

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**DESARROLLO Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS
PREMEZCLADOS BOMBEABLES, CON RESISTENCIAS
ESPECIFICADAS A 24H, 3 Y 7 DÍAS, CON Y SIN USO DE
ACELERANTE**

Tesis presentada por el bachiller:

Pinto Pinto, Alexander

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor de tesis:

Ing. Iruri Pérez, Jorge Alberto

AREQUIPA- PERU

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TITULO DE LA TESIS:

**DESARROLLO Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS
PREMEZCLADOS BOMBEABLES, CON RESISTENCIAS ESPECIFICADAS A 24H,
3 Y 7 DIAS, CON Y SIN USO DE ACELERANTE**

TESIS PRESENTADA POR:

BACH. ALEXANDER PINTO PINTO

CALIFICACION:

Ing. Pablo Antonio Elías Valdez Cáceres

Presidente

Ing. María Elena Sánchez García

Miembro

Ing. Carmen Estela Vilca Vásquez

Miembro

AREQUIPA – PERU

2022

Dedicatoria

A mis padres, Nazario Pinto Coaquira y Apolinaria Pinto Gómez, por su inmenso y gran amor, su apoyo incondicional, su infinita comprensión y por ser los pilares de mi vida.

A mis hermanos, Verónica P. por estar siempre a mi lado en los buenos momentos y en los tiempos difíciles; a Ronaldo P. y Yudith P. por formar parte de este pequeño grupo que me incentivan a seguir en el camino, aunque a veces llueva.

Esperando muy pronto compartir también vuestros mejores triunfos.

A mi tío Charles Pinto C., en el cielo; por esas palabras que quedaron marcadas en mi vida cuando aún empezaba el camino.
Se te extraña mucho.

Agradecimientos

A Dios por guiar mi camino, brindarme la vida y por las lecciones de vida que me ayudan a ser mejor cada día.

A mis padres Nazario Pinto Coaquira y Apolinaria Pinto Gómez, por su inmenso apoyo incondicional y por ser la fortaleza que me alienta a seguir adelante.

A mi hermana Verónica por toda su paciencia, su comprensión, su apoyo y por ser la hermana compañera de muchas experiencias vividas, a mi hermano Ronaldo por acompañarme y hacerte caminar largas distancias en huelgas, a mi sobrino Abel por formar parte de esas caminatas. Experiencias que quedarán siempre grabadas.

A mi casa de estudios, la Universidad Nacional de San Agustín por ser mi alma mater y darme la oportunidad de formar parte de ella, a mis docentes de la facultad de Ingeniería Civil por ser partícipes de mi formación profesional.

A la empresa ECOCRET S.A, por haberme permitido la realización y la culminación de esta investigación en sus instalaciones. A sí mismo a la empresa BASF CHEMICAL por todo el apoyo brindado. Mis agradecimientos especiales para:

Ing. Gian Carlo Riquelme

Ing. Juan Charca

Rene Vera C.Y Nilton Butron

Quienes por su experiencia, conocimiento y paciencia me guiaron en el desarrollo de la investigación, gracias por todo el apoyo brindado.

A mi director de tesis Ing. Jorge A. Iruri Pérez, gracias por su gran apoyo, paciencia y colaboración para la realización y culminación de este proyecto de tesis.

A mis amigos de ECOCRET, Alex, Alexsey, Sr Percy, Ysac, Hector y a su padre, y a todos los trabajadores del grupo ECOCRET quienes en algún momento me brindaron su apoyo.

A mis amigos, Elmer Garcia, Juan Jorge N., por hacerles sudar la gota gorda., Jonathan Ramos y Néstor Mamani por todo su apoyo y por ser parte de mi gran grupo de amigos.

Muchas gracias

Resumen

En el mundo de la ingeniería civil y de la construcción, el concreto toma un papel sumamente importante, debido a que la gran mayoría de las obras construidas en nuestra sociedad actual, son elaboradas principalmente con este material. Una de las características que está tomando mayor fuerza en los últimos tiempos, es la de lograr resistencias requeridas a un plazo mucho más corto que los 28 días convencionales de edad, es decir, lograr obtener concretos de altas resistencias tempranas “ART”. Con los avances tecnológicos de la actualidad, existen insumos que nos pueden ayudar a lograr resistencias elevadas a edades más cortas y con esto lograr de entre muchos de los beneficios de estos tipos concretos, un mayor avance de nuestros proyectos en tiempos menores y de esta forma lograr una pronta entrega de los mismos. En la actualidad existen insumos cuyas propiedades pueden ser muy aprovechables para lograr obtener concretos ART, como los aditivos, especialmente los superplastificantes y acelerantes, además del tipo de cemento cuyas características nos brinden un gran aporte en las resistencias tempranas, como es el cemento tipo HE que la empresa YURA.S.A puso al mercado Arequipeño en estos últimos años.

La presente investigación pretende desarrollar y evaluar comparativamente concretos con resistencias especificadas a edades tempranas, que serán evaluadas a las edades de 24 horas, 3 y 7 días, haciendo uso de un aditivo superplastificante y un acelerante, dicha comparación estará dada, por los concretos que contengan acelerante Vs concretos sin acelerante. Para tal fin, se realizaron los siguientes diseños de Mezclas:

Concretos con resistencias especificadas de 280 y 420 Kg/cm², con resistencia a las 24 horas, con acelerante Vs sin acelerante.

Concretos con resistencias especificadas de 280 y 420 Kg/cm², con resistencia a los 3 días, con acelerante Vs sin acelerante.

Concretos con resistencias especificadas de 280 y 420 Kg/cm², con resistencia a los 7 días, con acelerante Vs sin acelerante.

Para la preparación de los diseños se utilizó los siguientes materiales; Cemento tipo HE – Yura, aditivo superplastificante (MasterGlenium Scc 3800 - BASF), acelerante (MasterSet ACE 534 - BASF) y también un retardante inicial (MasterSet R770i – BASF), el agregado fino

y Agregado grueso provenientes de la Cantera “Vanessa Alejandra II” de la Joya-Arequipa, todos los materiales disponibles en nuestra región de Arequipa.

La elaboración de los ensayos y diseños de mezclas, fueron realizados en el laboratorio de control de calidad de la empresa ECOCRET S.A., ubicado en el distrito de cerro colorado, de la ciudad de Arequipa.

La finalidad básica de la presente investigación estará basada en la comparación de los concretos ART con resistencias de 280 y 420 Kg/cm² con acelerante y sin acelerante, para cada edad especificada, evaluadas a través de ensayos que permitan caracterizar las propiedades en estado fresco y endurecido (resistencia a la compresión).

De esta manera podremos determinar la elaboración que presenta las mejores propiedades físico-mecánicas y económicas, para concretos especiales con limitaciones en el tiempo de evolución de la resistencia, brindando de esta forma un valioso aporte a la ingeniería civil y la ingeniería de procesos en el desarrollo de los concretos premezclados y prefabricados en nuestra Región de Arequipa.

Por lo que, según resultados de la presente investigación y conforme a las características de las mezclas propuestas desarrolladas. Se ha encontrado que, para nuestros diseños de mezclas de concretos ART, resulta que las mezclas elaboradas sin acelerante presentan mejores propiedades en su estado fresco, debido a que estas mezclas tienen un tiempo mayor de trabajabilidad de la mezcla, y resultan más económicas que las mezclas con la inclusión del acelerante. A si mismo cabe señalar que para concretos con resistencias menores a 12 horas, las mezclas con la adición del acelerante presentan mejores propiedades en el desarrollo de resistencias y fraguado de las mezclas.

PALABRAS CLAVES: Resistencias a edades tempranas, concreto premezclado, concreto bombeable, Resistencia a la compresión, tiempo de fragua, Resistencia a las 24 horas, Resistencia a 3 días, Resistencia a 7 días, agregado de la joya, aditivo acelerante, aditivo superplastificante, Cemento Tipo HE.

Abstract

In the world of civil engineering and construction, concrete plays an extremely important role, due to the fact that the vast majority of the works built in our current society are made mainly with this material. One of the characteristics that is gaining more strength in recent times is that of achieving required resistances in a much shorter term than the conventional 28 days of age, that is, achieving concrete with high early resistance "ART". With the technological advances of today, there are inputs that can help us achieve high resistance at shorter ages and with this achieve, among many of the benefits of these specific types, a greater progress of our projects in less time and in this way achieve prompt delivery of them. Currently, there are inputs whose properties can be very useful to obtain ART concretes, such as additives, especially superplasticizers and accelerators, in addition to the type of cement whose characteristics give us a great contribution to early resistance, such as HE type cement. that the company YURA.SA has put on the Arequipeño market in recent years.

The present research aims to develop and evaluate comparatively concrete with specific resistances at an early age, which will be evaluated at the ages of 24 hours, 3 and 7 days, using a superplasticizer additive and an accelerator, this comparison will be given, by the concrete contain accelerator Vs concrete without accelerant. For this purpose, the following mix designs were made:

Concrete with specified resistances of 280 and 420 Kg / cm², with resistance to 24 hours, with accelerator Vs without accelerant.

Concrete with specified resistance of 280 and 420 Kg / cm², with resistance to 3 days, with accelerator Vs without accelerant.

Concrete with specified resistance of 280 and 420 Kg / cm², with resistance to 7 days, with accelerator Vs without accelerant.

For the preparation of the designs the following materials were used; Cement type HE - Yura, superplasticizer additives (MasterGlenium Scc 3800 - BASF), accelerator (MasterSet ACE 534 - BASF) and also an initial retarder (MasterSet R770i - BASF), fine aggregate and coarse aggregate from the Quarry "Vanessa Alejandra II " the Joya-Arequipa, all materials available in our region of Arequipa.

The preparation of the trials and mix designs were carried out in the quality control laboratory of the company ECOCRET S.A., located in the district of Cerro Colorado, in the city of Arequipa.

The basic purpose of the present investigation will be based on the comparison of the concrete ART with resistances of 280 and 420 Kg / cm² with accelerator and without accelerant, for each specified age, evaluated through tests that allow to characterize the properties in fresh state and Hardened (resistance to compression).

In this way we can determine the preparation that presents the best physical-mechanical and economic properties for special concrete with limitations in the time of evolution of the resistance, thus providing a valuable contribution to civil engineering and process engineering in the development of pre-mixed and precast concrete in our Arequipa Region.

Therefore, according to the results of this investigation and according to the characteristics of the proposed mixtures developed. It has been found that, for our ART concrete mix designs, it turns out that the mixes made without accelerator have better properties in their fresh state, because these mixes have a longer workability time of the mix, and they are cheaper than mixes with the inclusion of the accelerant. It should also be noted that for concrete with resistances of less than 12 hours, the mixtures with the addition of the accelerant have better properties in the development of resistances and setting of the mixtures.

KEY WORDS: Resistance at an early age, ready mixed concrete, pumpable concrete, Compression resistance, setting time, 24-hour resistance, 3-day resistance, 7-day resistance, aggregate of Joya, accelerant additive, superplasticizing additive, Type HE Cement,.

Problemática

La industria de la construcción representa uno de los grandes pilares dentro del desarrollo de un país, paralelamente a este avance, el concreto como material de mayor demanda en esta área de la ingeniería, requiere de un progreso tecnológico para caminar a la vanguardia de la construcción.

En los últimos años y en la actualidad, debido a diferentes factores técnicos, el tiempo de evolución del concreto fue tomando un giro en el desarrollo de las resistencias a corto plazo, esto se debió a factores constructivos tales como: La construcción de elementos prefabricados, poner en servicio estructuras antes del plazo previsto, desencofrado de elementos estructurales a edades tempranas y entre otros factores técnicos, por lo que fue necesario desarrollar concretos que lleguen a las resistencias especificadas en un tiempo mucho menor que a los 28 días convencionales, es decir con resistencias requeridas a los 7 días o inferiores, lográndose de esta manera concretos con resistencias altas a edades tempranas "ART" (concretos especiales).

En Arequipa como en el resto del Perú estamos experimentando un crecimiento en las construcciones de mediana a gran envergadura, que precisan del uso de este tipo de concretos con resistencia requeridas a edades tempranas como; a las 24 horas, 3 y 7 días, que con llevan a un avance saliente de las obras y pronta culminación de los proyectos, como fue el caso de la construcción del Puente Chilina, Terminal Internacional del sur (TISUR – Matarani) y en diferentes proyectos multifamiliares (departamentos), como en demás obras y como uso necesario en la elaboración de elementos estructurales prefabricados.

Para estos fines existen una variedad de aditivos que ayudan a mejorar las propiedades del concreto como: la trabajabilidad, resistencia a la segregación, resistencia a la compresión, etc. y entre estos los aditivos acelerantes de fragua que nos ayudan a ganar resistencias altas a edades tempranas como opción a este requerimiento.

Sin embargo, es posible elaborar concretos a edades tempranas para una misma especificación, pero sin hacer uso necesario del aditivo acelerante que pueden llegar a una misma resistencia con edad especificada. En estos últimos años, Yura S.A. Puso en producción el Cemento Tipo HE en nuestra región de Arequipa, tipo de cemento con el que se presentan resistencias altas en el concreto a corto plazo, por lo que es necesario ahondar más en esta alternativa de investigación, que nos permitan tomar la opción más adecuada, de diseños con bajos costos en cuanto al uso de materiales.

Frente a esto, la presente investigación pretende realizar una evaluación comparativa de las propiedades físico-mecánicas y económicas de concretos bombeables (premezclados) con resistencias a edades tempranas, haciendo uso del aditivo acelerante Vs concretos sin aditivo acelerante (con superplastificante) para resistencias especificadas en 24horas, 3 y 7 días.

Objetivos

Objetivo General

Determinar cuál de los procesos de elaboración de concretos con altas resistencias tempranas (ART), con aditivo acelerante Vs sin acelerante, presentan los mejores beneficios.

Objetivos Específicos

- Desarrollar concretos con resistencias especificadas de 280 y 420 Kg/cm², a las edades de 24h, 3 y 7 días, con y sin uso de acelerante.
- Determinar la cantidad del factor Cemento HE, relación a/c, y aditivos requeridos para los diseños 280 y 420 Kg/cm² a edades de 24horas, 3 y 7 días, sin aditivo acelerante.
- Determinar la cantidad del factor Cemento HE, relación a/c y aditivos requeridos para los diseños 280 y 420 Kg/cm² a edades de 24horas, 3 y 7 días, con aditivo acelerante.
- Evaluar las propiedades de los concretos, en su estado fresco y endurecido.
- Realizar un análisis económico de elaboración de estos concretos con el aditivo acelerante Vs sin acelerante.

Hipótesis

La elaboración de concretos ART sin uso de aditivos acelerantes presenta mejores propiedades físico-mecánicas y económicas.

Índice General

Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Resumen	IV
Abstract	VI
Problemática	VIII
Objetivos.....	IX
Objetivo General.....	IX
Objetivos Específicos	IX
Hipótesis	IX
1. Capítulo I: Concreto de alta resistencia temprana (ART)	23
1.1. Breve reseña histórica.....	23
1.2. Concepto de los concretos ART.	23
1.2.1. El concreto.....	23
1.2.2. El concreto ART.....	25
1.3. Aplicaciones del concreto ART.....	26
1.4. Propiedades del concreto ART	28
1.4.1. Propiedades en estado fresco.....	28
1.4.1.1. Trabajabilidad	28
1.4.1.2. Tiempo de fraguado	32
1.4.1.3. Peso unitario o densidad del concreto fresco.....	36
1.4.1.4. Contenido de aire atrapado	38
1.4.2. Propiedades en estado endurecido.....	39
1.4.2.1. Resistencia a la compresión.....	39
1.5. Materiales o componentes del concreto ART.....	41
1.5.1. Agregados.....	41
1.5.2. Agua de mezcla	43
1.5.3. Cemento	43
1.5.3.1. Cemento Portland. (Clinker + yeso)	44
1.5.3.2. Cementos Portland Adicionados. (C.P. + Adición Mineral) ..	45

1.5.3.3. Cemento con especificación de la performance	45
1.5.4. Aditivos	48
1.5.4.1. Clasificación de los aditivos	49
1.5.4.2. Aditivos reductores de agua.....	50
1.5.4.3. Aditivos Reductores de agua de alto rango (Tipo F)	51
1.5.4.4. Aditivos acelerantes (Tipo C)	55
1.5.4.5. Aditivos retardadores (Tipo B)	57
2. Capítulo II: Caracterización de los materiales.....	58
2.1. Características del cemento tipo HE.....	58
2.2. Características de los agregados	60
2.2.1. Ubicación del agregado	60
2.2.2. Ensayos realizados a los agregados.....	61
2.2.2.1. Agregado fino (Arena).....	61
2.2.2.2. Agregado grueso (Huso 67)	66
2.2.2.3. Ensayo de determinación de la resistencia a la degradación por medio de la máquina de los ángeles.....	72
2.2.2.4. Ensayo de Máxima compactación de la combinación de agregados	73
2.3. Características de los Aditivos	75
3. Capítulo III: Marco Metodológico.....	79
3.1. Generalidades.	79
3.2. Definición de variables	80
3.2.1. Variables independientes.....	80
3.2.2. Variables dependientes.....	80
3.2.3. Metodología	80
4. Capítulo IV: Diseño de mezclas y elaboración del concreto ART	83
4.1. Diseño de mezclas	83
4.1.1. Consideraciones de diseño	83
4.1.2. Diseños para las curvas base	88
4.1.3. Determinación de la relación de áridos	88
4.1.4. Relación a/c y FC	93
4.1.5. Determinación del porcentaje de aditivo.....	95

4.1.6.	Procedimiento experimental de dosificación	100
4.1.7.	Propiedades de los diseños D1 – D6	102
4.1.7.1.	Propiedades en estado fresco diseños D1 – D6	102
4.1.7.2.	Propiedades en estado endurecido diseños D1 – D6	103
4.2.	Diseños de mezcla concretos 280 Y 420 Kg/cm ²	109
4.2.1.	Resistencias Requeridas (f'_{cr}).....	109
4.2.2.	Diseños de mezclas concreto 280 Kg/cm ²	110
4.2.2.1.	Diseño de mezcla 280 Kg/cm ² a los 7 días (280R7D)	110
4.2.2.2.	Diseño de mezcla 280 Kg/cm ² a los 3 días (280R3D)	112
4.2.2.3.	Diseño de mezcla 280 Kg/cm ² a 24 horas (280R24H)	112
4.2.3.	Diseños de mezclas concreto 420 Kg/cm ²	114
4.2.3.1.	Diseño de mezclas 420 Kg/cm ² a 7 días (420R7D)	114
4.2.3.2.	Diseño de mezclas 420 Kg/cm ² a 3 días (420R3D)	115
4.2.3.3.	Diseño de mezcla 420 Kg/cm ² a 24 horas (420R24H)	115
4.3.	Diseños 280 Y 420 Kg/cm ² con acelerante.....	118
4.3.1.	Procedimiento experimental de dosificación	126
4.3.2.	Diseños concretos 280 Kg/cm ² C/acelerante.....	126
4.3.2.1.	Diseño 280R7D-AC.....	127
4.3.2.2.	Diseño de mezcla 280R3D-AC.....	128
4.3.2.3.	Diseño de mezcla 280R24H-AC.....	129
4.3.3.	Diseños de mezcla concretos 420 Kg/cm ² C/acelerante.....	130
4.3.3.1.	Diseño de mezcla 420R7D-AC.....	130
4.3.3.2.	Diseño de mezcla 420R3D-AC.....	132
4.3.3.3.	Diseño de mezcla 420R24H-AC.....	133
5.	Capítulo V: Resultados de los ensayos	135
5.1.	Resultados en estado fresco	135
5.1.1.	Diseños 280 Kg/cm ²	135
5.1.1.1.	Resultados de ensayos de caracterización en estado fresco.....	135
5.1.1.2.	Resultados de ensayos de tiempos de fragua	136
5.1.2.	Diseños 420 Kg/cm ²	140

5.1.2.1.	Resultados de ensayos de caracterización en estado fresco.....	140
5.1.2.2.	Resultados de ensayos de tiempos de fragua	141
5.1.3.	Diseños 280 Kg/cm ² con acelerante	149
5.1.3.1.	Resultados de ensayos de caracterización en estado fresco.....	149
5.1.3.2.	Resultados de ensayos de tiempos de fragua	149
5.1.4.	Diseños 420 Kg/cm ² – Con acelerante	153
5.1.4.1.	Resultados de ensayos de caracterización en estado fresco.....	153
5.1.4.2.	Resultados de ensayos de tiempos de fragua	153
5.2.	Resultados en estado endurecido	161
5.2.1.	Diseños 280 Kg/cm ²	165
5.2.2.	Diseños 420 Kg/cm ²	170
5.2.3.	Diseños 280 Kg/cm ² – con acelerante	174
5.2.4.	Diseños 420 Kg/cm ² – con acelerante	178
6.	Capítulo VI: Análisis Comparativo de los resultados.....	183
6.1.	Análisis comparativo en estado fresco	183
6.2.	Análisis comparativo en estado endurecido	190
6.3.	Análisis de costos	199
6.4.	Datos adicionales	203
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	207
	BIBLIOGRAFIA	211
	ANEXOS	214
	ANEXO A – Ensayos caracterización de los agregados	214
	ANEXO B – Rotura de probetas Diseños Curvas base	229
	ANEXO C – Ensayos concreto fresco y endurecido Master ACE 534.....	235
	ANEXO D – Ensayos concreto fresco y endurecido Master X-Seed 100.....	243
	ANEXO E – Diseño de mezclas de los diseños definitivos	247
	ANEXO F – Fichas Técnicas	249

Índice de Tablas

Tabla 1-1 Tolerancia de tiempos admisibles para la rotura de probetas	41
Tabla 1-2 Ensayos para determinar las características Físicas de los agregados	43
Tabla 1-3 Aplicaciones de los cementos portland, adicionados y según desempeño.....	46
Tabla 1-4 Requisitos físicos ASTM C1157, cemento tipo HE – YURA y cemento Tipo I	48
Tabla 1-5 Clasificación de aditivos según ASTM C 494	50
Tabla 2-1 Propiedades Químicas y Físicas del cemento YURA TIPO HE.....	59
Tabla 2-2 Análisis Granulométrico Ag. Fino, muestra N°01	62
Tabla 2-3 Análisis Granulométrico Ag. Fino, muestra N°02	62
Tabla 2-4 Análisis Granulométrico Ag. Fino, muestra N°03	63
Tabla 2-5 Pesos Unitarios suelto y compactado promedios del Agregado Fino	64
Tabla 2-6 Peso Específico y Absorción promedios del Agregado Fino.....	65
Tabla 2-7 Material pasante promedio de la malla # 200 agregado fino	66
Tabla 2-8 Análisis Granulométrico del Ag. Grueso, muestra N°01	67
Tabla 2-9 Análisis Granulométrico del Ag. Grueso, muestra N°02	67
Tabla 2-10 Análisis Granulométrico del Ag. Grueso, muestra N°03	68
Tabla 2-11 Peso Unitario suelto y compactado promedios del Agregado Grueso	69
Tabla 2-12 Pesos Específicos y absorción promedios del agregado grueso.....	70
Tabla 2-13 Porcentaje pasante promedio de la malla # 200 agregado grueso.....	70
Tabla 2-14 Resumen promedio de las propiedades físicas del agregado fino y grueso	72
Tabla 2-15 Porcentaje de desgaste por medio de la máquina de los ángeles	73
Tabla 2-16 Proporciones de combinación de agregados para determinar la máxima compacidad.....	74
Tabla 4-1 Condiciones de Bombeabilidad recomendadas.....	87
Tabla 4-2 Relación de áridos según ensayo de máxima compactación de la combinación de agregados	88
Tabla 4-3 Resistencias a la compresión según módulo de combinación.....	92
Tabla 4-4 Agua requerida en kg/m ³ - ACI 211	94
Tabla 4-5 Relación a/c para una resistencia f'cr a 28 días	94
Tabla 4-6 Relaciones a/c y FC propuestos para los diseños D1 al D6 (curva Base).....	95
Tabla 4-7 Determinación de la dosis de superplastificante para el diseño D1 a/c =0.55 ...	96

Tabla 4-8 Diseños D1- D6 y sus % de superplastificante para un revenimiento de 8 a 10 pulg.....	97
Tabla 4-9 Dosificación de Diseños de mezcla D1-D6, con MasterSet R770i.....	99
Tabla 4-10 Propiedades en estado fresco de los diseños D1-D6 (a/c 0.55 - 0.30).....	102
Tabla 4-11 Cuadro resumen de resistencia a la compresión diseños D1-D6.....	107
Tabla 4-12 Determinación de la resistencia requerida (f'_{cr}), con una desviación estándar (S).....	109
Tabla 4-13 Determinación de la resistencia requerida (f'_{cr}), sin Desviación estándar....	109
Tabla 4-14 Resistencias requeridas para los diseños 280 y 420 Kg/cm ²	110
Tabla 4-15 Resistencias a los 7 días, diseños de prueba para concreto 280R7D.....	111
Tabla 4-16 Diseño de mezcla concreto 280R7D.....	111
Tabla 4-17 Diseño de mezcla concreto 280R3D.....	112
Tabla 4-18 Diseño de mezcla concreto 280R24H.....	114
Tabla 4-19 Diseño de mezcla concreto 420R7D.....	114
Tabla 4-20 Diseño de mezcla concreto 420R3D.....	115
Tabla 4-21 Diseño de mezcla concreto 420R24H.....	116
Tabla 4-22 Diseños con variación de dosis de acelerante MasterSet ACE 534.....	118
Tabla 4-23 Resistencias a la compresión de los diseños comparativos con y sin MasterSet R770i.....	119
Tabla 4-24 Diseños con variación de dosis de acelerante MasterSet ACE 534 definidos	120
Tabla 4-25 Cuadro resumen de rotura de probetas diseños 0.65L-3.20L.....	122
Tabla 4-26 Diseños con variación de dosis - Master X-Seed 100.....	124
Tabla 4-27 Resistencias a la compresión diseños 2L a 4L - Master X-Seed 100.....	125
Tabla 4-28 Diseños de prueba y ajustes del concreto 280R7D-AC.....	127
Tabla 4-29 Diseño de mezcla concreto 280R7D-AC.....	128
Tabla 4-30 Diseños de prueba y ajustes del concreto 280R3D-AC.....	128
Tabla 4-31 Diseño de mezcla concreto 280R3D-AC.....	129
Tabla 4-32 Diseños de prueba y ajustes del concreto 280R24H-AC.....	129
Tabla 4-33 Diseño de mezcla concreto 280R24H-AC.....	130
Tabla 4-34 Diseños de prueba y ajustes del concreto 420R7D-AC.....	131
Tabla 4-35 Diseño de mezclas concreto 420R7D-AC.....	131
Tabla 4-36 Diseños de prueba y ajustes del concreto 420R3D-AC.....	132
Tabla 4-37 Diseño de mezcla concreto 420R3D-AC.....	132

