado			Incremento promedio
	175 kg/cm ² (a/c = 0.63)	210 kg/cm ² (a/c = 0.56)	245 kg/cm ² (a/c = 0.51)	
650	0.60 %	0.50%	0.50%	0.57%

5.1.1.4. Peso unitario

La inclusión del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto ocasionó un incremento del peso unitario del concreto para dosis iguales a 650 ml. Sin embargo, para dosis superiores a 650 ml, el peso unitario del concreto experimenta un decrecimiento. No obstante, este valor se encuentra mayormente por encima del peso unitario de la mezcla patrón salvo para los diseños A-5 y B-5. Esto ocurre debido a que con la adición de aditivo hasta dosis de 650 ml/100 kg de cemento el porcentaje de aire atrapado disminuye lo cual genera menos espacio de vacíos que serán ocupados por el concreto. Por ende, aumentará el peso unitario para esta dosificación.

Dosis (ml/100 kg de cemento)	Incremento del peso unitario			Incremento promedio
	175 kg/cm ² (a/c = 0.63)	210 kg/cm ² (a/c = 0.56)	245 kg/cm ² (a/c = 0.51)	
650	0.48%	0.52%	0.42%	0.48%
1600	-1.28%	-1.39%	-1.54%	-1.40%

5.1.1.5. Exudación

- La inserción del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto, generó un porcentaje de exudación mínimo para dosis de 650 ml. Sin embargo, en la medida que se aumentan dosis por encima de los 1600 ml, se observa que el porcentaje de exudación aumenta. No obstante, este valor está siempre por debajo del porcentaje de exudación obtenido para la mezcla patrón.
- La exudación, para cualquier relación a/c, alcanzó decrecimientos máximos con dosis de aditivo superplastificante de 650 ml, y decrecimientos mínimos con dosis de aditivo superplastificante de 1600 ml.

Dosis (ml/100 kg de cemento)	Decrecimiento del porcentaje de exudación			Incremento promedio
	175 kg/cm ² (a/c = 0.63)	210 kg/cm ² (a/c = 0.56)	245 kg/cm ² (a/c = 0.51)	
650	-6.02%	-14.49%	-10.33%	-10.28%
1600	-1.14%	-3.95%	-21.43%	-8.84%

En síntesis, el aditivo superplastificante influye en la trabajabilidad del concreto, pues la incorporación del aditivo a las mezclas de concreto modificará las propiedades de asentamiento, temperatura, peso unitario y exudación.

5.1.2. TIEMPO DE FRAGUADO

- La adición del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto provocó en la mayoría de diseños de mezclas un breve retraso en el tiempo de fraguado con respecto al concreto patrón. Estos valores son mayores para las dosis de 1600 ml. Este retraso se debe a la naturaleza o composición química del aditivo superplastificante, fabricado con sales de condensado de naftaleno sulfonado y formaldehído (SNF).
- El tiempo de fragua inicial, para cualquier relación a/c, alcanzó sus incrementos mínimos con dosis de aditivo superplastificante de 650 ml, y sus incrementos máximos con dosis de aditivo superplastificante de 1600 ml.

Dosis (ml/100 kg de cemento)	Incremento del tiempo de fragua inicial		
	175 kg/cm ² (a/c = 0.63)	210 kg/cm ² (a/c = 0.56)	245 kg/cm ² (a/c = 0.51)
650	54.55%	19.57%	6.25%
1600	85.61%	42.39%	27.60%

- El tiempo de fragua final, para cualquier relación a/c, alcanzó sus incrementos mínimos con dosis de aditivo superplastificante de 650 ml, y sus incrementos máximos con dosis de aditivo superplastificante de 1600 ml.

Dosis (ml/100 kg de cemento)	Incremento del tiempo de fragua inicial		
	175 kg/cm ² (a/c = 0.63)	210 kg/cm ² (a/c = 0.56)	245 kg/cm ² (a/c = 0.51)
650	65.00%	28.57%	13.64%
1600	86.36%	48.16%	97.27%

- Los valores del tiempo de fragua inicial y final, obtenidos para las diferentes dosis de aditivo con resistencia a la compresión 175, 210 y 245 kg/cm² con relaciones a/c = 0.63, 0.56 y 0.63, no superan los límites establecidos por la norma ASTM para aditivos Tipo F (-1:00 a +1:30 hrs: min) únicamente hasta la dosis de 650 ml/100 kg de cemento.

- A base de las conclusiones obtenidas, se aprecia que la utilización del aditivo superplastificante influye en el tiempo de fraguado del concreto.

5.1.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- La incorporación del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto ocasionó un incremento de la resistencia a la compresión para dosis debajo e igual a 1100 ml. Sin embargo, para dosis superiores a 1100 ml, la resistencia a la compresión del concreto experimenta un decrecimiento. No obstante, este valor se encuentra mayormente por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón.
- La resistencia a la compresión alcanza sus valores máximos con dosis de 1100 ml de aditivo superplastificante, para cualquier edad y resistencia con su respectiva relación a/c.

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Porcentaje de resistencia a la compresión respecto al concreto patrón			
		3 días	7 días	14 días	28 días
A-2	1100	157.09%	110.52%	115.80%	120.40%
B-2	1100	191.46%	120.68%	105.67%	116.71%
C-2	1100	151.65%	144.72%	130.76%	117.70%

- La resistencia a la compresión logra alcanzar sus valores mínimos con dosis de 1600 ml de aditivo superplastificante, para cualquier edad y relación a/c:

ID mezcla	Dosis (ml/100 kg cemento)	Porcentaje de resistencia a la compresión respecto al concreto patrón			
		3 días	7 días	14 días	3 días
A-3	1600	123.21%	103.86%	107.27%	101.07%
B-3	1600	145.91%	104.17%	100.71%	102.84%
C-3	1600	122.15%	123.16%	105.52%	106.20%

Se alcanzaron resistencias mayores al 50% respecto al concreto patrón (referente 28 días) en tres días, para dosis de 650 ml del aditivo superplastificante para cualquier relación a/c.

A base de las conclusiones obtenidas, se observa que la utilización del aditivo superplastificante influye en la resistencia mecánica del concreto.

5.2. RECOMENDACIONES

- La elección de un determinado aditivo superplastificante es un proceso muy importante en el que deben considerarse muchos más aspectos que la simple comparación del costo unitario de los aditivos. Según la aplicación, a la hora de seleccionar un determinado aditivo, debe tenerse en cuenta la influencia del mismo en los siguientes aspectos: incremento de la trabajabilidad, capacidad reductora de agua, mantenimiento de la trabajabilidad en el tiempo, desarrollo de resistencia temprana, retraso de fraguado, desarrollo de resistencia a largo plazo, incorporación de aire, presencia de otros aditivos químicos.
- Al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 1600 ml en las mezclas de concreto, se obtiene un concreto que alcanza un asentamiento máximo del cono de 11" por un mayor tiempo (mayor trabajabilidad). Sin embargo, se debe vigilar que esta dosis no genere segregación de esta manera se evitará que los resultados de resistencia al compresión obtenidos estén por debajo de la resistencia del concreto patrón.
- En condiciones ambientales que superen la tasa de evaporación de 0.5 o 1.0 km^2/h , donde existe riesgo de contracción plástica, se recomienda el uso de aditivo superplastificante en dosis de 650 ml a 1100 ml, debido a que estas dosis confieren a las mezclas de concreto niveles bajos de exudación.
- Debido a que las dosis de aditivo superplastificante de 650 a 1100 ml aplicadas a las mezclas de concreto originan un breve retraso en el tiempo de fraguado inicial, se propone prever este efecto, para realizar una adecuada planificación sobre las operaciones del concreto en obra (transporte, colocación, consolidación y acabado).
- Todos los elementos de concreto recién colocados y acabados se deben curar y proteger del secado, de cambios extremos de temperatura y del daño provocado por las cargas. El curado debe iniciarse inmediatamente después del acabado (tiempo de fragua inicial). Se necesita del curado para garantizarse la continuación de la hidratación y del desarrollo de la resistencia y la mínima contracción por secado.
- En construcciones donde se desea alcanzar resistencias a la compresión superiores al 50% (respecto 28 días) en tres días, se recomienda agregar dosis de aditivo

superplastificante de 650 ml en la mezclas de concreto, para una rápida puesta en servicio al desencofrar la estructura.

- En síntesis, la selección de la dosis óptima del aditivo superplastificante a ser empleada en las mezclas de concreto obedece a la satisfacción más favorable de cada una de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, proponiéndose el uso de la dosis de 1100 ml.
- Se recomienda hacer ensayos a temperaturas bajas de 8 a 10 °C y hacer ensayos de 25 a 26° C para verificar tiempos de extensibilidad.
- Se recomienda utilizar la combinación de aditivos con incorporadores de aire y Rheobuild 1000 en el siguiente orden, primero incorporador y luego el Rheobuild 1000.
- Para el aditivo Rheobuild 1000, se recomienda usar la marca BASF, pues es la de mejor calidad en el mercado.
- Se recomienda el aditivo Rheobuild 1000 de la marca BASF, pues permite el vaciado masivo en plateas de cimentación, en techo con gran espesor y en edificaciones de pisos mayores a nueve, debido a sus propiedades excepcionales en el tiempo de fragua para lograr facilidades de colocación del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Harman, J. (2005). *Acción del aditivo reductor de agua de alto rango, tipo F en la resistencia y fluidez del concreto*. VI Coloquio de Química del Cemento. Lima, Perú.

Hernández, C. (2005). *Plastificantes para el hormigón*. Tesis de pregrado. Universidad Austral de Chile, Valdivia. Recuperado el 5 de noviembre de 2013, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcih557p/doc/bmfcih557p.pdf>.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (quinta edición). México D. F.: McGraw-Hill.

Instituto de Construcción y Gerencia (2013). *Manual de construcción* (duodécima edición). Lima: Instituto de Construcción y Gerencia.

Instituto del Concreto (1997). *Tecnología y propiedades* (segunda edición). Bogotá.

Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W. y Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Illinois, Estados Unidos: PCA.

Steven H., Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese y Jussara Tanesi (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Estados Unidos: Portland Cement Association.

Portugal Barriga, Pablo (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño*. París: Lafayette

Torre Carrillo, Ana (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Lima.

Rivva López, Enrique (2010). *Materiales para el concreto* (segunda edición). Lima: ICG.

Rivva López, Enrique (2010). *Diseño de mezclas*. Lima: ICG.

Rivva López, Enrique (2010). *Supervisión del concreto en obra* (tercera edición). Lima: ICG.

Pasquel Carbajal, Enrique (1998). *Tópicos de tecnología del concreto* (segunda edición). Lima.

Comité ACI 318 (2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI318S-05)*. Michigan, Estados Unidos: Farmington Hills.

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis granulométrico agregado fino.

Anexo 2: Análisis granulométrico agregado grueso.

Anexo 3: Peso específico de los agregados

Anexo 4: Peso unitario de los agregados.

Anexo 5: Diseño de mezcla 175 kg/cm².

Anexo 6: Diseño de mezcla 210 kg/cm².

Anexo 7: Diseño de mezcla 245 kg/cm².

Anexo 8: Curva de agregado global.

Anexo 9: Ensayos 175 kg/cm².

Anexo 10: Ensayos 210 kg/cm².

Anexo 11: Ensayos 245 kg/cm².

Anexo 12: Ficha técnica Rheobuild Basf 1000.

Anexo 13: Análisis estadístico concreto 175kg/cm².

Anexo 14: Análisis estadístico concreto 210 kg/cm².

Anexo 15: Análisis estadístico concreto 245 kg/cm².

Anexo 16. Resultados de la prueba de hipótesis.

PESO INICIAL 500.00 gr

AGREGADO FINO

TAMIZ

	M1	M2	M3	PROM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PESO REF. & PESO REF. & DEF. ACT. & BARRA ACT.
N°3/8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N°4	90.00	85.00	88.00	87.67	87.67
N°8	70.00	60.00	55.00	61.67	61.67
N°16	50.00	50.00	55.00	51.67	51.67
N°30	55.00	65.00	65.00	61.67	61.67
N°50	125.00	130.00	130.00	128.33	128.33
N°100	80.00	75.00	72.00	75.67	75.67
N°200	18.00	20.00	20.00	19.33	19.33
FUND.)	12.00	15.00	15.00	14.00	14.00
TOTAL	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

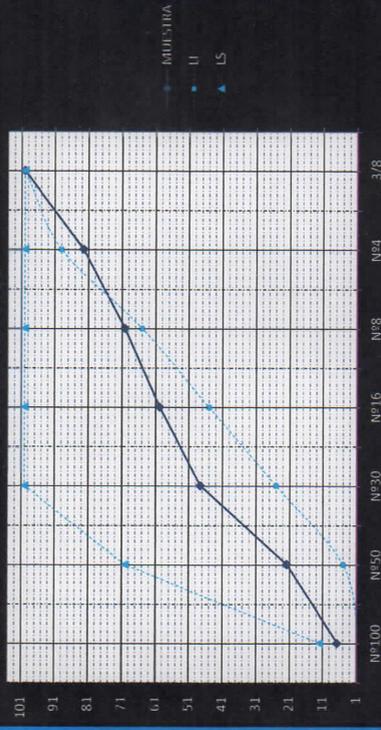
	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
	87.67	17.53	17.53	82.47	
	61.67	12.33	29.87	70.13	
	51.67	10.33	40.20	59.80	
	61.67	12.33	52.53	47.47	
	128.33	25.67	78.20	21.80	
	75.67	15.13	93.33	6.67	
	19.33	3.87	97.20	2.80	
	14.00	2.80	100.00	0.00	
	500.00				

LIMITES PERMITIDOS

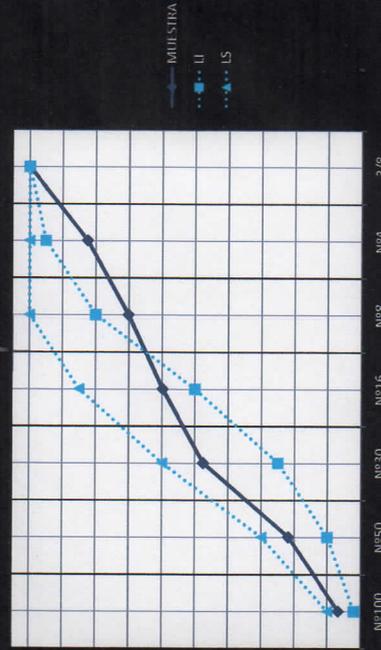
	LIMITES TOTALES		C	M	F
	100	100	100	100	100
	89	100	95	100	100
	65	100	80	100	100
	45	100	50	85	100
	25	100	25	60	100
	5	70	10	30	5
	0	12	2	10	0
					12

MODULO DE FINURA 3.12

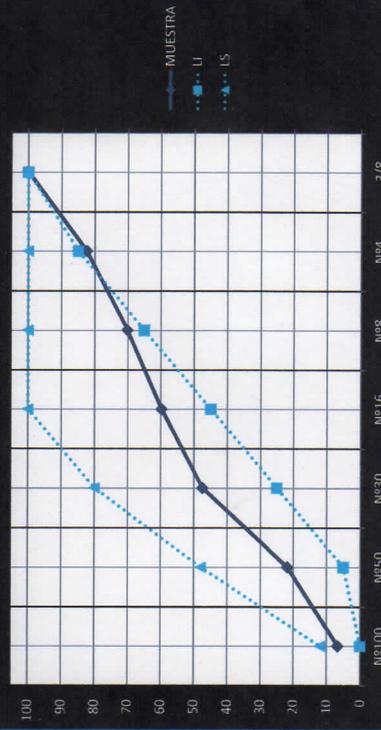
LIMITES TOTALES



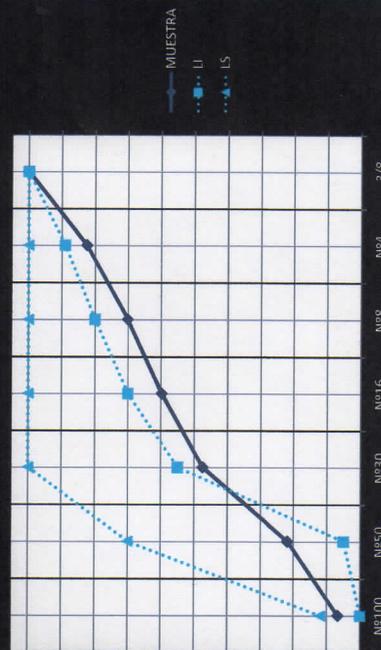
C



M



F



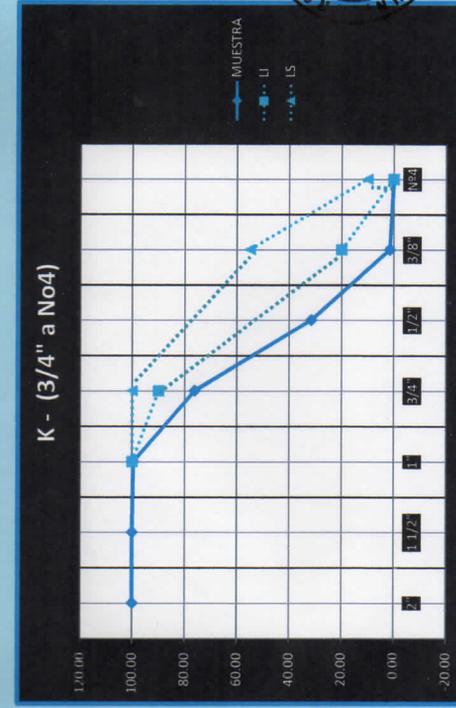
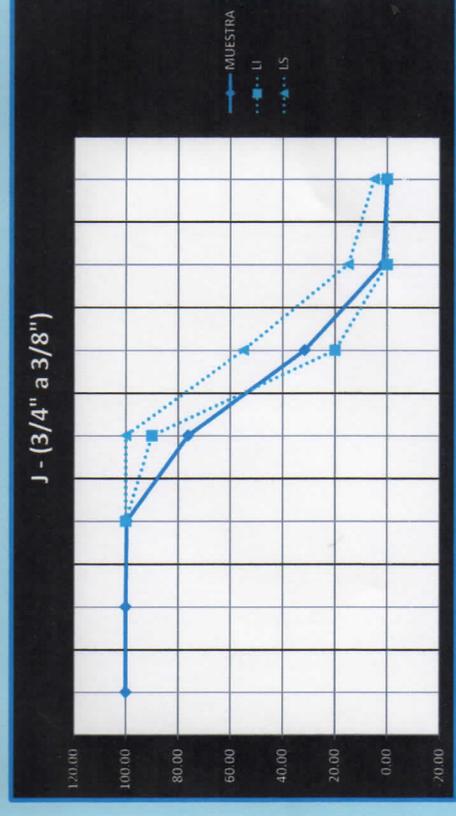
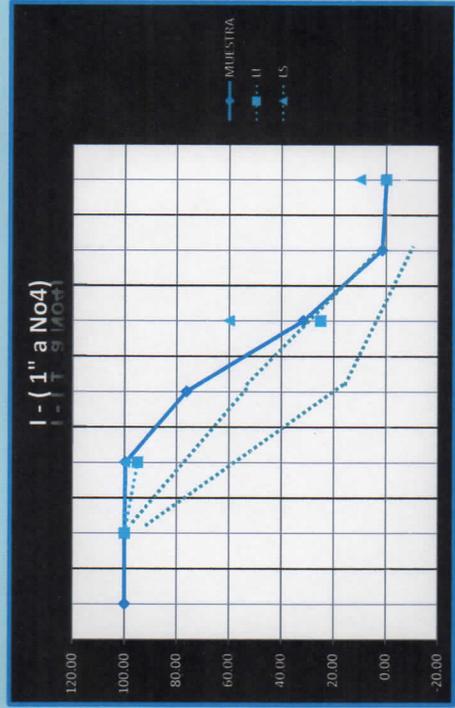
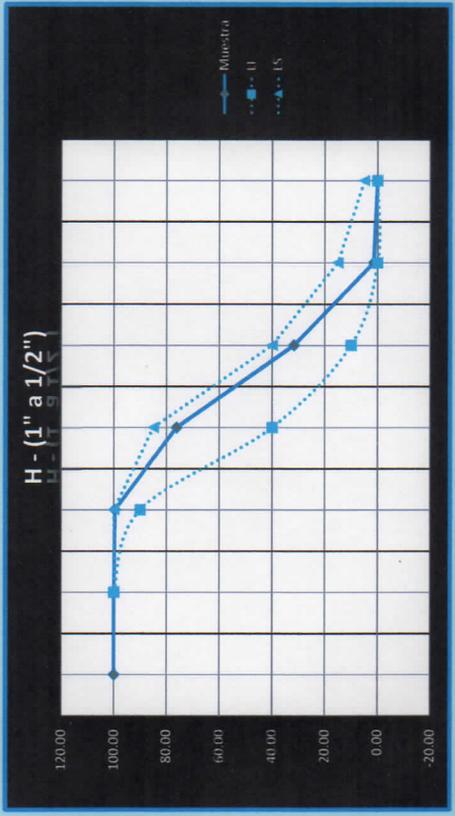
TAMIZ	M1	M2	M3	FROM
2"	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	25.00	0.00	28.00	17.67
3/4"	1320.00	1100.00	1100.00	1173.33
1/2"	2425.00	2130.00	2130.00	2228.33
3/8"	1195.00	1675.00	1647.00	1505.67
N°4	35.00	95.00	95.00	75.00
	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		PASAN ACU.	
SECO RES.	%	SECO RES.	%
0.00	0.00	0.00	100.00
0.00	0.00	0.00	100.00
17.67	0.35	0.35	99.65
1173.33	23.47	23.82	76.18
2228.33	44.57	68.39	31.61
1505.67	30.11	98.50	1.50
75.00	1.50	100.00	0.00
5000.00	100.00	100.00	