Tabla 4-38 Diseños de prueba y ajustes del concreto 420R24H-AC	133
Tabla 4-39 Diseño de mezclas concreto 420R24H-AC.....	133
Tabla 5-1 Resultados de los ensayos en concreto fresco diseños 280R7D, 280R3D Y 280R24H.....	135
Tabla 5-2 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 280R7D.....	136
Tabla 5-3 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R7D	137
Tabla 5-4 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 280R3D.....	138
Tabla 5-5 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R3D	138
Tabla 5-6 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 280R24H.....	139
Tabla 5-7 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R24H	140
Tabla 5-8 Resultados de los ensayos en concreto fresco diseños 420R7D, 420R3D Y 420R24H.....	140
Tabla 5-9 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 420R7D.....	141
Tabla 5-10 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R7D	142
Tabla 5-11 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 420R3D.....	143
Tabla 5-12 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R3D	143
Tabla 5-13 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 420R24H.....	144
Tabla 5-14 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R24H	144
Tabla 5-15 Resultados de los ensayos en concreto fresco diseños 280R7D-AC, 280R3D-AC Y 280R24H-AC	149
Tabla 5-16 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 280R7D-AC.....	150
Tabla 5-17 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R7D-AC	150
Tabla 5-18 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 280R3D-AC.....	151
Tabla 5-19 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R3D-AC	151
Tabla 5-20 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 280R24H-AC.....	152
Tabla 5-21 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R24H-AC	152
Tabla 5-22 Resultados de los ensayos en concreto fresco diseños 420R7D-AC, 420R3D-AC Y 420R24H-AC	153
Tabla 5-23 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 420R7D-AC.....	154
Tabla 5-24 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R7D-AC	154
Tabla 5-25 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 420R3D-AC.....	155
Tabla 5-26 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R3D-AC	155
Tabla 5-27 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 420R24H-AC.....	156

Tabla 5-28	Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R24H-AC	156
Tabla 5-29	Factores para calcular la desviación estándar dentro del ensayo	164
Tabla 5-30	Variación dentro del ensayo según coeficiente de variación – ACI 214	164
Tabla 5-31	Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R7D	165
Tabla 5-32	Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R3D	166
Tabla 5-33	Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R24H	167
Tabla 5-34	Cuadro Resumen de resistencias a la compresión diseños 280 Kg/cm ²	168
Tabla 5-35	Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R7D	171
Tabla 5-36	Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R3D	172
Tabla 5-37	Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R24H	173
Tabla 5-38	Cuadro Resumen de resistencias a la compresión diseños 420 Kg/cm ²	174
Tabla 5-39	Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R7D-AC	175
Tabla 5-40	Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R3D-AC	176
Tabla 5-41	Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R24H-AC	177
Tabla 5-42	Cuadro Resumen de resistencias a la compresión diseños 280 Kg/cm ² -C/AC	178
Tabla 5-43	Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R7D-AC	179
Tabla 5-44	Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R3D-AC	180
Tabla 5-45	Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R24H-AC	181
Tabla 5-46	Cuadro Resumen de resistencias a la compresión diseños 420 Kg/cm ² -C/AC	182
Tabla 6-1	costos unitarios de los insumos	199
Tabla 6-2	Análisis de costos, diseños de mezclas 280 kg/cm ² sin acelerante	199
Tabla 6-3	Análisis de costos, diseños de mezcla 420 Kg/cm ² sin acelerante	200
Tabla 6-4	Análisis de costos, diseños de mezclas 280 kg/cm ² con acelerante	200
Tabla 6-5	Análisis de costos, diseños de mezcla 420 Kg/cm ² con acelerante	200
Tabla 6-6	Rotura de probetas diarias, diseño 280R24H	203
Tabla 6-7	Rotura de probetas a las 7:00 y 9:00 horas, diseño 420R24H, con y sin acelerante	205

Índice de figuras

Figura 1-1 Componentes del concreto convencional	24
Figura 1-2 Porcentajes aproximados en volumen de los componentes del concreto	24
Figura 1-3 algunas aplicaciones de los concretos ART (poner en servicio estructuras a corto plazo, concreto fast track en pavimentos, construcción de elementos prefabricados)	26
Figura 1-4 Colado de elementos usando concreto ART (a la izquierda losa de piso y a la derecha viga prefabricada).....	27
Figura 1-5 control de pedido de concreto 210 Kg/cm ² a 24 horas - Proyecto Matarani....	27
Figura 1-6 Construcción del puente Chilina.....	28
Figura 1-7 Juego de cono de Abrams	30
Figura 1-8 Procedimiento para ensayo de cono de Abrams	31
Figura 1-9 Penetrómetro de precisión +- 2lb-f, moldes y agujas de penetración.....	33
Figura 1-10 Muestras de morteros ensayados	34
Figura 1-11 Curva de resistencia a la penetración en función del tiempo, fragua inicial (500 psi) y fragua final (4000 psi)	35
Figura 1-12 Tiempo de inicio y fin de fraguado para una mezcla de concreto en diferentes temperaturas (Burg1996).....	36
Figura 1-13 Ensayo de Peso Unitario del concreto fresco.....	37
Figura 1-14 Ensayo Porcentaje de aire del concreto fresco (izq. 1.1%, derec. 1.6%	39
Figura 1-15 Ensayos de resistencia a la compresión.....	40
Figura 1-16 Agregado grueso redondeado (izquierda) y agregado grueso chancado (Derecha).....	42
Figura 1-17 Presentación en Bolsa (42.5 Kg) Cemento Tipo HE - YURA.....	47
Figura 1-18 Aditivos líquidos, de la izquierda a la Derecha: Aditivo antideslave, reductor de retracción, reductor de agua, agente espumante, inhibidor de corrosión e incorporador de aire	49
Figura 1-19 Ejemplo de concretos fluidos (slump mayor a 7 ½”)	52
Figura 1-20 Esquema del mecanismo de absorción de aditivos superplastificantes convencionales en partículas de cemento. Repulsión electrostática.....	53
Figura 1-21 Esquema del mecanismo de absorción y repulsión de aditivos PCE en partículas de cemento. Repulsión.....	54

Figura 1-22 Microfotografía de partículas de cemento en una solución de agua/cemento sin aditivo (a) y con aditivo superplastificante (b).....	54
Figura 2-1 Cemento Tipo HE usado en la investigación (en presentación Big Bag).....	58
Figura 2-2 Acopios de agregados fino y grueso	60
Figura 2-3 Ensayo de Análisis Granulométrico del Agregado Fino	61
Figura 2-4 Curva granulométrica promedio del agregado fino	63
Figura 2-5 Ensayo de Peso Unitario del Agregado Fino	64
Figura 2-6 Ensayo de Peso Específico del agregado Fino.....	65
Figura 2-7 Ensayo de Material pasante malla # 200 del Agregado Fino	65
Figura 2-8 Ensayo de Análisis Granulométrico del Agregado Grueso	66
Figura 2-9 Curva Granulométrica promedio del Ag. Grueso.....	68
Figura 2-10 Curvas Granulométricas promedios del agregados fino y grueso	71
Figura 2-11 Ensayo de máxima compactación de la combinación de agregados	74
Figura 2-12 Curva de máxima compactación de la combinación de agregados	75
Figura 2-13 Propiedades del aditivo MasterGlenium Scc 3800.....	76
Figura 2-14 Propiedades del aditivo MasterSet AC 534.....	77
Figura 2-15 Propiedades del aditivo MasterSet R770I.....	77
Figura 2-16 Propiedades del aditivo Master X-Seed 100.....	78
Figura 4-1 Husos granulométricos de concretos Bombeables TMN 3/4"	86
Figura 4-2 Curva granulométrica global de los agregados, relación de áridos según ensayo de máxima compactación, MC=4.57	90
Figura 4-3 Curva granulométrica del agregado global con MFG=4.64 (54% de arena)....	92
Figura 4-4 Prueba de mezclas en tandas de 15 litros, diseño D2 (% de superplastificante para un slump de 8 a 10").....	97
Figura 4-5 Diseño D6 relación a/c 0.30.....	98
Figura 4-6 Resistencias a las 24 horas según dosis de MasterSetR770i	99
Figura 4-7 Preparación y homogenización de los agregados	101
Figura 4-8 Dosificación, pesaje de los insumos de mezcla	101
Figura 4-9 caracterización de la mezcla de concreto Diseño D2 (a/c= 0.50).....	103
Figura 4-10 Curva de la variación de la temperatura ambiental durante la noche	105
Figura 4-11 Elaboración de caja de madera para el curado inicial de probetas	106
Figura 4-12 curado inicial de probetas - rotura de probeta a las 24 horas.....	106
Figura 4-13 Curva evolución de resistencias diseños D1-D6 (Curva Base)	108

Figura 4-14 Interpolación de resistencia y relación a/c, diseño 280R24H.....	113
Figura 4-15 Interpolación de resistencia y relación a/c, diseño 420R24H.....	116
Figura 4-16 Diseños de mezcla 280R7D, 280R3D Y 280R24H (revenimiento entre 8 - 10 pulg.).....	117
Figura 4-17 Diseños de mezcla 420R7D, 420R3D Y 420R24H (revenimiento entre 8 - 10 pulg.).....	117
Figura 4-18 Revenimientos según incremento de dosis de acelerante	120
Figura 4-19 % de aire atrapado vs dosis de acelerante.....	121
Figura 4-20 Pesos unitarios vs dosis de acelerante	121
Figura 4-21 Curvas resistencias a la compresión según dosis de acelerante.....	122
Figura 4-22 Curvas resistencias a la compresión según dosis de acelerante (Master X-Seed 100).....	125
Figura 5-1 Curva resistencia a la penetración diseño 280R7D	137
Figura 5-2 Curva resistencia a la penetración diseño 280R3D	138
Figura 5-3 Curva resistencia a la penetración diseño 280R24H	139
Figura 5-4 pruebas de ensayos de revenimiento, porcentaje de aire y peso unitario del concreto fresco.....	141
Figura 5-5 Curva resistencia a la penetración diseño 420R7D	142
Figura 5-6 Curva resistencia a la penetración diseño 420R3D	143
Figura 5-7 Curva resistencia a la penetración diseño 420R24H	144
Figura 5-8 Pesos unitarios - Diseños 280 Kg/cm ²	145
Figura 5-9 Porcentajes de aire - Diseños 280 Kg/cm ²	145
Figura 5-10 Pesos unitarios - Diseños 420 Kg/cm ²	146
Figura 5-11 Porcentajes de aire Diseños 420 Kg/cm ²	146
Figura 5-12 Tiempos de fragua inicial y final - Diseños 280 Kg/cm ²	148
Figura 5-13 Tiempos de fragua inicial y final - Diseños 420 Kg/cm ²	148
Figura 5-14 Curva resistencia a la penetración diseño 280R7D-AC	150
Figura 5-15 Curva resistencia a la penetración diseño 280R3D-AC	151
Figura 5-16 Curva resistencia a la penetración diseño 280R24H-AC.....	152
Figura 5-17 Mezcla de concreto con acelerante, revenimiento y ensayos de tiempos de fragua.....	153
Figura 5-18 Curva resistencia a la penetración diseño 420R7D-AC	154
Figura 5-19 Curva resistencia a la penetración diseño 420R3D-AC	155

Figura 5-20	Curva resistencia a la penetración diseño 420R24H-AC	156
Figura 5-21	Pesos unitarios - diseños 280-AC Kg/cm ²	157
Figura 5-22	Porcentajes de aire - diseños 280-AC Kg/cm ²	157
Figura 5-23	Pesos unitarios - diseños 420-AC Kg/cm ²	158
Figura 5-24	Porcentajes de aire - diseños 280-AC Kg/cm ²	158
Figura 5-25	Tiempos de fragua inicial y final - Diseños 280-AC Kg/cm ²	160
Figura 5-26	Tiempos de fragua inicial y final - Diseños 420-AC Kg/cm ²	160
Figura 5-27	Curado inicial de probetas durante las primeras 24 horas	161
Figura 5-28	Curado de probetas para las roturas a 3, 7 y 28 días.....	162
Figura 5-29	Ensayos de rotura de probetas, diseño 280R3D edad 3 días (izquierda) y diseño 420R7D edad 24 horas (Derecha)	162
Figura 5-30	Curvas de evolución de Resistencias diseños 280 Kg/cm ² (28024H, 280R3D Y 280R7D)	169
Figura 5-31	Ensayo de Rotura de testigos diseños 280 Kg/cm ²	169
Figura 5-32	Ensayo de Rotura de testigos diseños 420 Kg/cm ²	170
Figura 5-33	Curvas de evolución de Resistencias diseños 420 Kg/cm ² (42024H, 420R3D Y 420R7D)	174
Figura 5-34	Curvas de evolución de Resistencias diseños 280R24H-AC, 280R3D-AC Y 280R7D-AC.....	178
Figura 5-35	Curvas de evolución de Resistencias diseños 420R24H-AC, 420R3D-AC Y 420R7D-AC.....	182
Figura 6-1	Pesos Unitarios Diseños 280-AC Y 280 Kg/cm ²	183
Figura 6-2	Porcentajes de aire diseños 280-AC y 280 Kg/cm ²	184
Figura 6-3	Pesos Unitarios Diseños 420-AC Y 420 Kg/cm ²	185
Figura 6-4	Porcentajes de aire diseños 420-AC y 420 Kg/cm ²	185
Figura 6-5	Tiempos de fragua inicial, Diseños 280-AC y 280 Kg/cm ²	187
Figura 6-6	Tiempos de fragua Final, Diseños 280-AC y 280 Kg/cm ²	187
Figura 6-7	Tiempos de fragua Inicial, Diseños 420-AC y 420 Kg/cm ²	188
Figura 6-8	Tiempos de fragua Final, Diseños 420-AC y 420 Kg/cm ²	189
Figura 6-9	Curva de resistencias a la compresión diseños 280R7D-AC Y 280R7D	190
Figura 6-10	Evolución de resistencias diseños 280R7D-AC Y 280R7D.....	191
Figura 6-11	Curva de resistencias a la compresión diseños 280R3D-AC Y 280R3D	192
Figura 6-12	Evolución de resistencias diseños 280R3D-AC Y 280R3D.....	192

Figura 6-13	Curva de resistencias a la compresión diseños 280R24H-AC Y 280R24H .	193
Figura 6-14	Evolución de resistencias diseños 280R24H-AC Y 280R24H.....	193
Figura 6-15	Curva de resistencias a la compresión diseños 420R7D-AC Y 420R7D	195
Figura 6-16	Evolución de resistencias diseños 420R7D-AC Y 420R7D.....	195
Figura 6-17	Curva de resistencias a la compresión diseños 420R3D-AC Y 420R3D	196
Figura 6-18	Evolución de resistencias diseños 420R3D-AC Y 420R3D.....	196
Figura 6-19	Curva de resistencias a la compresión diseños 420R24H-AC Y 420R24H .	197
Figura 6-20	Evolución de resistencias diseños 420R24H-AC Y 420R24H.....	197
Figura 6-21	Análisis de costos comparativos diseños 280 Kg/cm ² con y sin acelerante	201
Figura 6-22	Análisis de costos comparativos diseños 420 Kg/cm ² con y sin acelerante	201
Figura 6-23	Curva evolución de resistencias diaria, diseño 280R24H.....	204
Figura 6-24	Resistencia a las 7:00 y 9:00 horas concreto 420R24H, con y sin acelerante	206
Figura 6-25	Probetas sin acelerante (izq) y con acelerante (der), con roturas a las 7 horas, 420R24H.....	206



Capítulo I: Concreto de alta resistencia temprana (ART)

1.1. Breve reseña histórica

Los primeros concretos de altas resistencias iniciales datan durante los años 70'S donde aparecen los concretos de alta resistencia inicial y final. En los que se comenzaron a utilizar los superfluidificantes procedentes de Japón y Alemania, los cuales se obtuvieron grandiosos resultados, con una reducción del agua de amasado del orden del 25%, sin efectos secundarios negativos en la rapidez, facilidad de ejecución y garantía de las obras. Desde luego que con la entrada del aditivo superfluidificante se redujo considerablemente los errores de ejecución y se mejoró la calidad del concreto con respecto a la relación a/c en la obra.

En la actualidad emplear concretos de alta resistencia inicial, es relativamente común en países como Japón, Canadá, Australia, Francia y Estados Unidos, y su incorporación inició a utilizar concretos presforzados, ampliando la resistencia a la compresión de 250kg/cm² a aproximadamente 500kg/cm².

1.2. Concepto de los concretos ART.

1.2.1. El concreto

El concreto según la norma (RNE), es la mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivo.

Una mezcla cuya propiedad principal es la de formar una masa moldeable en su estado fresco y que en su estado endurecido tiene la capacidad de resistir a altas fuerzas de compresión.

En donde ordinariamente la pasta constituye aproximadamente del 25% al 40% del volumen total del concreto, el volumen del cemento esta normalmente entre el 7% y 15% y el volumen del agua está entre el 14% y el 21%. El contenido de aire puede variar hasta 8% y los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 80%. (Estrada y Paez 2014)

En los concretos convencionales las resistencias especificadas a compresión son evaluadas usualmente a los 28 días.

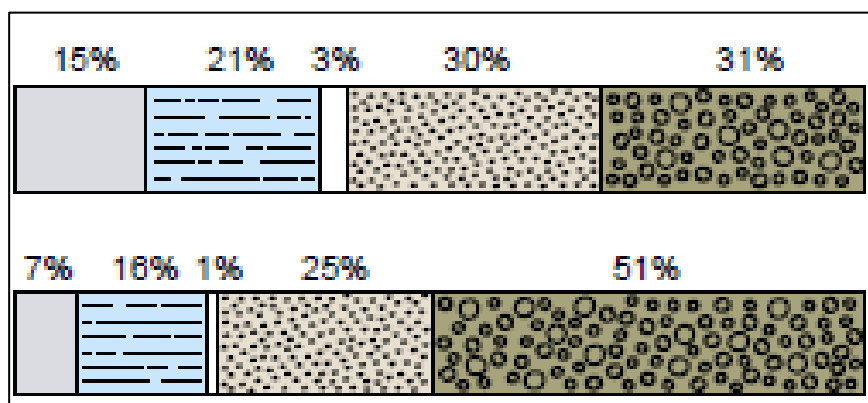
Figura 1-1 Componentes del concreto convencional



FUENTE: Libro Diseño y control de mezclas del concreto, Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi

En la imagen de la **Figura 1-2** se observa gráficamente los porcentajes aproximados en volumen de concretos convencionales. (la primera una mezcla rica en cemento y la segunda una mezcla pobre).

Figura 1-2 Porcentajes aproximados en volumen de los componentes del concreto



FUENTE: Libro Diseño y control de mezclas del concreto, Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi

La definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, tal como se observa en la **Figura 1-1**, pero en la práctica moderna actual, estos ya constituyen un



ingrediente normal del concreto, por los múltiples beneficios que estos otorgan. De tal modo que ya muchos autores consideran al concreto bajo la siguiente premisa.

$$\text{CONCRETO} = \text{CEMENTO} + \text{ÁRIDOS (FINO+GRUESO)} + \text{AGUA} + \text{AIRE} + \text{ADICIÓN}$$

Los concretos premezclados son una muestra clara en donde el uso de aditivos químicos es prácticamente indispensable para la producción de los distintos tipos de concretos solicitados según requerimientos de cada proyecto.

1.2.2. El concreto ART

El concreto de alta resistencia temprana (ART), también llamado a temprana edad (ARTE) o inicial (ARI), es un concreto que alcanza su resistencia especificada a una edad más temprana que la de un concreto normal o convencional. El período en el que tenga que obtener una resistencia especificada puede variar desde 24 horas, 3, 7 y 14 días o incluso horas,

El concreto de alta resistencia temprana, puede considerarse un tipo particular de los concreto de alto desempeño (CAD). En el que no sólo los ingredientes que posee el concreto de alta resistencia temprana, es una de sus características, sino que incorpora una relación a/c optimizada, granulometría de agregados uniformes y aditivos que aumentan la resistencia a temprana edad.

Éste concreto se puede obtener por medio de uno o alguna combinación de los siguientes puntos, dependiendo de las condiciones y de la resistencia especificada que se quieran alcanzar:

- El uso de cementos de fraguado regulado o de otros cementos especiales de endurecimiento rápido.
- Un contenido elevado de cemento (356 a 600 Kg/m³)
- Una baja relación agua - cemento (0.20 a 0.45 en peso)
- Una mayor temperatura del concreto fresco.
- Una mayor temperatura de curado.
- El uso de aditivos químicos.
- El uso de humo de sílice.
- Un curado al vapor o en autoclave.
- Usando un aislamiento para retener el calor de hidratación.

En nuestro medio local el cemento ideal para la elaboración de concretos ART vendría a ser el cemento tipo HE, comercializado por la empresa YURA.SA

1.3. Aplicaciones del concreto ART

Los concretos ART tienen una variedad de aplicaciones, algunos de estos son usados generalmente en:

- Trabajos de concreto pretensado, para lograr la aplicación de esfuerzos más pronto
- En concretos prefabricados, para la rápida producción de los elementos
- Para reducir el tiempo en general de obra.
- Para la reutilización rápida de los encofrados
- Para disminuir los tiempos para dar afinado y acabado
- Para poner en servicios estructural de elementos a corto plazo.
- En pavimentos de rápida habilitación de tránsito (fast-track)
- Y entre otros casos.

Algunas de estas aplicaciones se pueden observar en la siguiente *Figura 1-3*.

Figura 1-3 algunas aplicaciones de los concretos ART (poner en servicio estructuras a corto plazo, concreto fast track en pavimentos, construcción de elementos prefabricados)



FUENTE: Libro Diseño y control de mezclas del concreto, Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi

En nuestra región de Arequipa también se hizo uso de este concreto ART en algunos proyectos, algunas de estas aplicaciones son; el Proyecto Tisur Matarani realizado a cargo de la Empresa ODEBRECHT, para la construcción de elementos prefabricados y losas, En este proyecto se usó un Concreto ART de resistencia 210 Kg/cm² a 24 horas, haciendo uso del cemento IP, como se muestra en la siguiente **Figura 1-4** y en la **Figura 1-5** se observa el control del pedido del concreto mencionado.

Figura 1-4 Colado de elementos usando concreto ART (a la izquierda losa de piso y a la derecha viga prefabricada)



FUENTE: propio

Figura 1-5 control de pedido de concreto 210 Kg/cm² a 24 horas - Proyecto Matarani

PROYECTO MATARANI		DE MINERALES Y AMARRADERO "F" EN				
Odebrecht Infraestructura		ENSAYOS DE COMPRESION ASTM				
Identificación	Guia Numero	ITR	Diseño	Fecha De Muestreo	Fecha De Rotura	
Faja 9	Muro Derecho Tramo 2	101 - 0004785	280IP67568F0.50	27-04-15	25-05-15	
Faja 9	Muro Derecho Tramo 2	101 - 0004785	280IP67568F0.50	27-04-15	25-05-15	
Almacen Xstrata	Losa De Piso	101 - 0004787	280IP675810F0.50	27-04-15	25-05-15	
Almacen Xstrata	Losa De Piso	101 - 0004787	280IP675810F0.50	27-04-15	25-05-15	
Red Electrica	Manhole Muros	101 - 0004793	210IP67568F0.50	27-04-15	25-05-15	
Red Electrica	Manhole Muros	101 - 0004793	210IP67568F0.50	27-04-15	25-05-15	
c. 811-MH-003/210-MI	Bancoducto 2do Tramo	101 - 0004921	140IP67568FL	18-05-15	25-05-15	
c. 811-MH-003/210-MI	Bancoducto 2do Tramo	101 - 0004921	140IP67568FL	18-05-15	25-05-15	
c. 811-MH-003/210-MI	Bancoducto 2do Tramo	101 - 0004921	140IP67568FL	18-05-15	25-05-15	
R.F Las Bambas	Pedestal P2 Eje D/2.3 y 2.4	101 - 0004924	280IP67568F0.50	18-05-15	25-05-15	
R.F Las Bambas	Pedestal P2 Eje D/2.3 y 2.4	101 - 0004924	280IP67568F0.50	18-05-15	25-05-15	
R.F Las Bambas	Pedestal P2 Eje D/2.3 y 2.4	101 - 0004924	280IP67568F0.50	18-05-15	25-05-15	
Muelle Riel	1ra Fase Eje R	101 - 0005007	210IP678810R24HR	23-05-15	25-05-15	
Muelle Riel	1ra Fase Eje R	101 - 0005007	210IP678810R24HR	23-05-15	25-05-15	
			210IP678810R24HR	23-05-15	25-05-15	

FUENTE: propio

Otro proyecto donde se utilizó el concreto ART en nuestra región fue en la construcción del Puente Chilina, donde se hizo uso de la microsilice.

Figura 1-6 Construcción del puente Chilina



FUENTE: Asocem, octubre 2014. Revista Catálogo de normas técnicas peruanas de concreto

1.4. Propiedades del concreto ART

1.4.1. Propiedades en estado fresco

Las propiedades básicas del concreto ART, son esencialmente como las de cualquier otro concreto convencional en su estado fresco, pero podemos dividirlos en dos principales como son la trabajabilidad y el tiempo de fraguado.

1.4.1.1. Trabajabilidad

“Es aquella propiedad del mortero o del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado”. (ACI 116)

La trabajabilidad como tal tiene un concepto que es muy amplio e involucra aspectos del concreto fresco relacionados con todas las operaciones que se realizan con este en su estado fresco. Las propiedades relacionadas con la trabajabilidad incluyen consistencia, estabilidad,



compactabilidad, segregación, movilidad, bombeabilidad (en la actualidad), sangrado (exudación) y facilidad de acabado.

No se ha llegado a establecer un procedimiento único para medir exactamente la trabajabilidad de las mezclas de concreto. No obstante, el método tradicional más aceptado de medir indirectamente la trabajabilidad, está basado en el ensayo de Slump o asentamiento del concreto con el cono de abrams, ya que nos brinda una aproximación numérica a esta propiedad. La consistencia es considerada una buena indicación de trabajabilidad y el asentamiento en cono de Abrams se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto.

La consistencia está en función principalmente de la cantidad de agua, pero también se encuentra influenciada por la pasta y el equilibrio adecuado entre agregados gruesos y finos.

En el caso de los concretos con alta resistencia temprana (ART) como en los concretos actuales, se logran obtener una mayor trabajabilidad y además concretos con consistencias fluidas con la adición de los Aditivos reductores de Agua. Con el fin de reducir la cantidad de agua, aprovechar los beneficios de los reductores de agua y de esta manera obtener mayores resistencias tempranas y finales.

METODO DE ENSAYO

REVENIMIENTO O SLUMP

El ensayo de revenimiento o asentamiento del cono de Abrams está basado en la norma ASTM C 143 (NTP 339.035), es el método más ampliamente aceptable para medir la consistencia del concreto debido a su simpleza en su realización y en la facilidad de adquirir y transportar sus equipos.

EQUIPOS:

- Molde de metal con forma de cono truncado, con un diámetro en la base de 200 mm (8 pulg.), 100 mm de diámetro superior (4 pulg.) y 300 mm de altura (12 pulg.)
- Una varilla de metal con 16 mm (5/8 pulg.) de diámetro y 600 mm (24 pulg.) de longitud con punta de forma semiesférica.
- Un cucharón de tamaño apropiado y de forma adecuada para facilitar el manejo del ensayo.
- Una regla, cinta métrica o un flexo-metro.

En la siguiente **Figura 1-7** se muestra el juego de cono de abrams para la realización de este ensayo.

Figura 1-7 Juego de cono de Abrams



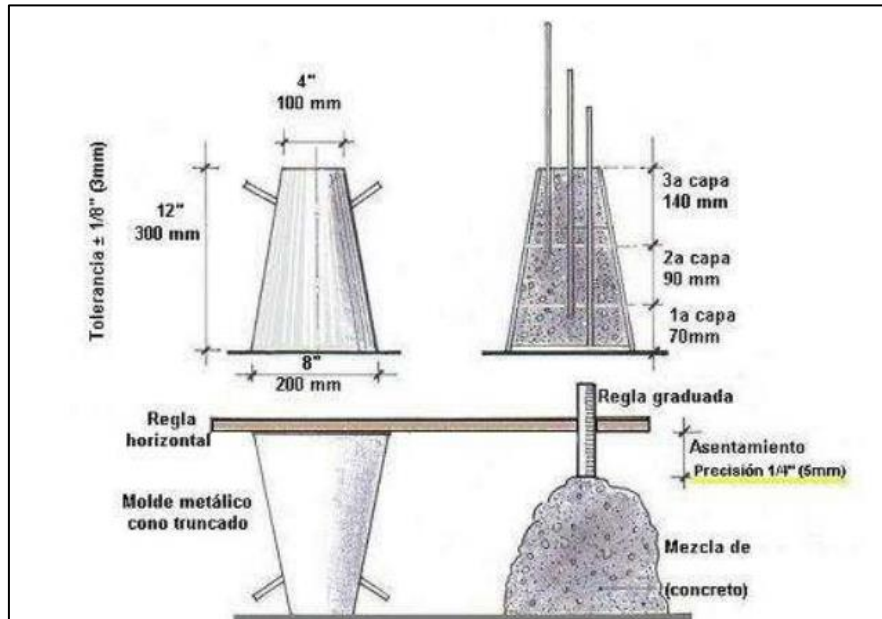
FUENTE: página web cotecno.cl <http://cotecno.cl/nuestros-productos/cono-de-abrams-completo/>

PROCEDIMIENTO:

Se debe humedecer el interior del cono y la bandeja metálica. A continuación, se debe colocar la bandeja metálica en una superficie plana y uniforme, ubicar el cono en el centro de la bandeja metálica y mantenerlo sujeto con firmeza con ayuda de los pies. Llenar el cono en tres capas iguales y compactarlas 25 veces con la ayuda de la varilla uniformemente cada capa. Quitar (enrasar) el concreto sobrante de la última capa y retirar el cono de forma vertical en un lapso de 5 ± 2 seg.

Una vez retirado el cono, colocar el cono a un costado de la mezcla sobre la bandeja metálica y colocar la varilla en la parte superior del cono, con la ayuda de una regla métrica medir el asentamiento del concreto con una aproximación de $\frac{1}{4}$ pulg. Tal y como se observa gráficamente en la **Figura 1-8**.

Figura 1-8 Procedimiento para ensayo de cono de Abrams



FUENTE: Control de calidad del concreto, Fernando Gastañadú Ruiz

OBSERVACIONES

El Asentamiento de una mezcla de concreto, es hoy en día el ensayo más practicado como método de aceptación del concreto fresco, en los concretos premezclados la aceptación del concreto fresco y su aprobación para su vaciado, está directamente ligado a la aceptación del ensayo de asentamiento en obra. Para dicha aprobación el concreto deberá estar en el rango de Slump solicitado para la mezcla.

Para la elección del rango de asentamiento para nuestra investigación, fue basada en producir mezclas de alta fluidez mayores a $7 \frac{1}{2}$ " , por las ventajas que últimamente se han experimentado en obras desde pequeña, mediana y gran envergadura, como son:

- La fácil y rápida colocación
- La optimización de tiempos de vaciado y reducción en el personal de las cuadrillas
- Presentan mejores acabados, evitando costos de no calidad.
- Menor tiempo de utilización de equipos de vibrado y optimización de costos.



Y otras ventajas como la capacidad de rellenar los espacios o lugares estrechos entre refuerzos de una estructura con una mayor facilidad. Estas mezclas de alta fluidez están siendo las más utilizadas para vaciados de concreto a nivel internacional y nacionalmente en Lima, actualmente el requerimiento de estas mezclas en nuestra región de Arequipa va en crecimiento por las grandes ventajas que estas presentan.

Por lo que el revenimiento elegido para la presente investigación de concretos ART, estará comprendido en el rango de 8 a 10 pulg, ya que serán mezclas que por sus características serán más recomendables obtener mezclas de alta fluidez. Ya que también será un factor primordial para los fines comparativos propuestos.

1.4.1.2. Tiempo de fraguado

El proceso de fraguado del concreto se da inicio con el contacto agua – cemento y las reacciones químicas desarrolladas por este, que conducen a un proceso que generan calor mediante diferentes velocidades de reacción y estas dan origen a nuevos compuestos, que a su vez generan que la pasta del concreto conlleve un proceso progresivo de endurecimiento y posteriormente a la ganancia de resistencia.

El fraguado inicial indica el momento en el que la masa ha adquirido cierta rigidez que no puede ser vibrado sin dañar su estructura interna y el fraguado final ocurre entre 4 a 8 horas después de iniciar el mezclado y está definido por el desarrollo de la resistencia, que se genera a gran velocidad. (Gabalec M. 2008).

Por lo tanto, para los concretos ART es muy necesario tener el conocimiento de los tiempos de fragua inicial y final de las mezclas, para entender de esta manera el tiempo de vida del concreto fresco que nos brinda la mezcla, para ser manipulada sin alterar ninguna propiedad resistente.

La determinación de los tiempos de fragua inicial y final de una mezcla se logran a través del siguiente ensayo.

METODO DE ENSAYO

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO:

El ensayo de fragua está basado en la norma ASTM C 403 (NTP 339.082), este ensayo del tiempo de fraguado es aplicado a concretos o morteros que a través de penetraciones en

diferentes puntos y a intervalos definidos de tiempo, nos proporcionan datos del tiempo de la fragua inicial y final de una muestra de concreto.

EQUIPOS:

- Moldes graduados 6" x 6"
- Termómetro
- Una varilla de metal con 16 mm (5/8 pulg.) de diámetro y 600 mm (24 pulg.) de longitud con punta de forma semiesférica.
- Malla N^o 4, (4.75mm)
- Penetrómetro graduado con sus respectivas agujas de penetración con áreas de apoyo de 1, 1/2, 1/4, 1/10, 1/20, 1/40 pulg²
- Combo de Goma y
- Un cronometro o un reloj

Figura 1-9 Penetrómetro de precisión +- 2lb-f, moldes y agujas de penetración



FUENTE: Propio

En la *Figura 1-9* se muestra el equipo utilizado en la presente investigación para la realización de este ensayo.

PROCEDIMIENTO:

Se debe tamizar la muestra de concreto por el tamiz N°4 (4.75mm) sobre un recipiente no absorbente, a continuación, se debe verter el mortero obtenido del tamizado sobre el molde, en una sola capa con 25 golpes de varillado y con la ayuda del mazo de goma realizar golpes laterales suaves, para eliminar el aire atrapado.

Se deben almacenar los moldes a condiciones de temperatura ambiente o en caso del laboratorio tratar de mantenerlo entre 20 a 25 °C.

En diferentes intervalos de tiempo se procede a medir la fuerza de penetración con la ayuda de las agujas y el penetrómetro, el orden de las agujas a penetrar se dispondrá de la siguiente manera 1, 1/2, 1/4, 1/10, 1/20, 1/40 pulg², en cada lectura se debe tomar apunte de la carga registrada, la temperatura del mortero, la temperatura del ambiente y la hora de ensayo.

Con los datos obtenidos se grafica una curva de resistencia a la penetración en función del tiempo, de la cual se podrá obtener los datos de la fragua inicial y final de la muestra del concreto, la fragua inicial estará dada en el tiempo que la curva graficada intercepta con una resistencia de 500 psi y la fragua final con una resistencia de 4000 psi. Tal y como se muestran en el gráfico de la *Figura 1-11*.

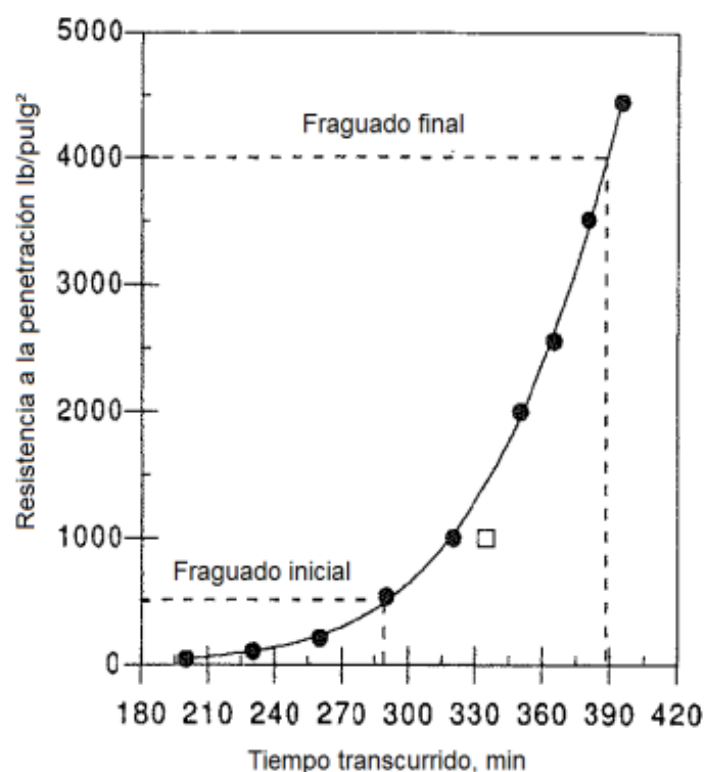
En la siguiente *Figura 1-10* se muestran los morteros después de ser ensayados.

Figura 1-10 Muestras de morteros ensayados



FUENTE: Propio

Figura 1-11 Curva de resistencia a la penetración en función del tiempo, fragua inicial (500 psi) y fragua final (4000 psi)



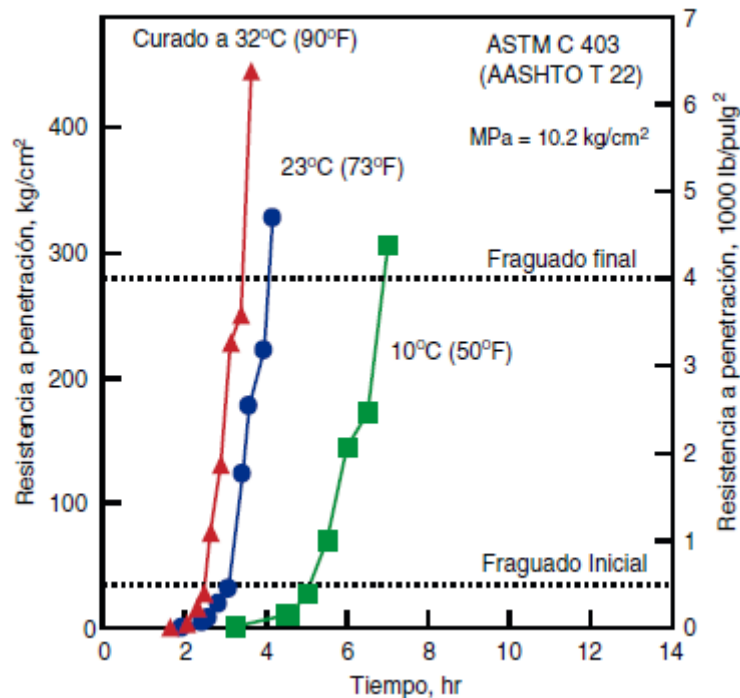
FUENTE: ASTM C403

OBERVACIONES:

Se debe tener en cuenta que la temperatura ambiental es influyente directo del tiempo de fragua, es por ello que si la temperatura ambiental tiene un cambio considerable es posible que el tiempo de fragua también lo tenga, es decir la temperatura y el tiempo de fraguado tiene un comportamiento inverso. Así mismo la relación a/c, contenido de cemento, tipo de cemento y adiciones químicas, representan otros factores que afectan el tiempo de fraguado, como se muestran en el gráfico de la **Figura 1-12**, en donde se observa que el tiempo de fragua inicial y final son menores para mezclas con temperaturas mayores y viceversa.

Los ensayos de fragua en la investigación se realizaron aproximadamente a la misma hora que las mezclas realizadas para la resistencia a compresión, tratando de evitar la variabilidad en las temperaturas ambientales. Cabe destacar que los ensayos y la preparación de las mezclas para la presente investigación se trataron de realizar por las mañanas.

Figura 1-12 Tiempo de inicio y fin de fraguado para una mezcla de concreto en diferentes temperaturas (Burg1996)



FUENTE: Libro Diseño y control de mezclas del concreto, Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi.

1.4.1.3. Peso unitario o densidad del concreto fresco

METODO DE ENSAYO

Este ensayo está basado bajo la norma ASTM C138 (NTP 339.046), este método cubre la determinación de la densidad o peso unitario del concreto recién mezclado.

EQUIPOS:

- Varilla de apisonamiento o compactación, con un diámetro 5/8" y aproximadamente 60 cm de longitud, con un extremo redondeado.
- Recipiente de medida, contenedor cilíndrico de acero o metal adecuado.
- Barra metálica para enrasado final, placa metálica rectangular plana.
- Balanza
- Combo de goma y cucharón metálico

PROCEDIMIENTO:

Se obtiene la muestra de la mezcla de concreto, seguidamente se vierte la mezcla de concreto dentro del recipiente de medida en tres capas de volúmenes aproximadamente iguales, consolide la mezcla con 25 golpes por cada capa con la ayuda de varilla de apisonado, distribuyendo los golpes de apisonado uniformemente sobre la superficie del concreto y para las dos capas superiores penetre aproximadamente 1 pulg en la capa subyacente. Una vez realizado los golpes con la varilla de apisonado en cada capa, golpee los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el mazo de goma por cada capa, una vez realizado la última capa, nivele la superficie del concreto excedente, enrasándola con la ayuda de la barra metálica, limpie todo exceso de concreto sobre el recipiente y determine la masa del recipiente más la muestra del concreto.

Determine la densidad o peso unitario de la mezcla de concreto dividiendo la masa neta del concreto fresco entre el volumen del recipiente.

$$P.U. = \frac{Mt - Mr}{Vr}$$

Donde:

P.U.: Peso unitario o densidad del concreto fresco

Mt: Masa total, masa del recipiente más la masa del concreto

Mr: Masa del recipiente

Vr: Volumen interno del recipiente

Figura 1-13 Ensayo de Peso Unitario del concreto fresco



FUENTE: Propio

En la **Figura 1-13** se muestra el ensayo de peso unitario después del varillado y durante el pesaje para la toma de datos.



1.4.1.4. Contenido de aire atrapado

METODO DE ENSAYO

Este ensayo está basado bajo la norma ASTM C-231 (NTP 339.083), este método cubre la determinación del contenido de aire atrapado del concreto fresco por el método de presión.

EQUIPOS:

- Equipo de ensayo para contenido de aire del concreto fresco (Olla Washington)
- Varilla de apisonamiento o compactación, con un diámetro 5/8" y aproximadamente 60 cm de longitud, con un extremo redondeado.
- Barra metálica para enrasado final, placa metálica rectangular plana.
- Combo de goma
- Cucharon metálico

PROCEDIMIENTO:

Se obtiene la muestra de la mezcla de concreto, seguidamente se sigue los pasos exactamente como el ensayo de determinación del peso unitario o densidad del concreto fresco descrito en el punto anterior, tomando el recipiente de medida la olla washington, generalmente el peso unitario se realiza conjuntamente con el ensayo de porcentaje de aire, debido a que la olla washington cumple satisfactoriamente los requisitos del recipiente requerido para el ensayo del peso unitario.

Una vez realizado el último paso del enrasado de la superficie de la mezcla y la limpieza de todo residuo de mezcla, se procede a colocar la tapa de la olla washington que contiene el manómetro, debidamente humedecida, se ajustan las abrazaderas del equipo y se procede a inyectar agua por una de las llaves de purga hasta que el agua emerja de la llave opuesta, se bombea aire a la olla hasta su cero calibrado, se cierran todas las válvulas de inyección de agua y se abre la válvula principal de aire, luego se golpea ligeramente la pantalla de medición hasta que esta se estabilice, y finalmente registrar el porcentaje de aire hallado.

Figura 1-14 Ensayo Porcentaje de aire del concreto fresco (izq. 1.1%, derec. 1.6%



FUENTE: Propio

1.4.2. Propiedades en estado endurecido

El Concreto endurecido es el concreto que ha desarrollado la resistencia suficiente para servir a algún propósito o resistir la rotura bajo la carga estipulada. (ACI 116-00)

Una vez que el concreto ha culminado su etapa de fraguado, comienza la etapa de endurecimiento, proceso en el cual comienza la ganancia de resistencia a través del tiempo.

El valor de $f'c$ (resistencia a la compresión) se utiliza generalmente como indicador de la calidad del concreto. Es claro que pueden existir otros indicadores más importantes dependiendo de las solicitaciones y de la función del elemento estructural o estructura. Las Normas o Códigos relacionan muchas de las características mecánicas del concreto (módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, resistencia al corte, adherencia, etc.) con el valor de la Resistencia a la compresión ($f'c$) (Ottazzi 2004)

En el caso de los concretos ART, la resistencia requerida en la edad especificada es su principal solicitación, lo que hace que este tipo de concretos se hagan aún más interesantes que los concretos convencionales, Aspecto por el cual fue la principal motivación del presente trabajo de tesis.

1.4.2.1. Resistencia a la compresión

Los concretos ART, de la misma forma que los concretos convencionales están regidos por la norma ASTM C-39 (NTP 339.034) para los respectivos ensayos de rotura de probetas.

La resistencia de los especímenes será calculada, dividiendo su capacidad máxima medida por la máquina de compresión entre su sección transversal del testigo.

$$RC = \frac{P}{As}$$

Donde:

RC: Resistencia a la compresión (Kgf/cm²)

P: Carga Máxima de compresión (Kgf)

As: Área de la sección transversal (cm²)

En las imágenes de la siguiente **Figura 1-15** se logra observar un testigo después de ser ensayado en la máquina de compresión, para la determinación de su resistencia.

Figura 1-15 Ensayos de resistencia a la compresión



FUENTE: Propio

OBSERVACIONES:

Para el presente trabajo se realizaron diseños con resistencias requeridas a 24 horas, 3 días y 7 días, pero cada una de ellas estará evaluada también hasta los 28 días.



Para las roturas realizadas a las edades tempranas de 24 horas, 3 y 7 días, existen tolerancias de tiempos admisibles las cuales están establecidas bajo la norma ASTM C-39 como se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 1-1 Tolerancia de tiempos admisibles para la rotura de probetas

TOLERANCIA DE TIEMPOS DE ROTURAS DE PROBETAS - ASTM C-39	
EDAD	TOLERANCIA
24 h	+ - 0.5 horas
3 días	+ - 2 horas
7 días	+ - 6 horas
28 días	+ - 20 horas
90 días	+ - 2 días

FUENTE: ASTM C - 39

1.5. Materiales o componentes del concreto ART

1.5.1. Agregados

También llamados áridos, es un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por norma ASTM C-33 (NTP 400.011).

Agregado fino. - Agregado que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8”), y que recomendablemente cumpla los límites establecidos por la norma ASTM C-33 (NTP 400.011)

El más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

Agregado grueso. - Agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N°4) y que recomendablemente cumpla los límites establecidos en la norma ASTM C-33 (NTP 400.011).

Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 80% del volumen del concreto (70% al 85% en peso) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en el estado fresco como en el estado endurecido del concreto, en las proporciones de la mezcla y también en la economía de la misma.

Los agregados tienen que estar graduados de tal forma que la masa total de concreto actúe como una combinación relativamente sólida, homogénea y densa, con los tamaños más pequeños, actuando como un relleno inerte de los vacíos que existen entre las partículas grandes.

Los agregados usualmente usados consisten de agregado natural (redondeado) o agregado chancado, como se muestra en la **Figura 1-16**, siendo este último el más recomendable para la fabricación de concretos con especificaciones de resistencia altas y para concretos ART.

Las propiedades del agregado grueso afectan directamente la resistencia del concreto endurecido, motivo por el cual se es más favorable hacer el uso de agregados chancados para los fines de la presente investigación, debido a que la textura del agregado reviste especial importancia por su influencia en la adherencia entre los agregados y la pasta de cemento fraguado.

Figura 1-16 Agregado grueso redondeado (izquierda) y agregado grueso chancado (Derecha)



FUENTE: Libro Diseño y control de mezclas del concreto, Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi.

Los requisitos generales que se debería cumplir para la fabricación de concretos están contenidos en la norma técnica peruana NTP400.037 o la norma ASTM C33/C33M.

Según la norma E-0.60 del RNE y el ACI, el tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá exceder ninguna de las siguientes consideraciones:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado
- 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso



- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Los ensayos principales para la determinación de las características físicas de los agregados son las siguientes:

Tabla 1-2 Ensayos para determinar las características Físicas de los agregados

NOMBRE DE ENSAYO	NTP	ASTM
Extracción y preparación de las muestras	NTP 400.010	ASTM D-75
Análisis granulométrico del agregado fino y grueso	NTP 400.012	ASTM C136
Material más fino que pasa la malla # 200	NTP 400.018	ASTM C117
Peso Específico y absorción del agregado fino	NTP 400.022	ASTM C128
Peso Específico y absorción del agregado grueso	NTP 400.021	ASTM C127
Peso Unitario del agregado fino y grueso	NTP 400.017	ASTM C29
Contenido de humedad	NTP 339.185	ASTM C566

FUENTE: ASTM

1.5.2. Agua de mezcla

El agua es un componente muy importante en las mezclas de concreto, el cual cumple dos funciones principales; permite la hidratación del cemento (reaccionando con el cemento en sus distintas etapas) y contribuye en la trabajabilidad de la mezcla, En consecuencia, es un componente fundamental del concreto, ya que su presencia condiciona tanto el desarrollo de las propiedades en estado fresco, como en la etapa de endurecimiento.

El agua que será utilizada para la fabricación del concreto, deberá cumplir los requisitos mínimos de la norma ASTM C 1602 (o NTP 339.088), o como requisito general que el agua de mezcla sea considerada como agua potable.

1.5.3. Cemento

El cemento en términos generales es un aglutinante, un polvo muy fino resultante de calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, que en presencia de agua forma una pasta



conglomerante capaz de endurecer, adquiriendo así propiedades resistentes y adherentes, mediante un proceso de reacción química que se conoce como hidratación.

La ASTM (American Society for Testing and Materials) clasifica a los cementos como:

1.5.3.1. Cemento Portland. (Clinker + yeso)

La ASTM C-150 (NTP 334.009), AASHTO M 85, considera 5 tipos de cemento portland;

Tipo I: Cemento normal, destinado a obras de concreto general sin alguna especificación de algún otro tipo de cemento.

Tipo II: Cemento con Moderada resistencia a los sulfatos

Tipo III: Cemento con alta resistencia Inicial (altas resistencias tempranas)

Tipo IV: Cemento con bajo calor de hidratación

Tipo V: Cemento con alta resistencia a los sulfatos

La ASTM C -150 considera 8 tipos de cemento portland, los 5 anteriores y 3 tipos adicionales, los cuales son:

Tipo IA: Cemento Normal con aire incluido

Tipo IIA: Cemento con moderado resistencia a los sulfatos con aire incluido

Tipo IIIA: Cemento con alta resistencia inicial con aire incluido

Los Cementos con aire incluido (IA, IIA, IIIA), durante su producción, se muelen pequeñas cantidades de material incorporador (inclusor) de aire juntamente con el Clinker, por lo que estos cementos producen un concreto con una resistencia a congelamiento y deshielo mayor. Tales concretos contienen burbujas minúsculas de aire, bien distribuidas y completamente separadas. El aire incluido en la mayoría de los concretos se logra adicionando aditivos inclusores de aire y no del uso de este tipo de cemento, estos cementos con aire solo están disponibles en algunos países.

El cemento tipo III ofrece resistencia a edades tempranas, normalmente una semana o menos. Este cemento es química y físicamente similar al cemento tipo I, a excepción de que sus partículas se muelen más finamente. Es usado cuando se necesita remover las cimbras (encofrados) lo más temprano posible o cuando la estructura será puesta en servicio rápidamente. En clima frío, su empleo permite una reducción en el tiempo de curado. A pesar de que se puede usar un alto contenido de cemento tipo I para el desarrollo temprano de la



resistencia, el cemento tipo III puede ofrecer esta propiedad más fácilmente y más económicamente.

1.5.3.2. Cementos Portland Adicionados. (C.P. + Adición Mineral)

La ASTM C – 595 (NTP 334.090) y la AASHTO M240, Establecen las siguientes clases principales de cementos adicionados:

Tipo IS:	Cemento Portland con escoria de alto horno (25% - 70%)
Tipo IP:	Cemento Portland puzolánico (15% - 40%)
Tipo I (PM):	Cemento portland modificado con puzolana (menos del 15%)
Tipo I (SM):	Cemento Portland modificado con escoria
Tipo IL:	Cemento Portland Caliza
Tipo IT:	Cemento adicionado Ternario (dos adiciones)
Tipo ICO:	Cemento Portland compuesto (hasta el 30%) (fillers calizo)

Las principales adiciones minerales son; la Puzolana, Escoria, caliza.

Un cemento es adicionado si contiene más del 15% de adición mineral (25% en escoria) y el cemento modificado aquel con contenido hasta 15% (25% en escoria) de aditivos minerales.

Dependiendo del requerimiento se puede añadir el sufijo MH, MS o A, si se quiere moderado calor de hidratación, moderado resistencia a los sulfatos, incluso de aire respectivamente.

1.5.3.3. Cemento con especificación de la performance

En los años 90 se crearon las especificaciones de desempeño para los cementos hidráulicos La ASTM C 1157 (NTP 334.082) “especificación de desempeño para cementos hidráulicos” (Performance Specification for Hydraulic Cements). Los cementos de esta norma satisfacen a los requisitos de ensayos de desempeño físico, oponiéndose a las restricciones de ingredientes o de composición química del cemento. La norma presenta 6 tipos de cemento hidráulicos.

Tipo GU:	Uso General
Tipo HE:	Alta resistencia inicial
Tipo MS:	Moderada resistencia a los sulfatos
Tipo HS:	Alta resistencia a los sulfatos
Tipo MH:	Moderado calor de hidratación



Tipo LH: Bajo calor de hidratación

Considerando las 3 clasificaciones de cementos, se muestra el siguiente cuadro de la *Tabla 1.3* para clasificarlos según sus aplicaciones.