LÍMITES PERMITIDOS				
H	I	J	K	
(1" a 1/2")	(1" a No4)	(3/4"-3/8")	(3/4" a No4)	(3/4" a No4)
100	100	100	100	100
90	95	100	100	100
40	85	90	100	90
10	40	25	60	20
0	15	0	15	55
0	5	0	10	0
			5	0
			10	10

MF 7.22

DIÁMETRO MÁXIMO (D_{max})





CARACTERISTICAS FISICAS
PESO ESPECIFICO

INFORME N°
CANTERA
NORMAS

TESISTA
FECHA INICIO

PILCOMAYO
NTP 400.022
ASTM 127 - 128

KEMMER EMELY SANCHEZ ZARATE
24/03/2016

PIEDRA (Pd)					
DATOS	M1	M2	M3	M2	PROM
PESO DE LA MUESTRA SSS	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
PESO DE LA MUESTRA SSECADO AL HORNO	492.40	493.30	492.00	492.00	492.57
PESO MUESTRA SSS + PESO DE CANASTILLA	190.00	193.00	191.00	191.00	191.33
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA	1180.00	1180.00	1190.00	1190.00	1183.33
PESO DE LA CANASTILLA	870.00	870.00	870.00	870.00	870.00
PESO DE LA MUESTRA SSS DENTRO DEL AGUA	310.00	310.00	320.00	320.00	313.33

RESULTADOS	
PESO ESPECIFICO	2.64
% ABSORCION	1.51

PESO DE LA MUESTRA NATURAL	500.00	500.00	500.00	500.00
PESO DE LA MUESTRA SECA EN HORNO	498.00	497.00	498.00	497.67
%HUMEDAD	0.47			

ARENA (Ar)					
DATOS	M1	M2	M3	M2	PROM
PESO DE LA MUESTRA SSS	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
PESO DE LA MUESTRA SSECADO AL HORNO	196.27	196.41	196.70	196.46	196.46
VOLUMEN DESPLAZADO	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

RESULTADOS	
PESO ESPECIFICO	1.96
% ABSORCION	1.80

PESO DE LA MUESTRA NATURAL	500.00	500.00	500.00	500.00
PESO DE LA MUESTRA SECA EN HORNO	482.82	482.82	482.82	482.82
%HUMEDAD	3.56			



PILCOMAYO

CANTERA

NTP 400.017

NORMAS

ASTM C29

KEMMER EMELY SANCHEZ ZARATE

GRUPO
FECHA INICIO

24/03/2016

PUS - PUC

PESO UNITARIO

PUS

DATOS	M1	M2	M3	FROM
PESO BALDE METÁTICO DE 1/10	1.600	1.600	1.600	
PESO SIN COMPACTAR + BALDE METÁLICO DE 1/3	6.580	5.560	6.620	
PESO (Ar) SIN COMPACTAR	4.980	3.960	5.020	4.653
VOLUMEN BALDE METÁLICO DE 1/10	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
RESULTADOS				
P U S	1654.46	Kg/m3		

ARENA

PUC

DATOS	M1	M2	M3	FROM
PESO BALDE METÁLICO DE 1/10	1.600	1.600	1.600	
PESO COMPACTADO + PESO DE BALDE METÁTICO DE 1/3	6.890	7.000	6.998	
PESO (Ar) COMPACTADO	5.29	5.4	5.398	5.362666667
VOLUMEN BALDE METÁLICO DE 1/10	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
RESULTADOS				
P U C	1906.65	Kg/m3		

ARENA

PIEDRA

DATOS	M1	M2	M3	FROM
PESO BALDE METÁLICO DE 1/3	4.770	4.770	4.770	
PESO SIN COMPACTAR+ BALDE METÁLICO DE 1/3	18.850	18.680	18.175	
PESO (Pr) SIN COMPACTAR	14.080	13.91	13.405	13.798
VOLUMEN BALDE METÁLICO DE 1/3	0.0120	0.0120	0.0120	0.0120
RESULTADOS				
P U S	1145.20	Kg/m3		

DATOS	M1	M2	M3	FROM
PESO BALDE METÁLICO DE 1/3	4.770	4.770	4.770	
PESO COMPACTADO + PESO DE BALDE METÁLICO DE 1/3	20.155	19.990	19.899	
PESO (Pr) COMPACTADO	15.385	15.22	15.129	15.245
VOLUMEN BALDE METÁLICO DE 1/3	0.0120	0.0120	0.0120	0.0120
RESULTADOS				
P U C	1265.24	Kg/m3		

PIEDRA





UNIVERSIDAD CONTINENTAL

f'c	175	kg/cm ²
f'cr	245	kg/cm ²
Slump	3.5	

Pe	2.64	ARENA	CEMENTO
%Ab	1.51		2.95
%w	0.47		
PUS	1145		
PUC	1285		
Dnmax	1"		
MF	7.22		3.12

DESIGNO DE MEZCLA AGREGADO GLOBAL

cimento andino TIPO I

D. Seco	V=1.00m ³	
	P.UNITARIO	D.OBRA corregido por rendimiento
	1	355
	0.63	216
	0.290	896
	0.400	948
	1.5%	1.5%
Σ	1	

V4briqueta			
VxBaldesito	0.46	1	36.00
	1.78	21.97	21.97
	1.17	2.80	80.89
	1.24	2.67	96.27
			245.13

P.1briquetat(kg)	P.1cono(kg)	P.1olla(kg)
0.73	2.93	3.12
0.45	1.79	1.90
1.84	7.88	7.88
1.95	7.82	8.35
4.97	19.92	21.25

Slump	Dnmax	C. CEMENTO=	304.5382	kg
2	180	C. PIEDRA		
3.5	H2O	f'cr	sin	
4	195	200	0.7	
		245	a/c	0.628
		250	0.62	

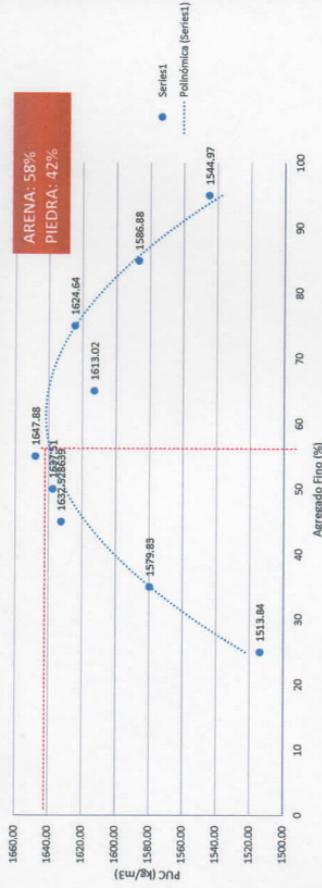
CORRECCIONES	
Pdc	768.8704648 kg
Arc	814.3604194 kg
H2O	165.8497596 lt

v.cono abrans
 Cono 0.0065 m³
 Briqueta 4"x8" 0.0021
 Olla 0.0088

CEMENTO 36 kg
 35.3 6.2889

0.610267446

PESO UNITARIO DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS



CURVA PUC MAXIMO

%PIEDRA	% ARENA	PUC MAXIMO
5	95	1544.97
15	85	1586.88
25	75	1624.64
35	65	1613.02
45	55	1647.88
50	50	1627.53
55	45	1632.53
65	35	1579.83
75	25	1513.84
85	15	1388.90
95	5	1281.87

lbs	42.5	kg	1	pie ³	pie ³
	1	m ³	35.3	lata	9
	1	baldestdt	4	litros	28.3 kg
	18	litros	1	pie ³	
	1	litro	0.0353	litros	
	1	galon	3.786	litros	
	1	pie ³	28.3	litros	
	1	baldestdt	6.2889	kg	

LABORATORIO DE
PAVIMENTOS, SUELOS
Y CONCRETO

ÁREA DE
TECNOLOGÍA
DEL CONCRETO



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

f'c	210	kg/cm ²
f'cr	294	kg/cm ²
Slump	3-5	

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO

DISEÑO DE MEZCLA AGREGADO GLOBAL

PIEDRA	ARENA	CEMENTO
Pe	2.64	1.96
%Ab	1.51	1.80
%w	0.47	5.20
PUS	1145	1654
PUC	1265	1907
Dnmax	1"	
MF	7.22	3.12

D. Seco	V=1.00m ³	P. UNITARIO	BRCA corregido	rendimie	P. UNITARIO	P.UNDblbs (kg)	Tndblbs (pie'	VxBaldesito	P. lcono(kg)	Briqueta(kg)	4" X	P. l olla
342	0.110	1	409		1	42.50	1	0.54	3.37	0.84		3.59
191	0.191	0.56	206		0.50	21.43	21.43	1.70	1.70	0.42		1.81
757	0.287	2.21	907		2.22	94.41	94.41	1.19	7.48	1.87		7.99
779	0.396	2.27	977		2.39	101.63	101.63	1.28	8.06	2.01		8.60
1.5%	0.015		1.5%			239.37			20.81	5.15		21.99

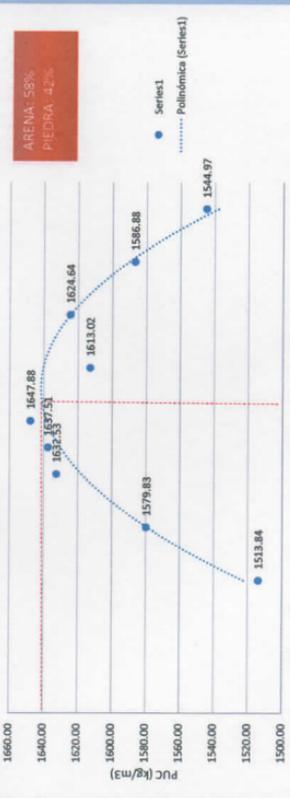
C. CEMENTO= 342.496 kg		C. PIEDRA		CORRECCIONES	
Slump	Dnmax	Var. Vpdl	Dnmax	Pdc	762.7984 kg
2	180	Vpd	0.287	Arx	819.0464 kg
3.5	H2O=	Var.	0.396	H2O	172.6709 lt
4	195				

V. cono abrams 0.01 m³
 cono 0.0082467 0.010
 briq 4x 0.0020593
 olla 0.008800000

CEMENTO 42.5 kg
 35.3 6.28889

blbs	kg	pie ³
1	42.5	1
1	m ³	pie ³
1	aldesit	litros
18	litros	lata
1	litro	pie ³
1	galon	litros
1	pie ³	litros
1	aldesit	kg

PESO UNITARIO DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS



CURVA PUC MAXIMO

%PIEDRA	% ARENA	PUC MAXIMO
5	95	1544.97
15	85	1586.88
25	75	1624.64
35	65	1613.02
45	55	1647.88
50	50	1637.51
55	45	1632.53
65	35	1579.83
75	25	1513.84
85	15	1398.90



NACIONAL
LABORATORIO DE
PAVIMENTOS, JUNTOS
Y CONCRETO

LABORATORIO DE
TECNOLOGIA
DEL CONCRETO



**UNIVERSIDAD
CONTINENTAL**

f'c 245 kg/cm²
f'cr 329 kg/cm²
Slump 3.5

D.Saco	V=1.00m ³
375	0.127
191	0.191
739	0.280
759	0.387
1.5%	0.015
Σ	1

Slump	Dnmax
3.5	180
4	195

CALCULO H2O = 191.25 lt

H2O= 191.25

CARACTERISTICAS DEL AGREGADO

DISEÑO DE MEZCLA AGREGADO GLOBAL

Pe	PIEDRA	ARENA	CEMENTO
%Ab	2.64	1.96	2.95
%w	1.51	1.80	
PUS	0.47	2.40	
PUC	1.145	16.54	
Dnmax	1.265	19.07	
MF	1"		
	7.22	3.12	

cemento andino TIPO I

D.OBRA corregido por rendimiento	P.UNITARIO	Pntda t/bis(kg)	V1Tndr t/bis(pie ³)	V4briqueta	VxBaldeito	P.Tcono(kg)	P.1 Olla (kg)
448	1	45.00	1	0.59		3.69	0.92
232	0.52	23.30	23.30	1.91		1.91	0.48
885	1.98	88.95	2.74	1.16		7.30	1.82
928	2.07	93.21	1.99	1.21		7.65	1.91
1.5%		230.46				20.53	5.13

C.PIEDRA	CORRECCIONES
Var+Vpd 0.666	Pdc 742.1681 kg
Vpd 0.28	Arc 777.6659 kg
Var 0.387	H2O 134.3915 lt

C. CEMENTO= 375.4417 kg

a/c= 0.5094

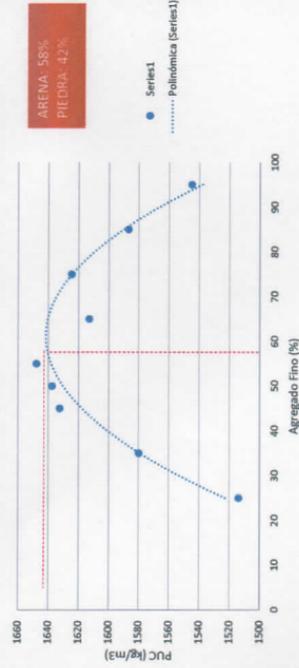
0.52

v.cono abrans 0.005 m³
cono 0.00824668
brig 4x8 0.00205926
olla 0.0088

1 BOLSA 45
35.3 6.28889

1bls	42.5	kg	1	pie ³
1	m ³	35.3	pie ³	
1	jaldesit	4	litros	0
18	litros	1	lata	28.3
1	litro	0.0353	pie ³	
1	galon	3.786	litros	
1	pie ³	28.3	litros	
1	jaldesit	6.28889	kg	

PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

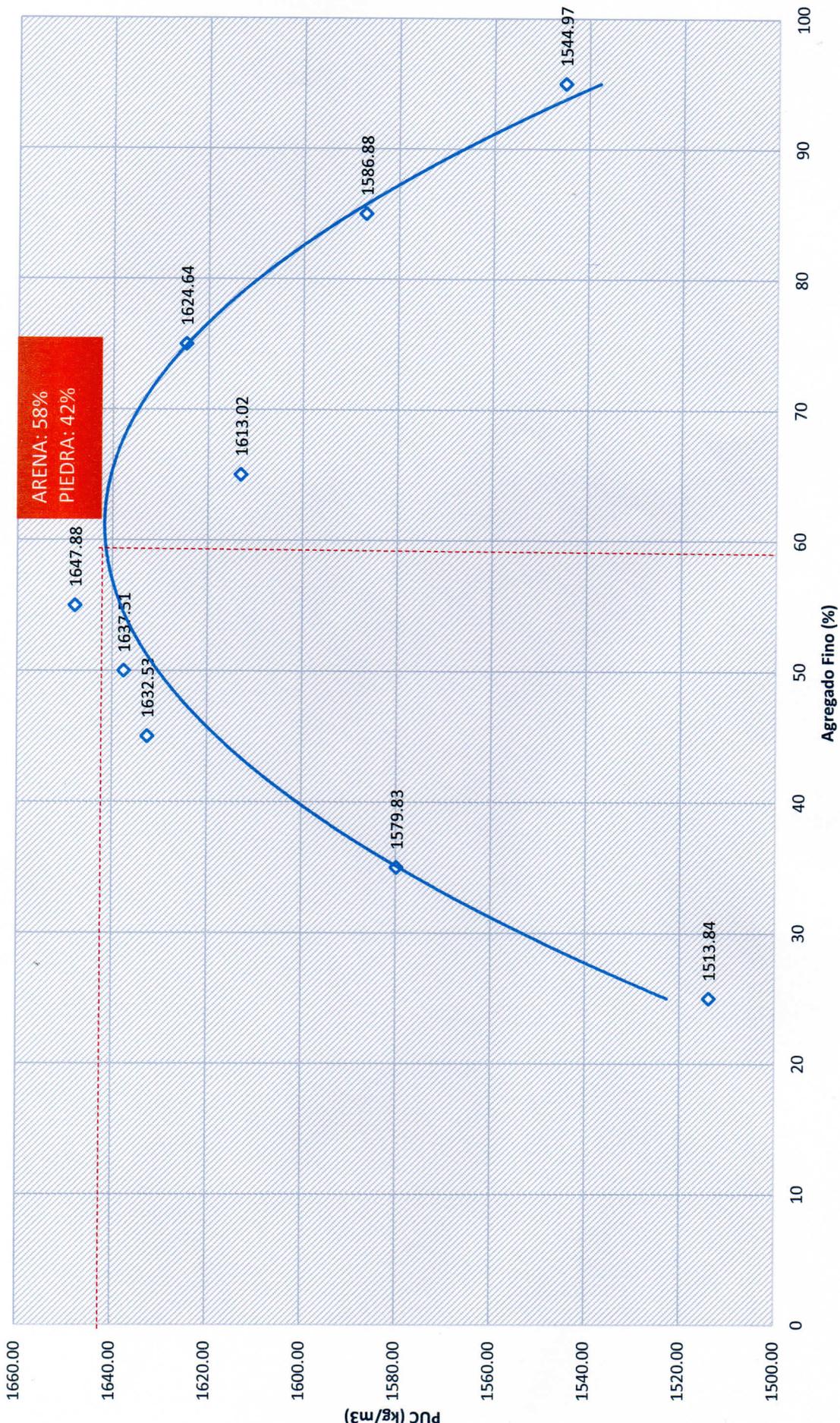


CURVA PUC MAXIMO

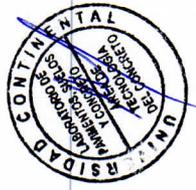
%PIEDRA	% ARENA	PUC MAXIMO
5	95	1544.97
15	85	1586.88
25	75	1624.64
35	65	1613.02
45	55	1647.88
50	50	1637.51
55	45	1632.53
65	35	1579.83
75	25	1513.84
85	15	1398.90
95	5	1281.87



PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA COMBINACION DE AGREGADOS



ARENA: 58%
PIEDRA: 42%



Series1 — Polinómica (Series1)

ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO PATRON

f'c=	175	kg/cm ²
FECHA:	03/05/2016	

HORA	MINUTOS	SLUMP(pulg)	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
10:00 a.m.	0	4	19.7
10:05 a.m.	5	3 3/4	19.7
10:20 a.m.	20	3 1/2	18.5
10:40 a.m.	40	3	17.9
11:00 a.m.	60	2 3/4	17.6
11:20 a.m.	80	2 1/2	17
11:40 a.m.	100	2	17.5
12:00 p.m.	120	1 1/2	20.4



ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #1

f'c=	175	kg/cm ²
Aditivo	Rheobuild 1000	
Cantidad Aditivo	276.25 ml	
Fecha	03/05/2016	

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
10:30 a.m.	0	9 1/2	18.5
10:35 a.m.	5	9 1/2	18.4
10:50 a.m.	20	9	18.4
11:10 a.m.	40	9	17.6
11:30 a.m.	60	8 3/4	17.5
11:50 a.m.	80	8 1/4	17.5
12:10 a.m.	100	7	20
12:30 p.m.	120	7	17
12:50 p.m.	140	5	17.5
01:30 p.m.	180	4 3/4	17
02:50 p.m.	200	3 3/4	17
03:10 p.m.	220	3	16.9



ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #2

f'c=	175	kg/cm ²
ADITIVO	Rheobuild 1000	
Cantidad Aditivo	478.13 ml	
Fecha	03/05/2016	

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
11:00 a.m.	0	10	18.4
11:05 a.m.	5	10	17.5
11:20 a.m.	20	10	17.5
11:40 a.m.	40	9 3/4	17.5
12:00 p.m.	60	8 1/2	20
12:20 p.m.	80	7 1/2	17
12:40 p.m.	100	7	17
01:00 p.m.	120	6 3/4	17
01:20 p.m.	140	6 1/2	17.5
02:00 p.m.	180	5 3/4	17
02:20 p.m.	200	4	17
02:40 p.m.	220	3 1/2	17
03:00 p.m.	240	3	17



ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #3

f'c=	175	kg/cm ²
ADITIVO	REHOBUILD 1000	
Cantidad Aditivo	680.00 ml	
Fecha	03/05/2016	

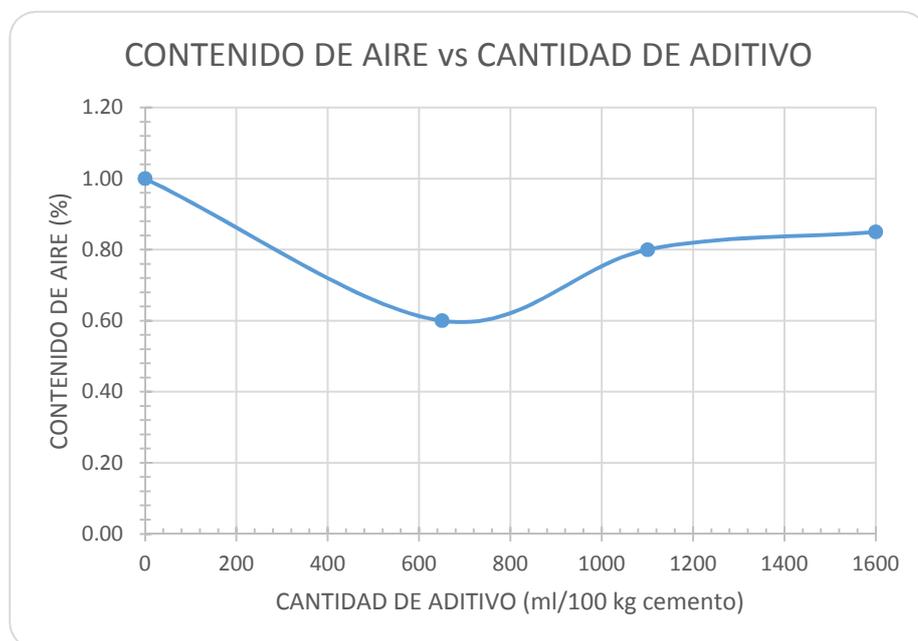
HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
11:30 a.m.	0	10 1/2	17.5
11:35 a.m.	5	10 1/2	17.4
11:50 a.m.	20	10 1/2	17.5
12:10 p.m.	40	9 3/4	20.0
12:30 p.m.	60	8 1/2	17.0
12:50 p.m.	80	8	17.0
01:10 p.m.	100	7 3/4	18.0
01:30 p.m.	120	6 1/2	18.0
01:50 p.m.	140	5 3/4	17.5
02:30 p.m.	180	4 1/2	17.5
02:50 p.m.	200	4	17.2
03:10 p.m.	220	3 3/4	17.2
03:30 p.m.	240	3 1/2	17.0
03:50 p.m.	260	3	17.0
04:10 p.m.	280	2 1/2	17.1



ENSAYO:
CONTENIDO DE AIRE

$f'c=$	175	kg/cm ²
Fecha:	03/05/2016	

TIPO DE CONCRETO	DOSIFICACION (ml/100 kg de cemento)	Aire atrapado (%)	% de variacion de aire atrapado
A	0	1.00	100.00%
A-1	650	0.60	60.00%
A-2	1100	0.80	80.00%
A-3	1600	0.85	85.00%



ENSAYO:
RENDIMIENTO

f'c=	175	kg/cm ²
Fecha	03/05/2016	

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{P.U.D}}{\text{P.U.R}}$$

Donde: P.U.D= Peso Unitario Diseño
 P.U.R= $\frac{\text{Peso Total} - \text{Peso de la olla}}{V_{\text{olla}}}$

TIPO DE CONCRETO	PUD	Peso Total	Peso Olla	V _{olla}	PUR	Rendimiento
Concreto Patron	2499	19.520	2.385	0.00679	2523.56406	0.990266122
Con dosf #1	2499	19.603	2.385	0.00679	2535.78792	0.985492508
Con dosf #2	2499	19.432	2.385	0.00679	2510.60383	0.995378072
Con dosf #3	2499	19.301	2.385	0.00679	2491.31075	1.003086427



ENSAYO

EXUDACIÓN

f'c=	175	kg/cm ²
Fecha	03/05/2016	
Tipo de concreto:	Concreto Patrón	
Hora de inicio:	10:10 a.m.	