Tabla 1-3 Aplicaciones de los cementos portland, adicionados y según desempeño

Especificación del cemento	APLICACIONES					
	Uso general	Moderado calor de hidratación	Alta resistencia inicial	Bajo calor de hidratación	Moderada resistencia a los sulfatos	Alta resistencia a los sulfatos
ASTM C 150 (AASHTO M 85) cementos portland	I	II (opción de moderado Calor)	III	IV	II	V
ASTM C 595 (AASHTO M 240) cementos hidráulicos mezclados	IS IP I (PM) I (SM) S,P	IS (MH) IP (MH) I (PM)(MH) I (SM)(MH)		P (LH)	IS (MS) IP (MS) P (MS) I (PM)(MS) I (SM)	
ASTM C 1157 cementos según performance	GU	MH	HE	LH	MS	HS

FUENTE: Libro Diseño y control de mezclas del concreto, Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerckhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi.

Para el caso de la presente investigación se hará uso únicamente del cemento tipo HE, por los beneficios que esta presenta para los fines deseados por la presente investigación. Cabe mencionar que el cemento portland tipo III no se comercializa en nuestro medio local.

CEMENTO TIPO HE

El cemento tipo HE proporciona alta resistencia en edades tempranas, usualmente menos de una semana. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo III.

Cementos YURA S.A. por defecto es la empresa cementera de mayor auge local para nuestra Región Arequipeña, ya que viene abasteciendo cemento a toda nuestra región y a toda la parte Sur de nuestro Perú desde los años 1966, con una planta ubicada en el distrito de Yura - departamento de Arequipa, y es por defecto nuestro cemento local.

Actualmente Cementos YURA S.A., produce los siguientes tipos de cemento:

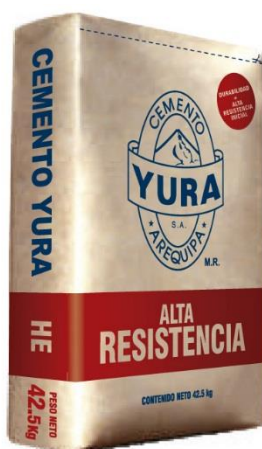
- Cemento Tipo IP
- Cemento Tipo HS
- Cemento Tipo HE

El cemento Tipo HE es uno de los últimos tipos de cemento que YURA S.A. está produciendo en los últimos años. Este tipo de cemento está destinado a lograr resistencias altas a edades tempranas, y por los objetivos perseguidos por esta investigación, se optó hacer uso del cemento Tipo HE para toda la investigación.

CEMENTO YURA - TIPO HE.

En la siguiente imagen de la *Figura 1-17*, se muestra la presentación en bolsa de 42.5 kg de este tipo de cemento HE, además, YURA tiene dos presentaciones adicionales, la presentación en big bag de 1.5 toneladas y a granel, distribuidas en transporte con bombonas de 30 ton usualmente.

Figura 1-17 Presentación en Bolsa (42.5 Kg) Cemento Tipo HE - YURA



FUENTE: Cementos YURA tipo HE

El cemento YURA tipo HE, es un cemento portland de última generación, elaborado bajo los más altos estándares de la industria cementera, colaborando con el cuidado del medio ambiente, debido a que en su producción se genera menor cantidad de CO₂ contribuyendo a una reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. (Ficha Técnica Cementos YURA Tipo HE)

En la siguiente **Tabla 1.4** se muestran los valores que el cemento tipo HE alcanza de acuerdo a los requisitos de la norma ASTM C 1157 y en comparación al cemento tipo I.

Tabla 1-4 Requisitos físicos ASTM C1157, cemento tipo HE – YURA y cemento Tipo I

REQUISITOS FÍSICOS	REQUISITOS NORMA TÉCNICA NTP 334.082 ASTM C 1157		DESEMPEÑO CEMENTO YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL - TIPO HE		REQUISITOS NORMA TÉCNICA CEMENTO TIPO I NTP 334.009 / ASTM C 150	
- Superficie específica Blaine (cm ² /g)	-		4400 - 5000		2600 Mínimo	
- Expansión en autoclave (%)	0.80 Máximo		-0.06 - 0.05		0.80 Máximo	
- Fraguado Vitcat Inicial (minutos)	45 Mínimo		140 - 200		45 Mínimo	
- Fraguado Vitcat Final (minutos)	420 Máximo		145 - 245		375 Máximo	
- Contenido aire Mortero (%)	-		4.50		12.00 Máximo	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	kg-f/cm ²	MPa	kg-f/cm ²	MPa	kg-f/cm ²	MPa
1 día	122	12	140 - 160	13.7 - 15.7	-	-
3 días	244	24	265 - 290	25.9 - 28.4	122	12
7 días	-	-	300 - 350	29.4 - 34.3	194	19
28 días	-	-	370 - 415	36.2 - 40.7	-	-

FUENTE: Ficha técnica, Cementos YURA tipo HE

1.5.4. Aditivos

Se les llama aditivos a las sustancias añadidas a la mezcla, aparte de los componentes fundamentales del concreto (cemento, agregados y agua) con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y mejorarlo de acuerdo al fin que se requiera.

Los romanos fueron probablemente los primeros que trataron de modificar las características físicas de los morteros con los que construían sus grandes obras. Se tiene referencias que los

primeros aditivos que usaron para modificar la manejabilidad de los morteros fueron la sangre de animales, clara de huevo y grasas

1.5.4.1. Clasificación de los aditivos

Actualmente existen una gran variedad de aditivos para el concreto, cada uno con un fin distinto, de obtener o mejorar ciertas propiedades en el concreto fresco y/o endurecido, de acuerdo a la necesidad de cada proyecto.

En la imagen de la **Figura 1-18**, se puede observar algunos tipos de aditivos para concreto.

Figura 1-18 *Aditivos líquidos, de la izquierda a la Derecha: Aditivo antideslave, reductor de retracción, reductor de agua, agente espumante, inhibidor de corrosión e incorporador de aire*



FUENTE: Libro Diseño y control de mezclas del concreto, Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi.

La norma ASTM C - 494 (NTP 334.088), clasifica a los aditivos de la siguiente manera:

**Tabla 1-5 Clasificación de aditivos según ASTM C 494**

CLASIFICACION DE ADITIVOS (ASTM C494)	
TIPO	DESCRIPCION
A	Aditivos reductores de agua
B	Aditivos retardadores
C	Aditivos aceleradores
D	Aditivos reductores de agua y retardadores
E	Aditivos reductores de agua y aceleradores
F	Aditivos reductores de agua de alto rango
G	Aditivos reductores de agua de alto rango y retardadores
S	Aditivos de rendimiento específicos

FUENTE: ASTM C494-08

Los aditivos como el anti deslave, agente espumante y demás mostrados en la **Figura -18**, entre otros que no se encuentren en la clasificación de los tipos de aditivos A-G, pueden ser regidos por el tipo S, aditivos de rendimientos específicos.

Para los fines deseado por la presente investigación, se hará uso de los aditivos superplastificantes (Reductores de agua de alto rango tipo F), acelerantes (Tipo C) y de un uso mínimo de retardantes (tipo B).

1.5.4.2. Aditivos reductores de agua

Un aditivo que reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir concreto de una consistencia dada. (ASTM C 494-08).

Los reductores de agua típicos disminuyen el contenido de agua aproximadamente del 5% al 10%. Con estos aditivos podemos lograr mayores resistencias ya que se logra una reducción en la relación a/c.



La eficiencia de los reductores de agua está en función de su composición química, la temperatura del concreto, la finura y composición del cemento, del contenido de cemento, la temperatura ambiental y la presencia de otros aditivos.

1.5.4.3. Aditivos Reductores de agua de alto rango (Tipo F)

Un aditivo que reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada en un 12 % o más. (ASTM C494-08)

Son aditivos que actúan de la misma manera que los aditivos reductores de agua, pero con una mayor eficiencia, tiene mayor eficacia en producir mayor trabajabilidad en las mezclas, capaces de reducir grandemente la demanda de agua y el contenido de cemento. Pueden producir concreto de baja relación agua – cemento, alta resistencia y trabajabilidad normal o alta.

La reducción de la demanda de agua puede estar entendida entre el 12% hasta 40%

A estos aditivos se les conoce también como los superplastificantes

SÚPER-PLASTIFICANTES:

La norma ASTM C 1017, define dos tipos de aditivos superplastificantes (Reductores de agua de alto rango) para obtener concretos fluidos con un revenimiento mayor a 7 ½” (ASTM C1017):

- 1) Superplastificantes y
- 2) Superplastificantes y retardadores.

Son Utilizados para obtener concretos fluidos con un alto asentamiento.

Figura 1-19 Ejemplo de concretos fluidos (slump mayor a 7 ½”)



FUENTE: Libro Diseño y control de mezclas del concreto, Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi.

Los primeros aditivos plastificantes datan de la década de los 30 (primera generación) a base de lignosulfonatos. Mientras que los primeros aditivos superplastificantes fueron originalmente fabricados en Japón en la década de los años 60, (segunda generación) a partir de los formaldeidos naftalenos sulfonados, con el fin de producir concretos de alta resistencia al permitir grandes reducciones en el contenido de agua; y en Alemania, desde 1972, a partir de los formaldeidos melamina sulfonados, a fin de desarrollar concretos fluidos, es decir concretos con asentamientos mayores de (7 ½”).

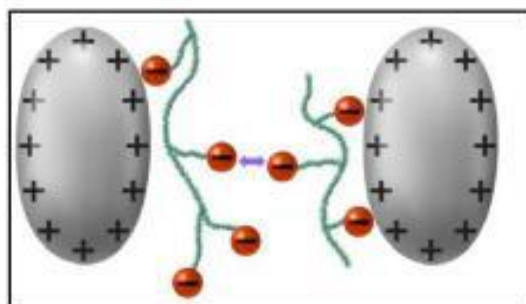
A principios de la década de los 90’s, es decir durante más de 60 años de evaluación y evolución de los aditivos, desde los primeros aditivos a base de lignosulfatos, llegamos a los actuales policarboxilatos modificados (tercera generación) que en la actualidad son los superplastificantes más usados para concretos de altas prestaciones.

POLICARBOXILATOS MODIFICADOS:

Los aditivos de tercera generación a base de policarboxilatos modificados fueron especialmente desarrollados para concretos trabajables con bajas relaciones agua/cemento están basados en cadenas de éterpoli carboxílico modificado, los excelentes efectos de dispersión realizado por estos aditivos producen una buena retención de slump, alcanzando alta resistencia y durabilidad en el concreto.

Los tradicionales Aditivos superplastificantes, como la melamina y naftalenosulfonado, se basan en polímeros, los cuales son absorbidos por partículas de cemento. Ellos son envueltos alrededor de las partículas de cemento rápidamente durante el proceso de mezcla del concreto. Los grupos sulfonados de cadenas poliméricas, incrementan la carga negativa en la superficie de las partículas de cemento y estas son dispersadas por repulsión eléctrica, ilustrado gráficamente en la *figura 1-20*. Este mecanismo eléctrico causa la dispersión de la pasta, como consecuencia requiere menos agua en la mezcla, obteniendo una buena trabajabilidad.

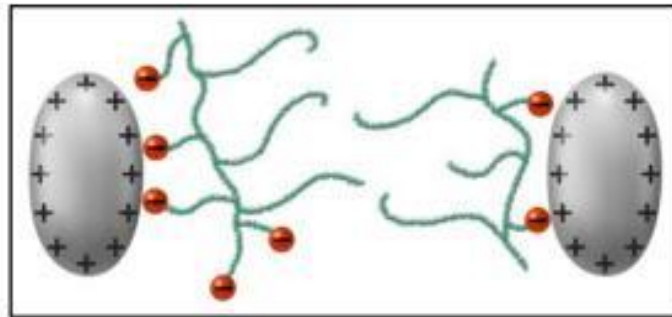
Figura 1-20 Esquema del mecanismo de absorción de aditivos superplastificantes convencionales en partículas de cemento. Repulsión electrostática



FUENTE: Tesis doctoral, universidad de madrid, Alonso 2011

Los aditivos de tercera generación tienen diferente estructura química, como el étercarboxílico de largas cadenas. Al iniciar el proceso de mezclado imita algunos mecanismos de dispersión electrostática, como los tradicionales aditivos, pero los lados de cadena enlazada por la estructura polimérica, origina un efecto el cual estabiliza la capacidad de las partículas para separarse y dispersarse, con estos procesos se obtiene gran fluidez y reducción de agua en el concreto. La alcalinidad creada en la pasta permite que los polímeros, puedan abrirse y progresivamente adicionar más cadenas de polímeros, que previenen la temprana floculación de la mezcla, ilustrado gráficamente en la siguiente *Figura 1-21*.

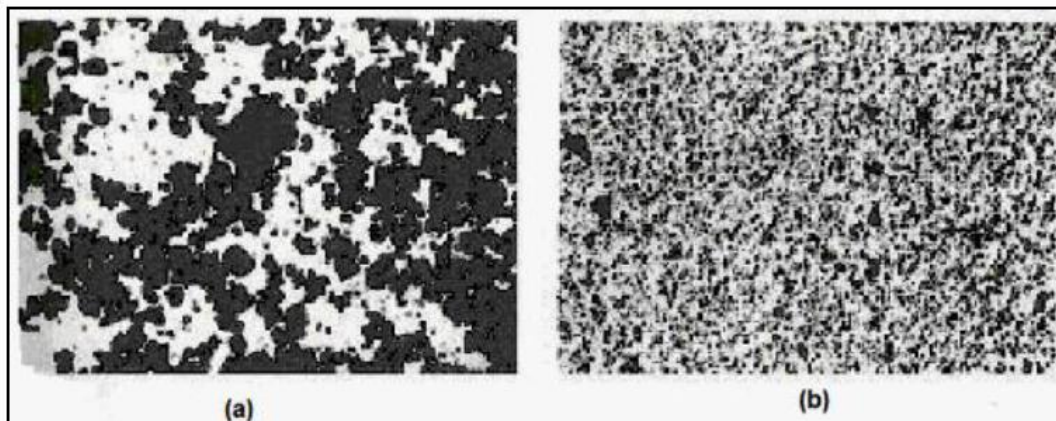
Figura 1-21 Esquema del mecanismo de absorción y repulsión de aditivos PCE en partículas de cemento. Repulsión.



FUENTE: Tesis doctoral, universidad de madrid, Alonso 2011

En siguiente **Figura 1-22**, se muestra el mecanismo de acción de las mezclas que contienen aditivo superplastificante vs mezclas sin aditivo superplastificante. El superplastificante hace que la mayor parte de partículas de cemento se dispersen, lo que provoca una mayor fluidez de la mezcla, evitando así los flóculos de cemento como sucede en mezclas sin superplastificante.

Figura 1-22 Microfotografía de partículas de cemento en una solución de agua/cemento sin aditivo (a) y con aditivo superplastificante (b).



FUENTE: Libro Diseño y control de mezclas del concreto, Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerckhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SUPER-PLASTIFICANTE.

VENTAJAS.

- Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto.



- Por el alto asentamiento (slump) que proporciona al concreto permite una buena colocación del mismo evitando la formación de cangrejeras.
- Incrementa la cohesividad del concreto fluido, así como también disminuye la segregación.
- Reduce la permeabilidad del concreto.
- Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y la segregación.
- Brinda mayor facilidad en el bombeo del concreto.
- Incrementa la resistencia a la compresión.

DESVENTAJAS.

- Se requiere personal capacitado para su manejo.
- Sensible a las variaciones de los materiales utilizados.
- Mayor precio unitario de material.
- Se deben cumplir estrictamente todas las normas referentes a manejo, protección y control del concreto.

1.5.4.4. Aditivos acelerantes (Tipo C)

Es un aditivo que acelera el fraguado y el desarrollo de la resistencia inicial o temprana del concreto. (ASTM C494-08)

Los acelerantes son aditivos compuestos por sustancias químicas, que aceleran las reacciones químicas del cemento, es decir tienen una función catalizadora que facilita la hidratación de los silicatos bicalcicos y tricalcicos del cemento, provocando la cristalización más rápida cristales fibrosos en el concreto.

Entre los tipos principales de acelerantes se encuentran compuestos de; Sales Solubles como los cloruros, fluoruros, bromuros, carbonatos, nitratos, sulfatos, silicatos, aluminatos e hidróxidos alcalinos y compuestos orgánicos como la trietanolamina y el formiato de calcio



El cloruro de Calcio (CaCl_2) generalmente es el compuesto químico más comúnmente empleado en los aditivos aceleradores, pero la experiencia data que debe ser utilizado en concretos sin refuerzo de acero, ya que aparte de ser un aditivo acelerante muy eficaz, promueve la corrosión potencial de la armadura, por lo que su uso debe ser siempre muy controlado.

Actualmente existen aditivos acelerantes sin cloruros y no corrosivos, que están disponibles para el uso en concretos con armadura. Sin embargo, algunos acelerantes sin cloruros no son tan eficientes como los cloruros de calcio.

Además de ello se puede decir que los acelerantes se pueden dividir en dos grupos: El primer grupo compuesto por acelerantes que reducen el tiempo de fraguado y aceleran la resistencia inicial, y el segundo grupo de acelerantes de fragua muy rápidos, que aceleran el fraguado inicial a minutos después de su aplicación, comúnmente utilizados para concreto lanzado en túneles o para aplicaciones inmediatas como en grietas de canales de agua.

Los efectos químicos principales sobre el concreto son:

- Incrementan la velocidad de reacción de los silicatos bicalcicos y tricalcicos en su hidratación.
- En forma particular el uso de cloruro de calcio al estar en contacto con el yeso forma la etringita que tiene un efecto expansivo en el concreto.
- Incrementan La hidratación del aluminato tricalcico (C3A) en menor grado que en los silicatos.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACELERANTES

VENTAJAS.

- Reduce el tiempo de desencofrado.
- Reducción del tiempo de espera para dar los acabados superficiales
- Reducción del tiempo de curado.
- Adelanto en la puesta de servicio de las estructuras
- Se puede combatir rápidamente fugas de agua en estructuras hidráulicas
- Ideal en climas fríos, donde se requiera mayor desarrollo de la velocidad de hidratación, fraguado del concreto y de la resistencia.



DESVENTAJAS.

- Mayor detrimento en la resistencia final del concreto
- Rápida pérdida de revenimiento
- Ciertos incrementos de la contracción por secado

1.5.4.5. Aditivos retardadores (Tipo B)

Es un aditivo que retarda el fraguado del concreto (ACI 494-08).

Son usados para retrasar la tasa de fraguado del concreto y también para disminuir la pérdida de revenimiento y por consiguiente mantener su consistencia plástica del concreto fresco.

Disminuyen la velocidad de reacción química entre el cemento y el agua. El retraso en la hidratación se atribuye a que el aditivo es absorbido por las partículas de cemento dilatando el contacto agua cemento, actúan sobre el aluminato tricalcico C3A para incrementando el tiempo de inicio de fragua inicial y final.

Los compuestos químicos más conocidos son; sulfatos de calcio, ácidos hidrocarboxilicos y los compuestos orgánicos basados en fosfatos, boro y sales de magnesio.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS RETARDANTES.

VENTAJAS.

- Retraso controlado del tiempo de fraguado sin afectar sustancialmente la adquisición de resistencias
- Transporte del concreto en Mixers en largas distancias planta-obra.
- Mejora la bombeabilidad del concreto en grandes longitudes.
- Ideal para disminuir la perdida de revenimiento en climas calurosos
- Ideal para vaciados complicados, donde la secuencia de colocación del concreto provocaría juntas frías si se emplean mezclas con fraguados normales.
- Mantener el concreto plástico en situaciones de emergencia que obligan a interrumpir los vaciados.

DESVENTAJAS.

- Algunos productos pueden generar un incremento del contenido de aire en el concreto
- Prolongación excesiva del fraguado del concreto con sobredosificaciones

Capítulo II: Caracterización de los materiales

2.1. Características del cemento tipo HE

Para el presente trabajo de investigación y como se mencionó antes, se ha preferido utilizar el cemento YURA Tipo HE (Alta Resistencia inicial), debido a los grandes beneficios que este presenta en la elaboración de diseños de mezclas donde se requiere altas resistencias iniciales, ideales para concretos ART (objeto de la investigación), aprovechando también que en el mercado actual este tipo de cemento ya forma parte de los cementos comerciales dentro de nuestra región de Arequipa. La presente investigación se ha realizado en las instalaciones del laboratorio de concretos de la empresa ECOCRET S.A., y la presentación del cemento utilizado fue en Big bag de 1.5 toneladas, como se ilustra en la siguiente *Figura 2-1*

Figura 2-1 Cemento Tipo HE usado en la investigación (en presentación Big Bag)



FUENTE: Propio

Las propiedades físicas, químicas y de resistencias del cemento tipo HE-YURA se presentan en el siguiente cuadro de la *Tabla 2-1*.

Tabla 2-1 Propiedades Químicas y Físicas del cemento YURA TIPO HE**CEMENTO PORTLAND TIPO HE****REQUERIMIENTOS QUIMICOS :** YURA ASTM C1157/C 1157M-11

Oxido de Magnesio, MgO, %	1.74	No Especifica
Trioxido de Azufre, SO ₃ , %	1.84	No Especifica
Perdida por Ignicion o al Fuego, P.F %	2.03	No Especifica

REQUERIMIENTOS FISICOS :

Peso Especifico (gr/cm ³)	2.87	No Especifica
Expansion en Autoclave, %	0.010	0.80 Maximo
Tiempo de fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de fraguado (inicial)	171	45 Minimo
Tiempo de fraguado (final)	209	420 Maximo
Contenido de Aire del Mortero, %	3.87	No Especifica

Resistencia a la Compresion, Mpa, (Kgf/cm²) Minimo:

01 dia	13.23	12.00
	(135)	(122.4)
03 dias	24.99	24.00
	(255)	(244.9)
07 dias	34.30	No Especifica
	(350)	-
28 dias	41.06	No Especifica
	(419)	-

FUENTE: Cementos YURA S.A.

2.2. Características de los agregados

Para la realización de la investigación se trabajó con los agregados fino y grueso provenientes de la cantera “Vanessa Alejandra II” de La joya-Arequipa.

2.2.1. Ubicación del agregado

La cantera de los agregados se encuentra ubicada en el kilómetro 35 de la variante de Uchumayo en el distrito de la joya, provincia de Arequipa; la cantera tiene por nombre “Alejandra Vanessa II” y es una cantera productora de agregado chancado, está compuesto básicamente de agregado chancado, pero también presencias de agregado zarandeado de superficie lisa.

Los acopios de agregados de donde se obtuvieron las muestras para los ensayos se encontraron ubicados en la planta de concreto de la empresa “ECOCRET S.A.”, como se observa en las imágenes de la *Figura 2-2*, cuya planta se encuentra ubicada en el parque industrial - Rio seco, en el distrito de Cerro Colorado, Arequipa.

Figura 2-2 Acopios de agregados fino y grueso



FUENTE: propio

2.2.2. Ensayos realizados a los agregados

Las tomas de muestras representativas de los agregados fueron realizadas de acuerdo a la normativa NTP 400.010, para cada agregado fino y grueso se tomaron tres muestras representativas a las que se realizaron todos los ensayos físicos mencionados, con el fin de obtener un resultado promedio de 3 ensayos, de tal modo que, nos brinde una mayor confiabilidad de resultados.

2.2.2.1. Agregado fino (Arena)

a.1) Análisis Granulométrico

Realizado bajo la normatividad NTP 400.012 (Norma Técnica Peruana) o ASTM C-136

Figura 2-3 Ensayo de Análisis Granulométrico del Agregado Fino



FUENTE: propio

Para el análisis granulométrico y demás ensayos, se realizó también pruebas de tres muestras representativas tomadas del agregado, con el fin de obtener los promedios como resultados finales. A continuación, se muestran los cuadros de los análisis granulométricos.



Los pesos retenidos en los ensayos granulométricos se encuentran en gramos (gr).

Tabla 2-2 Análisis Granulométrico Ag. Fino, muestra N°01

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO - MUESTRA N°01						MODULO DE FINURA	2.93
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037		
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	HUSO	ARENA
1/4"	0.000	0.00	0.00	100.00	-		
N° 4	50.500	7.18	7.18	92.82	95-100	los limites corresponden a la norma NTP 400.037 y ASTM C-33	
N° 8	135.400	19.25	26.43	73.57	80-100		
N° 16	116.100	16.51	42.94	57.06	50-85		
N° 30	99.900	14.20	57.14	42.86	25-60		
N° 50	94.050	13.37	70.51	29.49	10-30		
N° 100	125.600	17.86	88.37	11.63	0-10		
N° 200	47.800	6.80	95.17	4.83	0-5		
<N° 200	34.000	4.83	100.00	0.00	-		
TOTAL:	703.350	100.00					

FUENTE: propio

Tabla 2-3 Análisis Granulométrico Ag. Fino, muestra N°02

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO - MUESTRA N°02						MODULO DE FINURA	2.92
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037		
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	HUSO	ARENA
1/4"	0.000	0.00	0.00	100.00	-		
N° 4	42.00	6.93	6.93	93.07	95-100	los limites corresponden a la norma NTP 400.037 y ASTM C-33	
N° 8	121.83	20.09	27.02	72.98	80-100		
N° 16	102.21	16.85	43.87	56.13	50-85		
N° 30	87.32	14.40	58.27	41.73	25-60		
N° 50	74.02	12.21	70.47	29.53	10-30		
N° 100	93.40	15.40	85.88	14.12	0-10		
N° 200	55.45	9.14	95.02	4.98	0-5		
<N° 200	30.20	4.98	100.00	0.00	-		
TOTAL:	606.430	100.00					

FUENTE: propio

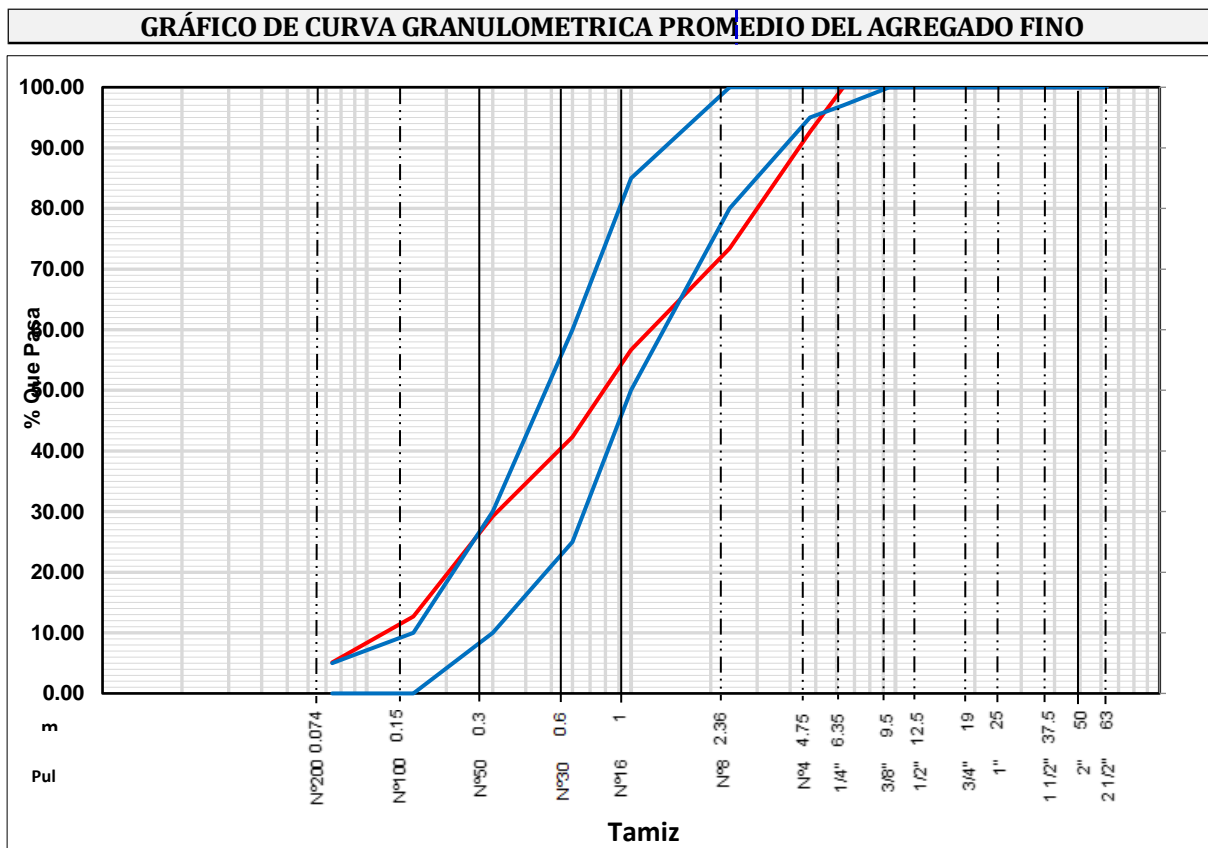


Tabla 2-4 Análisis Granulométrico Ag. Fino, muestra N°03

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO - MUESTRA N°03						MODULO DE FINURA	2.94
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037		
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	HUSO	ARENA
1/4"	0.000	0.00	0.00	100.00	-		
N° 4	47.50	7.98	7.98	92.02	95-100	los limites corresponden a la norma NTP 400.037 y ASTM C-33	
N° 8	108.67	18.26	26.25	73.75	80-100		
N° 16	100.62	16.91	43.16	56.84	50-85		
N° 30	86.58	14.55	57.71	42.29	25-60		
N° 50	81.51	13.70	71.41	28.59	10-30		
N° 100	95.40	16.03	87.44	12.56	0-10		
N° 200	41.32	6.94	94.39	5.61	0-5		
<N° 200	33.40	5.61	100.00	0.00	-		
TOTAL:	595.000	100.00					

FUENTE: propio

Figura 2-4 Curva granulométrica promedio del agregado fino



FUENTE: propio

Las curvas granulométricas de las muestras 01, 02 y 03 se encuentran en el anexo A. En la Figura 2-4, se muestra la curva granulométrica promedio de la arena, en donde observamos que, esta no se encuentra perfectamente dentro de los límites según norma NTP 400.037 o ASTM C-33, Así mismo, esto no significa un limitante obligatorio para la realización de nuestros diseños de mezcla ART.

a.2) Determinación del Peso Unitario Suelto y Compactado (PUS y PUC)

Determinado bajo la normatividad NTP 400.017 (Norma Técnica Peruana) o ASTM C-29. A continuación mostramos los cuadros resumen de los ensayos obtenidos en laboratorio.

Figura 2-5 Ensayo de Peso Unitario del Agregado Fino



FUENTE: propio

Tabla 2-5 Pesos Unitarios suelto y compactado promedios del Agregado Fino

AGREGADO FINO		<u>NTP 400.017</u>	<u>ASTM C 29</u>
Peso Olla: <u>4.901</u> kg	Peso Volumétrico Suelto (PUS)	<u>1601</u>	Kg/m ³
Vol. Olla: <u>0.007201</u> m ³	Peso Volumétrico Compactado (PUC)	<u>1812</u>	Kg/m ³

FUENTE: propio

a.3) Determinación del Peso Específico y Absorción

Determinado bajo la normatividad NTP 400.022 (Norma Técnica Peruana) o ASTM C-128

Figura 2-6 Ensayo de Peso Específico del agregado Fino



FUENTE: propio

Tabla 2-6 Peso Específico y Absorción promedios del Agregado Fino

AGREGADO FINO	<u>NTP 400.022</u>	<u>ASTM C 128</u>
Peso Específico:	<u>2636</u>	Kg/m ³
Absorción:	<u>2.32</u>	%

FUENTE: propio

a.4) Determinación del Material pasante de malla # 200

Determinado bajo la normatividad NTP 400.018 (Norma Técnica Peruana) o ASTM C-117

Figura 2-7 Ensayo de Material pasante malla # 200 del Agregado Fino



FUENTE: propio

Tabla 2-7 Material pasante promedio de la malla # 200 agregado fino

AGREGADO FINO	<u>NTP 400.018</u>	<u>ASTM C 117</u>
M1: <u>6.94</u> %		
M2: <u>7.16</u> %	% pasante malla #200 (promedio): <u>7.06</u> %	
M3: <u>7.08</u> %		

FUENTE: propio

Los datos y cálculos realizados al agregado fino en los ensayos en laboratorio, se encuentran mostrados a mayor detalle en el *anexo A*.

2.2.2.2. Agregado grueso (Huso 67)

a.1) Análisis Granulométrico

Realizado bajo la normatividad NTP 400.012 (Norma Técnica Peruana) o ASTM C-136

A continuación, se muestran los cuadros resumen de los ensayos realizados al agregado grueso.

Figura 2-8 Ensayo de Análisis Granulométrico del Agregado Grueso



FUENTE: propio

**Tabla 2-8 Análisis Granulométrico del Ag. Grueso, muestra N°01**

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO - MUESTRA N°01						MODULO DE FINURA	6.65
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037		
1"	0	0.00	0.00	100.00	100	TAMAÑO MAX. NOM.	3/4"
3/4"	480.00	5.18	5.18	94.82	90-100	HUSO	67
1/2"	2754.00	29.71	34.89	65.11	-	los límites corresponden a la norma NTP 400.037 y ASTM C-33	
3/8"	2565.00	27.67	62.56	37.44	20-55		
1/4"	1998.00	21.56	84.12	15.88	-		
N° 4	1298.00	14.00	98.12	1.88	0-10		
N° 8	63.00	0.68	98.80	1.20	0-5		
N° 16	111	1.20	100.00	0.00	-		
N° 30	0	0.00	100.00	0.00	-		
N° 50	0	0.00	100.00	0.00	-		
N° 100	0	0.00	100.00	0.00	-		
N° 200	0	0.00	100.00	0.00	-		
<N° 200	0	0.00	100.00	0.00	-		
TOTAL:	9269	100.00					

FUENTE: propio

Tabla 2-9 Análisis Granulométrico del Ag. Grueso, muestra N°02

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO - MUESTRA N°02						MODULO DE FINURA	6.66
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037		
1"	0	0.00	0.00	100.00	100	TAMAÑO MAX. NOM.	3/4"
3/4"	525.00	6.02	6.02	93.98	90-100	HUSO	67
1/2"	2687.00	30.81	36.83	63.17	-	los límites corresponden a la norma NTP 400.037 y ASTM C-33	
3/8"	2189.00	25.10	61.94	38.06	20-55		
1/4"	1979.00	22.69	84.63	15.37	-		
N° 4	1221.00	14.00	98.64	1.36	0-10		
N° 8	54.00	0.62	99.25	0.75	0-5		
N° 16	65	0.75	100.00	0.00	-		
N° 30	0	0.00	100.00	0.00	-		
N° 50	0	0.00	100.00	0.00	-		
N° 100	0	0.00	100.00	0.00	-		
N° 200	0	0.00	100.00	0.00	-		
<N° 200	0	0.00	100.00	0.00	-		
TOTAL:	8720	100.00					

FUENTE: propio

Del mismo modo que con el agregado fino, se tomaron 3 muestras representativas de agregado grueso para la realización de los ensayos en laboratorio, cuyos valores se muestran en lo cuadros de la **Tabla 2-8, Tabla 2-9 y Tabla 2-10.**



Tabla 2-10 Análisis Granulométrico del Ag. Grueso, muestra N°03

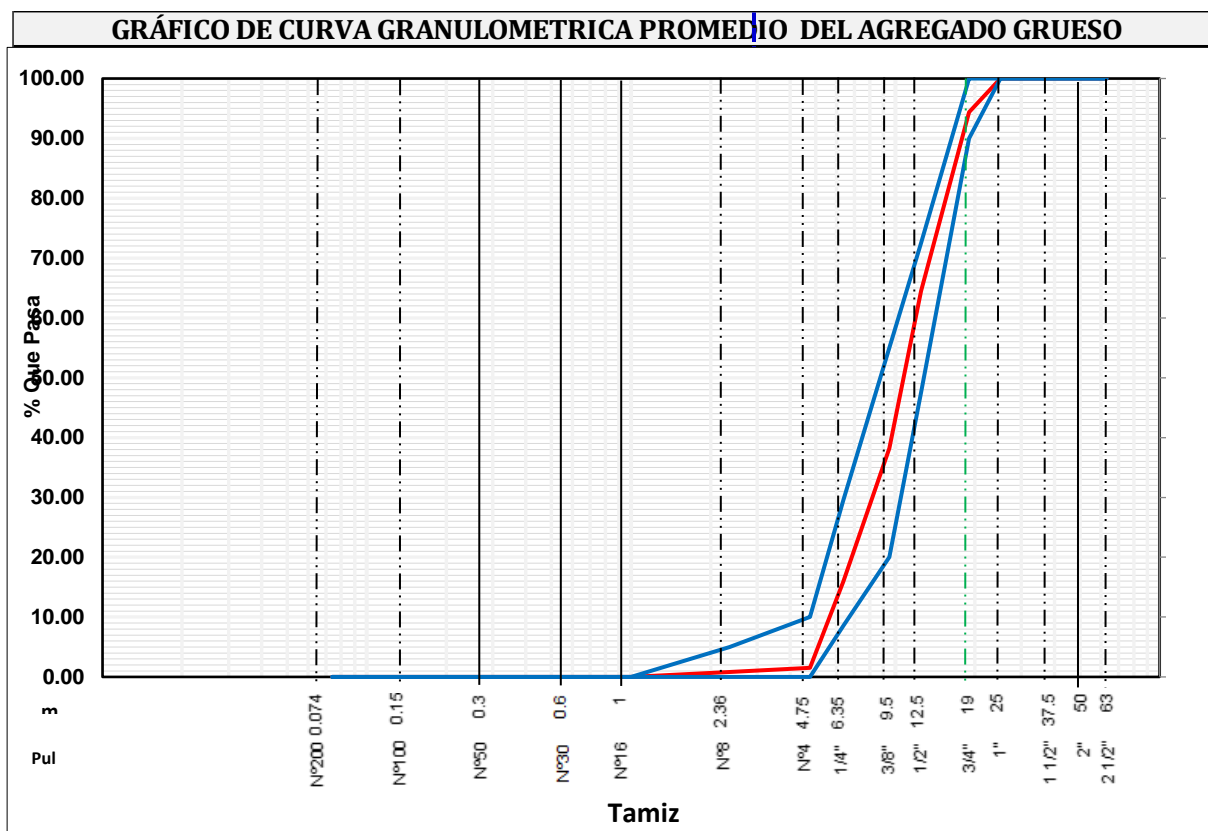
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO - MUESTRA N° 03					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037
1"	0	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	495.00	5.62	5.62	94.38	90-100
1/2"	2574.00	29.23	34.85	65.15	-
3/8"	2283.00	25.93	60.78	39.22	20-55
1/4"	2002.00	22.73	83.51	16.49	-
N° 4	1335.00	15.16	98.67	1.33	0-10
N° 8	74.00	0.84	99.51	0.49	0-5
N° 16	43	0.49	100.00	0.00	-
N° 30	0	0.00	100.00	0.00	-
N° 50	0	0.00	100.00	0.00	-
N° 100	0	0.00	100.00	0.00	-
N° 200	0	0.00	100.00	0.00	-
<N° 200	0	0.00	100.00	0.00	-
TOTAL:	8806	100.00			

MODULO DE FINURA	6.65
TAMAÑO MAX. NOM.	3/4"
HUSO	67

Los límites corresponden a la norma NTP 400.037 y ASTM C-33

FUENTE: propio

Figura 2-9 Curva Granulométrica promedio del Ag. Grueso



FUENTE: propio



Las curvas granulométricas de las muestras 01, 02 y 03 del agregado grueso se encuentran a mayor detalle en el *anexo A*. En el gráfico de la curva granulométrica promedio de la piedra mostrado en la *Figura 2-9*, se observa que, el agregado grueso si se encuentra dentro de los límites según norma NTP 400.037 o ASTM C-33 correspondientes al huso 67.

a.2) Determinación del Peso Unitario Suelto y Compactado

Determinado bajo la normatividad NTP 400.017 (Norma Técnica Peruana) o ASTM C-29

Tabla 2-11 Peso Unitario suelto y compactado promedios del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO		<u>NTP 400.017</u>	<u>ASTM C 29</u>
Peso Olla: <u>4.901</u> kg	Peso Volumétrico Suelto (PUS)	<u>1412</u>	Kg/m ³
Vol. Olla: <u>0.007201</u> m ³	Peso Volumétrico Compactado (PUC)	<u>1539</u>	Kg/m ³

FUENTE: propio

a.3) Determinación del Peso Específico y Absorción

Determinado bajo la normatividad NTP 400.021 (Norma Técnica Peruana) o ASTM C - 127

Del mismo modo que para el agregado fino todos los ensayos mostrados representan el promedio de 3 ensayos de muestras representativas.



Tabla 2-12 Pesos Específicos y absorción promedios del agregado grueso

AGREGADO GRUESO	<u>NTP 400.021</u>	<u>ASTM C 127</u>
Peso Específico: _____	2626	Kg/m3
Absorción: _____	1.87	%

FUENTE: propio

a.4) Determinación del Material pasante de malla # 200

Determinado bajo la normatividad NTP 400.018 (Norma Técnica Peruana) o ASTM C – 117

Tabla 2-13 Porcentaje pasante promedio de la malla # 200 agregado grueso

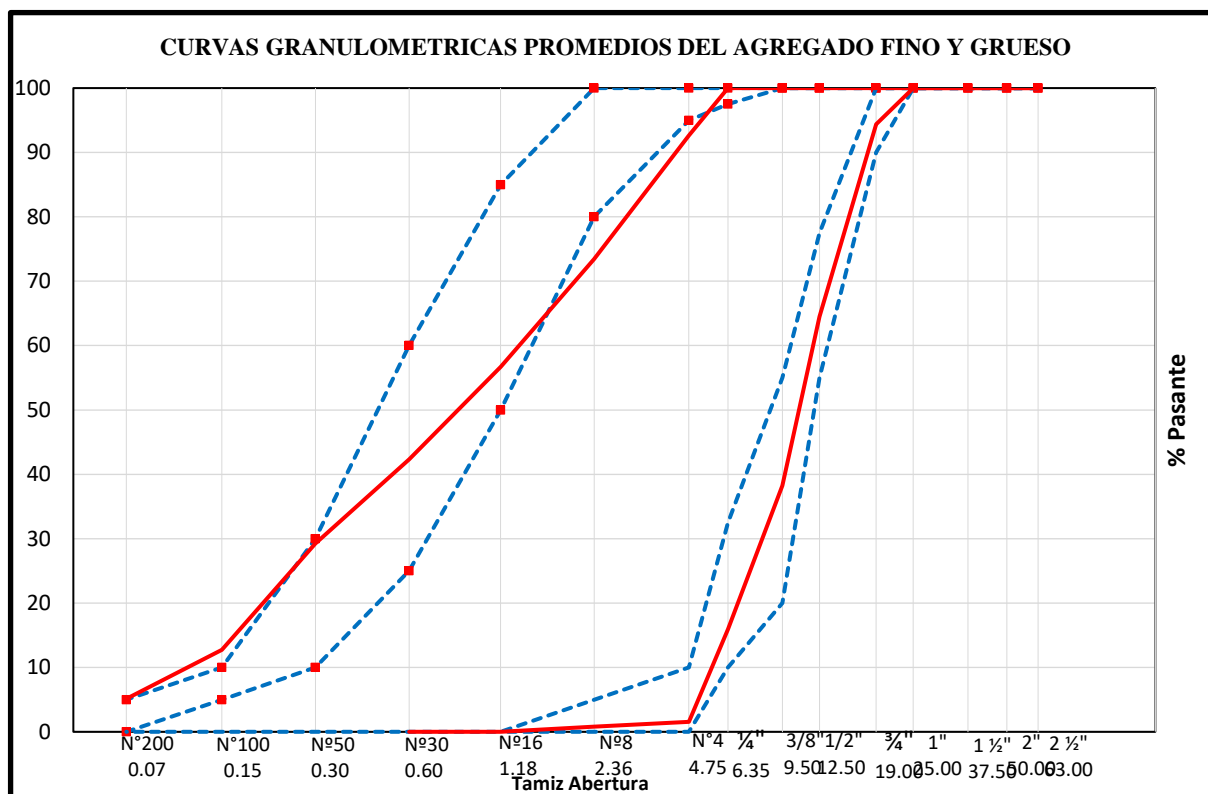
AGREGADO GRUESO	<u>NTP 400.018</u>	<u>ASTM C 117</u>
M1: 0.76 %		
M2: 0.65 %	% pasante malla #200 (promedio):	0.67 %
M3: 0.60 %		

FUENTE: propio

Los datos y cálculos realizados a las muestras para los ensayos del agregado fino y grueso se encuentran a más detalle en el *anexo A*.

Así mismo, de los análisis granulométricos del agregado fino y grueso, se tiene el siguiente gráfico donde se muestran ambas curvas granulométricas promedios.

Figura 2-10 Curvas Granulométricas promedios del agregados fino y grueso



FUENTE: propio

En la **Figura 2-10**, podemos observar que el agregado grueso se encuentra dentro de los límites permisibles correspondientes al agregado de huso 67, sin embargo, el agregado fino solo tiene la parte central de la curva dentro de los límites de la norma ASTM C-33, es decir tiene mayor presencia de partículas finas en las mallas N°50 para abajo y mayor presencia de partículas gruesas retenidas entre la malla N° 08 y N°04. El agregado fino representa una curva promedio de las canteras de agregados que podemos encontrar en nuestra región de Arequipa, es decir, con curvas granulométricas que no se encuentran dentro de los límites de la ASTM C-33, cabe destacar que esta no es una restricción para el diseño de mezclas.

Del mismo modo, de los ensayos realizados anteriormente a los áridos, podemos obtener el siguiente cuadro resumen de las propiedades físicas de nuestro agregado fino y grueso (ver **Tabla 2-14**)

**Tabla 2-14 Resumen promedio de las propiedades físicas del agregado fino y grueso**

RESUMEN PROMEDIO DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
PROPIEDADES	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	UND
Módulo de finura	2.93	6.65	
Tamaño máximo nominal	#4	3/4"	
Peso Especifico	2636	2626	kg/m ³
Peso Vol. Compactado	1812	1539	kg/m ³
Peso Vol. Suelto	1601	1412	kg/m ³
% Absorción	2.32	1.87	%
% pasante malla # 200	7.06	0.67	%
% Humedad	-	-	%
Huso	Arena	67	

FUENTE: propio

2.2.2.3. Ensayo de determinación de la resistencia a la degradación por medio de la máquina de los ángeles.

Determinado bajo la normatividad NTP 400.019 (Norma Técnica Peruana) o ASTM C - 131-01

Adicionalmente se realizó el ensayo de desgaste del agregado grueso por el método de la máquina de los Ángeles, como se muestra en la **Tabla 2-15**, el porcentaje promedio obtenido fue del 34.93%, considerando que este es menor al 40% de desgaste, podría ser usado para pavimentos de concreto hidráulico.

El cálculo de las 3 muestras ensayadas se encuentra en el **anexo A**.

**Tabla 2-15 Porcentaje de desgaste por medio de la máquina de los ángeles**

ENSAYO DESGASTE DE LOS ANGELES					
%		TIPO DE GRADACION (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1	1,250.00			
1	3/4"	1,250.00			
3/4"	1/2"	1,250.00	2,500.00		
1/2"	3/8"	1,250.00	2,500.00		
3/8"	1/4"			2,500.00	
1/4"	N° 4			2,500.00	
N° 4	N° 8				5,000.00
	TOTAL	5000 +- 10	5000 +- 10	5000 +- 10	5000 +- 10
ESFERAS		12	11	8	6
ROTACIONES		500	500	500.00	500

PORCENTAJE DE DESGASTE	34.93%
-------------------------------	---------------

FUENTE: propio

2.2.2.4. Ensayo de Máxima compactación de la combinación de agregados

El ensayo de máxima compactación de la combinación de agregados no es más que encontrar la combinación de porcentajes de arena y piedra (agregado fino y agregado grueso) que nos brinde el PUC (peso unitario compactado) máximo, Esta combinación de máxima densidad creará un volumen de vacíos mínimo, creando de esta manera una combinación más compacta, por lo que en esta situación requerirá menos cantidad de pasta de cemento al formar el concreto.

Para la determinación de la combinación de agregados con la máxima compacidad, se realizó varias combinaciones de los agregados, variando estas en un 10 % como se muestra en la **Tabla 2-16**.

En cada combinación, se ha efectuado un número de tres ensayos de PUC a los que se determinó el promedio aritmético, como dato final para cada combinación.

El ensayo realizado se muestra en la siguiente **Tabla 2-16**, para que, con estos datos obtenidos en la tabla, se logre graficar una curva de PUC Vs % de arena, de donde se

determinará la mejor combinación de agregados que nos brinde el PUC máximo, tal y como se muestra en la *Figura 2-12*.

Tabla 2-16 Proporciones de combinación de agregados para determinar la máxima compactación

MAXIMA COMPACTACION DE AGREGADOS

Peso Olla: 4.901 kg

Vol. Olla: 0.007201 m³

% PIEDRA	% ARENA	Peso 1 (Kg)	Peso 2 (kg)	Peso 3 (kg)	PUC 1 (kg/m ³)	PUC 2 (kg/m ³)	PUC 3 (kg/m ³)	PUC PROMEDIO kg/m ³
100	0							1539
80	20	17.37	17.33	17.31	1731.57	1726.01	1723.23	1727
70	30	18.06	18.08	18.01	1827.39	1830.16	1820.44	1826
60	40	18.55	18.53	18.6	1895.43	1892.65	1902.37	1897
50	50	18.89	18.90	18.88	1942.65	1944.04	1941.26	1943
40	60	18.90	18.92	18.94	1944.04	1946.81	1949.59	1947
30	70	18.71	18.72	18.75	1917.65	1919.04	1923.21	1920
20	80	18.53	18.52	18.55	1892.65	1891.27	1895.43	1893
0	100							1812

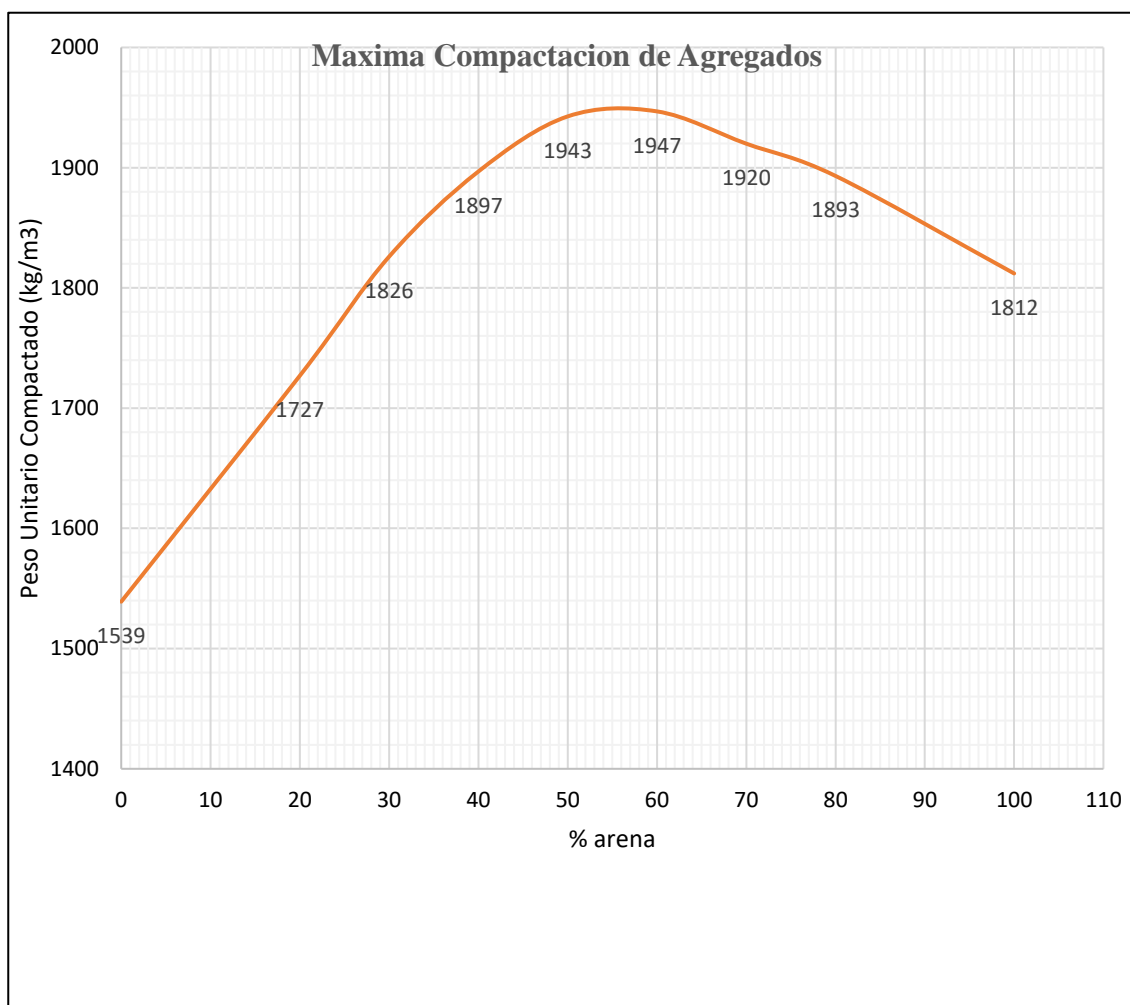
FUENTE: propio

Figura 2-11 Ensayo de máxima compactación de la combinación de agregados



FUENTE: propio

Figura 2-12 Curva de máxima compactación de la combinación de agregados



FUENTE: propio

De la curva mostrada en la **Figura 2-12**, se extrae el punto máximo alcanzado trazando las líneas de modo manual, con lo que se determina que el punto máximo corresponde a una combinación de agregados con un 56% de arena y 44% piedra, correspondiente a la combinación de áridos que presentan la mejor compactación de los agregados.