Tiempo	Volumen parcial exudado	Volumen acumulado exudado	Velocidad de exudacion
(minuto)	(ml)	(ml)	(ml/minuto)
0	0	0	0.00
10	10.00	10.00	1.00
10	12.00	22.00	1.20
10	19.00	41.00	1.90
10	19.00	60.00	1.90
30	12.00	72.00	0.40
30	6.00	78.00	0.20
30	5.00	83.00	0.17
30	4.00	87.00	0.13
30	2.00	89.00	0.07
30	0.00	89.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 89.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.28 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde 19.52

Peso total de la tanda: 21.25

Volumen de agua en la tanda: 1.9

Volumen de agua en el molde 1.745317647 lt

Volumen de agua en el molde 1745.317647 ml

% Exudación= 5.10 %

A


ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	175	kg/cm ²
Fecha	03/05/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Dosf. #1	
Hora de inicio:	10:35 a.m.	

Tiempo (minuto)	Volumen parcial exudado (ml)	volumen acumulado exudado (ml)	Velocidad de exudacion (ml/minuto)
0	0	0	1.00
10	5.00	5.00	0.50
10	10.00	15.00	1.00
10	12.00	27.00	1.20
30	18.00	45.00	0.60
30	14.00	59.00	0.47
30	13.00	72.00	0.43
30	6.00	78.00	0.20
30	4.00	82.00	0.13
30	2.00	84.00	0.07
30	0.00	84.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 84.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.27 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde 19.603

Peso total de la tanda: 21.25

Volumen de agua en la tanda: 1.9

Volumen de agua en el molde 1.752738824 lt

Volumen de agua en el molde 1752.738824 ml

% Exudación= 4.79 %

A-1



ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	175	kg/cm ²
Fecha	03/05/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Dosf. #2	
Hora de inicio:	11:35 a.m.	

Tiempo (minuto)	Volumen parcial exudado (ml)	volumen acumulado exudado (ml)	Velocidad de exudacion (ml/minuto)
0	0	0	0.00
10	7.00	7.00	0.70
10	10.00	17.00	1.00
10	12.00	29.00	1.20
10	18.00	47.00	1.80
30	14.00	61.00	0.47
30	13.00	74.00	0.43
30	6.00	80.00	0.20
30	4.00	84.00	0.13
30	2.00	86.00	0.07
30	0.00	86.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 86.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.27 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde 19.432

Peso total de la tanda: 21.25

Volumen de agua en la tanda: 1.9

Volumen de agua en el molde 1.737449412 lt

Volumen de agua en el molde 1737.449412 ml

% Exudación= 4.95 %
A-2


ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	175	kg/cm ²
Fecha	03/05/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Dosf. #3	
Hora de inicio:	10:10 a.m.	

Tiempo (minuto)	Volumen parcial exudado (ml)	volumen acumulado exudado (ml)	Velocidad de exudacion (ml/minuto)
0	0	0	0.00
10	10.00	10.00	1.00
10	12.00	22.00	1.20
10	19.00	41.00	1.90
10	15.00	56.00	1.50
30	14.00	70.00	0.47
30	8.00	78.00	0.27
30	5.00	83.00	0.17
30	3.00	86.00	0.10
30	1.00	87.00	0.03
30	0.00	87.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 87.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.28 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde 19.301

Peso total de la tanda: 21.25

Volumen de agua en la tanda: 1.9

Volumen de agua en el molde 1.725736471 lt

Volumen de agua en el molde 1725.736471 ml

% Exudación= 5.04 %
A-3

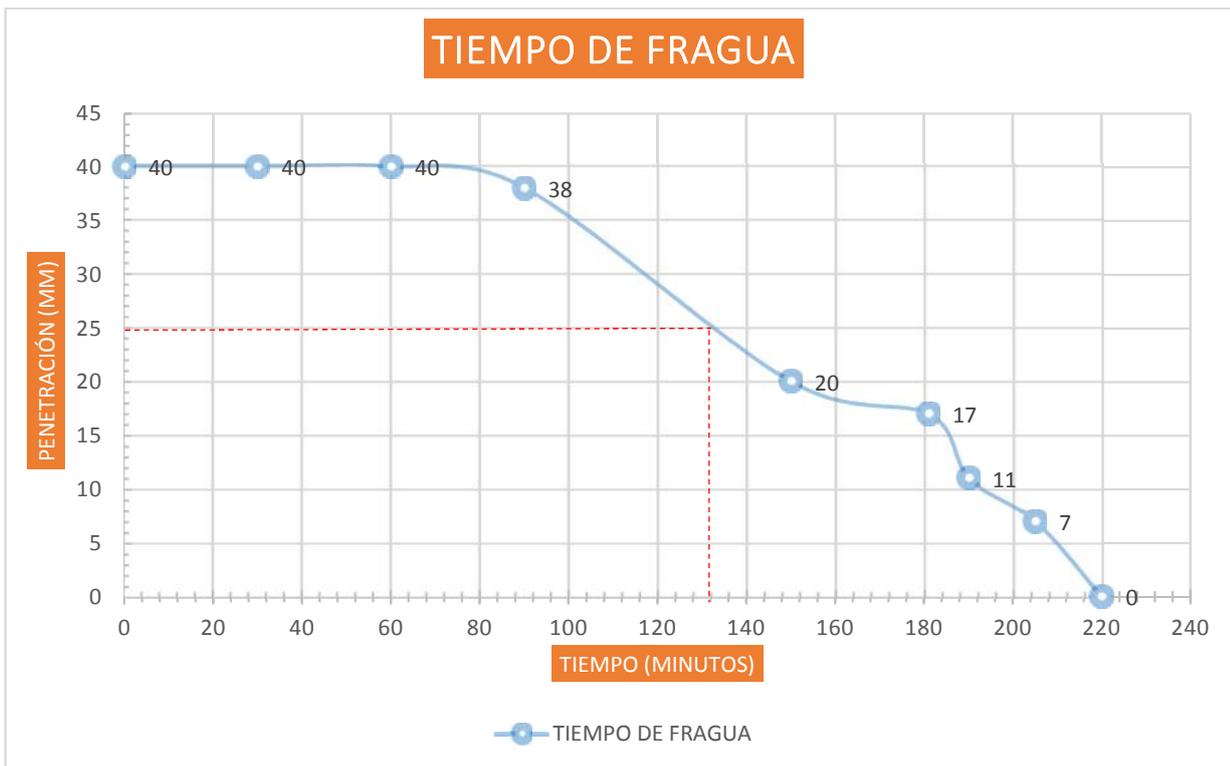

ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	175 kg/cm ²
Fecha	03/05/2016
Tipo de concreto:	Concreto Patrón

A

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
10:11 a.m.	40	0
10:41 a.m.	40	30
11:10 a.m.	40	60
11:40 p.m.	38	90
12:40 p.m.	20	150
01:11 p.m.	17	181
01:20 p.m.	11	190
01:35 p.m.	7	205
01:50 p.m.	0	220



A	TFI	132 min	12:23 p.m.
	TFF	220 min	01:50 p.m.



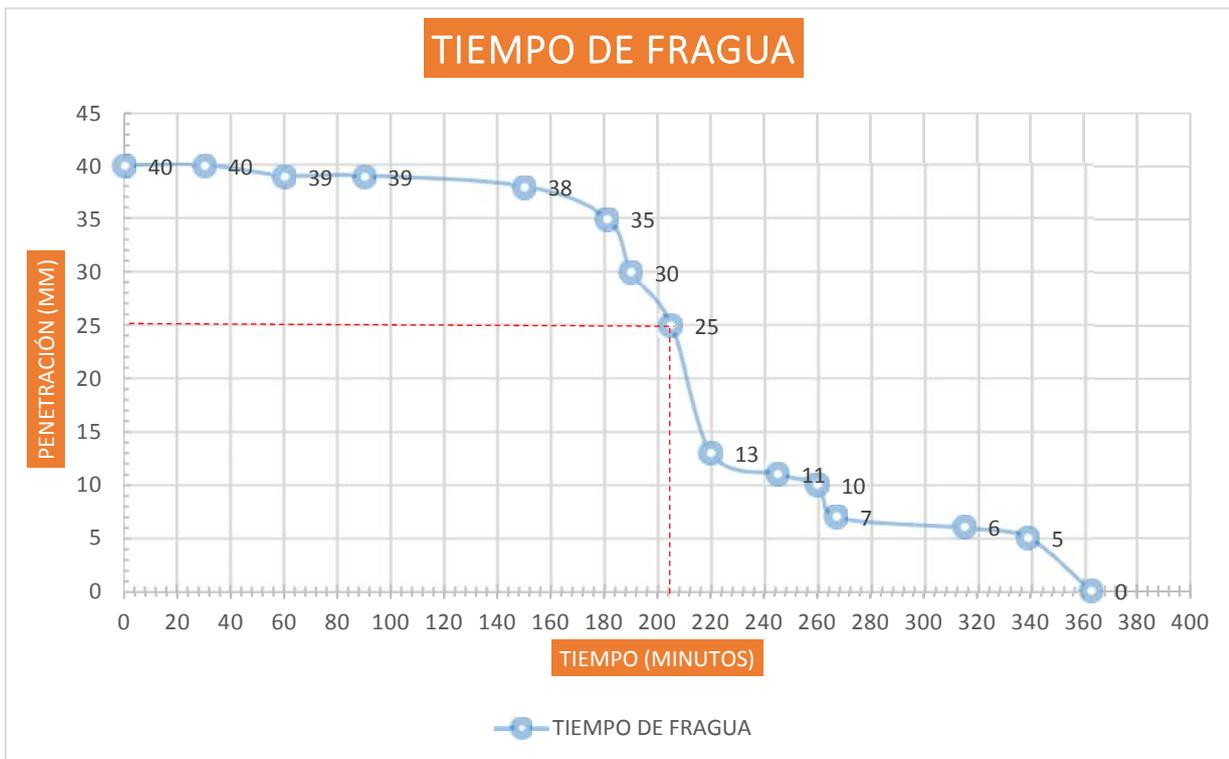
ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	175 kg/cm ²
Fecha	03/05/2016
Tipo de concreto:	Concreto con Aditivo- Dosf #1

A-1

HORA	HP(mm)	TIEMPO (minutos)
10:40 a.m.	40	0
11:10 a.m.	40	30
11:40 a.m.	39	60
12:10 p.m.	39	90
01:10 p.m.	38	150
01:41 p.m.	35	181
01:49 p.m.	30	190
02:04 p.m.	25	205
02:19 p.m.	13	220
02:44 p.m.	11	245
02:59 p.m.	10	260
03:06 p.m.	7	267
03:54 p.m.	6	315
04:18 p.m.	5	339
04:42 p.m.	0	363


A-1

	Minuto	Hora
TFI	204 min	02:04 p.m.
TFF	363 min	04:42 p.m.



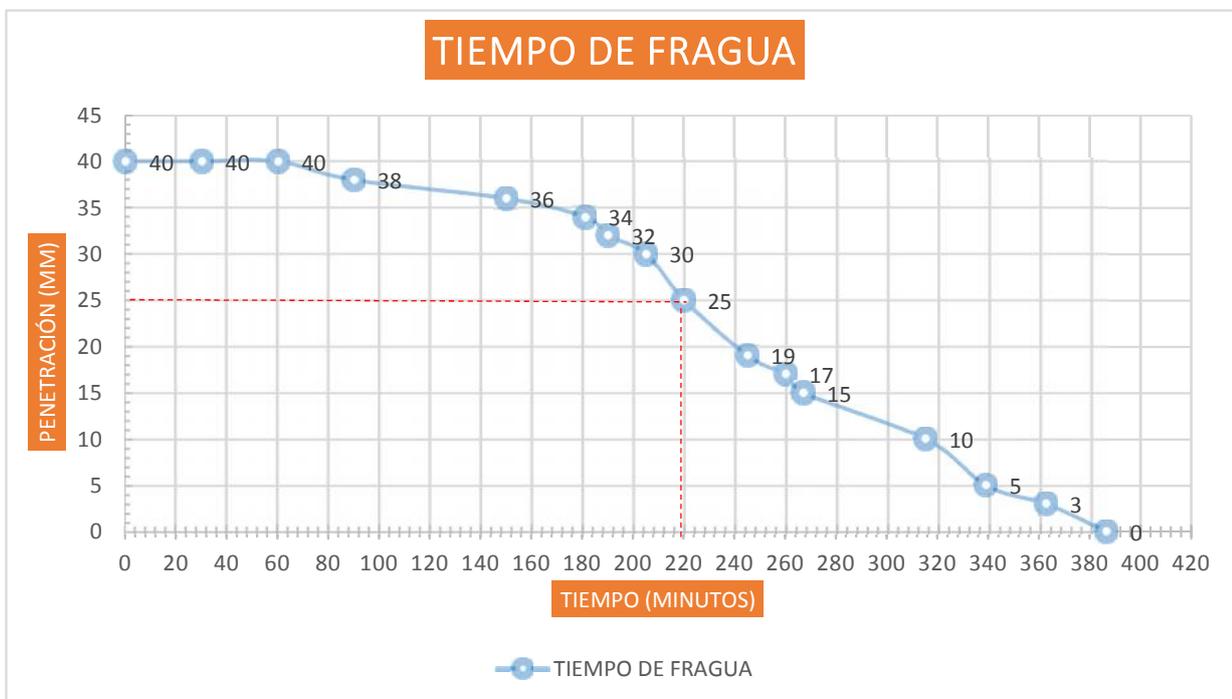
ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	175 kg/cm ²
Fecha	03/05/2016
Tipo de concreto:	Concreto con Aditivo- Dosif #2

A-2

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
11:11 a.m.	40	0
11:41 a.m.	40	30
12:10 p.m.	40	60
12:40 p.m.	38	90
01:40 p.m.	36	150
02:11 p.m.	34	181
02:20 p.m.	32	190
02:35 p.m.	30	205
02:50 p.m.	25	220
03:15 p.m.	19	245
03:30 p.m.	17	260
03:37 p.m.	15	267
04:25 p.m.	10	315
04:49 p.m.	5	339
05:13 p.m.	3	363
05:36 p.m.	0	386


A-2

	Minuto	Hora
TFI	220 min	02:35 p.m.
TFF	386 min	05:36 p.m.



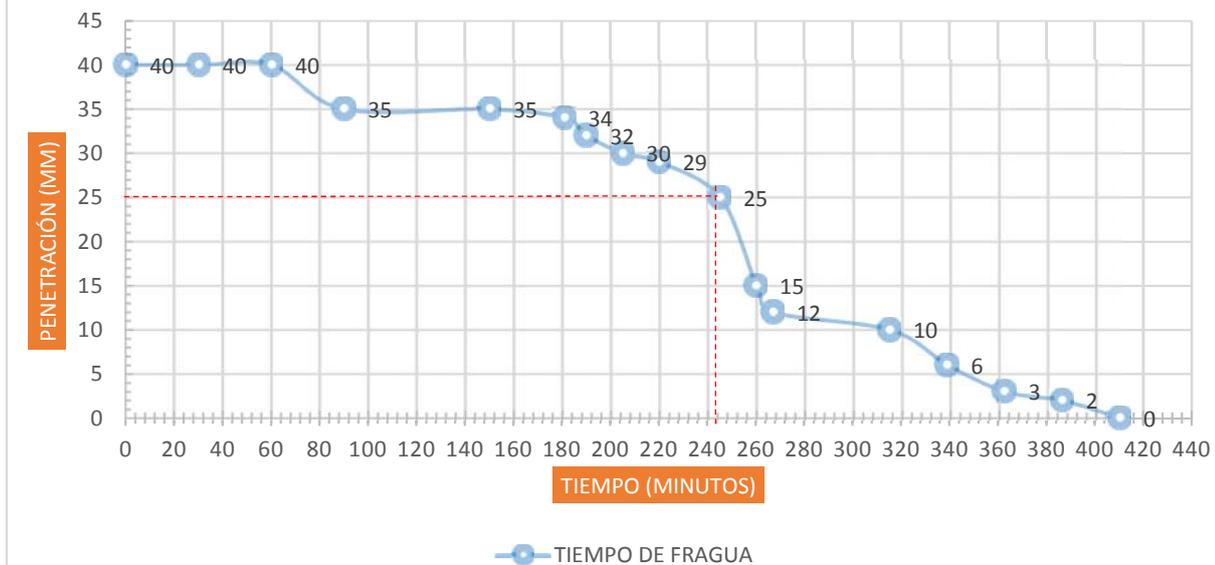
ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	175	kg/cm ²
Fecha	03/05/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Aditivo- Dosif #3	

A-3

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
11:40 a.m.	40	0
12:10 p.m.	40	30
12:40 p.m.	40	60
01:40 p.m.	35	90
02:11 p.m.	35	150
02:20 p.m.	34	181
02:35 p.m.	32	190
02:50 p.m.	30	205
03:15 p.m.	29	220
03:30 p.m.	25	245
03:37 p.m.	15	260
04:25 p.m.	12	267
04:49 p.m.	10	315
04:13 p.m.	6	339
05:36 p.m.	3	363
06:00 p.m.	2	386
06:24 p.m.	0	410

TIEMPO DE FRAGUA

A-3

	Minuto	Hora
TFI	245 min	03:30 p.m.
TFF	410 min	06:24 p.m.



ENSAYO:
RESISTENCIA A LA COMPRESION

 f'c= 175 kg/cm²
Tipo de concreto: CONCRETO PATRON

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	26.1	24	25.4	04/05/2016
3 días	71.5	70	69.45	06/05/2016
7 días	112.8	111.2	117	10/05/2016
28 días	177	180	173.56	31/05/2016

Tipo de concreto: N° de dosificación: Cantidad de dosificación:

CONCRETO PATRON CON ADITIVO #1
 276.25 ml

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	34.50	33.00	27.80	04/05/2016
3 días	74.80	77.10	73.50	06/05/2016
7 días	128.00	120.00	124.20	10/05/2016
28 días	187.00	189.00	190.34	31/05/2016

Tipo de concreto: N° de dosificación: Cantidad de dosificación:

CONCRETO PATRON CON ADITIVO #2
 478.13 ml

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	39	40.1	38.95	04/05/2016
3 días	77.98	78.3	76.87	06/05/2016
7 días	129	132.4	127.7	10/05/2016
28 días	211	214	213.78	31/05/2016

Tipo de concreto: N° de dosificación: Cantidad de dosificación:

CONCRETO PATRON CON ADITIVO #3
 680.00 ml

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	30.23	31.5	29.56	04/05/2016
3 días	73.4	72.5	73.19	06/05/2016
7 días	120.4	119.5	120.54	10/05/2016
28 días	180	176.8	179.46	31/05/2016



ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO PATRON

B

f'c=	210	kg/cm ²
FECHA:	26/04/2016	

HORA	MINUTOS	SLUMP(pulg)	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
10:00 a.m.	0	4	19.7
10:05 a.m.	5	4	19.7
10:20 a.m.	20	3 3/4	18.5
10:40 a.m.	40	3 1/2	17.9
11:00 a.m.	60	2 1/2	17.6
11:20 a.m.	80	2 1/2	17
11:40 a.m.	100	1 1/2	17.5
12:00 p.m.	120	1	16.5

ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #1

B-1

f'c=	210	kg/cm ²
Aditivo	Rheobuild 1000	
Cantidad Aditivo	276.25 ml	
Fecha	26/04/2016	

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
10:30 a.m.	0	9	18.5
10:35 a.m.	5	9	18.4
10:50 a.m.	20	8 3/4	18.4
11:10 a.m.	40	8 1/4	17.6
11:30 a.m.	60	8	17.5
11:50 a.m.	80	7 1/2	17.5
12:10 p.m.	100	6	17
12:30 p.m.	120	5 3/4	17
12:50 p.m.	140	5	17.5
13:30 p.m.	180	4 3/4	17
14:10 p.m.	200	3 1/2	17
14:30 p.m.	220	2 3/4	16.9

ENSAYO:
SLUMP
TIPO DE CONCRETO:
CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #2

f'c=	210	kg/cm ²
ADITIVO	Rheobuild 1000	
Cantidad Aditivo	478.13 ml	
Fecha	26/04/2016	

B-2

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
11:00 a.m.	0	10	18.4
11:05 a.m.	5	9 3/4	17.5
11:20 a.m.	20	9 1/2	17.5
11:40 a.m.	40	8 3/4	17.5
12:00 p.m.	60	8 1/2	17.5
12:20 p.m.	80	7 1/2	17
12:40 p.m.	100	6 3/4	17
13:00 p.m.	120	5 1/2	17
13:20 p.m.	140	4	17.5
14:00 p.m.	180	3 1/2	17
14:20 p.m.	200	3	17
14:40 p.m.	220	2 1/2	17
15:00 p.m.	240	2	17

ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #3

$f'c=$	210	kg/cm ²
ADITIVO	REHOBUILD 1000	
Cantidad Aditivo	680.00 ml	
Fecha		

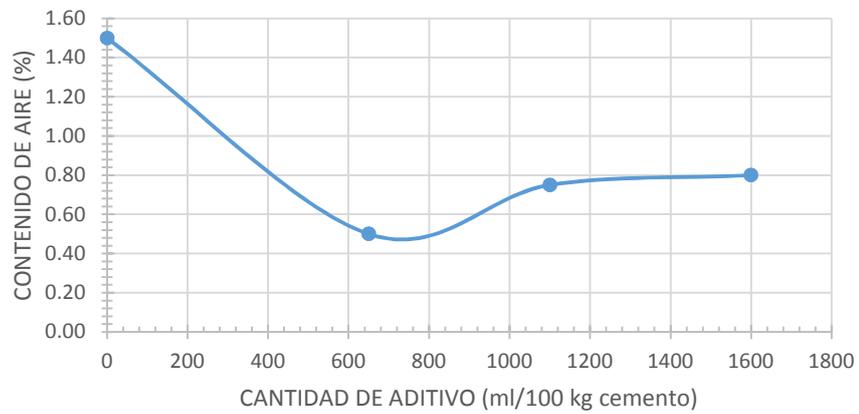
B-3

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
11:30 a.m.	0	11	17.50
11:35 a.m.	5	10 3/4	17.40
11:50 a.m.	20	10 1/2	17.50
12:10 p.m.	40	9 1/2	17.50
12:30 p.m.	60	8 3/4	17.00
12:50 p.m.	80	8	17.00
13:10 p.m.	100	7 3/4	18.00
13:30 p.m.	120	6	18.00
13:50 p.m.	180	5 3/4	17
15:10 p.m.	200	4 1/2	17
15:30 p.m.	220	4	17
15:50 p.m.	240	3 3/4	17
16: 10 p.m.	260	2	17
16:30 p.m.	280	1 1/2	17

ENSAYO:
CONTENIDO DE AIRE

f'c=	210	kg/cm ²
Fecha:	26/04/2016	

ID MEZCLA	DOSIFICACION (ml/100 kg cemento)	CONTENIDO DE AIRE (%)	% de variacion de aire trapedo
B	0	1.50	100.00%
B-1	650	0.50	33.33%
B-2	1100	0.75	50.00%
B-3	1600	0.80	53.33%

CONTENIDO DE AIRE vs CANTIDAD DE ADITIVO


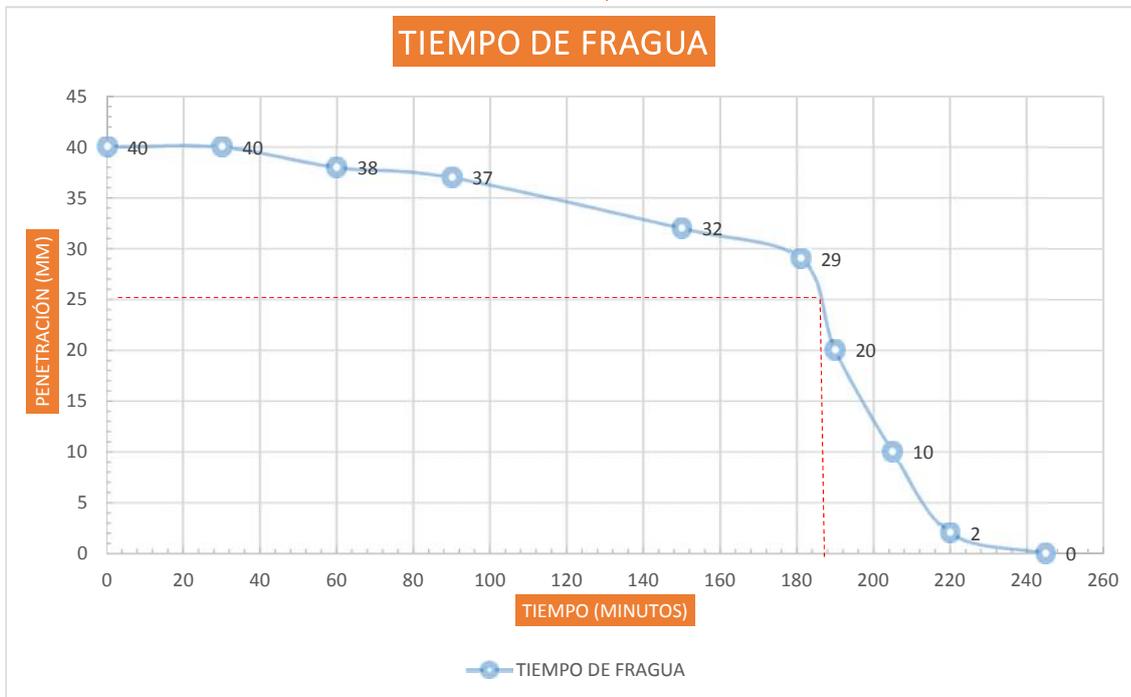
ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	210	kg/cm ²
Fecha	26/04/2016	
Tipo de concreto:	Concreto Patrón	

B

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)	TEMPE AMBIENTAL
10:11 a.m.	40	0	
10:41 a.m.	40	30	
11:11 a.m.	38	60	
11:41 p.m.	37	90	
12:41 p.m.	32	150	
01:12 p.m.	29	181	
01:21 p.m.	20	190	
01:36 p.m.	10	205	
01:51 p.m.	2	220	
02:16 p.m.	0	245	


B

	Minuto	Hora
TFI	184 min	01:16 p.m.
TFF	245 min	02:16 p.m.

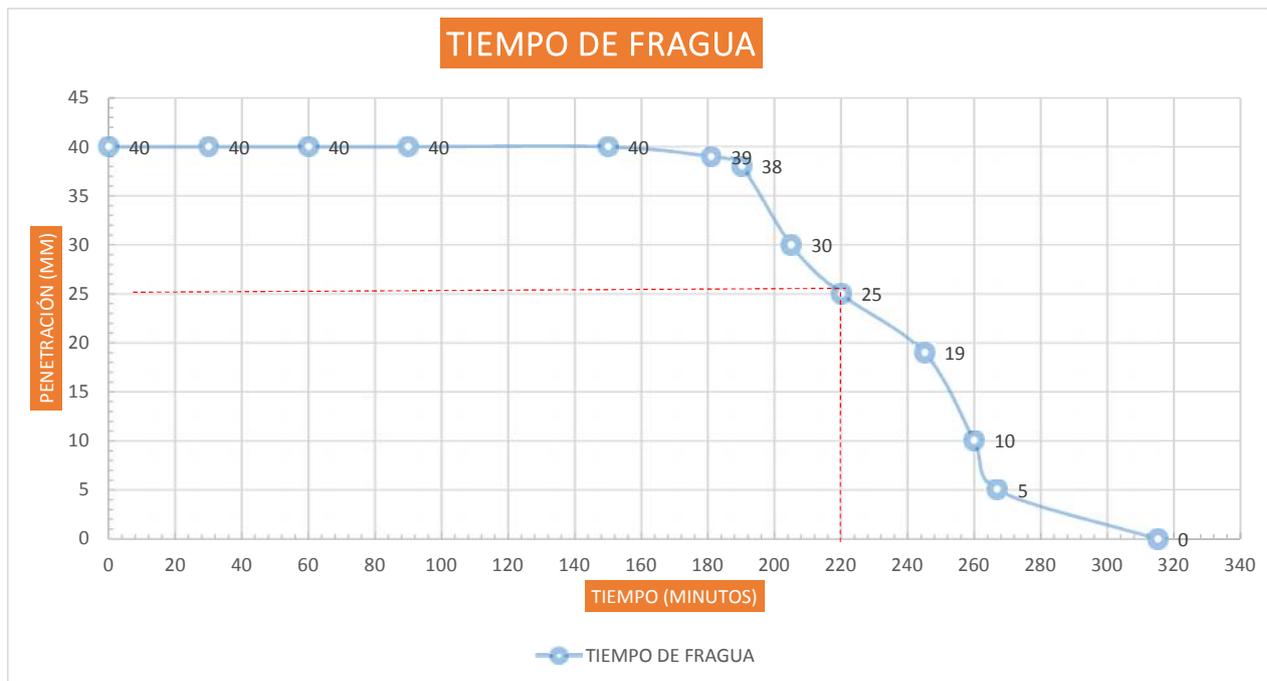
ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	210 kg/cm ²
Fecha	26/04/2016
Tipo de concreto:	Concreto con Aditivo- Dosf #1

B-1

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
10:40 a.m.	40	0
11:10 a.m.	40	30
11:40 a.m.	40	60
12:10 p.m.	40	90
01:10 p.m.	40	150
01:41 p.m.	39	181
01:50 p.m.	38	190
02:05 p.m.	30	205
02:20 p.m.	25	220
02:45 p.m.	19	245
02:00 p.m.	10	260
03:07 p.m.	5	267
03:55 p.m.	0	315



B-1	Minuto	Hora	
	TFI	220 min	02:20 p.m.
	TFF	315 min	03:55 p.m.

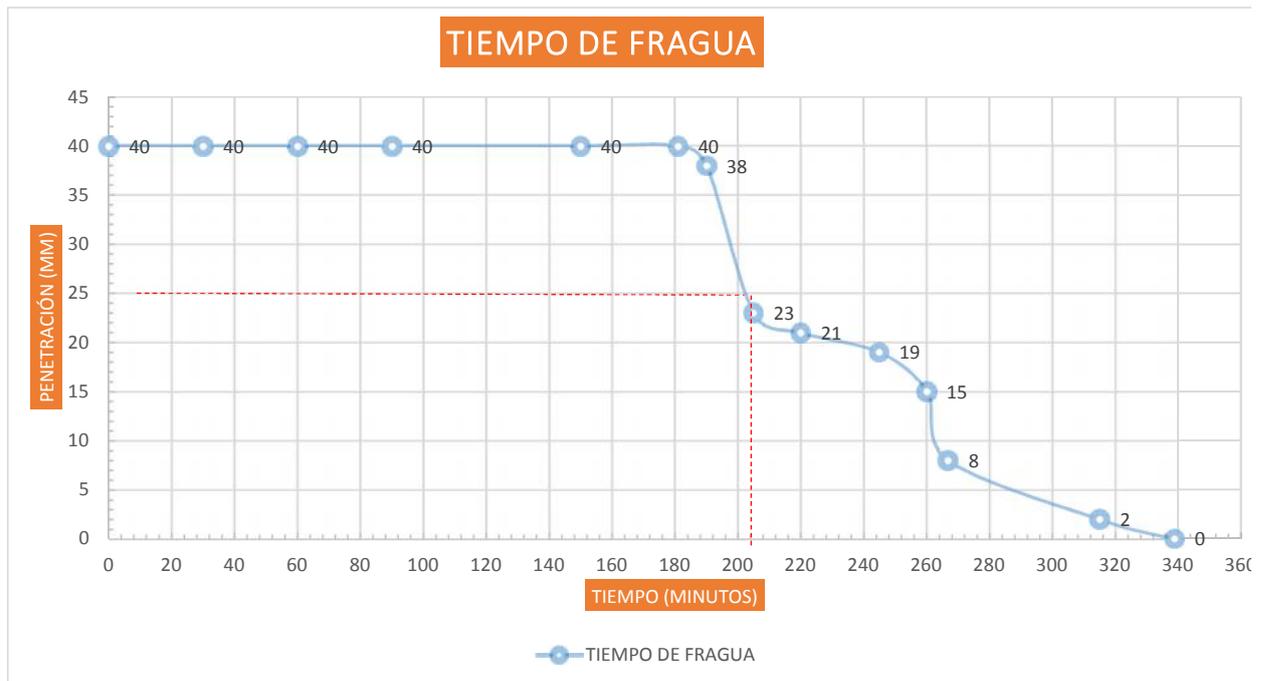
ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	210 kg/cm ²
Fecha	26/04/2016
Tipo de concreto:	Concreto con Aditivo- Dosif #2

B-2

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
11:11 a.m.	40	0
11:41 a.m.	40	30
12:11 a.m.	40	60
12:41 p.m.	40	90
01:41 p.m.	40	150
02:12 p.m.	40	181
02:21 p.m.	38	190
02:36 p.m.	23	205
02:51 p.m.	21	220
03:16 p.m.	19	245
03:31 p.m.	15	260
03:38 p.m.	8	267
04:26 p.m.	2	315
04:50 p.m.	0	339



B-2

	Minuto	Hora
TFI	204 min	2:30 p.m.
TFF	339 min	04:50 p.m.

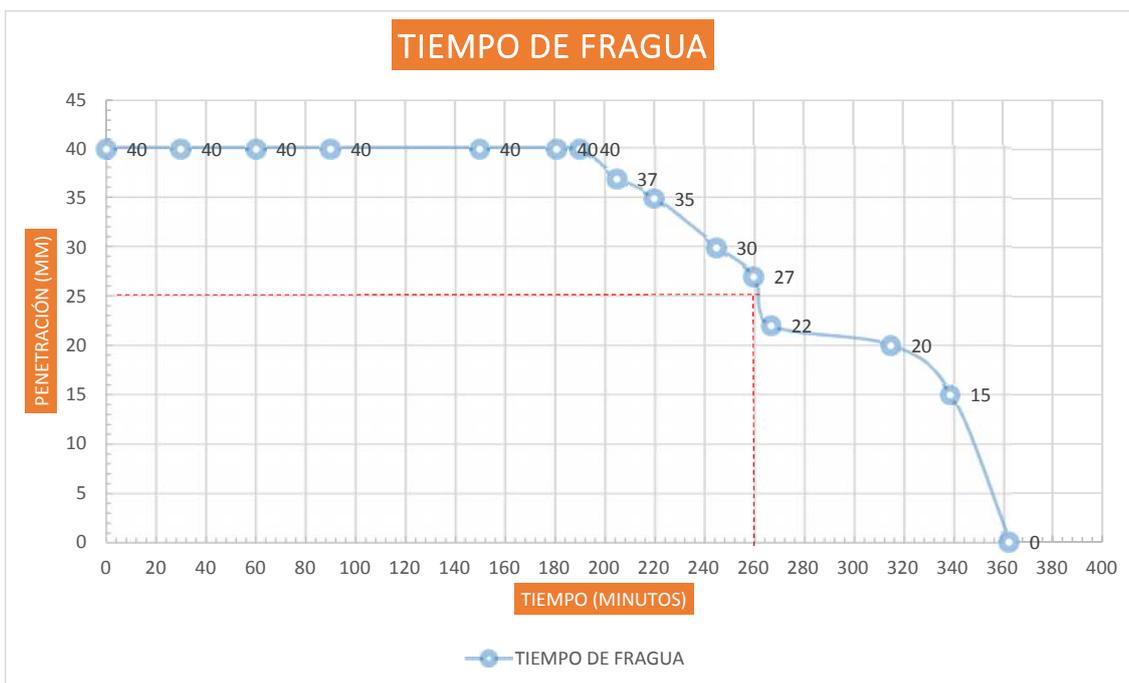
ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	210 kg/cm ²
Fecha	26/04/2016
Tipo de concreto:	Concreto con Aditivo- Dosif #3

B-3

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
11:40 a.m.	40	0
12:10 a.m.	40	30
12:40 p.m.	40	60
01:40 p.m.	40	90
02:10 p.m.	40	150
02:41 p.m.	40	181
02:50 p.m.	40	190
03:05 p.m.	37	205
03:20 p.m.	35	220
03:45 p.m.	30	245
04:00 p.m.	27	260
04:07 p.m.	22	267
04:55 p.m.	20	315
05:19 p.m.	15	339
05:43 p.m.	0	363


B-3

	Minuto	Hora
TFI	262 min	04:05 p.m.
TFF	363 min	05:43 p.m.

ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	210	kg/cm ²
Fecha	26/04/2016	
Tipo de concreto:	Concreto Patrón	
Hora de inicio:	10:10 a.m.	

B

Tiempo	Volumen parcial exudado	Volumen acumulado exudado	Velocidad de exudacion
(minuto)	(ml)	(ml)	(ml/minuto)
0	0	0	0.00
10	3.00	3.00	0.30
10	6.00	9.00	0.60
10	9.00	18.00	0.90
10	15.00	33.00	1.50
30	17.00	50.00	0.57
30	12.00	62.00	0.40
30	8.00	70.00	0.27
30	5.00	75.00	0.17
30	3.00	78.00	0.10
30	0.00	78.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 78.00

Area de la superficie libre: 314.16

 Exudación = 0.25 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde: 19.456

Peso total de la tanda: 21.21

Volumen de agua en la tanda: 1.75

Volumen de agua en el molde: 1.6052805 lt

Volumen de agua en el molde: 1605.2805 ml

% Exudación = 4.86 %

B

ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	210	kg/cm ²
Fecha	26/04/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Dosf. #1	
Hora de inicio:	10:35 a.m.	

B-1

Tiempo (minuto)	volumen parcial exudado (ml)	volumen acumulado exudado (ml)	Velocidad de exudacion (ml/minuto)
0	0.00	0	0.00
10	2.00	2.00	0.20
10	5.00	7.00	0.50
10	8.00	15.00	0.80
30	10.00	25.00	0.33
30	15.00	40.00	0.50
30	12.00	52.00	0.40
30	9.00	61.00	0.30
30	5.00	66.00	0.17
30	1.00	67.00	0.03
30	0.00	67.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 67.00

Area de la superficie libre: 314.16

 Exudación = 0.21 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde: 19.545

Peso total de la tanda: 21.21

Volumen de agua en la tanda: 1.75

Volumen de agua en el molde: 1.6126238 lt

Volumen de agua en el molde: 1612.6238 ml

% Exudación = 4.15 %

B-1

ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	210	kg/cm ²
Fecha	26/04/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Dosf. #2	
Hora de inicio:	11:35 a.m.	

B-2

Tiempo	volumen parcial exudado	volumen acumulado exudado	Velocidad de exudacion
(minuto)	(ml)	(ml)	(ml/minuto)
0	0	0	0.00
10	4.00	4.00	0.40
10	8.00	12.00	0.80
10	8.00	20.00	0.80
10	13.00	33.00	1.30
30	12.00	45.00	0.40
30	9.00	54.00	0.30
30	7.00	61.00	0.23
30	5.00	66.00	0.17
30	1.00	67.00	0.03
30	0.00	67.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 67.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.21 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde: 19.321

Peso total de la tanda: 21.21

Volumen de agua en la tanda: 1.75

Volumen de agua en el molde: 1.5941419 lt

Volumen de agua en el molde: 1594.1419 ml

% Exudación= 4.20 %
B-2

ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	210	kg/cm ²
Fecha	26/04/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Dosf. #3	
Hora de inicio:	10:10 a.m.	