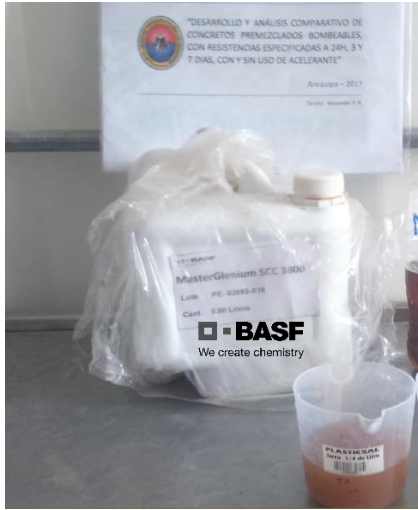
2.3. Características de los Aditivos

La elección del tipo de superplastificante es muy importante a la hora de decidir elaborar concretos de altas prestaciones y dentro de estas los concretos ART, debido a que es el responsable principal encargado de elaborar concretos fluidos con bajas relaciones a/c y cantidades menores de agua. Para nuestro caso fue necesario recurrir al asesoramiento del

productor de aditivos BASF y la recopilación de experiencias que tengan semejanza con el fin buscado. De tal modo que el superplastificante seleccionado fue el Master Glenium Scc 3800, un aditivo de tercera generación a base de poli carboxilatos con características muy convenientes para nuestros fines, cuyas propiedades se muestran a continuación.

Figura 2-13 Propiedades del aditivo MasterGlenium Scc 3800

MASTERGLENIUM SCC 3800	
Aditivo:	MasterGlenium SCC 3800
Tipo:	Aditivo reductor de agua de alto rango
<u>Datos Basicos:</u>	
Aspecto:	Liquido
Color:	Marron
<u>Datos Tecnicos:</u>	
Densidad:	1070 kg/m ³
pH	5 a 8
Base:	Policarboxilatos
Norma:	Cumple la norma ASTM C494 para aditivos tipo A y tipo F

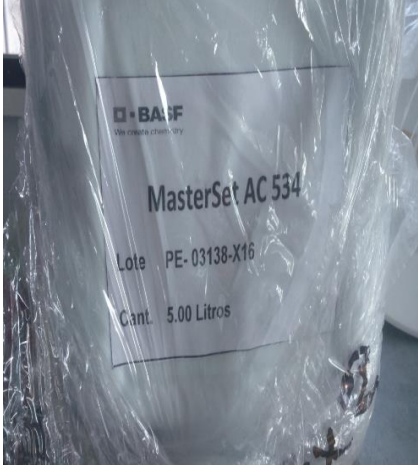


FUENTE: Ficha técnica MasterGlenium Scc 3800 - Basf Corporation

Los demás aditivos fueron seleccionados de la misma manera, y estos son:

Figura 2-14 Propiedades del aditivo MasterSet AC 534

MASTERSET AC 534	
Aditivo:	MasterSet AC 534
Tipo:	Aditivo acelerante, sin cloruros
<u>Datos Basicos:</u>	
Aspecto:	Liquido
Color:	Pardo Oscuro
<u>Datos Tecnicos:</u>	
Densidad:	1399 kg/m ³
pH:	6.5
Norma:	cumple la norma ASTM C494 para acelerantes tipo C



FUENTE: Ficha técnica MasterSet AC 534 - Basf Corporation

Figura 2-15 Propiedades del aditivo MasterSet R770I

MASTERSET R770I	
Aditivo:	MasterSet R770I
Tipo:	Aditivo retardante inicial
<u>Datos Basicos:</u>	
Aspecto:	Liquido homogeneo
Color:	Marron
<u>Datos Tecnicos:</u>	
Densidad:	1120 kg/m ³
Norma	cumple la norma ASTM C494 para aditivos Tipo B

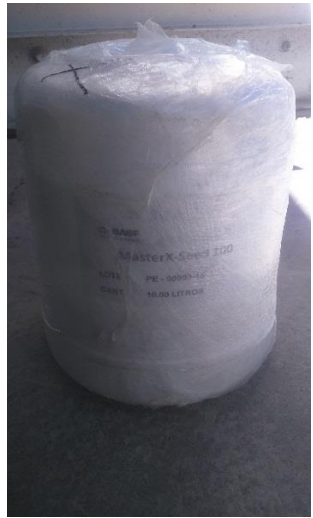


FUENTE: Ficha técnica MasterSet R770I - Basf Corporation

Y finalmente el aditivo acelerante Master X-Seed 100, cuyo uso fue algo corto, debido a que solo se utilizó con fines comparativos, únicamente de aporte de resistencias, el cual se menciona a más detalle en el siguiente capítulo.

Figura 2-16 Propiedades del aditivo Master X-Seed 100

MASTER X-SEED 100	
Aditivo:	Master X - Seed 100
Tipo:	Aditivo acelerante S/cloruros
<u>Datos Basicos:</u>	
Aspecto:	Liquido
Color:	Blanco
<u>Datos Tecnicos:</u>	
Densidad:	1130 kg/m ³
pH:	10 -11.4
Norma:	cumple la norma ASTM C494 para acelerantes tipo C



FUENTE: Ficha técnica MasterSet R770I - Basf Corporation



Capítulo III: Marco Metodológico

3.1. Generalidades.

La presente investigación tiene un enfoque experimental basado en la obtención de datos mediante ensayos y pruebas en laboratorio, caracterizados bajo normativas nacionales e internacionales que nos permitan evaluar las propiedades de los concretos ART, con el fin de encontrar diseños de mezclas ART con acelerante y sin acelerante, con resistencias a la compresión y revenimientos semejantes, que nos permitan realizar una comparación físico-mecánica y económica de estas mezclas.

De esta manera se planteó realizar diseños de mezclas para dos resistencias especificadas 280 y 420 Kg/cm², con un alcance de sus resistencias requeridas a las edades de 24 horas, 3 días y 7 días, es decir 3 diseños distintos para cada resistencia especificada:

Concreto con $f'c = 280$ Kg/cm² a la edad de 24 horas, 3 días y 7 días

Concreto con $f'c = 420$ Kg/cm² a la edad de 24 horas, 3 días y 7 días

Los diseños serán de consistencias fluidas, con revenimientos comprendidos entre 8 a 10", ya que estos concretos requieren una menor vibración y al mismo tiempo tienen mayor capacidad de llenado en espacios estrechos o en espacios con mayor densidad de refuerzos, entre otras ventajas.

Los diseños de mezclas se realizarán divididos básicamente en dos grupos:

- El primer grupo consistirá de diseños de mezcla haciendo uso del super- plastificante MasterGlenium SCC 3800 de Basf, sin la adición del acelerante y
- El segundo grupo consistirá en los mismos diseños especificados, pero con la adición también del acelerante (MasterSet ACE 534 de Basf),



De esta manera se podrá determinar qué grupo presenta los mejores beneficios para cada uno de los diseños especificados.

3.2. Definición de variables

3.2.1. Variables independientes

- Relación agua – cemento
- Porcentaje de aditivo superplastificante
- Porcentaje de aditivo acelerante

3.2.2. Variables dependientes

- Resistencia a la compresión
- Revenimiento
- Tiempo de fragua

3.2.3. Metodología

Con el objetivo de desarrollar la investigación se planteó la siguiente metodología.

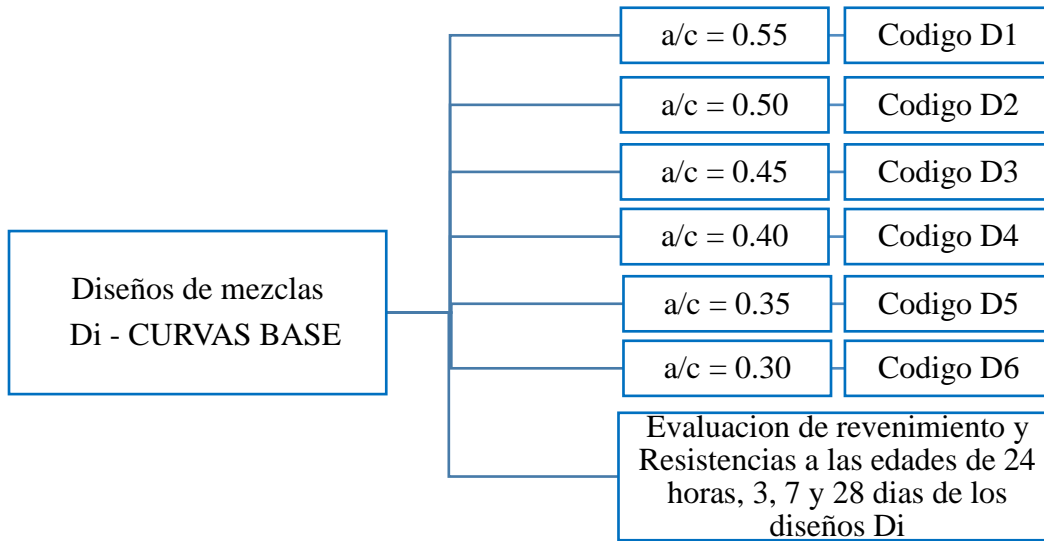
FASE I: Caracterización de los materiales

FASE II: Diseño de mezclas para Curvas Base

Esta comprende la definición de los pasos para el desarrollo de los diseños de mezclas

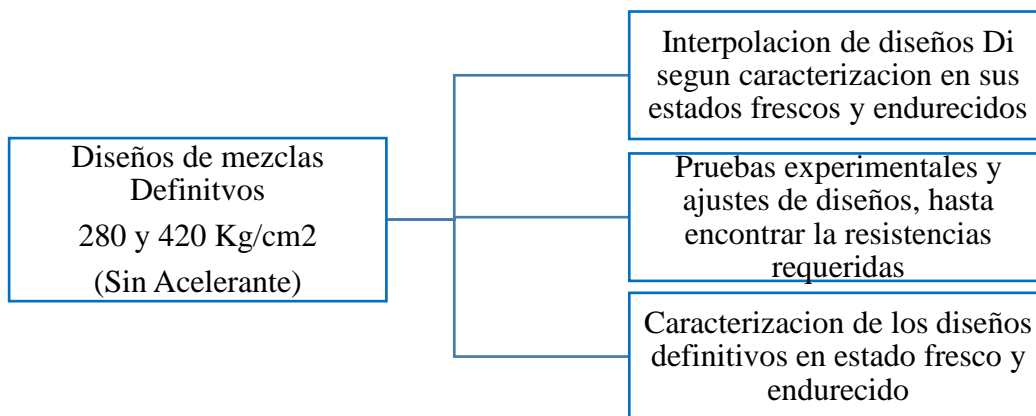
Determinación del porcentaje de aditivo superplastificante para encontrar mezclas con un revenimiento entre 8 a 10 pulg. para cada diseño Di

Ensayo de revenimientos y caracterización del concreto en estado fresco; y caracterización en estado endurecido a través de los ensayos de resistencias a la compresión a las edades de 24 horas, 3 y 7 días (adicionalmente a los 28 días también) para cada diseño Di



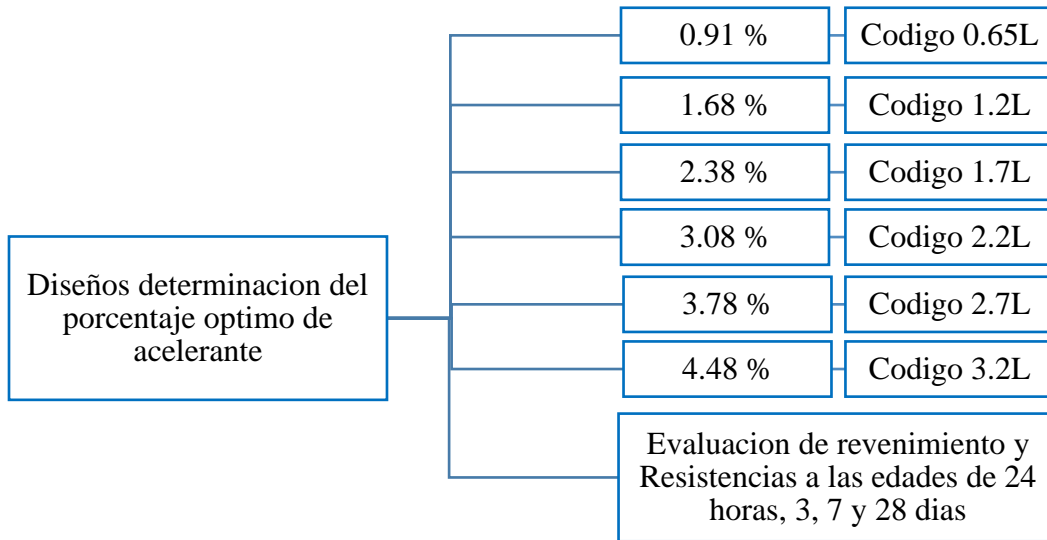
FASE III: Diseño de mezclas definitivos

A través de los resultados obtenidos de las mezclas de los diseños Di (Curvas base), bajo su caracterización en estado fresco y endurecido, determinaremos nuestros diseños definitivos 280 y 420 Kg/cm² para las distintas edades propuestas.



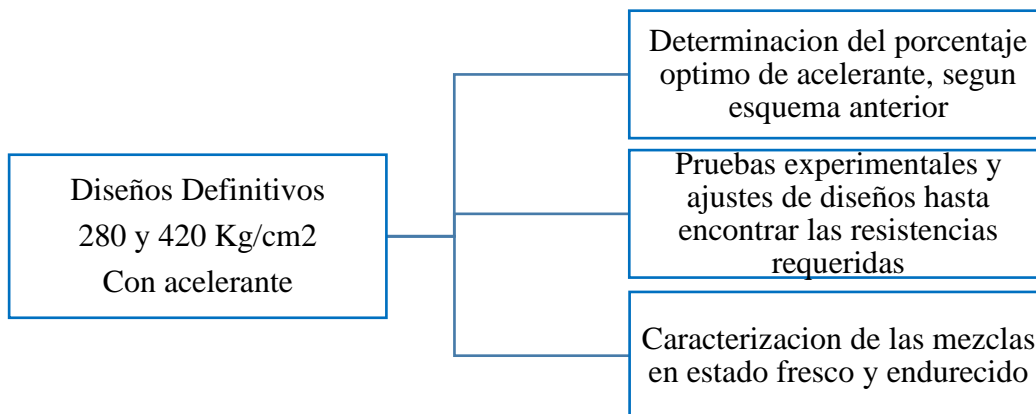
FASE IV: Diseños para la determinación del porcentaje óptimo de acelerante

Determinación del porcentaje óptimo de acelerante, a través de ensayos para su caracterización de las mezclas en estado fresco y endurecido.



FASE V: Diseños de Mezclas definitivos con acelerante

Determinación de los diseños 280 y 420 Kg/cm² con acelerante, a través de los resultados obtenidos de las mezclas de los diseños anteriores, bajo su caracterización en estado fresco, endurecido y con reajustes para determinar los diseños definitivos.



FASE VI: Finalmente el análisis comparativo de las propiedades en estado fresco y endurecido, de los diseños 280 y 420 Kg/cm² con y sin acelerante. Así mismo el comparativo de costos.



Capítulo IV: Diseño de mezclas y elaboración del concreto ART

4.1. Diseño de mezclas

A diferencia de los diseños de mezclas para concretos con requerimientos de resistencia a los 28 días convencionales, no existen métodos específicos para el diseño de mezclas para concretos de altas resistencias Tempranas (ART). Los métodos convencionales están diseñados para ofrecer resultados satisfactorios para concretos con resistencias a los 28 días, los factores como la relación agua-cemento (a/c), la Cuantía de cemento o Factor cemento, entre otros vienen condicionados para concretos convencionales. En consecuencia, la falta de bibliografía para la realización de diseños de mezclas de concretos ART, hace que sea imprescindible la realización de ensayos a base de diseños experimentales con el fin de encontrar la dosificación idónea que nos brinden resistencias elevadas a edades tempranas como a las 24h, 3 o 7 días.

La aplicación de cementos con una buena performance en la evolución de resistencias iniciales, es una herramienta muy conveniente para el desarrollo de los concretos ART (Cemento Tipo HE – YURA), de igual modo las aplicaciones de aditivos de altas prestaciones son muy aprovechables para nuestros fines, como es el uso de superplastificantes y acelerantes, que serán insumos muy beneficiosos para la obtención de estos concretos. Así mismo una buena combinación de agregados que nos brinde una mayor compacidad de la mezcla, resulta aprovechable tanto económicamente como para la obtención de los concretos ART.

Los diseños de mezclas de la presente investigación son diseños básicamente experimentales con bases a las experiencias recopiladas en la elaboración de concretos semejantes.

4.1.1. Consideraciones de diseño

Para determinar la dosificación de los materiales se tuvo como método base las consideraciones del método de diseño de mezclas del ACI. Pero como se sabe, los proporcionamientos de insumos de este método nos brindan resultados satisfactorios para



concretos con resistencias a los 28 días. Para el caso de los concretos ART será necesario determinar las resistencias experimentalmente para cada edad especificada, por lo que se evaluará la resistencia de los diseños base a las edades de 24 horas, 3 y 7 días. De tal modo que se obtendrá distintas curvas base, con distintas resistencias y a edades distintas, pero con propiedades en estado fresco similares.

Para el diseño de estas mezclas se tomó las siguientes consideraciones de diseño:

- Selección del Slump (Revenimiento); El rango de revenimiento pretendido en el presente trabajo estará comprendido entre 8" a 10" de slump, haciendo uso del aditivo superplastificante, por lo que se trabajará con revenimientos iniciales nulos y se incrementará el porcentaje de aditivo hasta alcanzar el rango de revenimiento requerido, de esta manera se aprovechará más los beneficios del aditivo superplastificante.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado; se optó trabajar con un agregado grueso correspondiente al huso 67, agregado de 3/4". Debido a que el agregado de huso 67 es el generalmente más utilizado y requerido para los distintos tipos de estructuras, ya que cumple los requisitos asignados por el ACI y del RNE para casi todas las estructuras.
- Determinación del porcentaje de aire; el porcentaje de aire se tomará según tabla ACI para un agregado de 3/4" de 2.0 % de aire atrapado.
- Relación a/c y Factor cemento; se propondrán realizar 6 diseños con relaciones a/c y factor cemento distintos para su evaluación y caracterización.
- Selección de la proporción adecuada de agregados fino y grueso; muchos autores mencionan que los proporcionamientos de los agregados basados por el método ACI 211 brindan mezclas con una relación de áridos con mayor presencia de agregado grueso, haciendo que estas mezclas sean de apariencia áspera y poco o nada bombeables. Y como nuestra arena no cumple los límites de la norma ASTM C 33, el proporcionamiento de áridos estarán basadas en otros métodos, Por lo que, para la selección de la proporción de los áridos, nos basaremos en el ensayo de máxima



compactación de los agregados combinados, módulo de finura global y la curva general de los agregados para concretos bombeables según el ACI 304.

- Teniendo todos los datos como el factor cemento, relación agua – cemento, contenido de aire, la relación de finos, se determinará las cantidades de cada insumo mediante el principio de volúmenes absolutos, tal y como se realizan en todos los métodos de diseño de mezclas.

CONSIDERACIONES DE BOMBEABILIDAD

Para lograr una mezcla bombeable el ACI 304.2 nos menciona que principalmente se debe tener una adecuada combinación global de agregados para que nuestra mezcla tenga cualidades bombeables. Así mismo, nos menciona que:

- El tamaño máximo del agregado grueso, debe ser menor o igual a $1/3$ al diámetro menor de la tubería de bombeo.

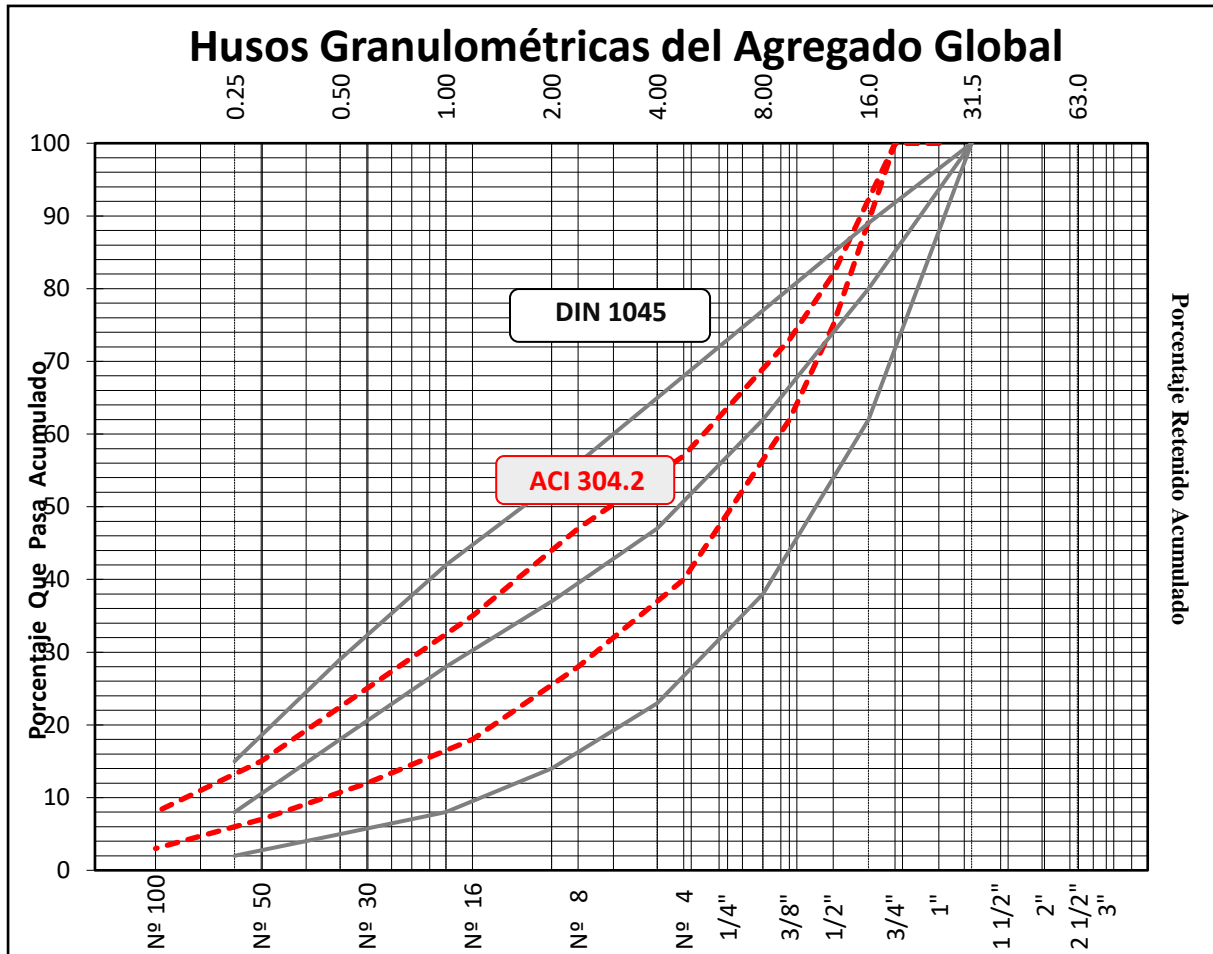
$$TM \leq \frac{1}{3}D$$

- La curva general de la combinación de los agregados debe estar dentro de los límites establecidos que nos brinda el ACI 304.2 (ver *Figura 4-1*)

Las tuberías de bombeo usualmente utilizadas son de 4" o 5", para el cual el TM (tamaño máximo) del agregado adecuado vendrían a ser de 1 ¼" y 1 ½" respectivamente, nuestro agregado tiene un TMN (tamaño máximo nominal) de ¾", por lo que su uso es aplicable para cualquiera de estos 2 tipos de tuberías.

La determinación del contenido de materiales cementantes para una mezcla bombeable sigue muchos de los mismos principios básicos utilizados para cualquier hormigón. El uso de cantidades adicionales de materiales cementantes como única solución para corregir las dificultades de bombeo es miope y antieconómico. Es mucho más deseable, además de económico, corregir primero cualquier deficiencia en la gradación de los áridos, especialmente en la fracción de los áridos fino. Con los áridos gruesos y finos bien clasificados, combinados adecuadamente, los factores de cemento para las mezclas de bombeo serán muy similares a los utilizados en otros hormigones. (ACI 304.2)

Figura 4-1 Husos granulométricos de concretos Bombeables TMN 3/4"



FUENTE: ACI 304.2, DIN 1045

En la **Figura 4-1**, podemos observar los límites o husos granulométricos de la curva general de los agregados según ACI 304.2 y de la norma DIN 1045 que también nos brinda límites para mezclas bombeables con agregado grueso de TMN de 3/4", para que nuestra mezcla tenga cualidades bombeables esta deberá encontrarse dentro de estos límites:

El ACI nos menciona que, los contenidos de cemento generalmente se cumplen con las mismas cantidades que para un concreto tradicional. Sin embargo, existen algunas recomendaciones mínimas dadas en publicaciones hechas por los principales fabricantes de bombas alemanas (putzmeister y Schwing) existentes en el mercado, los cuales se resumen en el siguiente cuadro.

**Tabla 4-1 Condiciones de Bombeabilidad recomendadas**

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO (mm)	CONDICIONES DE BOMBEABILIDAD			
	FINOS (MIN)	MF	AGUA REQUERIDA	CEMENTO
	KG/M3	MAX	MIN (LTS/M3)	MIN (KG/M3)
8	525	3.7	135	288
16	450	4.3	154	264
32	400	5.0	175	240
63	325	5.6	193	216

FUENTE: Tecnología del hormigón para bombas de hormigón, PMW servicio Central (2004) y Hormigón Bombeable y bombas de hormigón, Karl Ernst v. Eckardstein (1989)

Donde:

- Los “finos” están comprendidas por el material cementante más las partículas entre 0 y 0.25 mm de la rena, es decir, la fracción pasante de malla #50
- MF es el módulo de fineza de la combinación de agregados.
- Los tamaños máximos del agregado están dados en mm.

De la **Tabla 4-1** extraemos que, para nuestro agregado con tamaño máximo nominal de ¾” corresponde al TM de 32 mm, nos recomiendan lo siguiente:

- Mínimo de Finos (cemento + fracción pasante de la malla # 50 de la arena) de 400 Kg/m³
- MF máximo de 5.0
- Agua requerida mínima para el concreto de 175 litros/m³
- Cemento mínimo de 240 Kg/m³.

A si mismo el ACI menciona que, Cualquier aditivo que aumenta la trabajabilidad mejorará normalmente la bombeabilidad (ACI 304.2)

Para la elaboración de nuestras mezclas de concreto para diseños ART, tomaremos en consideración todas estas recomendaciones.



4.1.2. Diseños para las curvas base

Como los diseños propuestos varían de resistencia (280 y 420 Kg/cm²) y edad (24 horas, 3 y 7 días), Se decidió realizar curvas base de evolución de resistencias para distintas relaciones a/c y Factores de cemento, con mezclas que se encuentren en el margen de revenimiento entre 8 a 10 pulgadas, cuyas resistencias serán evaluadas en todas las edades 24h, 3, 7 y 28 días, y de esta manera se obtendrá una representación gráfica de la evolución de resistencias de varios diseños que nos servirán como punto de partida.