B-3

Tiempo	volumen parcial exudado	volumen acumulado exudado	Velocidad de exudacion
(minuto)	(ml)	(ml)	(ml/minuto)
0	0	0	0.00
10	3.00	3.00	0.30
10	5.00	8.00	0.50
10	11.00	19.00	1.10
10	14.00	33.00	1.40
30	16.00	49.00	0.53
30	12.00	61.00	0.40
30	8.00	69.00	0.27
30	4.00	73.00	0.13
30	1.00	74.00	0.03
30	0.00	74.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 74.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.24 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde: 19.218

Peso total de la tanda: 21.21

Volumen de agua en la tanda: 1.75

Volumen de agua en el molde: 1.5856436 lt

Volumen de agua en el molde: 1585.6436 ml

% Exudación= 4.67 %
B-3

ENSAYO:
RENDIMIENTO

f'c=	210	kg/cm ²
Fecha	26/04/2016	

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{P.U.D}}{\text{P.U.R}}$$

Donde: P.U.D= Peso Unitario Diseño

$$\text{P.U.R} = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso de la olla}}{V_{\text{olla}}}$$

TIPO DE CONCRETO	PUD	Peso Total	Peso Olla	V _{olla}	P.U.R
Concreto Patron (B)	2499	19.456	2.385	0.00679	2514.14
Con dosf #1 (B-1)	2499	19.545	2.385	0.00679	2527.25
Con dosf #2 (B-2)	2499	19.321	2.385	0.00679	2494.26
Con dosf #3 (B-3)	2499	19.218	2.385	0.00679	2479.09



Rendimiento
0.993978677
0.988823427
1.001901866
1.008032436

ENSAYO:
RESISTENCIA A LA COMPRESION

$f'c=$	210	kg/cm ²
--------	-----	--------------------

Tipo de concreto: CONCRETO PATRON

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	40.34	42.95	47.46	27/04/2016
3 días	110.8	106.1	111.4	29/04/2016
7 días	177.6	151.6	175	03/05/2016
28 días	241	239.2	245.3	24/05/2016

Tipo de concreto: CONCRETO PATRON CON ADITIVO

N° de dosificación: #1

Cantidad de dosificación: 276.25 ml

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	66.65	70.32	60.29	27/04/2016
3 días	125.6	123.5	121.7	29/04/2016
7 días	180.3	176.4	179.2	03/05/2016
28 días	260.4	265.9	262.1	24/05/2016

Tipo de concreto: CONCRETO PATRON CON ADITIVO

N° de dosificación: #2

Cantidad de dosificación: 478.13 ml

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	75.35	79.32	80.15	27/04/2016
3 días	131	134.5	130.7	29/04/2016
7 días	186	189.7	183.2	03/05/2016
28 días	280.1	285.2	281.4	24/05/2016

Tipo de concreto: CONCRETO PATRON CON ADITIVO

N° de dosificación: #3

Cantidad de dosificación: 680.00 ml

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	60.33	61.2	57	27/04/2016
3 días	114.11	115.2	112.67	29/04/2016
7 días	178.4	175.6	178.67	03/05/2016
28 días	250.54	244.1	251.44	24/05/2016



ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO PATRON

f'c=	245	kg/cm ²
FECHA:	27/04/2016	

HORA	MINUTOS	SLUMP(pulg)	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
10:00 a.m.	0	4	20.9
10:05 a.m.	5	3 3/4	20.9
10:20 a.m.	20	3	20.8
10:40 a.m.	40	2 3/4	20.8
11:00 a.m.	60	2 1/2	20.7
11:20 a.m.	80	1 1/2	20.9
11:40 a.m.	100	1	20.9
12:00 p.m.	120	1/2	20.9



ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #1

f'c=	245	kg/cm ²
Aditivo	Rheobuild 1000	
Cantidad Aditivo	276.25 ml	
Fecha	27/04/2016	

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
10:30 a.m.	0	9 1/2	20.9
10:35 a.m.	5	9	20.9
10:50 a.m.	20	9	21.1
11:10 a.m.	40	7	20.8
11:30 a.m.	60	6 3/4	20.3
11:50 a.m.	80	6 1/4	20.9
12:10 p.m.	100	5 3/4	20.9
12:30 p.m.	120	5	20.9
12:50 p.m.	140	5	19.5
01:30 p.m.	180	4 3/4	19.5
01:50 p.m.	200	4	19.5
02:20 p.m.	220	3 3/4	19.5
02:40 p.m.	240	3	19.5



ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #2

f'c=	245	kg/cm ²
ADITIVO	Rheobuild 1000	
Cantidad Aditivo	478.13 ml	
Fecha	27/04/2016	

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
11:00 a.m.	0	10	20.9
11:05 a.m.	5	10	20.4
11:20 a.m.	20	10	20.8
11:40 a.m.	40	10	20.8
12:00 p.m.	60	9 1/2	20.7
12:20 p.m.	80	9 3/4	20.9
12:40 p.m.	100	9	19.9
01:00 p.m.	120	8 3/4	19.5
01:20 p.m.	140	6 1/2	17.5
02:00 p.m.	180	5 3/4	17
02:20 p.m.	200	4	17
02:40 p.m.	220	3 3/4	17
03:00 p.m.	240	3 1/2	17



ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #3

f' c=	245	kg/cm ²
ADITIVO	REHOBUILD 1000	
Cantidad Aditivo	680.00 ml	
Fecha	27/04/2016	

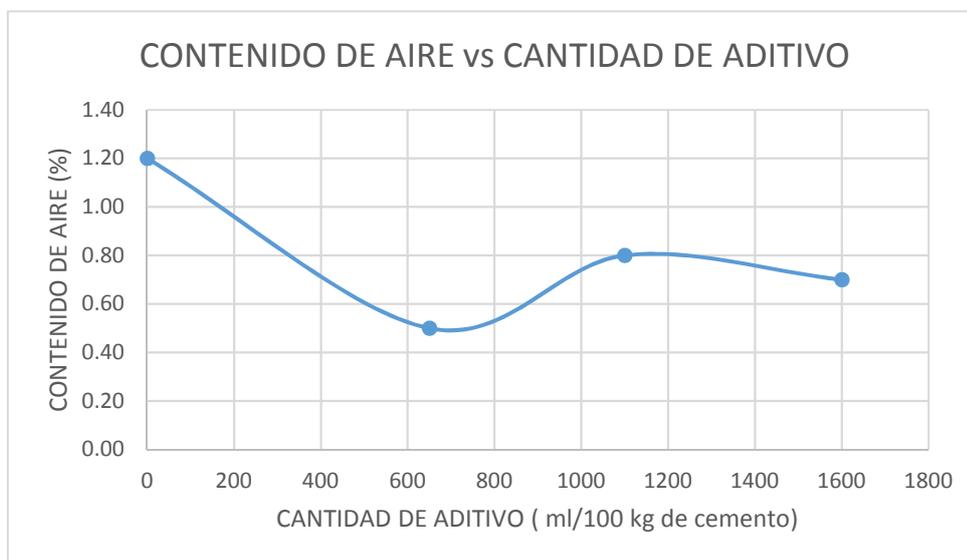
HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
11:30 a.m.	0	11	20.9
11:35 a.m.	5	11	20.9
11:50 a.m.	20	11	20.8
12:10 p.m.	40	10 3/4	20.8
12:30 p.m.	60	10 1/2	20.7
12:50 p.m.	80	10	20.9
01:20 p.m.	100	9 3/4	19.9
01:30 p.m.	120	8 3/4	19.9
01:50 p.m.	140	7 1/2	19.9
02:20 p.m.	180	6 3/4	17.5
02:40 p.m.	200	5	17.5
03:00 p.m.	220	4 1/2	17.2
03:40 p.m.	240	3 3/4	17.2
04:00 p.m.	260	3 1/2	17.0
04:20 p.m.	280	2 1/2	17.0



ENSAYO:
CONTENIDO DE AIRE

f'c=	245	kg/cm ²
Fecha:	27/04/2016	

ID MEZCLA	DOSIFICACION (ml/100 kg cemento)	CONTENIDO DE AIRE (%)	% DE VARIACIÓN DE AIRE ATRAPADO
C	0	1.20	100.00%
C-1	650	0.50	41.67%
C-2	1100	0.80	66.67%
C-3	1600	0.70	58.33%



ENSAYO:
RENDIMIENTO

f'c=	245	kg/cm ²
Fecha	27/04/2016	

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{P.U.D}}{\text{P.U.R}}$$

Donde: P.U.D= Peso Unitario Diseño
 P.U.R= $\frac{\text{Peso Total} - \text{Peso de la olla}}{\text{V}_{\text{olla}}}$

TIPO DE CONCRETO	PUD	Peso Total	Peso Olla	V _{olla}	PUR	Rendimiento
Concreto Patron	2499	19.487	2.385	0.00679	2518.70398	0.992176938
Con dosf #1	2499	19.559	2.385	0.00679	2529.30781	0.988017352
Con dosf #2	2499	19.331	2.385	0.00679	2495.72901	1.001310634
Con dosf #3	2499	19.224	2.385	0.00679	2479.97054	1.007673259



ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	245	kg/cm ²
Fecha	27/04/2016	
Tipo de concreto:	Concreto Patrón	
Hora de inicio:	10:10 a.m.	

C

Tiempo	Volumen parcial exudado	Volumen acumulado exudado	Velocidad de exudacion
(minuto)	(ml)	(ml)	(ml/minuto)
0	3	3	0.00
10	4.00	7.00	0.40
10	5.00	12.00	0.50
10	10.00	22.00	1.00
10	15.00	37.00	1.50
30	17.00	54.00	0.57
30	11.00	65.00	0.37
30	8.00	73.00	0.27
30	4.00	77.00	0.13
30	3.00	80.00	0.10
30	0.00	80.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 80.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.25 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde 19.487

Peso total de la tanda: 21.93

Volumen de agua en la tanda: 2.04

Volumen de agua en el molde 1.8127442 lt

Volumen de agua en el molde 1812.7442 ml

% Exudación= 4.41 %
C


ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	245	kg/cm ²
Fecha	27/04/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Dosf. #1	
Hora de inicio:	10:35 a.m.	

C-1

Tiempo (minuto)	volumen parcial exudado (ml)	volumen acumulado exudado (ml)	Velocidad de exudacion (ml/minuto)
0	0	0	0.00
10	3.00	3.00	0.30
10	8.00	11.00	0.80
10	12.00	23.00	1.20
30	20.00	43.00	0.67
30	12.00	55.00	0.40
30	8.00	63.00	0.27
30	4.00	67.00	0.13
30	3.00	70.00	0.10
30	2.00	72.00	0.07
30	0.00	72.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 72.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.23 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde 19.559

Peso total de la tanda: 21.93

Volumen de agua en la tanda: 2.04

Volumen de agua en el molde 1.8194419 lt

Volumen de agua en el molde 1819.4419 ml

% Exudación= 3.96 %
C-1


ENSAYO
EXUDACIÓN

f'c=	245	kg/cm ²
Fecha	27/04/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Dosf. #2	
Hora de inicio:	11:35 a.m.	

C-2

Tiempo	volumen parcial exudado	volumen acumulado exudado	Velocidad de exudacion
(minuto)	(ml)	(ml)	(ml/minuto)
0	0	0	0.00
10	2.00	10.00	0.20
10	5.00	12.00	0.50
10	8.00	20.00	0.80
10	10.00	30.00	1.00
30	15.00	45.00	0.50
30	12.00	57.00	0.40
30	7.00	64.00	0.23
30	5.00	69.00	0.17
30	1.00	70.00	0.03
30	0.00	70.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 65.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.21 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde 19.331

Peso total de la tanda: 21.93

Volumen de agua en la tanda: 2.04

Volumen de agua en el molde 1.7982326 lt

Volumen de agua en el molde 1798.2326 ml

% Exudación= 3.61 %
C-2


EXUDACIÓN

f'c=	245	kg/cm ²
Fecha	27/04/2016	
Tipo de concreto:	Concreto con Dosf. #3	
Hora de inicio:	10:10 a.m.	

C-3

Tiempo	volumen parcial exudado	volumen acumulado exudado	Velocidad de exudacion
(minuto)	(ml)	(ml)	(ml/minuto)
0	0	0	0.00
10	5.00	5.00	0.50
10	10.00	15.00	1.00
10	13.00	28.00	1.30
10	8.00	36.00	0.80
30	10.00	46.00	0.33
30	3.00	49.00	0.10
30	3.00	52.00	0.10
30	2.00	54.00	0.07
30	1.00	55.00	0.03
30	0.00	55.00	0.00

$$\text{Exudacion} = \frac{\text{Volumen Total Exudado}}{\text{Area de la superficie libre}}$$

Volumen total exudado: 55.00

Area de la superficie libre: 314.16

Exudación = 0.18 ml/cm²

$$\% \text{Exudacion} = \left(\frac{\text{Volumen total exudado}}{\text{Volumen de agua de la mezcla en el molde}} \right) * 100$$

$$\text{Volumen de agua en el molde} = \left(\frac{\text{peso del concreto en el molde}}{\text{peso total de la tanda}} \right) * (\text{Volumen de agua en la tanda})$$

Peso del concreto en el molde 19.224

Peso total de la tanda: 21.21

Volumen de agua en la tanda: 1.75

Volumen de agua en el molde 1.5861386 lt

Volumen de agua en el molde 1586.1386 ml

% Exudación= 3.47 %
C-3

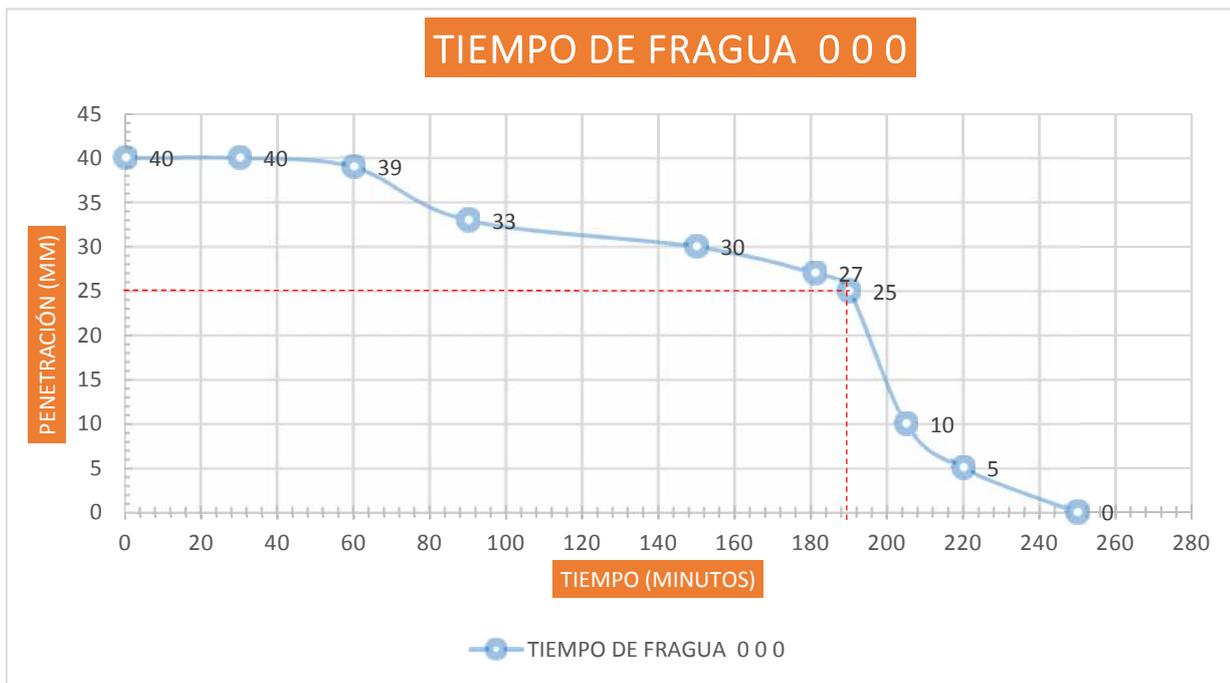

ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	245 kg/cm ²
Fecha	27/04/2016
Tipo de concreto:	Concreto Patrón

C

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
10:11 a.m.	40	0
10:41 a.m.	40	30
11:10 a.m.	39	60
11:40 p.m.	33	90
12:40 p.m.	30	150
01:11 p.m.	27	181
01:20 p.m.	25	190
01:35 p.m.	10	205
01:50 p.m.	5	220
02:20 p.m.	0	250



	Minuto	Hora
TFI	190 min	01:20 p.m.
TFF	250 min	02:20 p.m.

C

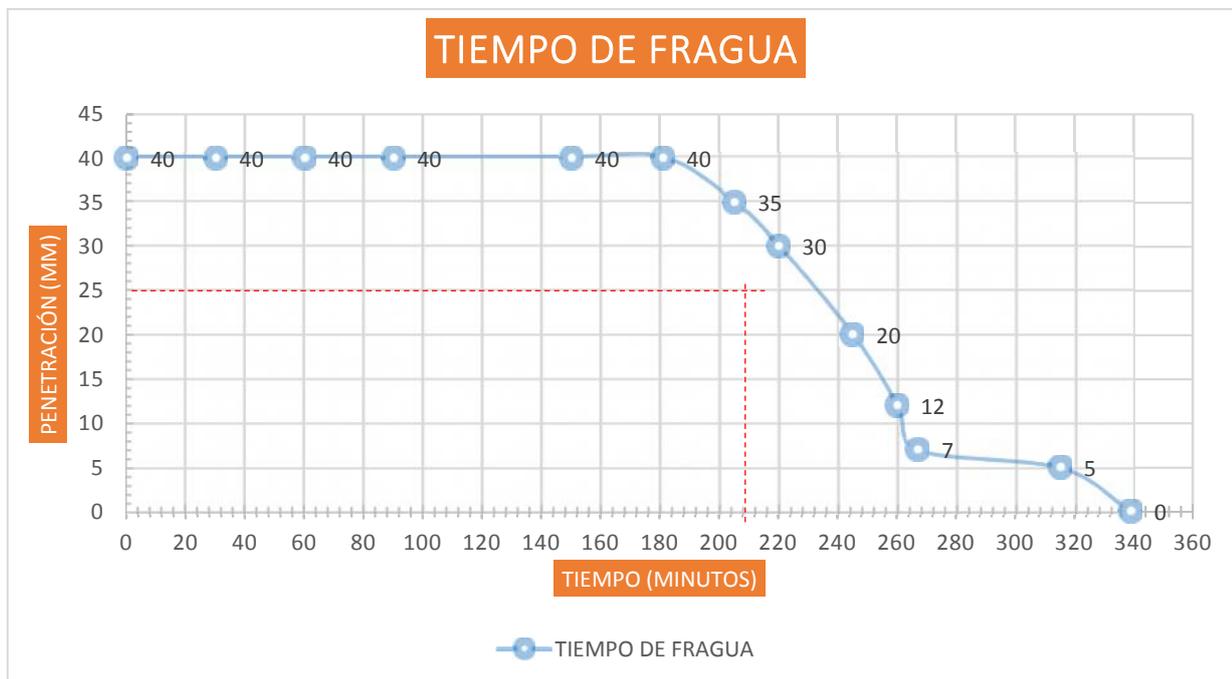

ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	245 kg/cm ²
Fecha	27/04/2016
Tipo de concreto:	Concreto con Aditivo- Dosf #1

C-1

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
10:40 a.m.	40	0
11:10 a.m.	40	30
11:40 a.m.	40	60
12:10 p.m.	40	90
01:10 p.m.	40	150
01:41 p.m.	40	181
02:04 p.m.	35	205
02:19 p.m.	30	220
02:44 p.m.	20	245
02:59 p.m.	12	260
03:06 p.m.	7	267
03:54 p.m.	5	315
03:18 p.m.	0	339



	Minuto	Hora
TFI	232 min	02:30 p.m.
TFF	363 min	03:18 p.m.

C-1

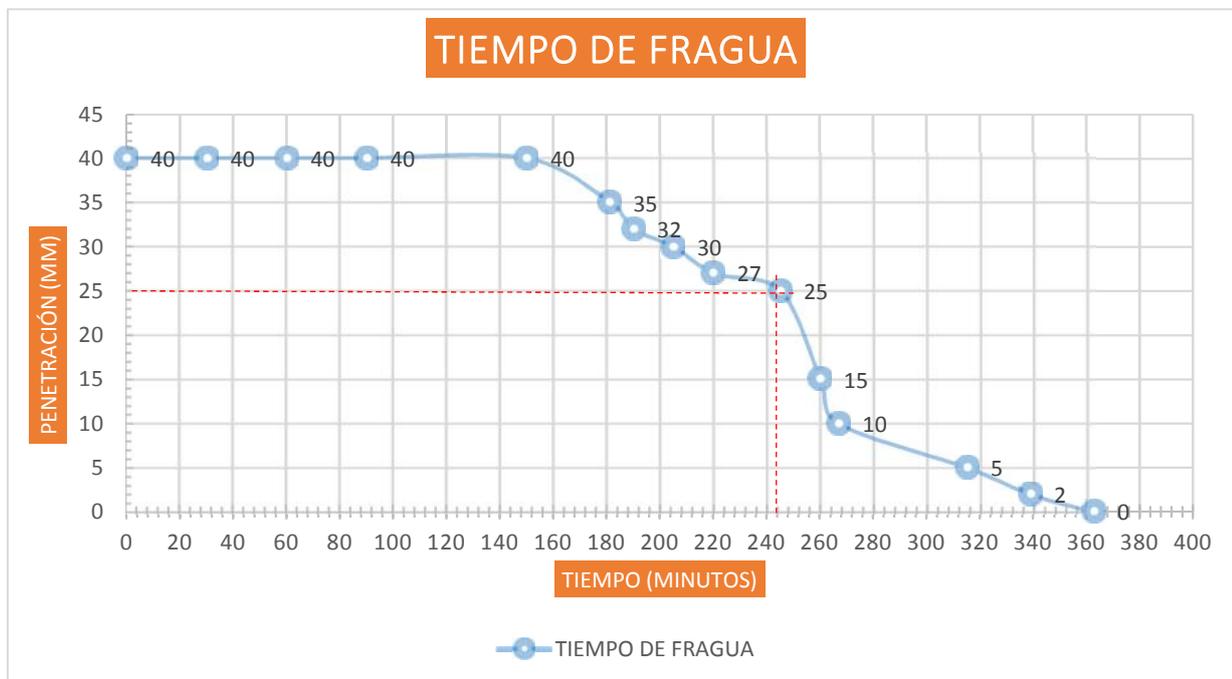

ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	245 kg/cm ²
Fecha	27/04/2016
Tipo de concreto:	Concreto con Aditivo- Dosif #2

C-2

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
11:11 a.m.	40	0
11:41 a.m.	40	30
12:10 a.m.	40	60
12:40 p.m.	40	90
01:40 p.m.	40	150
02:11 p.m.	35	181
02:20 p.m.	32	190
02:35 p.m.	30	205
02:50 p.m.	27	220
03:15 p.m.	25	245
03:30 p.m.	15	260
03:37 p.m.	10	267
04:25 p.m.	5	315
04:49 p.m.	2	339
05:13 p.m.	0	363



	Minuto	Hora
TFI	244 min	03:15 p.m.
TFF	363 min	05:13 p.m.