4.1.3. Determinación de la relación de áridos

Para la determinación de la relación de los agregados nos basaremos primeramente en los datos obtenidos del ensayo de máxima compactación de la combinación de agregados, el cual según ensayo nos brindó los siguientes resultados:

Tabla 4-2 Relación de áridos según ensayo de máxima compactación de la combinación de agregados

MAXIMA COMPACTACION DE LOS ARIDOS		
% ARENA:	56	%
% PIEDRA:	44	%

FUENTE: propio

Cabe resaltar que distintos autores nos recomiendan que esta primera aproximación de la máxima compactación del agregado global no siempre resulta la más adecuada, por lo que es necesario realizar pruebas variando la relación de finos en 0.02 con el fin de encontrar la mayor resistencia y trabajabilidad para cada combinación. Para nuestro caso nos regiremos además en una combinación de agregados de la curva general granulométrica que cumpla los límites de la norma ACI 304.2 para concretos bombeables.



MODULO DE FINURA GLOBAL O MODULO DE COMBINACION DE AGREGADOS

Actualmente el modulo de finura global es uno de los datos mas usados en la tecnologia del concreto, debido a que tiene una utilidad primordial en el control de los diseños de mezcla en produccion, por que haciendo ajustes en la mezcla de modo que permanezcan constantes el modulo de finura global del diseño, se garantiza la estabilidad y uniformidad en los requerimientos del agua, en la trabajabilidad y ademas en las resistencias.

Se sabe que el modulo de finura global es una constante adimensional que nos representa un volumen promedio ponderado de nuestro agregado.

El modulo de finura global o modulo de combinacion se calcula de la siguiente manera

$$MFG = rf * MFf + rg * MFg$$

Donde:

MFf: Modulo de finura del agregado fino

MFg: Modulo de finura del agregado grueso

Rf: Relación de finos, proporción del agregado fino con respecto al agregado total (considerando al agregado total como la unidad)

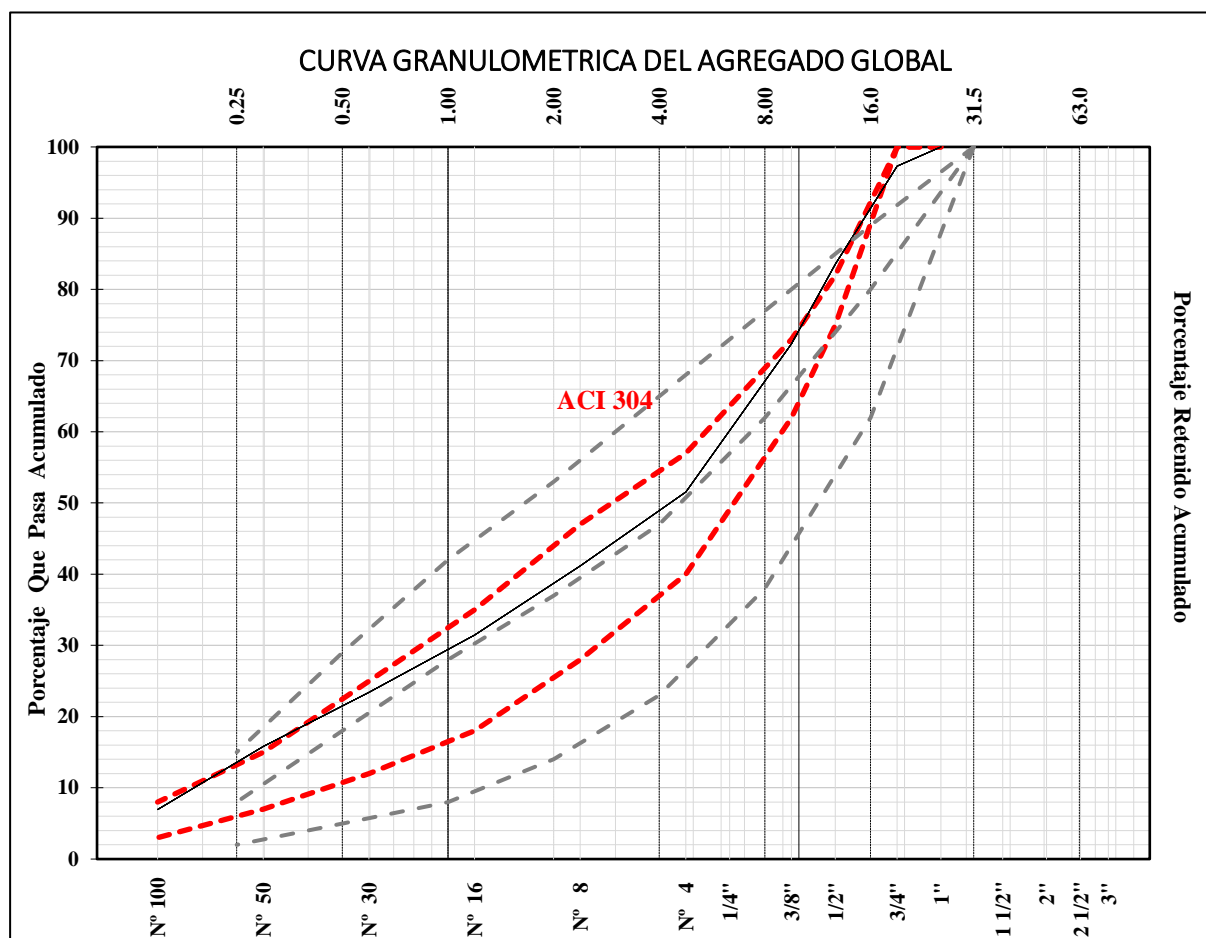
Rg: Relación de gruesos, proporción del agregado grueso con respecto al agregado total (considerando al agregado total como la unidad) o simplemente calcularlo como:

$$rg = 1 - rf$$

Para nuestro caso, nuestro rf y rg serán iguales a rf=0.56 y rg=0.44, de tal modo que la combinación de áridos determinado por el ensayo de máxima compactación nos brinda un Módulo de finura global o módulo de combinación de 4.57.

Realizando la curva granulométrica global con la combinación de agregados según el ensayo de máxima compactación de nuestros agregados, nos brinda el siguiente gráfico.

Figura 4-2 Curva granulométrica global de los agregados, relación de áridos según ensayo de máxima compactación, $MC=4.57$



FUENTE: ACI 304.2, normas DIN 1045,

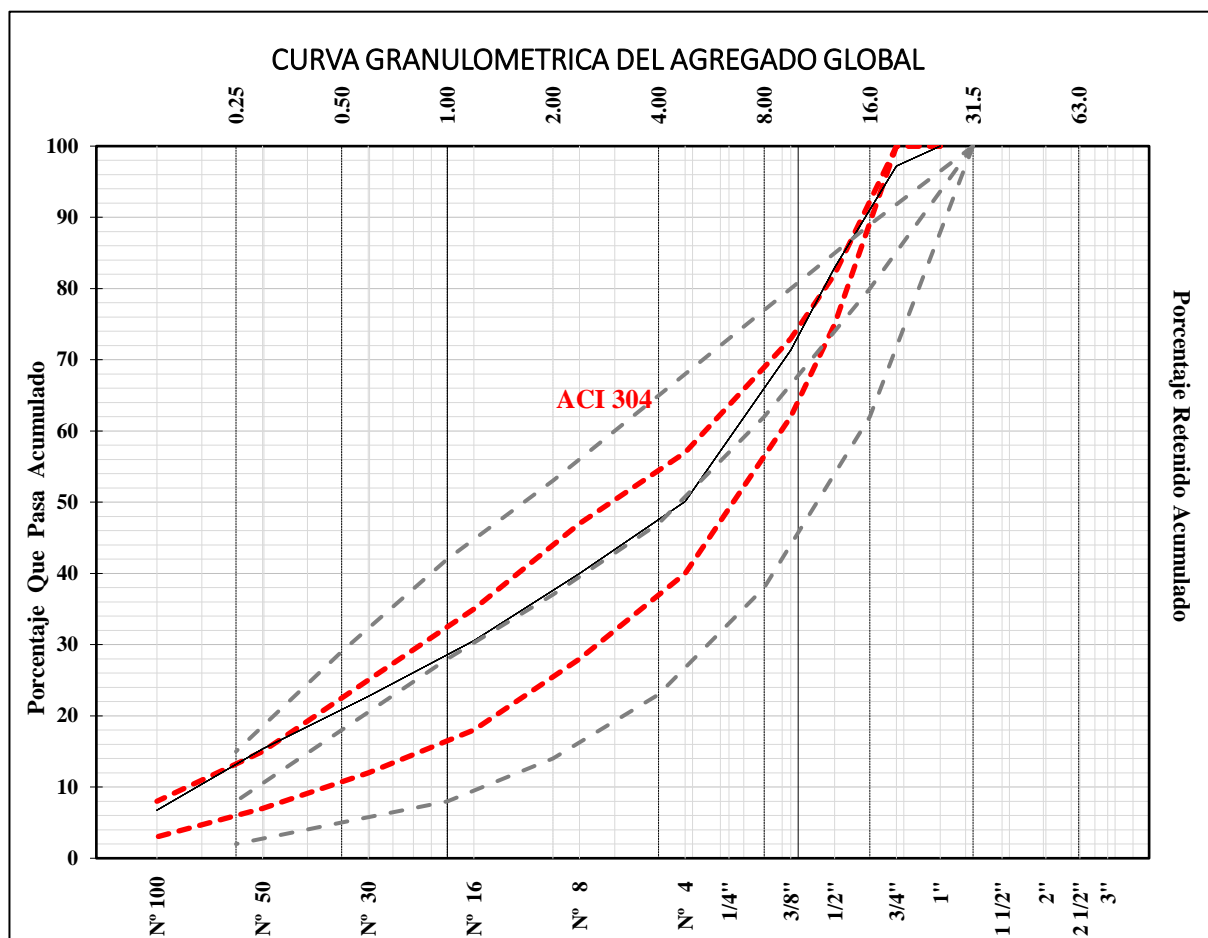
En la curva de **Figura 4-2** Podemos observar que, nuestra curva de la combinación de agregados obtenido por el método de máxima compactación de agregados (curva negra), resulta en general una curva global buena para concretos bombeables, ya que se encuentra gran parte de ella dentro de los límites dados por la norma ACI 304.2 para obtener concretos bombeables, así mismo, esta se encuentran dentro de los límites de la norma DIN 1045, límites que nos indica que la combinación de agregados presentara una mezcla con una buena trabajabilidad y con cualidades bombeables. Así mismo observamos que la exigencia de la norma ACI 304.2 tiene rangos más exigentes para concretos bombeables que la norma DIN 1045, pero que nuestra combinación de agregados igualmente se encuentra dentro de los rangos.



Se realizó diseños de prueba para evaluar la apariencia del concreto en su estado fresco y sus resistencias a los 7 días con los modelos de combinación de 4.57, 4.64 y 4.72 para determinar que combinación de agregados presenta las mejores resistencias y apariencia. El diseño de prueba fue el D1 correspondiente a **Tabla 4-6** en donde se pudo apreciar que:

- La mezcla de concreto con el módulo de finura global de 4.57 correspondiente a la combinación de áridos por el ensayo de máxima compactación de agregados, presento una buena apariencia.
- La mezcla de concreto con el módulo de finura global de 4.72, presento una apariencia buena, aunque un poco gruesa, se notaba la presencia de conjuntos de agregados gruesos al mover la mezcla
- La combinación de agregados con un módulo de finura global de 4.64 presentaba una mezcla más trabajable y de mejor apariencia que el diseño con módulo de combinación 4.72.
- Con respecto a las resistencias a los 7 días, mostrados en la **Tabla 4-3**, se determinó que la combinación de agregado con el 54 % de arena y 46% de piedra muestra la mayor resistencia, de modo que se trabajara con esta combinación para nuestros diseños.

Figura 4-3 Curva granulométrica del agregado global con MFG=4.64 (54% de arena)



FUENTE: ACI 304.2R, normas DIN 1045

Tabla 4-3 Resistencias a la compresión según módulo de combinación

RESISTENCIA A LA COMPRESION A 7 DIAS SEGÚN MODULO DE COMBINACION

MC	Arena	Piedra	litros	Resistencias 7 días	
4.57	0.56	0.44	185	417	Kg/cm ²
4.64	0.54	0.46	182	423	Kg/cm ²
4.72	0.52	0.48	179	411	Kg/cm ²

Así mismo se observa que la combinación de agregados óptima hallada por la evaluación de las resistencias a 7 días, se encuentra más encajada en los límites del ACI 304.2 que la combinación inicial, en los límites para mezclas bombeables, tal y como se ve en la **Figura 4-3**. Esta evaluación es recomendada por distintos autores y tesis, ya que la primera aproximación con el ensayo de máxima compactación de la combinación de agregados no siempre suele ser la óptima.



Debido a que las consistencias de las mezclas eran secas, y que esto conducían a que las mezclas sean poco trabajables, la comparación se realizó con mezclas que tengan ya el porcentaje de superplastificante determinado (explicado en el ítem 4.1.5), las mezclas corresponden al diseño D1.

4.1.4. Relación a/c y FC

Distintas investigaciones de tesis y trabajos experimentales señalan que los superplastificantes generan una reducción del porcentaje de agua de hasta un 40%, este aporte resulta beneficioso debido a que estas reducciones de agua generan mayores resistencias para un mismo diseño, dado que al reducir la cantidad de agua los diseños finales presentan relaciones de agua/cemento menores y de esta manera resistencia mayores en mezclas con mismos revenimientos.

Así mismo el uso de los superplastificantes de tercera generación, genera un aporte adicional que no solamente se basa en fluidificar las mezclas, sino que, producen un aporte también de resistencias. (Sánchez, K 2017)

De modo que para la presente investigación se propuso realizar mezclas donde el revenimiento este dado básicamente por la adición del superplastificante de tercera generación, ya que esto nos ayudara a obtener concretos con mayores resistencias a edades tempranas.

Motivo por el que se propuso realizar 6 diseños con relaciones a/c variables, en donde se tomaran relaciones a/c desde 0.55 hasta 0.30, con variaciones de 0.05, el factor cemento inicial se decidió que fuera de 330 Kg, ya que este nos brinda una mezcla de consistencia seca nula (entre 0” – 1”) con una cantidad de agua de 182 litros x metro cubico,

Estos datos como punto de partida fueron tomados de la siguiente manera:

- Según las tablas del ACI 211, requerimiento de agua para 1 m³ (**Tabla 4-4**) para un concreto entre 1” – 2” de asentamiento y TMN de ¾”, se requiere 190 litros de agua x m³ de concreto, para nuestro caso es necesario que la mezcla tenga asentamiento nulo (0” – 1 “), por lo que se tomara el contenido de agua alrededor de los 180 litros.



- Para la relación a/c de inicio, se tomó bajo la consideración de que, según **Tabla 4-5**, del ACI 211, nos muestra que la resistencia más aproximada a nuestro requerimiento, diseño 280 Kg/cm² a 7 días, sería un concreto 300 con una relación a/c de 0.55, según tabla, por lo que se tomara esta relación a/c como punto de inicio.

Tabla 4-4 Agua requerida en kg/m³ - ACI 211

TABLA ACI COMITÉ 211								
ASENTAMIENTO	Agua en kg por metro cubico de concreto para los tamaños de agregadon grueso y consistencias indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-

FUENTE: ACI 211

Tabla 4-5 Relación a/c para una resistencia f'_{cr} a 28 días

Relación a/c de diseño		
f'_{cr} (28días) Kg/cm ²	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

FUENTE: ACI 211

De esta manera se incrementará el FC para cada relación a/c menor, tratándose de mantener la cantidad agua en 180 litros para todos los diseños, con el fin de obtener evolución de resistencias mucho más marcadas por la variación a/c y el FC, cumpliendo así con la dotación de agua mínima recomendada. Esperando así mismo que, la fluides este dada por el aditivo superplastificante.

Por lo que, los diseños propuestos para nuestras curvas base, tendrán las siguientes características de relaciones a/c y FC,

**Tabla 4-6 Relaciones a/c y FC propuestos para los diseños D1 al D6 (curva Base)**

DISEÑOS PARA CURVA BASE			
DISEÑO	CODIGO	a/c	FC (kg)
D 1	0.55	0.55	330
D 2	0.50	0.50	360
D 3	0.45	0.45	400
D 4	0.40	0.40	450
D 5	0.35	0.35	510
D 6	0.30	0.30	600

FUENTE: ACI 211

4.1.5. Determinación del porcentaje de aditivo

Distintas experiencias y recomendaciones de los proveedores de aditivos, señalan que las pruebas de dosificación de aditivos se basen en mezclas de concreto con todos sus ingredientes, debido a que los aditivos pueden tener un comportamiento distinto cuando solo se utilicen pasta de cemento frente a una mezcla con todos sus ingredientes.

De modo que, para encontrar el porcentaje de aditivo Superplastificante (MasterGlenium Scc 3800) requerido, que nos brinde revenimientos entre 8” a 10” de nuestras mezclas, se propuso realizar pruebas en tandas pequeñas de 15 litros con todos los ingredientes calculados por el diseño de mezclas, variando la dosis de aditivo MG Scc 3800.

La dosificación recomendada por el fabricante del aditivo, se encuentra según ficha técnica entre el 0.85% a 1.60% del peso del cemento, además cabe resaltar que la performance de los aditivos también dependerá del tipo de cemento a utilizarse.

Por lo que se propuso realizar variaciones del porcentaje de aditivos superplastificante para cada relación a/c, de manera que logremos encontrar el porcentaje de aditivo que nos brinde un revenimiento entre 8” a 10”.

**Tabla 4-7 Determinación de la dosis de superplastificante para el diseño D1 a/c =0.55**

Diseño D1 - a/c 0.55		
Descripción	0.55 - 1	0.55 - 2
Relación a/c	0.55	0.55
FC (kg)	330	330
Rf	0.54	0.54
Agua (lts)	182	182
Arena (kg)	971	971
Piedra (kg)	824	824
MasterGlenium Scc 3800	0.85%	0.95%

FUENTE: Propio

Como se indica en la ficha técnica del aditivo, la primera prueba realizada se inició con la dosis de 0.85% del peso del cemento como se muestra en la **Tabla 4-7**, dándonos un revenimiento inicial de 7 1/2”, por lo que se incrementó la dosis en un 0.10% y se encontró que el porcentaje de 0.95% de aditivo MG Scc 3800 nos brinda un revenimiento de 8 3/4” para el diseño con relación a/c de 0.55, (diseño 0.55 – 2), se observó que la mezcla de prueba mostraba una buena apariencia y se encontraba entre los rangos de revenimientos buscados para la presente investigación, por lo que se tomó este diseño.

De la misma manera que para el diseño D1, se realizó diseños en tandas pequeñas para cada relación a/c y sus respectivos ajustes de aditivo superplastificante, inicialmente se propuso incrementos de 0.10% a 0.20% de aditivo entre cada diseño “Di” superior, pero mientras se realizaba las tandas de prueba se tuvo que disminuir y ajustar la dosis de aditivo hasta un 0.05% dependiendo del diseño y la cantidad de cemento según las pruebas de las distintas tandas. En la siguiente **Tabla 4-8** se muestran los porcentajes de aditivo encontrados para cada uno de los diseños que nos brindan revenimientos dentro de nuestro rango propuesto 8” a 10”.

Tabla 4-8 Diseños D1- D6 y sus % de superplastificante para un revenimiento de 8 a 10 pulg

Diseños D1 - D6						
Descripción	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Relación a/c	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
FC (kg)	330	360	400	450	510	600
Rf	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.52
Agua (lts)	182	180	180	180	179	180
Arena (kg)	971	956	935	910	866	803
Piedra (kg)	824	812	795	773	765	738
MasterGlenium Scc 3800	0.95%	1.00%	1.05%	1.05%	1.10%	1.20%

FUENTE: Propio

Como se muestra en la **Tabla 4-8**, un incremento de 0.10 o 0.20% de aditivo entre cada diseño “Di” resultaba demasiado y en los casos que se asumió incrementos de un 0.20% se llegaba a mezclas con segregación y exudación notables. Por lo que se tuvo que realizar disminuciones que al final resultaron mezclas con una diferencia desde un 0% con la mezcla anterior (caso D3 y D4). Comprobando de esta manera que estos tipos de superplastificantes tienen una mayor performance en mezclas ricas en cemento.

En la siguiente imagen de la **Figura 4-4**, se muestra una de las pruebas realizadas en tandas pequeñas de 15 litros para determinar el % de aditivo superplastificante, donde se observa que las mezclas presentan buen aspecto.

Figura 4-4 Prueba de mezclas en tandas de 15 litros, diseño D2 (% de superplastificante para un slump de 8 a 10”)



Por otro lado, es necesario mencionar que las mezclas encontradas presentan buena trabajabilidad, pero el diseño D6 con la relación a/c 0.30 presenta una mayor viscosidad que todas las mezclas anteriores y que a pesar de tener un slump de 10" y visualmente ser muy fluida, es una mezcla bastante viscosa, similares a las mezclas donde se hace uso de la adición de la microsíllice. El revenimiento esta dado básicamente por las propiedades del aditivo superplastificante, que le brinda visualmente características autocompactantes, debido a que la mezcla tiene ese efecto de expandirse y auto-acomodarse, el diseño D5 presenta también una viscosidad, pero mucho más trabajable que el diseño D6.

Figura 4-5 Diseño D6 relación a/c 0.30



FUENTE: Propio

Es propicio resaltar también que en el concreto premezclado, el uso de un aditivo retardante inicial es usado para ayudarnos con la mantención del asentamiento, es decir para mantener un poco más el tiempo de trabajabilidad, por lo que es necesario combinar nuestras mezclas con un aditivo retardante inicial. En el caso de BASF, el aditivo Masterset R770i cumple perfectamente esta función, en los concretos premezclados es usual y normal el uso de retardantes iniciales por las largas distancias de recorrido entre la planta de concreto y las obras; la empresa ECOCRET S.A. no es ajeno a ello, de modo que en planta se hacía uso de este aditivo para sus mezclas de concreto, por lo que se optó usar este mismo aditivo para nuestros diseños, ya que siendo de la misma marca BASF no presentará efectos adversos.

La ficha técnica del MasterSeet R770i nos indica una dosificación superior a 0.45%, pero como nuestro objetivo son concretos con altas resistencias a 24 horas y de acuerdo a las



recomendaciones de BASF, se optó por una dosificación mucho menor debido a que esta pueda generar retardos en la resistencia a las 24 horas. Por lo que se decidió realizar dos pruebas de resistencias a las 24 horas con dosis de 0.10 y 0.20 %, cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Figura 4-6 Resistencias a las 24 horas según dosis de MasterSetR770i

Dosis de MasterSet R770i	Resistencias a 24 horas	
0.10%	260	Kg/cm ²
0.20%	252	Kg/cm ²

FUENTE: Propio

Según los resultados mostrados y aunque la variación de los resultados es mínima, se decidió trabajar con un porcentaje de 0.10%, el cual al ser añadido se observó que ayuda mantener ligeramente mejor la trabajabilidad sin modificar el revenimiento. Por lo que se realizó este ajuste para todos los diseños D1 al D6.

Después de realizar los ajustes en cada diseño “Di”, los diseños D1-D6 finales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4-9 Dosificación de Diseños de mezcla D1-D6, con MasterSet R770i

Diseños D1 - D6						
Descripción	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Relación a/c	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
FC (kg)	330	360	400	450	510	600
Rf	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.52
Agua (lts)	182	180	180	180	179	180
Arena (kg)	970	957	936	911	866	803
Piedra (kg)	823	812	795	773	765	738
MasterGlenium Scc 3800	0.95%	1.00%	1.05%	1.05%	1.10%	1.20%
MasterSet R770I	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%

FUENTE: Propio



Después de encontrar la dosificación óptima de superplastificante para los diseños D1- D6, estos fueron replicados para su caracterización en su estado fresco y su respectiva evaluación de su resistencia a compresión en las edades designadas.

4.1.6. Procedimiento experimental de dosificación

El protocolo de amasado comenzaba con las jornadas previas mediante la obtención de muestras de áridos representativas, para su respectiva homogenización, tanto del agregado fino como del agregado grueso, para su posterior estimación de la humedad contenida de los mismos, como se ve en la *Figura 4-7*.

El proceso preliminar al mezclado se daba inicio con el pesaje de las cantidades de los insumos por diseño, el humedecimiento del interior de la amasadora o mezcladora, con el fin de que las paredes de esta, no absorban agua alguna del diseño de mezcla, ver *Figura 4-8*.

Se vertía inicialmente un aproximado del 70% de agua inicial seguido por la arena, una vez mezclada la arena con el agua, se vertía el total del cemento, hecha la mezcla pareja se vierte el aditivo superplastificante MasterGlenium Scc 3800 con un 20% del agua restante, esparciendo el aditivo por toda la mezcla (se vierte de esta manera y no con el agua inicial, con el fin de que el aditivo sea absorbido por el cemento y no por la arena, de esta forma se aprovecha de manera más eficaz la performance del aditivo) (Según Domone, el adicionar el aditivo luego de 30 seg. a 2 min. del contacto agua cemento, se obtiene resultados más óptimos de performance, Domone-1999), se espera alrededor de medio a un minuto con el fin de observar una mezcla uniforme, una vez obtenida visualmente la mezcla homogénea, se vierte el agregado grueso y aproximadamente un minuto después, se vierte finalmente el aditivo MasterSet R770i con el 10% de agua restante.

Como nos recomienda BASF, se debe hacer el mezclado con todos los insumos durante aprox. 10 minutos para su correcta homogenización y funcionamiento del aditivo MasterGlenium Scc 3800. Para nuestras mezclas, los tiempos de batido oscilan entre 10 a 15 min. Debido a que inicialmente presentan un falso efecto “champagne” (burbujeo) que una vez mezclado el tiempo recomendado, estas se estabilizan.

Es necesario mencionar que los tiempos de mezclado en la espera de la homogenización de los morteros (agua, cemento y arena), varían con respecto a las características del diseño, como la relación a/c y Factor cemento del diseño; mientras menor sea la relación a/c y mayor la cantidad de cemento, el tiempo tendrá un leve incremento de unos minutos. De la misma manera el tiempo total de mezclado, con el total de los insumos varía según las mismas características.

Figura 4-7 Preparación y homogenización de los agregados



FUENTE: propio

Figura 4-8 Dosificación, pesaje de los insumos de mezcla



FUENTE: propio



Es esencial mencionar que, para evitar variaciones en las reacciones con respecto a la acción del aditivo, es muy necesario remover todos los aditivos antes de ser dosificados, para cada jornada diaria. De esta manera se garantizará que el aditivo a utilizar se encuentra homogenizado y que la acción del aditivo será el esperado, esto debido a que, en los envases de aditivos líquidos, existen altas probabilidades de existir procesos de sedimentación en la base de los mismos, que conlleva que estos muestren variaciones en su performance en la mezcla de concreto.

4.1.7. Propiedades de los diseños D1 – D6

Los diseños D1 al D6 con sus respectivos ajustes fueron replicados para su caracterización en su estado fresco y endurecido, como se observa en la imagen de la *Figura 4-9*.