C-2

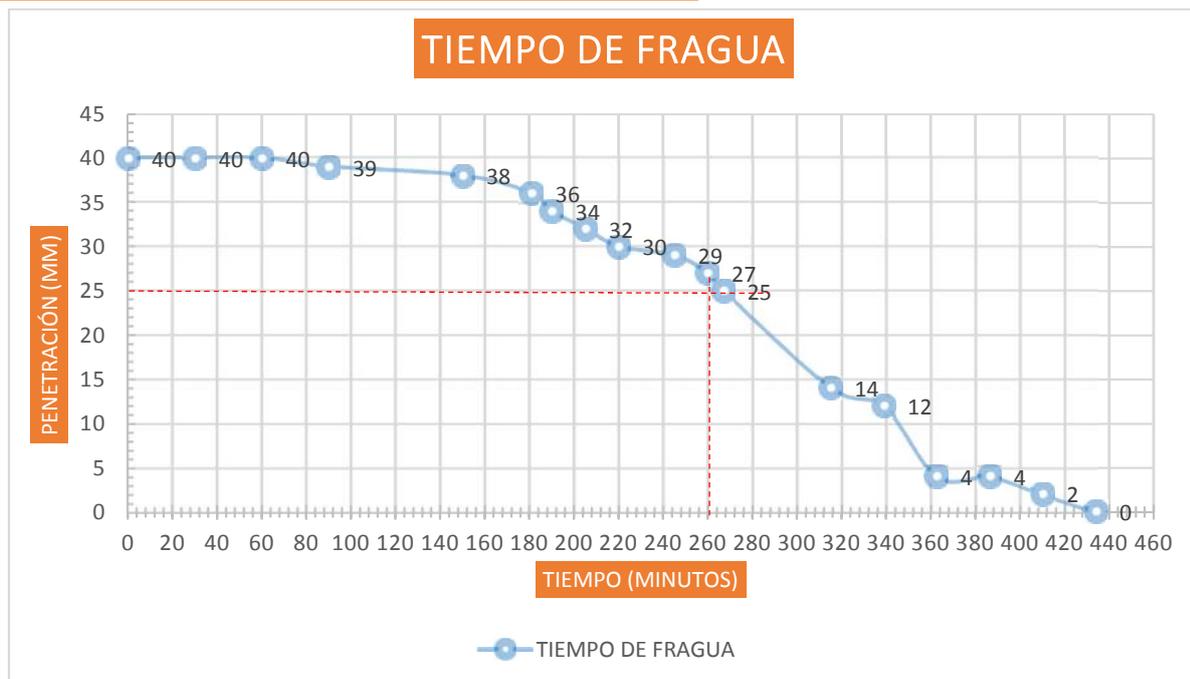

ENSAYO:

TIEMPO DE FRAGUA

f'c=	245 kg/cm ²
Fecha	27/04/2016
Tipo de concreto:	Concreto con Aditivo- Dosif #3

C-3

HORA	hp(mm)	tiempo (minutos)
11:40 a.m.	40	0
12:10 a.m.	40	30
12:40 p.m.	40	60
01:10 p.m.	39	90
02:10 p.m.	38	150
02:41 p.m.	36	181
02:50 p.m.	34	190
03:05 p.m.	32	205
03:20 p.m.	30	220
03:45 p.m.	29	245
04:00 p.m.	27	260
04:07 p.m.	25	267
04:55 p.m.	14	315
06:19 p.m.	12	339
06:44 p.m.	4	363
07:07 p.m.	4	386
07:31 p.m.	2	410
07:55 p.m.	0	434



TFI	Minuto	Hora
	267 min	04:07 p.m.

C-3


ENSAYO:
EXUDACIÓN

$f'c=$	245	kg/cm ²
--------	-----	--------------------

Tipo de concreto: CONCRETO PATRON

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	56.12	79.71	58.48	28/04/2016
3 días	103.2	121.4	105.9	30/04/2016
7 días	175.1	171.8	172.4	04/05/2016
28 días	250	251	248	25/05/2016

Tipo de concreto: CONCRETO PATRON CON ADITIVO
 N° de dosificación: #1
 Cantidad de dosificación: 276.25 ml

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	72.69	78.16	72.82	28/04/2016
3 días	146.20	131.70	144.60	30/04/2016
7 días	196.20	190.60	192.20	04/05/2016
28 días	269.20	275.10	276.90	25/05/2016

Tipo de concreto: CONCRETO PATRON CON ADITIVO
 N° de dosificación: #2
 Cantidad de dosificación: 478.13 ml

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	80.13	84.79	89.00	28/04/2016
3 días	152.50	154.60	146.80	30/04/2016
7 días	226.60	223.70	231.30	04/05/2016
28 días	287.90	298.60	295.10	25/05/2016

Tipo de concreto: CONCRETO PATRON CON ADITIVO
 N° de dosificación: #3
 Cantidad de dosificación: 680.00 ml

DIA	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	FECHA
1 día	70.25	69.73	68.24	28/04/2016
3 días	130.2	127.1	129	30/04/2016
7 días	184.3	181.5	184.2	04/05/2016
28 días	259	269.34	267.12	25/05/2016



RHEOBUILD® 1000

Aditivo reductor de agua para producir concreto reoplástico

USOS RECOMENDADOS

- Concreto donde se desea una alta plasticidad, características de fraguado normal y desarrollo rápido de resistencias
- Aplicaciones de concreto pretensado, prefabricado y premezclado
- Aplicaciones de construcción subterránea civil y minera: shotcrete por vía húmeda o seca, grouts de alto desempeño, grouts de túneles y suspensiones de inyección

DESCRIPCION

RHEOBUILD 1000 es un aditivo reductor de agua de alto-rango diseñado para producir concreto reoplástico. Este concreto fluye fácilmente manteniendo una alta plasticidad por tiempos más prolongados que el concreto superplastificado convencional. El concreto reoplástico tiene la baja proporción agua: material cementicio del concreto sin asentamiento, dando excelentes propiedades de ingeniería (endurecimiento). RHEOBUILD 100 cumple con los requerimientos de la norma ASTM C494- C494M para aditivos reductores de agua Tipo A, y Tipo F aditivos reductores de agua de alto rango.

CARACTERÍSTICAS

En el concreto plástico

- Rango de plasticidad de 200 a 280 mm (8-11 in)
- Retención prolongada de asentamiento
- Tiempos de fraguado controlados
- Permite mezclas cohesivas sin segregación y mínima exudación de agua.
- Mínima exudación

Para concreto endurecido

- Mayores resistencias iniciales en comparación con los superplastificantes convencionales
- Mayor resistencia final a compresión
- Mayor módulo de elasticidad
- Mejor resistencia de adhesión al acero
- Baja permeabilidad y alta durabilidad
- Menor contracción y deformación
- Integridad estructural del elemento terminado

altamente confiable

BENEFICIOS

- Menos dependencia de energía de consolidación
- Menor costo de mano de obra y mayor productividad
- La resistencia temprana permite la aceleración de los métodos de construcción, resultando en conclusiones de obra en tiempos menores a los planeados
- Permite cambios en las especificaciones de ingeniería ya que es factible aumentar los límites de caída libre del concreto fresco, los espesores de las coladas y temperaturas del concreto, así como ajustes económicos en las mezclas.

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO

Velocidad de endurecimiento

RHEOBUILD 1000 ha sido diseñado para producir características normales de fraguado para todo el rango de dosificación que se recomienda. El tiempo de fraguado del concreto depende de la composición física y química de los ingredientes básicos del concreto, la temperatura del concreto y las condiciones ambientales. Deben hacerse mezclas de prueba con los materiales de la obra para determinar la dosificación requerida para el tiempo de fraguado especificado y un requerimiento de resistencia determinado.

Manejabilidad

El concreto al que se ha adicionado RHEOBUILD® 1000 tiene la capacidad de mantener una condición rheoplástica de 200 a 280 mm (8 a 11 in) de asentamiento si así se



The Chemical Company

requiere. La duración precisa para poder trabajar la mezcla no solo depende de la temperatura, sino también del tipo de cemento, materiales cementicios suplementarios, proporciones de la mezcla, la naturaleza de los agregados, el método de transporte y la dosificación.

APLICACION

Dosificación

El rango de dosificación recomendado para el RHEOBUILD 1000 es de 650-1600 ml/100 kg (10-25 oz fl/100 lb) de material cementicio dependiendo de la aplicación y de cuanto se desee incrementar el asentamiento y resistencia.

Las dosificaciones anteriores aplican a la mayoría de las mezclas de concreto que usan ingredientes típicos del concreto. Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales de concreto como la microsilica, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados. En tales casos, contacte a su representante local de BASF.

Mezclado

Ya que se incrementa la retención de asentamiento usando el aditivo RHEOBUILD 1000, éste se puede adicionar en la planta de premezclados. También puede adicionarse en la obra si se desea incrementar el asentamiento.

RECOMENDACIONES

Corrosividad

No corrosivo, no contiene cloruros

RHEOBUILD 1000 no iniciará o promoverá la corrosión del acero reforzado en el concreto, concreto pretensado o concreto colocado en sistemas de pisos y techos de acero galvanizado. No se utilizó cloruro de calcio ni ningún ingrediente a base de cloruros en la manufactura del aditivo RHEOBUILD 1000.

Compatibilidad

RHEOBUILD 1000 puede utilizarse en combinación con la mayoría de los aditivos de BASF Construction Chemicals y en todo el concreto de color y arquitectónico. Cuando se usa con otros aditivos, cada aditivo deberá adicionarse a la mezcla en forma separada. RHEOBUILD 1000 no debe usarse con RHEOMAC® UW 450 o RHEOMAC® 450 VMA ya que pueden experimentarse comportamientos erráticos en asentamiento, extensión del asentamiento o capacidad de bombeo.

Temperatura

Si se llega a congelar el RHEOBUILD 1000, eleve a una temperatura de 7°C (45°F) o mayor y reconstituya el producto por completo con una agitación mecánica ligera. No use aire presurizado para agitar.

ALMACENAMIENTO

RHEOBUILD 1000 tiene una vida útil de 18 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

EMPAQUE

RHEOBUILD 1000 se suministra en tambores de 208 l (55 gal), en tanques de 1040 l (275 gal) y a granel.

SEGURIDAD

Consulte la Hoja de Datos de Seguridad (MSDS) para este producto

Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte a su representante local de BASF.

BASF Construction Chemicals
23700 Chagrin Blvd
Cleveland, OH, USA, 44122
1-216-839-7550

México 55-5899-3984	Guadalajara 33-3811-7335	Monterrey 81-8335-4425	Mérida 999-925-6127	Tijuana 664-686-6655		
Costa Rica 506-2440-9110	Panamá 507-300-1360	Puerto Rico 1-787-258-2737	Rep. Dominicana 809-334-1026			
Argentina 54-34-8843-3000	Brasil 55-11-2718-5555	Chile 56-2-799-4300	Colombia 57-1-632-2260	Ecuador 593-2-3-979-500	Perú 511-385-0109	Venezuela 58-212-256-0011

F _c	A	#	Dimensiones			Relación h/d	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad
			d	h	Relación h/d															
175	A #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	2118.09	26.10	25.17	1.07	4.24874568	26.1	24.70	5.67	26.10	25.05	03/05/2016	04/05/2016	1
		h	20.34	20.33	20.34															
	A #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	1949.59	24	70.32	1.06	1.50896364	70	112.00	1.43	112.00	112.00	03/05/2016	04/05/2016	1
		h	20.31	20.36	20.34															
	A #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	2057.23	25.4	70.32	1.06	1.50896364	69.45	112.00	1.43	112.00	112.00	03/05/2016	04/05/2016	1
		h	20.3	20.36	20.33															
175	A #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	5802.44	71.50	70.32	1.06	1.50896364	71.50	112.00	1.43	112.00	112.00	03/05/2016	06/05/2016	3
		h	20.34	20.33	20.34															
	A #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	5686.30	70	70.32	1.06	1.50896364	70	112.00	1.43	112.00	112.00	03/05/2016	06/05/2016	3
		h	20.31	20.36	20.34															
	A #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	5624.99	69.45	70.32	1.06	1.50896364	69.45	112.00	1.43	112.00	112.00	03/05/2016	06/05/2016	3
		h	20.3	20.36	20.33															
175	A #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	9154.06	112.80	113.67	3.00	2.63538322	112.80	112.00	1.43	112.00	112.00	03/05/2016	10/05/2016	7
		h	20.34	20.33	20.34															
	A #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	9033.09	111.2	113.67	3.00	2.63538322	111.2	112.00	1.43	112.00	112.00	03/05/2016	10/05/2016	7
		h	20.31	20.36	20.34															
	A #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	9476.23	117	113.67	3.00	2.63538322	117	112.00	1.43	112.00	112.00	03/05/2016	10/05/2016	7
		h	20.3	20.36	20.33															
175	A #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	14364.08	177.00	176.85	3.22	1.82213371	177.00	176.85	1.43	176.85	176.85	03/05/2016	31/05/2016	28
		h	20.34	20.33	20.34															
	A #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	14621.92	180	176.85	3.22	1.82213371	180	176.85	1.43	176.85	176.85	03/05/2016	31/05/2016	28
		h	20.31	20.36	20.34															
	A #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	14057.22	173.56	176.85	3.22	1.82213371	173.56	176.85	1.43	176.85	176.85	03/05/2016	31/05/2016	28
		h	20.3	20.36	20.33															

F _c	A	#	Dimensiones			Relación h/d	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad
			d	h	Relación h/d															
175	A-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	2799.78	34.50	31.77	3.52	11.0686879	34.50	33.75	4.44	34.50	33.75	03/05/2016	04/05/2016	1
		h	20.34	20.33	20.34															
	A-1 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	2680.68	33	31.77	3.52	11.0686879	33	33.75	4.44	33	33.75	03/05/2016	04/05/2016	1
		h	20.31	20.36	20.34															
	A-1 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	2251.62	27.8	31.77	3.52	11.0686879	27.8	33.75	4.44	27.8	33.75	03/05/2016	04/05/2016	1
		h	20.3	20.36	20.33															
175	A-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	6070.25	74.80	75.13	1.82	2.42635473	74.80	75.13	1.82	74.80	75.13	03/05/2016	06/05/2016	3
		h	20.34	20.33	20.34															
	A-1 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	6263.05	77.1	75.13	1.82	2.42635473	77.1	75.13	1.82	75.13	75.13	03/05/2016	06/05/2016	3
		h	20.31	20.36	20.34															
	A-1 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	5953.02	73.5	75.13	1.82	2.42635473	73.5	75.13	1.82	75.13	75.13	03/05/2016	06/05/2016	3
		h	20.3	20.36	20.33															
175	A-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	10387.59	128.00	124.07	4.00	3.22541616	128.00	124.07	4.00	124.07	124.07	03/05/2016	10/05/2016	7
		h	20.34	20.33	20.34															
	A-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	9747.94	120	124.07	4.00	3.22541616	120	124.07	4.00	124.07	124.07	03/05/2016	10/05/2016	7
		h	20.31	20.36	20.34															
	A-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	10059.38	124.2	124.07	4.00	3.22541616	124.2	124.07	4.00	124.07	124.07	03/05/2016	10/05/2016	7
		h	20.3	20.36	20.33															
175	A-3 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	15175.61	187.00	188.78	1.68	0.8903661	187.00	188.78	1.68	188.78	188.78	03/05/2016	31/05/2016	28
		h	20.34	20.33	20.34															
	A-3 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	15353.01	189	188.78	1.68	0.8903661	189	188.78	1.68	188.78	188.78	03/05/2016	31/05/2016	28
		h	20.31	20.36	20.34															
	A-3 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	15416.29	190.34	188.78	1.68	0.8903661	190.34	188.78	1.68	188.78	188.78	03/05/2016	31/05/2016	28
		h	20.3	20.36	20.33															

F _c	A	#	Dimensiones			Relación h/d	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad
			d	h	Relación h/d															
175	A-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	3164.97	39.00	39.35	0.65	1.65184244	39.00	39.35	2.92	39.00	39.35	03/05/2016	04/05/2016	1
		h	20.34	20.33	20.34															
	A-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	3257.44	40.1	39.35	0.65	1.65184244	40.1	39.35	2.92	40.1	39.35	03/05/2016	04/05/2016	1
		h	20.31	20.36	20.34															
	A-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	3154.69	38.95	39.35	0.65	1.65184244	38.95	39.35	2.92	38.95	39.35	03/05/2016	04/05/2016	1
		h	20.3	20.36	20.33															
175	A-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	6328.31	77.98	77.72	0.75	0.96567282	77.98	77.72	2.92	77.98	77.72	03/05/2016	06/05/2016	3
		h	20.34	20.33	20.34															
	A-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	6360.53	78.3	77.72	0.75	0.96567282	78.3	77.72	2.92	78.3	77.72	03/05/2016	06/05/2016	3
		h	20.31	20.36	20.34															
	A-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	6225.96	76.87	77.72	0.75	0.96567282	76.87	77.72	2.92	76.87	77.72	03/05/2016	06/05/2016	3
		h	20.3	20.36	20.33															
175	A-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	10468.74	129.00	129.70	2.43	1.87118907	129.00	129.70	4.11	129.00	129.70	03/05/2016	10/05/2016	7
		h	20.34	20.33	20.34															
	A-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	10755.23	132.4	129.70	2.43	1.87118907	132.4	129.70	4.11	132.4	129.70	03/05/2016	10/05/2016	7
		h	20.31	20.36	20.34															
	A-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	10342.86	127.7	129.70	2.43	1.87118907	127.7	129.70	4.11	127.7	129.70	03/05/2016	10/05/2016	7
		h	20.3	20.36	20.33															
175	A-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	17123.29	211.00	212.93	1.67	0.78532402	211.00	212.93	1.67	211.00	212.93	03/05/2016	31/05/2016	28
		h	20.34	20.33	20.34															
	A-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	17383.83	214	212.93	1.67	0.78532402	214	212.93	1.67	214	212.93	03/05/2016	31/05/2016	28

Dimensiones				Promedio	Relación h/d	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	
F _c = 210 kg/cm²	B #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	3273.71	40.34				41.65	6.27	40.34	41.65	26/04/2016	27/04/2016	1	
		h	20.34	20.33	20.34															
	B #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	9488.95	42.95	43.58	3.60	8.26463649			42.95	41.65	26/04/2016	27/04/2016	1	
		h	20.31	20.36	20.34															
	B #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	3843.95	47.46									26/04/2016	27/04/2016	1
		h	20.3	20.36	20.33															
F _c = 210 kg/cm²	B #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	8991.75	110.80						110.80	109.43	26/04/2016	29/04/2016	3	
		h	20.34	20.33	20.34															
	B #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	8618.81	106.1	109.43	2.90	2.65211508			106.1	109.43	26/04/2016	29/04/2016	3	
		h	20.31	20.36	20.34															
	B #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	9022.67	111.4						111.4		26/04/2016	29/04/2016	3	
		h	20.3	20.36	20.33															
F _c = 210 kg/cm²	B #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	14412.78	177.60						177.60	176.30	26/04/2016	03/05/2016	7	
		h	20.34	20.33	20.34															
	B #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	12314.90	151.6	168.07	14.32	8.52024004	151.6	176.30	151.6	176.30	26/04/2016	03/05/2016	7	
		h	20.31	20.36	20.34															
	B #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	14173.85	175						175		26/04/2016	03/05/2016	7	
		h	20.3	20.36	20.33															
F _c = 210 kg/cm²	B #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	19557.88	241.00						241.00	241.83	26/04/2016	24/05/2016	28	
		h	20.34	20.33	20.34															
	B #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	19430.90	239.2	241.83	3.13	1.2960247			239.2	241.83	26/04/2016	24/05/2016	28	
		h	20.31	20.36	20.34															
	B #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	19867.69	245.3						245.3		26/04/2016	24/05/2016	28	
		h	20.3	20.36	20.33															

Dimensiones				Promedio	Relación h/d	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad
F _c = 210 kg/cm²	B-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	5408.85	66.65	65.75	5.07	7.71788152			66.65	68.49	26/04/2016	27/04/2016	1
		h	20.34	20.33	20.34														
	B-1 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	5712.30	70.32	65.75	5.07	7.71788152			70.32	68.49	26/04/2016	27/04/2016	1
		h	20.31	20.36	20.34														
	B-1 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	4883.09	60.29				60.29				26/04/2016	27/04/2016	1
		h	20.3	20.36	20.33														
F _c = 210 kg/cm²	B-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	10192.82	125.60						125.60	123.60	26/04/2016	29/04/2016	3
		h	20.34	20.33	20.34														
	B-1 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	10032.26	123.5	123.60	1.95	1.57922502			123.5	123.60	26/04/2016	29/04/2016	3
		h	20.31	20.36	20.34														
	B-1 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	9856.90	121.7						121.7		26/04/2016	29/04/2016	3
		h	20.3	20.36	20.33														
F _c = 210 kg/cm²	B-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	14631.89	180.30						180.30	178.63	26/04/2016	03/05/2016	7
		h	20.34	20.33	20.34														
	B-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	14329.48	176.4	178.63	2.01	1.1256601			176.4	178.63	26/04/2016	03/05/2016	7
		h	20.31	20.36	20.34														
	B-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	14514.02	179.2						179.2		26/04/2016	03/05/2016	7
		h	20.3	20.36	20.33														
F _c = 210 kg/cm²	B-3 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	21132.24	260.40						260.40	262.80	26/04/2016	24/05/2016	28
		h	20.34	20.33	20.34														
	B-3 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	21599.82	265.9	262.80	2.82	1.07154702			265.9	262.80	26/04/2016	24/05/2016	28
		h	20.31	20.36	20.34														
	B-3 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	21228.38	262.1						262.1		26/04/2016	24/05/2016	28
		h	20.3	20.36	20.33														

Dimensiones				Promedio	Relación h/d	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	
F _c = 210 kg/cm²	B-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	6114.88	75.35	78.27	2.57	3.27757783	75.35	79.74	75.35	79.74	26/04/2016	27/04/2016	1	
		h	20.34	20.33	20.34															
	B-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	6443.39	79.32	78.27	2.57	3.27757783			79.32	79.74	26/04/2016	27/04/2016	1	
		h	20.31	20.36	20.34															
	F _c = 210 kg/cm²	B-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	6491.62	80.15						80.15		26/04/2016	27/04/2016	1
			h	20.3	20.36	20.33														
B-2 #1		d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	10631.04	131.00						131.00		26/04/2016	29/04/2016	3	
		h	20.34	20.33	20.34															
B-2 #2		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	10925.82	134.5	132.07	2.11	1.59969226			134.5	132.07	26/04/2016	29/04/2016	3	
		h	20.31	20.36	20.34															
B-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	10585.84	130.7						130.7		26/04/2016	29/04/2016	3		
	h	20.3	20.36	20.33																
F _c = 210 kg/cm²	B-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	15094.46	186.00	186.30	3.26	1.75006338			186.00	186.30	26/04/2016	03/05/2016	7	
		h	20.34	20.33	20.34															
	B-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	15409.88	189.7	186.30	3.26	1.75006338			189.7	186.30	26/04/2016	03/05/2016	7	
		h	20.31	20.36	20.34															
	B-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	14837.99	183.2						183.2		26/04/2016	03/05/2016	7	
		h	20.3	20.36	20.33															
F _c = 210 kg/cm²	B-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	22730.96	280.10	282.23	2.65	0.93899512			280.10	282.23	26/04/2016	24/05/2016	28	
		h	20.34	20.33	20.34															
	B-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	23167.61	285.2	282.23	2.65	0.93899512			285.2	282.23	26/04/2016	24/05/2016	28	
		h	20.31	20.36	20.34															
	B-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	22791.55	281.4						281.4		26/04/2016	24/05/2016	28	
		h	20.3	20.36	20.33															

Dimensiones				Promedio	Relación h/d	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad
F _c = 210 kg/cm²	B-3 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	4895.96	60.33	59.51	2.22	3.72512527			60.33	60.77	26/04/2016	27/04/2016	1
		h	20.34	20.33	20.34														
	B-3 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	4971.45	61.2	59.51	2.22	3.72512527			61.2	60.77	26/04/2016	27/04/2016	1
		h	20.31	20.36	20.34														
	B-3 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	4616.62	57										

f _c	Categoría	Dimensiones			Relación h/d	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad
		d	h	Relación h/d															
245	kg/cm ²	C-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	4554.31	56.12	20.0588495	79.71	57.30	4.12	56.12	57.30	27/04/2016	28/04/2016	1
			h	20.34	20.33	20.34	56.12												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	6475.07	79.71	56.12									
	C-2 #3	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	4736.50	58.48	56.12									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	81.15	8374.99	103.20	56.12									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	4736.50	58.48	56.12									
245	kg/cm ³	C-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	8374.99	103.20	8.91519657	121.4	104.55	2.58	103.20	104.55	27/04/2016	30/04/2016	3
			h	20.34	20.33	20.34	103.20												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	9861.67	121.4	103.20									
	C-2 #3	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	8577.20	105.9	103.20									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	8577.20	105.9	103.20									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	8577.20	105.9	103.20									
245	kg/cm ⁴	C-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	14209.89	175.10	1.01550525	171.8	173.75	1.55	175.10	173.75	27/04/2016	04/05/2016	7
			h	20.34	20.33	20.34	175.10												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	13955.81	171.8	175.10									
	C-2 #3	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	13963.27	172.4	175.10									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	13963.27	172.4	175.10									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	13963.27	172.4	175.10									
245	kg/cm ⁵	C-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	20288.25	250.00	0.61182586	251	249.67	1.53	250.00	249.67	27/04/2016	25/05/2016	28
			h	20.34	20.33	20.34	250.00												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	20389.45	251	250.00									
	C-2 #3	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	20086.37	248	250.00									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	20086.37	248	250.00									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	20086.37	248	250.00									

f _c	Categoría	Dimensiones			Relación h/d	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad
		d	h	Relación h/d															
245	kg/cm ⁵	C-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	5899.01	72.69	4.18641985	78.16	72.76	0.18	72.69	75.43	27/04/2016	28/04/2016	1
			h	20.34	20.33	20.34	72.69												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	6349.16	78.16	72.69									
	C-2 #3	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	5897.94	72.82	72.69									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	5897.94	72.82	72.69									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	5897.94	72.82	72.69									
245	kg/cm ⁶	C-1 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	11864.57	146.20	5.64500763	131.7	145.40	1.10	146.20	140.83	27/04/2016	30/04/2016	3
			h	20.34	20.33	20.34	146.20												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	10698.37	131.7	146.20									
	C-2 #3	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	11711.65	144.6	146.20									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	11711.65	144.6	146.20									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	11711.65	144.6	146.20									
245	kg/cm ⁷	C-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	15922.22	196.20	1.49452903	190.6	193.00	2.88	196.20	193.00	27/04/2016	04/05/2016	7
			h	20.34	20.33	20.34	196.20												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	15482.98	190.6	196.20									
	C-2 #3	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	15566.94	192.2	196.20									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	15566.94	192.2	196.20									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	15566.94	192.2	196.20									
245	kg/cm ⁸	C-3 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	21846.39	269.20	1.47143933	275.1	273.73	4.03	269.20	273.73	27/04/2016	25/05/2016	28
			h	20.34	20.33	20.34	269.20												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	22347.16	275.1	269.20									
	C-3 #2	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	22427.08	276.9	269.20									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	22427.08	276.9	269.20									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	22427.08	276.9	269.20									

f _c	Categoría	Dimensiones			Relación h/d	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad	
		d	h	Relación h/d																
245	kg/cm ⁵	C-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	6502.79	80.13	84.64	4.44	5.24208657	82.46	5.65	80.13	86.90	27/04/2016	28/04/2016	1
			h	20.34	20.33	20.34	80.13													
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	6887.73	84.79	80.13										
	C-2 #2	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	7208.41	89	80.13										
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	7208.41	89	80.13										
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	7208.41	89	80.13										
245	kg/cm ⁶	C-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	12375.83	152.50	151.30	4.04	2.66760556	151.30	151.30	152.50	151.30	27/04/2016	30/04/2016	3
			h	20.34	20.33	20.34	152.50													
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	12558.60	154.6	152.50										
	C-2 #2	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	11889.83	146.8	152.50										
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	11889.83	146.8	152.50										
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	11889.83	146.8	152.50										
245	kg/cm ⁷	C-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	18389.27	226.60	227.20	3.84	1.68809938	227.20	227.20	226.60	227.20	27/04/2016	04/05/2016	7
			h	20.34	20.33	20.34	226.60													
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	18171.79	223.7	226.60										
	C-2 #2	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	18733.78	231.3	226.60										
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	18733.78	231.3	226.60										
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	18733.78	231.3	226.60										
245	kg/cm ⁸	C-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	23363.95	287.90	293.87	5.46	1.85648078	293.87	293.87	287.90	293.87	27/04/2016	25/05/2016	28
			h	20.34	20.33	20.34	287.90													
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	24256.13	298.6	287.90										
	C-2 #2	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	23901.16	295.1	287.90										
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	23901.16	295.1	287.90										
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	23901.16	295.1	287.90										

f _c	Categoría	Dimensiones			Relación h/d	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio de resistencia	Desviación estándar de resistencias	Varianza (%)	Eliminación de datos	Promedio de las resistencias	Dispersión	Datos finales	Promedio de las Resistencias	Fecha de elaboración	Fecha de Ensayo	Edad
		d	h	Relación h/d															
245	kg/cm ⁵	C-3 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	5701.00	70.25	1.50314103	68.24	69.99	-0.74	70.25	69.99	27/04/2016	28/04/2016	1
			h	20.34	20.33	20.34	70.25												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	5664.37	69.73	70.25									
	C-3 #2	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	5526.99	68.24	70.25									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	5526.99	68.24	70.25									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	5526.99	68.24	70.25									
245	kg/cm ⁶	C-3 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	10566.12	130.20	1.21391396	127.1	128.77	1.56	130.20	128.77	27/04/2016	30/04/2016	3
			h	20.34	20.33	20.34	130.20												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	10324.70	127.1	130.20									
	C-3 #2	h	20.31	20.36	20.34	2.00	80.99	10448.15	129	130.20									
		d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	10448.15	129	130.20									
		h	20.3	20.36	20.33	2.00	80.99	10448.15	129	130.20									
245	kg/cm ⁷	C-3 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	14956.50	184.30	183.33	0.86645473	183.33	1.59	184.30	183.33	27/04/2016	04/05/2016	7
			h	20.34	20.33	20.34	184.30												
		d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	14743.77	181.5	184.30									
	C-3 #2	h	20.31																

ANEXO 16

PRUEBA DE HIPOTESIS

Partiendo de la premisa que “Cuando la meta de un experimento es establecer una afirmación, la negación de la afirmación debe considerarse como la hipótesis nula. La afirmación se convierte en hipótesis alternativa” (Probabilidad y estadística para ingenieros de Miller y Freund 5ta edición pág. 237)

1. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01:

La utilización del aditivo superplastificante influye positivamente en la consistencia de concreto para $f'c=175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ - Huancayo- 2016.

H0: La utilización del aditivo superplastificante **no influye** positivamente en la consistencia de concreto para $f'c=175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ - Huancayo- 2016.

H1: La utilización del aditivo superplastificante **influye** positivamente desarrollo de la resistencia de concreto para $f'c=175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ - Huancayo- 2016.

1.1. PRUEBA DE NORMALIDAD - CONSISTENCIA PARA CONCRETO 175 KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

Se realiza la verificación con el uso de la gráfica cuantilar utilizando el Software Minitab 17 (Mario F. Triola 11ava edición pág. 314)

- a) Para ello nos remitimos a los resultados del ensayo de slump de concreto 175 kg/cm² con aditivo de dosificación #2

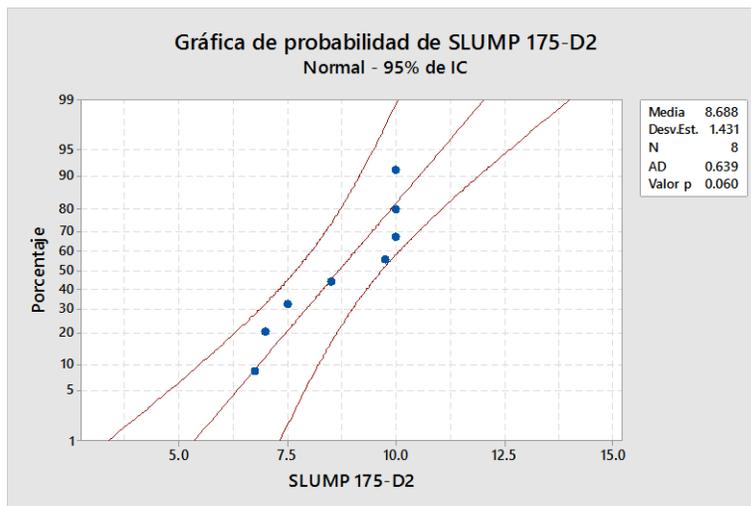
ENSAYO: SLUMP

TIPO DE CONCRETO: CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #2

f'c=	175	kg/cm ²
ADITIVO	Rheobuild 1000	
Cantidad Aditivo	478.13 ml	
Fecha	03/05/2016	

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
11:00 a.m.	0	10	18.4
11:05 a.m.	5	10	17.5
11:20 a.m.	20	10	17.5
11:40 a.m.	40	9 3/4	17.5
12:00 p.m.	60	8 1/2	20
12:20 p.m.	80	7 1/2	17
12:40 p.m.	100	7	17
01:00 p.m.	120	6 3/4	17
01:20 p.m.	140	6 1/2	17.5
02:00 p.m.	180	5 3/4	17
02:20 p.m.	200	4	17
02:40 p.m.	220	3 1/2	17
03:00 p.m.	240	3	17

- b) Introducimos los datos y hallamos la grafica cuantilar



- c) Interpretación: todos los puntos caen dentro de los límites, por lo tanto, concluimos que se distribuyen normalmente.

1.2. PRUEBA T DE STUDENT - CONSISTENCIA PARA CONCRETO 175 KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

H₀: $\mu = 3.5$ pulgadas

H₁: $\mu > 3.5$ pulgadas

Primer paso.- Elegimos el nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Segundo paso.- Elegimos los grados de libertad = n-1; gl= 7

Tercer paso.- Ubicamos t_c (t crítico) en la tabla; t_c= 1.895

Cuarto paso.- Calculo del t estadístico aplicando la fórmula:

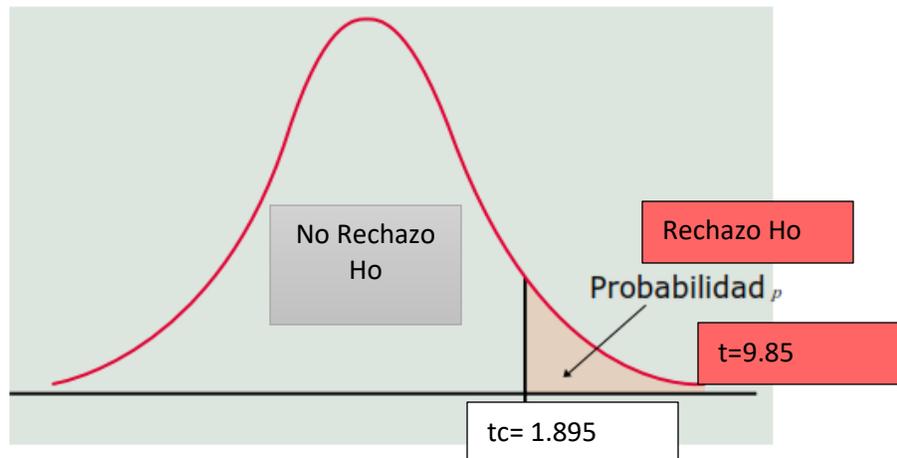
$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Reemplazamos los valores del Fig. N° :

$$n=8, \bar{x} = 8.5", s= 1.436$$

$$t = \frac{8.5 - 3.5}{\frac{1.436}{\sqrt{8}}}$$

$$t=9.88$$



Conclusión final: Rechazo H_0 . Es decir la utilización del aditivo superplastificante influye positivamente en la consistencia de concreto para $f'c=175\text{kg/cm}^2$ - Huancayo- 2016.

1.3. PRUEBA DE NORMALIDAD- CONSISTENCIA PARA CONCRETO 210 KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

Se realiza la verificación con el uso de la gráfica cuantilar utilizando el Software Minitab 17 (Mario F. Triola 11ava edición pág. 314)

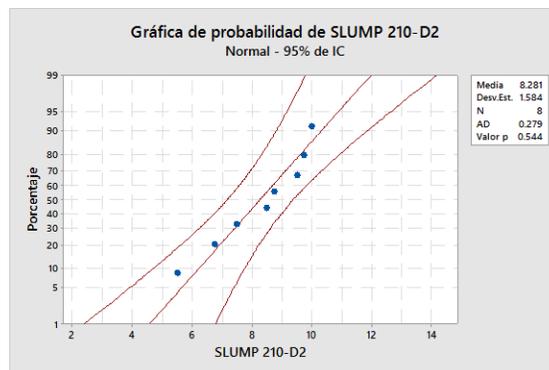
- a) Para ello nos remitimos a los resultados del ensayo de slump de concreto 210 kg/cm2 con aditivo de dosificación #2

ENSAYO:		SLUMP	
TIPO DE CONCRETO:		CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #2	
$f'c=$	210	kg/cm2	
ADITIVO	Rheobuild 1000		
Cantidad Aditivo	478.13 ml		
Fecha	26/04/2016		

B-2

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
11:00 a.m.	0	10	18.4
11:05 a.m.	5	9 3/4	17.5
11:20 a.m.	20	9 1/2	17.5
11:40 a.m.	40	8 3/4	17.5
12:00 p.m.	60	8 1/2	17.5
12:20 p.m.	80	7 1/2	17
12:40 p.m.	100	6 3/4	17
13:00 p.m.	120	5 1/2	17
13:20 p.m.	140	4	17.5
14:00 p.m.	180	3 1/2	17
14:20 p.m.	200	3	17
14:40 p.m.	220	2 1/2	17
15:00 p.m.	240	2	17

- b) Introducimos los datos y hallamos la grafica cuantilar



- c) Interpretación: todos los puntos caen dentro de los límites, por lo tanto concluimos que se distribuyen normalmente.

1.4. PRUEBA T DE STUDENT -- CONSISTENCIA PARA CONCRETO 210 KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

Ho: $\mu = 3.5$ pulgadas

H1: $\mu > 3.5$ pulgadas

Primer paso.- Elegimos el nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Segundo paso.- Elegimos los grados de libertad = n-1; gl= 7

Tercer paso.- Ubicamos tc (t critico) en la tabla; tc= 1.895

Cuarto paso.- Calculo del t estadístico aplicando la fórmula:

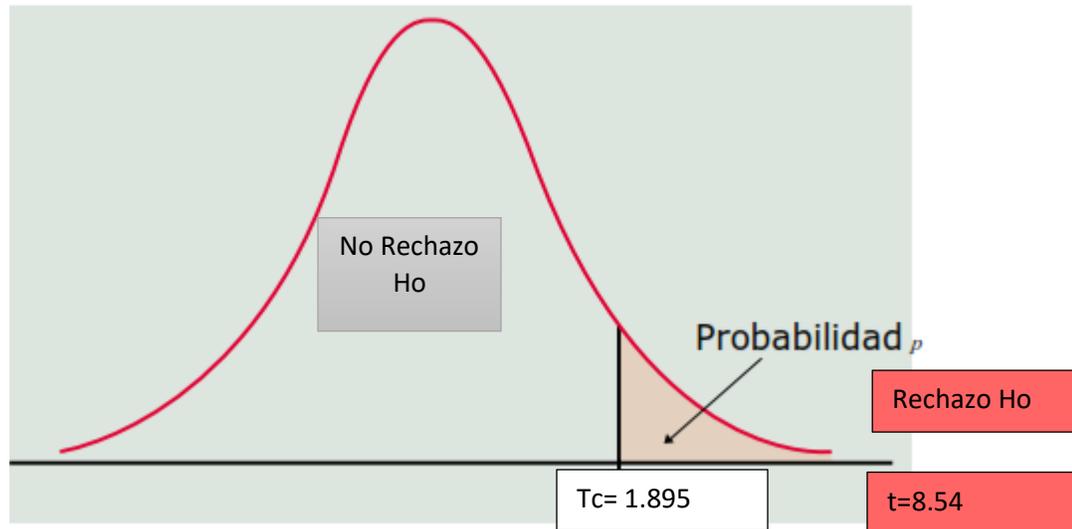
$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Reemplazamos los valores del Fig. N° :

n=8, $\bar{x} = 8.281$, s= 1.584

$$t = \frac{8.281 - 3.5}{\frac{1.584}{\sqrt{8}}}$$

t=8.54



Conclusión final: Rechazo Ho. Es decir la utilización del aditivo superplastificante influye positivamente en la consistencia de concreto para $f'c=210$ kg/cm²- Huancayo- 2016.

1.5. PRUEBA DE NORMALIDAD- - CONSISTENCIA PARA CONCRETO 245 KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

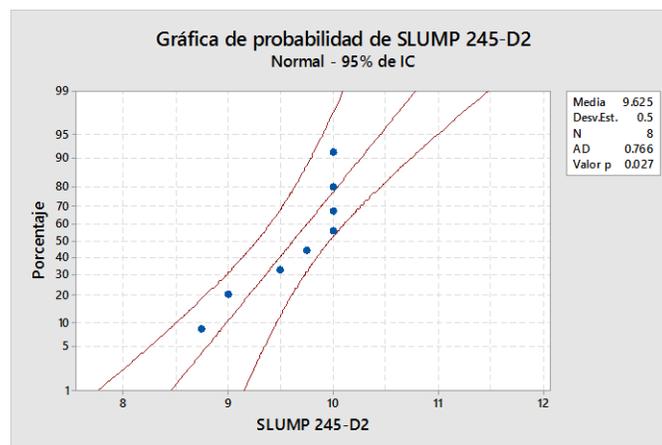
Se realiza la verificación con el uso de la gráfica cuantilar utilizando el Software Minitab 17 (Mario F. Triola 11ava edición pág. 314)

- a) Para ello nos remitimos a los resultados del ensayo de slump de concreto 245 kg/cm2 con aditivo de dosificación #2

ENSAYO:		SLUMP	
TIPO DE CONCRETO:		CONCRETO CON ADITIVO-DOSIF. #2	
f'c=	245	kg/cm2	
ADITIVO	Rheobuild 1000		
Cantidad Aditivo	478.13 ml		
Fecha	27/04/2016		

HORA	MINUTOS	SLUMP	TEMPERATURA AMBIENTAL (°C)
11:00 a.m.	0	10	20.9
11:05 a.m.	5	10	20.4
11:20 a.m.	20	10	20.8
11:40 a.m.	40	10	20.8
12:00 p.m.	60	9 1/2	20.7
12:20 p.m.	80	9 3/4	20.9
12:40 p.m.	100	9	19.9
01:00 p.m.	120	8 3/4	19.5
01:20 p.m.	140	6 1/2	17.5
02:00 p.m.	180	5 3/4	17
02:20 p.m.	200	4	17
02:40 p.m.	220	3 3/4	17
03:00 p.m.	240	3 1/2	17

- b) Introducimos los datos y hallamos la grafica cuantilar



- c) Interpretación: todos los puntos caen dentro de los límites, por lo tanto, concluimos que se distribuyen normalmente.

1.6. PRUEBA T DE STUDENT- CONSISTENCIA PARA CONCRETO 245
KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

Ho: $\mu = 3.5$ pulgadas

H1: $\mu > 3.5$ pulgadas

Primer paso.- Elegimos el nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Segundo paso.- Elegimos los grados de libertad = n-1; gl= 7

Tercer paso.- Ubicamos tc (t critico) en la tabla; tc= 1.895

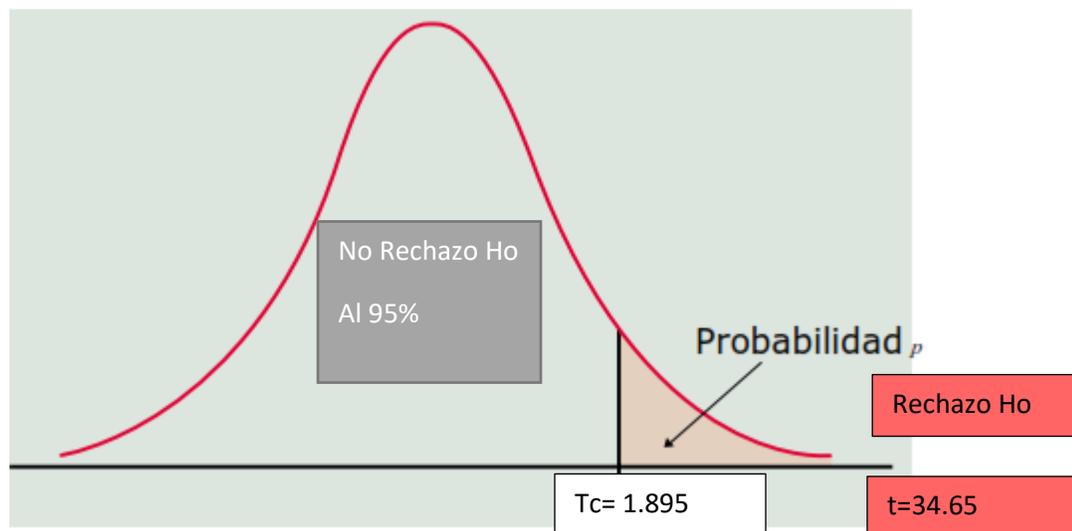
Cuarto paso.- Calculo del t estadístico aplicando la fórmula:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

n=8, $\bar{x} = 9.625$, S= 0.5

$$t = \frac{9.625 - 3.5}{\frac{0.5}{\sqrt{8}}}$$

t=34.65



Conclusión final: Rechazo Ho. es decir la utilización del aditivo superplastificante influye positivamente en la consistencia de concreto para $f'c=245$ kg/cm2- Huancayo- 2016.

2. Hipótesis específica 02:

La utilización del aditivo superplastificante influye positivamente desarrollo de la resistencia de concreto para $f'c=175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ - Huancayo- 2016.

H0: La utilización del aditivo superplastificante **no influye** positivamente desarrollo de la resistencia de concreto para $f'c=175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ - Huancayo- 2016.

H1: La utilización del aditivo superplastificante **influye** positivamente desarrollo de la resistencia de concreto para $f'c=175, 210, 245 \text{ kg/cm}^2$ - Huancayo- 2016.

2.1. RESISTENCIA 175 KG/CM2

2.1.1. PRUEBA DE NORMALIDAD- RESISTENCIA PARA CONCRETO 175 KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

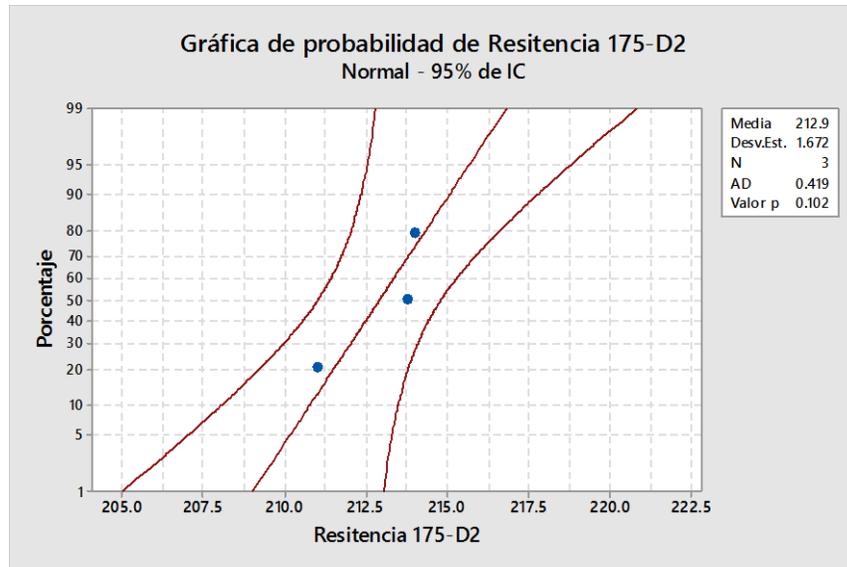
Verificamos si nuestros datos tienen una distribución normal con construcción de una gráfica cuantilar normal. (Estadística Mario Triola Novena edición pág. 282)

Describimos de los valores requeridos de la tabla siguiente:

Dimensiones					Promedio	Relación h/d	Area (cm ²)	Carga maxima (kg)	Resistencia	Promedio de	Desviación	Coficiente de	Dispersión (%Dp)
f'c = 175 kg/cm ²	A-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	17123.29	211.00	212.93	1.67	0.79	1.41
		h	20.34	20.33	20.34								
	A-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	17383.83	214	213.78	1.67	0.79	1.41
		h	20.31	20.36	20.34								
	A-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	17314.77	213.78	213.78	1.67	0.79	1.41
		h	20.3	20.36	20.33								

Tabla de Análisis estadístico de resistencia de concreto 175 kg/cm²

Fuente: Anexo 13



Grafica cuantilar normal con Minitab- Resistencia 175 kg/cm2 con aditivo- Dosificacion # 2

Interpretación: Debido a que todos los puntos caen dentro de los límites, concluimos que los valores se distribuyen normalmente.

2.1.2. PRUEBA T DE STUDENT- RESISTENCIA PARA CONCRETO 175 KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

Para realizar esta prueba utilizamos como referencia primero la media (\bar{x}) de las resistencia de concreto 175 kg/cm2 a los 28 días con la dosificación #2 (1125 ml/100 kg de cemento).

Ho: $\mu = 175$ kg/cm2

H1: $\mu > 175$ kg/cm2

Primer paso.- Elegimos el nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Segundo paso.- Elegimos los grados de libertad = n-1; gl= 2

Tercer paso.- Ubicamos tc (t critico) en la tabla; tc= 2.92

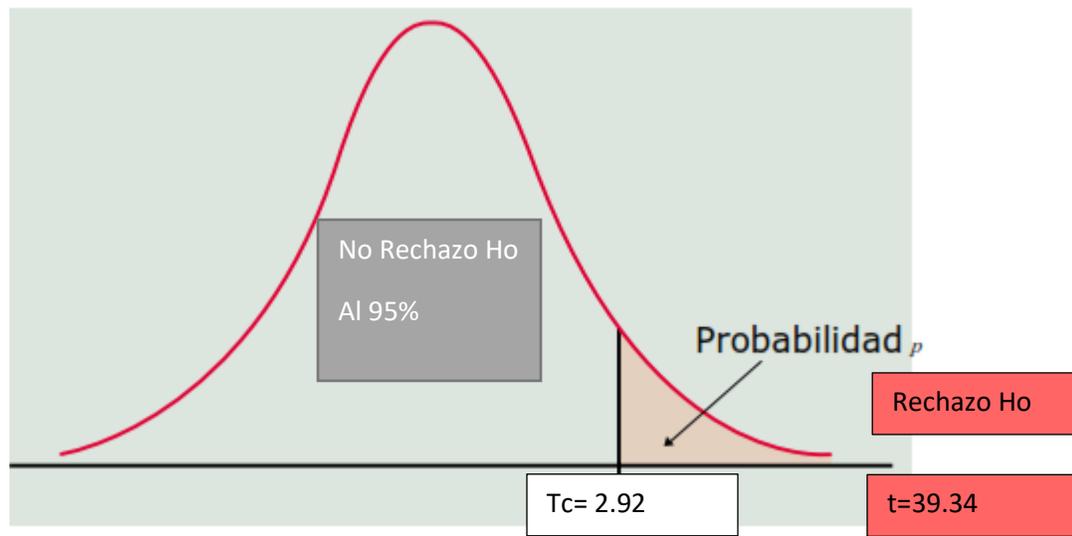
Cuarto paso.- Calculo del t estadístico aplicando la fórmula:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$\bar{x} = 212.93$$

$$S = 1.672$$

$$t = \frac{212.93 - 175}{\frac{1.672}{\sqrt{3}}}$$
$$t=39.34$$



Conclusión final: Rechazo H_0 y Acepto la H_1 es decir La utilización del aditivo superplastificante influye positivamente desarrollo de la resistencia de concreto para $f'c=175$ kg/cm²- Huancayo- 2016.

2.2. Resistencia 210 kg/cm²

2.2.1. PRUEBA DE NORMALIDAD- RESISTENCIA PARA CONCRETO 210 KG/CM² CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

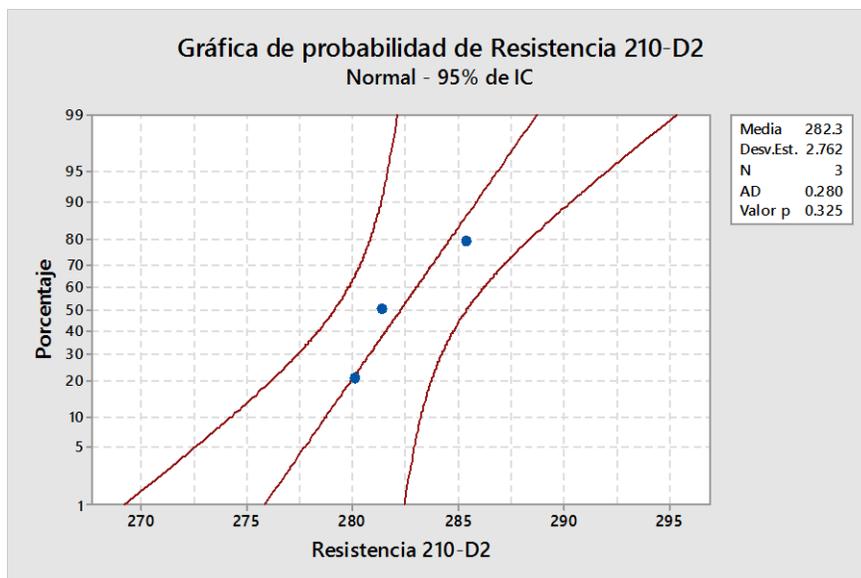
Verificamos si nuestros datos tienen una distribución normal con construcción de una gráfica cuantilar normal. (Estadística Mario Triola Novena edición pág. 282)

Describimos de los valores requeridos de la tabla siguiente:

Dimensiones				Promedio	Relación h/d	Area (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia	Promedio de	Desviación	Coficiente de	Dispersión (%Dp)		
f'c = 210 kg/cm ²	B-2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	22730.96	280.10	282.23	2.65	0.94	1.81	
		h	20.34	20.33	20.34									
	B-2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	23167.61	285.2					
		h	20.31	20.36	20.34									
	B-2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	22791.55	281.4					
		h	20.3	20.36	20.33									

Tabla de Análisis estadístico de resistencia de concreto 210 kg/cm²

Fuente: Anexo 14



Grafica cuantilar normal con Minitab- Resistencia 210 kg/cm2 con aditivo- Dosificacion # 2

Interpretación: Debido a que todos los puntos caen dentro de los límites, concluimos que los valores se distribuyen normalmente.

2.2.1. PRUEBA T DE STUDENT- RESISTENCIA PARA CONCRETO 210 KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

Para realizar esta prueba utilizamos como referencia primero la media (\bar{x}) de las resistencia de concreto 210 kg/cm2 a los 28 días con la dosificación #2 (1125 ml/100 kg de cemento).

Ho: $\mu = 210$ kg/cm2

H1: $\mu > 210$ kg/cm2

Primer paso.- Elegimos el nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Segundo paso.- Elegimos los grados de libertad = n-1; gl= 2

Tercer paso.- Ubicamos tc (t critico) en la tabla; tc= 2.92

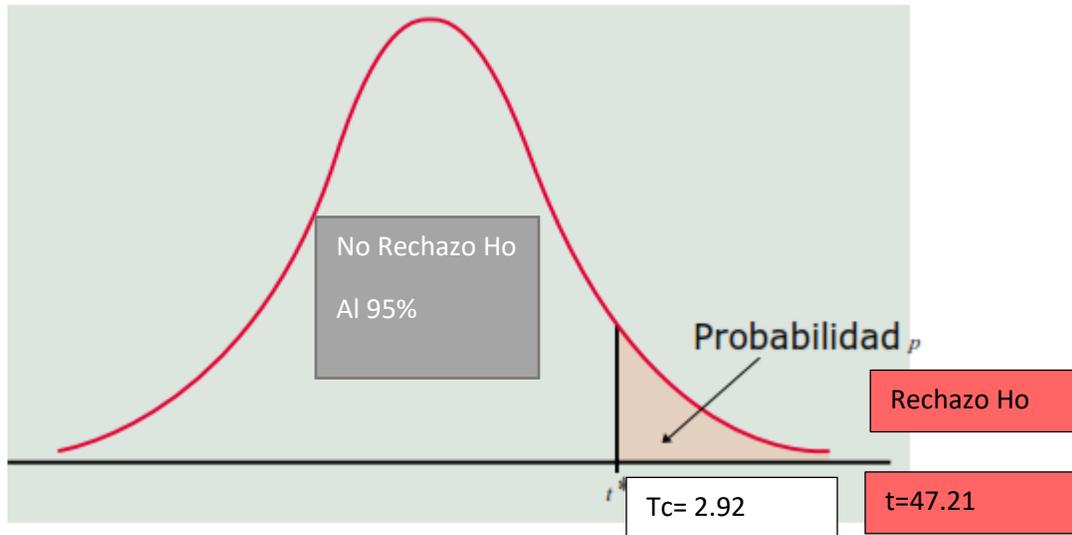
Cuarto paso.- Calculo del t estadístico aplicando la fórmula:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$\bar{x} = 282.23$$

$$S = 2.65$$

$$t = \frac{282.23 - 210}{\frac{2.65}{\sqrt{3}}}$$
$$t = 47.21$$



Conclusión final: Rechazo Ho y Acepto la H1 es decir La utilización del aditivo superplastificante influye positivamente desarrollo de la resistencia de concreto para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Huancayo- 2016.

2.3. Resistencia 245 kg/cm²

2.3.1. PRUEBA DE NORMALIDAD- RESISTENCIA PARA CONCRETO 245 KG/CM² CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

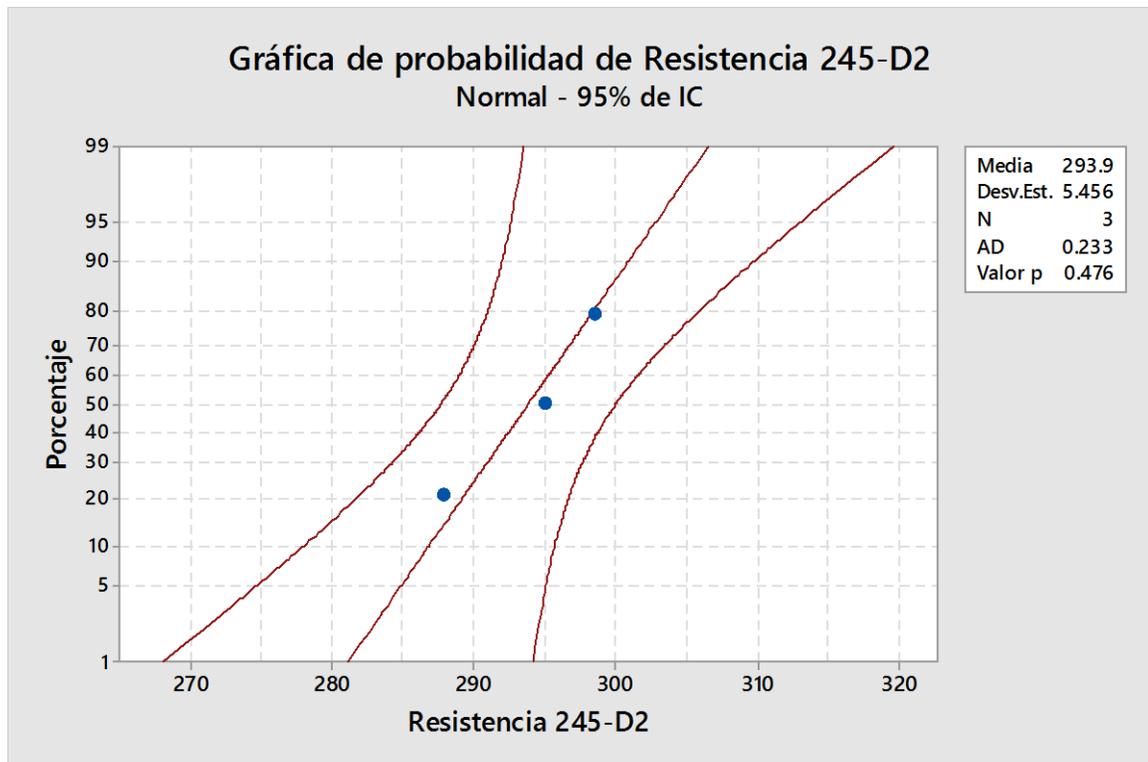
Verificamos si nuestros datos tienen una distribución normal con construcción de una gráfica cuantilar normal. (Estadística Mario Triola Novena edición pág. 282)

Describimos de los valores requeridos de la tabla siguiente:

Dimensiones					Promedio	Relación h/d	Area (cm ²)	Carga maxima (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio de	Desviacio n estandar	Coefficient de	Dispersi ón
f'c = 245 kg/cm²	C- 2 #1	d	10.17	10.16	10.17	2.00	81.15	23363.95	287.90	293.87	5.46	1.86	2.95
		h	20.34	20.33	20.34								
	C- 2 #2	d	10.17	10.17	10.17	2.00	81.23	24256.13	298.6	293.87	5.46	1.86	2.95
		h	20.31	20.36	20.34								
	C- 2 #3	d	10.15	10.16	10.16	2.00	80.99	23901.16	295.1	293.87	5.46	1.86	2.95
		h	20.3	20.36	20.33								

Tabla de Análisis estadístico de resistencia de concreto 245 kg/cm²

Fuente: Anexo 15



Interpretación: Debido a que todos los puntos caen dentro de los límites, concluimos que los valores se distribuyen normalmente.

2.3.2. PRUEBA T DE STUDENT- RESISTENCIA PARA CONCRETO 210 KG/CM2 CON ADITIVO- DOSIFICACION #2

Para realizar esta prueba utilizamos como referencia primero la media (\bar{x}) de las resistencia de concreto 245 kg/cm² a los 28 días con la dosificación #2 (1125 ml/100 kg de cemento).

Ho: $\mu = 245$ kg/cm²

H1: $\mu > 245$ kg/cm²

Primer paso.- Elegimos el nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Segundo paso.- Elegimos los grados de libertad = n-1; gl= 2

Tercer paso.- Ubicamos tc (t crítico) en la tabla; tc= 2.92

Cuarto paso.- Calculo del t estadístico aplicando la fórmula:

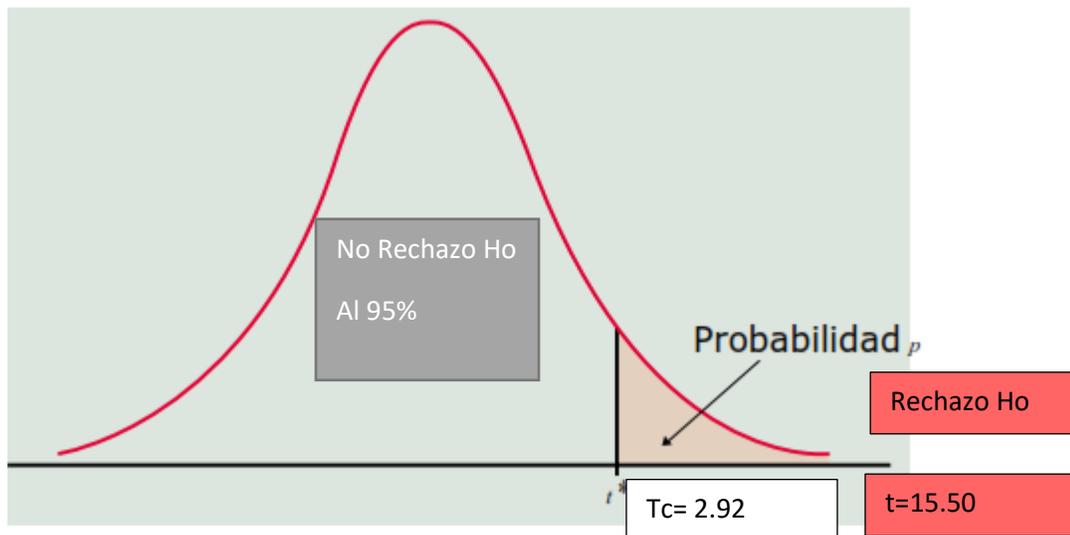
$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$\bar{x} = 293.87$$

$$S = 5.46$$

$$t = \frac{293.87 - 245}{\frac{5.46}{\sqrt{3}}}$$

$$t = 15.50$$



Conclusión final: Rechazo H_0 y Acepto la H_1 es decir La utilización del aditivo superplastificante influye positivamente desarrollo de la resistencia de concreto para $f'c=245$ kg/cm²- Huancayo- 2016.