4.1.7.1. Propiedades en estado fresco diseños D1 – D6

Los diseños D1 a D6 replicados para su evaluación y caracterización presentaron las siguientes características en su estado fresco

Tabla 4-10 Propiedades en estado fresco de los diseños D1-D6 (a/c 0.55 - 0.30)

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DISEÑOS D1 – D6						
Diseño	D1	D2	D3	D4	D5	D6
relación a/c	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Temp. Concreto (°C)	21.2	20.9	19.8	24.4	20.0	20.9
Temp. Ambiente (°C)	23.9	25.0	22.4	26.3	21.9	23.1
Humedad Relativa	33.0%	26.0%	30.0%	25.0%	25.0%	24.0%
Slump (Pulg.)	8 3/4"	8 3/4"	9 "	9 1/2"	9 3/4"	10"
Peso Unitario (Kg/m ³)	2332.71	2338.43	2352.71	2367.00	2374.14	2378.43
% Aire	1.60%	1.45%	1.30%	1.25%	1.15%	1.10%

FUENTE: propio

Figura 4-9 caracterización de la mezcla de concreto *Diseño D2* ($a/c = 0.50$)



FUENTE: propio

4.1.7.2. Propiedades en estado endurecido diseños D1 – D6

Como nuestros diseños propuestos para la presente tesis tienen una especificación de resistencias a las 24 horas, 3 días y 7 días; las roturas de probetas de los diseños D1 al D6 serán evaluadas en todas estas edades, con el fin de tener mayor cantidad de datos para cada edad y además, adicionalmente serán evaluadas a los 28 días con el fin de tener curvas de evolución de resistencias mucho más completas.

CURADO INICIAL

Uno de los factores muy importantes en el proceso de obtención de resistencias del concreto, es el proceso de curado, mediante la inmersión de los testigos en pozos de curado (pozos de agua), hasta la edad requerida (convencionalmente hasta los 28 días). Dentro del proceso de curado, existe un curado inicial sumamente importante para los testigos de concreto y aún más importantes para los concretos ART, el cual es el cuidado inicial que se le da a las probetas de concreto durante las primeras 24 horas.

Como lo menciona la norma ASTM C-31 (Preparación y curado de especímenes de concreto en obra), sobre el curado inicial de las probetas, deberán estar almacenados en un rango de



temperaturas entre los 16 y 27 °C y en un ambiente que evite la pérdida de humedad de los especímenes, y para mezclas con resistencias especificadas de 40MPa a más, la temperatura del curado inicial deberá estar entre los 20 y 26°C.

Curado inicial – inmediatamente después de moldear y acabar, los especímenes deben ser almacenados por un periodo de hasta 48 h en un rango de temperatura entre 16 y 27°C y en un ambiente que evite la pérdida de humedad de los especímenes (ASTM C -31)

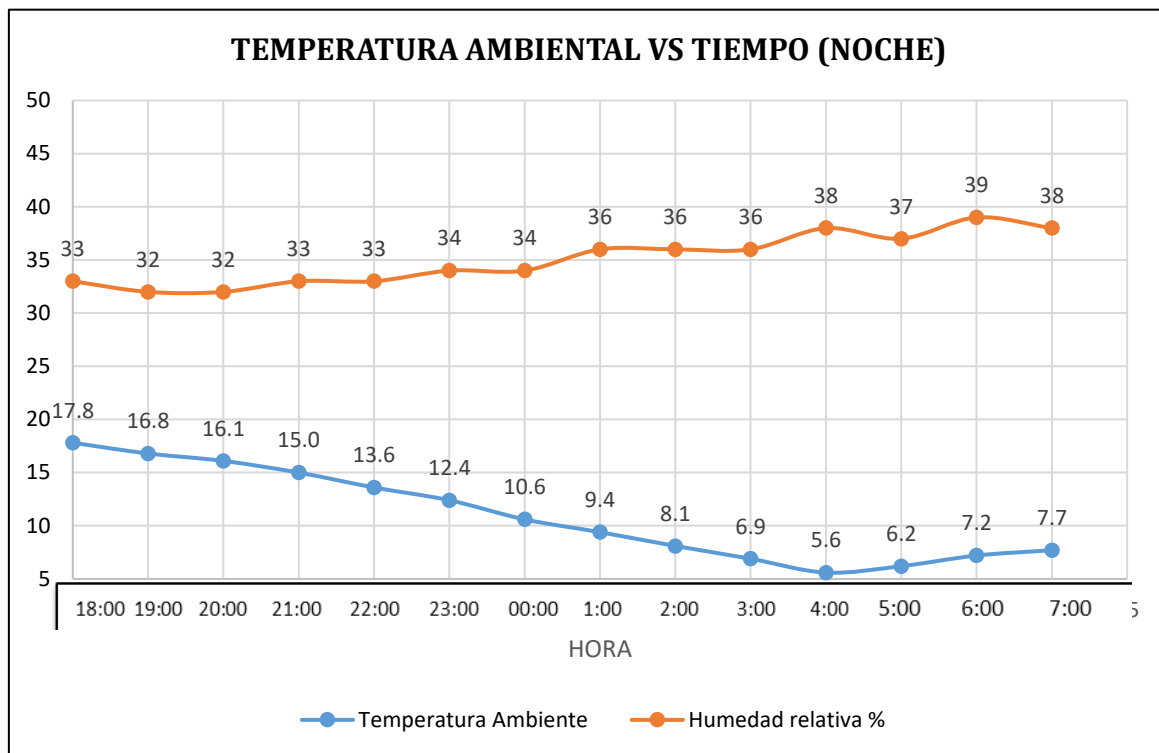
De la misma manera la norma ASTM C-192 (preparación y curado de especímenes de concreto en laboratorio), nos menciona que el curado inicial de probetas deberá estar en el rango de 23°C +- 2 °C.

Es decir que se deberá tener bastante cuidado en el curado inicial de las probetas, además que recomiendan tener esta precaución cuando se trata de concretos de alta resistencia inicial o alta resistencias especificadas (mayores a 40Mpa) como hace mención la norma ASTM C-31.

Una de las recomendaciones de muchos autores es mantener la temperatura y la humedad durante el curado inicial de los testigos, a través de aislamientos para retener el calor de hidratación y evitar la pérdida de humedad. Además, que los concretos ART pretendidos en esta investigación contemplan resistencias a la compresión desde la edad de 24 horas, esta recomendación es de alto interés para este tipo de concretos.

Simular un curado adiabático para mantener la temperatura y humedad del curado inicial en las primeras 24 horas de curado, sería la opción más viable. Esta práctica también es recomendada por la norma ASTM C31 en sus notas de recomendaciones. De modo por el cual las mezclas de concreto en la presente investigación serán curadas tratando de cumplir los cuidados iniciales normalizados por la norma ASTM C-31, ya que por tratarse de concretos ART estas deben tener ese cuidado en su curado inicial.

Así mismo, se tomó datos de la temperatura ambiental que se experimenta durante la noche para tener conocimiento a que temperaturas estaremos expuestos durante la investigación, el cual nos brindó los siguientes resultados mostrados en el siguiente gráfico.

Figura 4-10 Curva de la variación de la temperatura ambiental durante la noche

FUENTE: propio

Según los datos de la **Figura 4-10**, Podemos observar que nuestras temperaturas durante la noche están alcanzando en su punto más bajo unos 5.6°C, razón por la que, para poder mantener o tratar de mantener la temperatura por lo menos cercanos de los 16°C como lo recomienda la norma, es necesario tener un cuidado de nuestras probetas simulando un curado adiabático durante las horas de la noche donde la temperatura ambiental descenden mucho.

De esta manera se decidió construir una caja de madera forrada con fibra de vidrio y plástico para tratar de mantener la temperatura, evitar la pérdida de humedad y evitar ciclos de temperaturas durante el curado inicial, tal y como se muestran en las ilustraciones de la **Figura 4-11**.

Figura 4-11 *Elaboración de caja de madera para el curado inicial de probetas*



FUENTE: propio

Cabe resaltar que las probetas solo fueron almacenadas en la caja de madera durante la noche, donde se presentan los mayores descensos de temperaturas, tal y como se muestran en la **Figura 4-10**; Así mismo, durante el día no era necesario este cuidado, debido a que las temperaturas en Arequipa se encuentran sobre los 16°C, presentando un clima con bastante calor, de modo que el curado de las probetas durante el día, fueron a temperatura ambiental.

Figura 4-12 *curado inicial de probetas - rotura de probeta a las 24 horas*



FUENTE: propio



Las ilustraciones de la **Figura 4-12** muestran el cuidado de las probetas de concreto dentro de la caja de madera al término de la jornada del día (izquierda) y la probeta ensayada a las 24 horas (derecha).

Después de desmoldar las probetas a las 24 horas, todos los demás testigos que serán evaluados posteriormente a los 3, 7 y 28 días, fueron colocados en el pozo de curado hasta su rotura correspondiente.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑOS D1 – D6

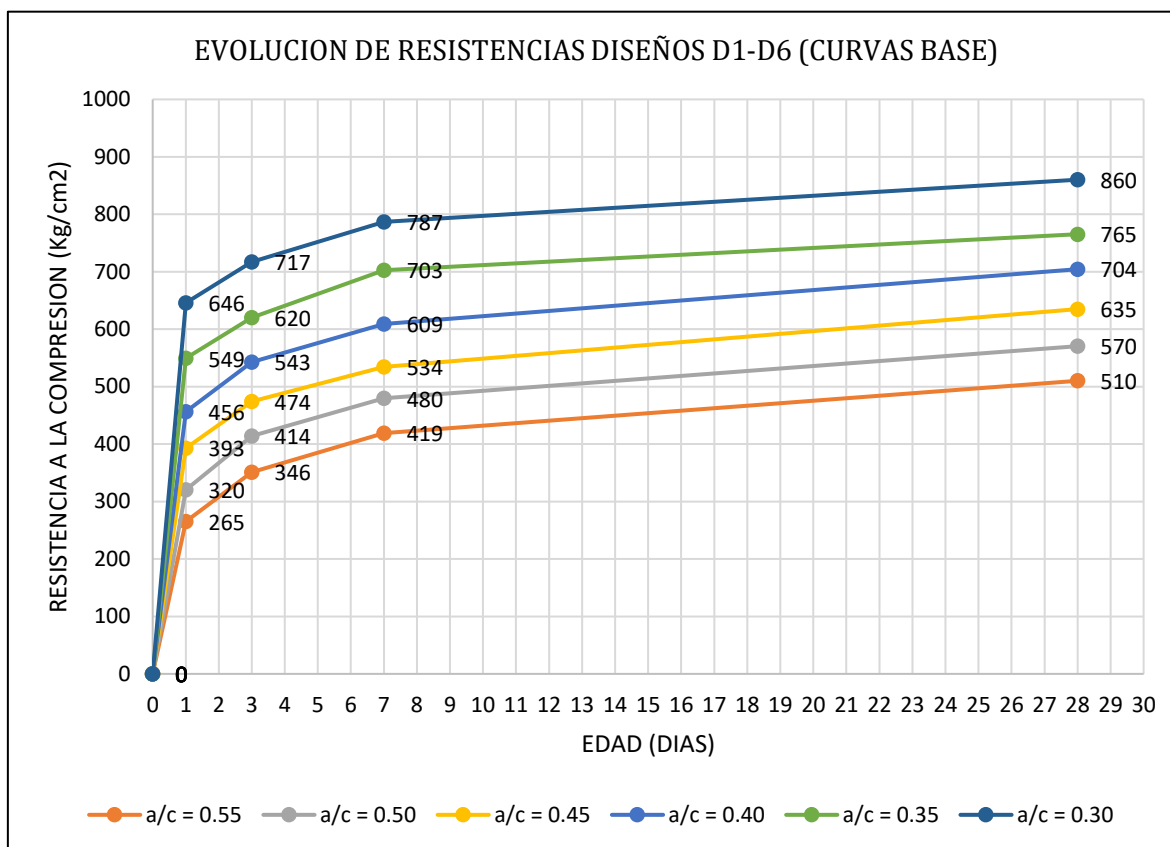
A continuación, se muestra la **Tabla 4.11** donde se ve el cuadro resumen de los ensayos de resistencia a compresión de las probetas de concreto a las edades de 24 horas, 3, 7 y 28 días, para cada diseño Di.

(Los ensayos de las roturas de probetas de los diseños “Di” se encuentran en el anexo B del presente trabajo)

Tabla 4-11 Cuadro resumen de resistencia a la compresión diseños D1-D6

CUADRO RESUMEN DE ROTURA DE PROBETAS DISEÑOS D1 AL D6						
Diseño	a/c	24 horas	3 días	7 días	28 días	und
D1	0.55	265	346	419	510	Kg/cm ²
D2	0.50	320	414	480	570	
D3	0.45	393	474	534	635	
D4	0.40	456	543	609	704	
D5	0.35	549	620	703	765	
D6	0.30	646	717	787	860	

FUENTE: propio

Figura 4-13 Curva evolución de resistencias diseños D1-D6 (Curva Base)**FUENTE:** propio

En la **Tabla 4.11** y la **Figura 4-13**, observamos la evolución de las resistencias logradas experimentalmente de cada diseño “Di” hasta los 28 días, de la misma manera tenemos las variaciones de resistencias en cada edad especificada con una relación a/c distinto.

Así mismo podemos notar que las resistencias experimentadas a las 24 horas varían desde los 265 Kg/cm² (diseño D1-a/c=0.55) hasta los 646 Kg/cm² (D6 –a/c=0.30), las resistencias a los 3 días van desde los 346 Kg/cm² (diseño D1) hasta los 717Kg/cm² (diseño D6), a los 7 días desde los 419Kg/cm² (D1) hasta los 787Kg/cm² (D6) que son los rangos de resistencias que más nos interesan para nuestros fines, adicionalmente se tiene también que nuestras resistencias experimentadas a los 28 días van desde los 510 Kg/cm² hasta los 860 Kg/cm².

Estas curvas representaran el punto de partida para nuestra presente investigación, y quizá nuestras curvas más importantes del presente trabajo, por lo que lo llamaremos curvas base, de donde podremos obtener aproximaciones más cercanas para encontrar los diseños requeridos (280 y 420 Kg/cm²) para nuestra investigación y para cada edad requerida.



4.2. Diseños de mezcla concretos 280 Y 420 Kg/cm²

4.2.1. Resistencias Requeridas (f'_{cr})

La norma ACI 301 y nuestro reglamento RNE, nos brindan dos métodos para encontrar la resistencia promedio requerida " f'_{cr} ", el primero con el uso de la desviación estándar, si se cuenta con datos (*Tabla 4-12*) y el segundo cuando no se cuenta con ningún dato (*Tabla 4-13*).

Tabla 4-12 Determinación de la resistencia requerida (f'_{cr}), con una desviación estándar (S)

DETERMINACION DE LA RESISTENICA PROMEDIO REQUERIDA C/DS	
Resistencia Especificada f'_{c}	Resistencia promedio Requerida f'_{cr}
$f'_{c} \leq 350 \text{ Kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34*S$
	$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33*S - 35$
$f'_{c} > 350 \text{ Kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34*S$
	$f'_{cr} = 0.90*f'_{c} + 2.33*S$

FUENTE: ACI 301

Tabla 4-13 Determinación de la resistencia requerida (f'_{cr}), sin Desviación estándar

DETERMINACION DE LA RESISTENICA PROMEDIO REQUERIDA S/DS	
Resistencia Especificada f'_{c} (kg/cm ²)	Resistencia promedio Requerida f'_{cr} (kg/cm ²)
$f'_{c} < 210 \text{ Kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_{c} + 70$
$210 \leq f'_{c} \leq 350$	$f'_{cr} = f'_{c} + 84$
$f'_{c} > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1.10*f'_{c} + 50$

FUENTE: ACI 301

Debido a que las resistencias requeridas obtenidas son más aplicativas para concretos convencionales con las resistencias especificadas a los 28 días de edad, Y bajo la motivación de obtener concretos ART con fines más aplicativos, además de contar con la ventaja de que



las pruebas de la presente investigación fueron realizados en el área de calidad del laboratorio de la empresa ECOCRET S.A., se decidió trabajar con una desviación estándar representativa hasta esa fecha, Ya que los materiales usados para el despacho de la producción de la empresa son de la misma cantera, como también el tipo de cemento usado tipo HE, y el buen control de calidad. La desviación estándar brindada por la empresa ECOCRET S.A. fue de $DS = 37$ Kg/cm². Cabe destacar que esta desviación brindada representa el mayor valor de sus desviaciones hasta esa fecha de los diseños convencionales a 28 días, sin embargo, se tomara este dato para determinar una resistencia requerida con fines aplicativos, con un factor de seguridad más aplicativa para las condiciones dadas, ya que no existe datos previos de estos diseños de mezcla de concretos ART, se trabajara de esta manera con el propósito de realizar mezclas mucho más aplicativos.

De modo que la determinación de nuestras resistencias requeridas estará dada de la siguiente manera. Como nuestros diseños son básicamente dos resistencias especificadas de 280 y 420 Kg/cm², aplicando las fórmulas, tenemos los siguientes resultados.

Tabla 4-14 Resistencias requeridas para los diseños 280 y 420 Kg/cm²

Resistencia Especificada f 'c	Resistencia promedio Requerida f 'cr
280 Kg/cm ²	331 Kg/cm ²
420 Kg/cm ²	469 Kg/cm ²

FUENTE: Propio

4.2.2. Diseños de mezclas concreto 280 Kg/cm²

4.2.2.1. Diseño de mezcla 280 Kg/cm² a los 7 días (280R7D)

Para la obtención de nuestros diseños buscados se partirá observando los resultados logrados de nuestros diseños “Di”, con el fin de encontrar la mayor aproximación a la resistencia requerida con las resistencias logradas de nuestras curvas base.

Observando los datos obtenidos experimentalmente en la **Tabla 4-11** y la **Figura 4-13**, para este diseño 280 Kg/cm² a 7 días (f'cr 331 Kg/cm² a 7 días) fue necesario realizar una mezcla adicional D7, con una relación a/c mayor, debido a que los resultados de las pruebas de



resistencia a la compresión de los diseños D1 al D6, superan los 400 Kg/cm² a la edad de 7 días.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de los diseños D1-D6, se decidió estimar para este caso una relación a/c alrededor de 0.60. Así mismo al igual que los diseños D1 - D6, primero se realizó pruebas en tandas pequeñas para encontrar la dosificación de superplastificante para un revenimiento entre 8 a 10 pulg., iniciándose con dosis más bajas que la recomendada, pero que al final se llegó a una dosis de 0.90% para el revenimiento buscado.

Con fines de lograr una resistencia más aproximada a la requerida a los 7 días, se tuvo que realizar tres diseños con relaciones a/c de 0.62, 0.60 y 0.58 manteniendo la misma cantidad de agua. De donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 4-15 Resistencias a los 7 días, diseños de prueba para concreto 280R7D

Relación a/c	RESISTENCIA A LA COMPRESION	
	7 días	
0.62	310	Kg/cm ²
0.60	340	Kg/cm ²
0.58	363	Kg/cm ²

De la **Tabla 4-15**, se observa que el diseño más próximo corresponde a la relación a/c de 0.60, debido a que se encuentra sobre la resistencia requerida y es la más cercana a esta. De tal manera que el diseño 280R7D fue validada y replicada por este diseño el cual presenta la siguiente dosificación:

Tabla 4-16 Diseño de mezcla concreto 280R7D

DISEÑO DE MEZCLA - 280R7D			
DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³	
Relación a/c		0.60	
rf		0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		310	Kg/m ³
Agua		186	Lts/m ³
Agregado fino		974	Kg/m ³
Agregado grueso		827	Kg/m ³
MasterGlenium Scc 3800	0.90%	2.790	Kg/m ³
MasterSet R770I	0.10%	0.31	Kg/m ³
Módulo de Combinación		4.64	



4.2.2.2. Diseño de mezcla 280 Kg/cm² a los 3 días (280R3D)

Debido a que todos los diseños D1 – D6 se encuentran dentro de los rangos de revenimientos buscados para nuestros diseños (8”-10”), tendremos que encontrar la mejor aproximación de las resistencias buscadas y a la edad requerida, para finalmente encontrar nuestros diseños definitivos.

Para el caso del diseño 280R3D, nos podemos dar cuenta que el diseño D1 ($a/c = 0.55$) tiene una resistencia a los 3 días de 346 Kg/cm², el cual es una resistencia superior a la resistencia requerida y además se encuentra muy cercano a la resistencia hallada para el diseño de 280R7D (alrededor de 340Kg/cm²), por lo que para este diseño se validara con el diseño D1 de la curva base.

Por lo que el diseño 280R3D tendrá la siguiente dosificación:

Tabla 4-17 Diseño de mezcla concreto 280R3D

DISEÑO DE MEZCLA - 280R3D			
DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³	
Relación a/c		0.55	
rf		0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		330	Kg/m ³
Agua		182	litros/m ³
Agregado fino		970	Kg/m ³
Agregado grueso		823	Kg/m ³
MasterGlenium Scc 3800	0.95%	3.14	Kg/m ³
MasterSet R770I	0.10%	0.33	Kg/m ³
Módulo de Combinación		4.64	

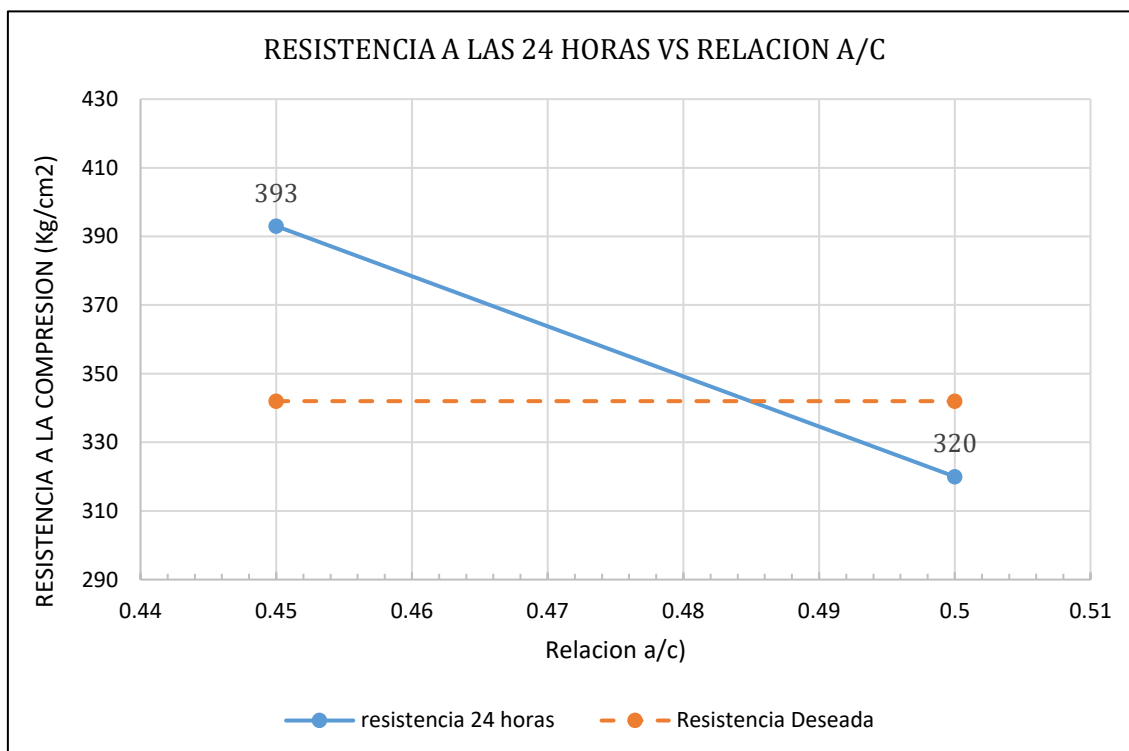
4.2.2.3. Diseño de mezcla 280 Kg/cm² a 24 horas (280R24H)

En el caso del diseño 280R24H, se puede observar que, de acuerdo a los resultados obtenidos en los diseños de nuestras curvas base y la **Tabla 4-11**, que nuestra resistencia deseada, se encuentra entre los diseños de mezclas con las relaciones a/c entre 0.5 y 0.45 (diseños D2 y D3)

Con el fin de tener una primera estimación de la relación a/c, se tratará de interpolar los resultados entre los valores más cercanos, como se muestra en el siguiente gráfico (**Figura 4-**

14) Figura 4-14, que nos podrá dar una muy buena aproximación a nuestra resistencia requerida, cabe destacar que los resultados finales no nos darán la resistencia exacta interpolada, debido a que la resistencia interpolada puede variar a causa de muchos factores que intervienen en la evolución de las resistencias en este tipo de concretos, como la temperatura ambiental, temperatura del concreto y la del curado inicial, como sucede en todo diseño de mezclas.

Figura 4-14 Interpolación de resistencia y relación a/c, diseño 280R24H



FUENTE: Propio

Del gráfico anterior se obtiene que, para nuestra resistencia deseada aproximada, la relación a/c se encuentra entre los valores de 0.48 y 0.49.

Se tuvo que realizar una réplica de prueba con la relación a/c 0.48 en donde se encontró que el diseño con la relación agua/cemento de 0.48, nos brinda una resistencia más próxima al valor deseado 343 Kg/cm²

Por lo que nuestro diseño final del diseño 280R24H será el siguiente:

**Tabla 4-18 Diseño de mezcla concreto 280R24H**

DISEÑO DE MEZCLA - 280R24H			
DESCRIPCION		CANTIDAD / m3	
Relación a/c		0.48	
rf		0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		380	Kg/m3
Agua		182	litros/m3
Agregado fino		943	Kg/m3
Agregado grueso		801	Kg/m3
MasterGlenium Scc 3800	1.00%	3.80	Kg/m3
MasterSet R770I	0.10%	0.38	Kg/m3
Módulo de Combinación		4.64	

4.2.3. Diseños de mezclas concreto 420 Kg/cm²

4.2.3.1. Diseño de mezclas 420 Kg/cm² a 7 días (420R7D)

De la misma manera que el diseño 280R3D, el diseño 420R7D estará validado con el diseño D2 (diseño con relación a/c de 0.50), debido a que este diseño presenta una muy buena aproximación (480 Kg/cm²) a la resistencia requerida (469 Kg/cm²) para los diseños con 420Kg/cm², por lo que su dosificación estará dada de la siguiente manera:

Tabla 4-19 Diseño de mezcla concreto 420R7D

DISEÑO DE MEZCLAS - 420R7D			
DESCRIPCION		CANTIDAD / m3	
Relación a/c		0.50	
rf		0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		360	Kg/m3
Agua		180	lts/m3
Agregado fino		957	Kg/m3
Agregado grueso		812	Kg/m3
MasterGlenium Scc 3800	1.00%	3.600	Kg/m3
MasterSet R770I	0.10%	0.36	Kg/m3
Módulo de Combinación		4.64	



4.2.3.2. Diseño de mezclas 420 Kg/cm² a 3 días (420R3D)

Del mismo modo que el caso anterior, notamos que el diseño D3 (diseño con relación a/c = 0.45) presenta una resistencia de 474 Kg/cm² la cual está muy cercana a la resistencia requerida y también muy cercana a la resistencia validada para el diseño 420R7D.

Por lo que el diseño 420R3D muestra la siguiente dosificación:

Tabla 4-20 Diseño de mezcla concreto 420R3D

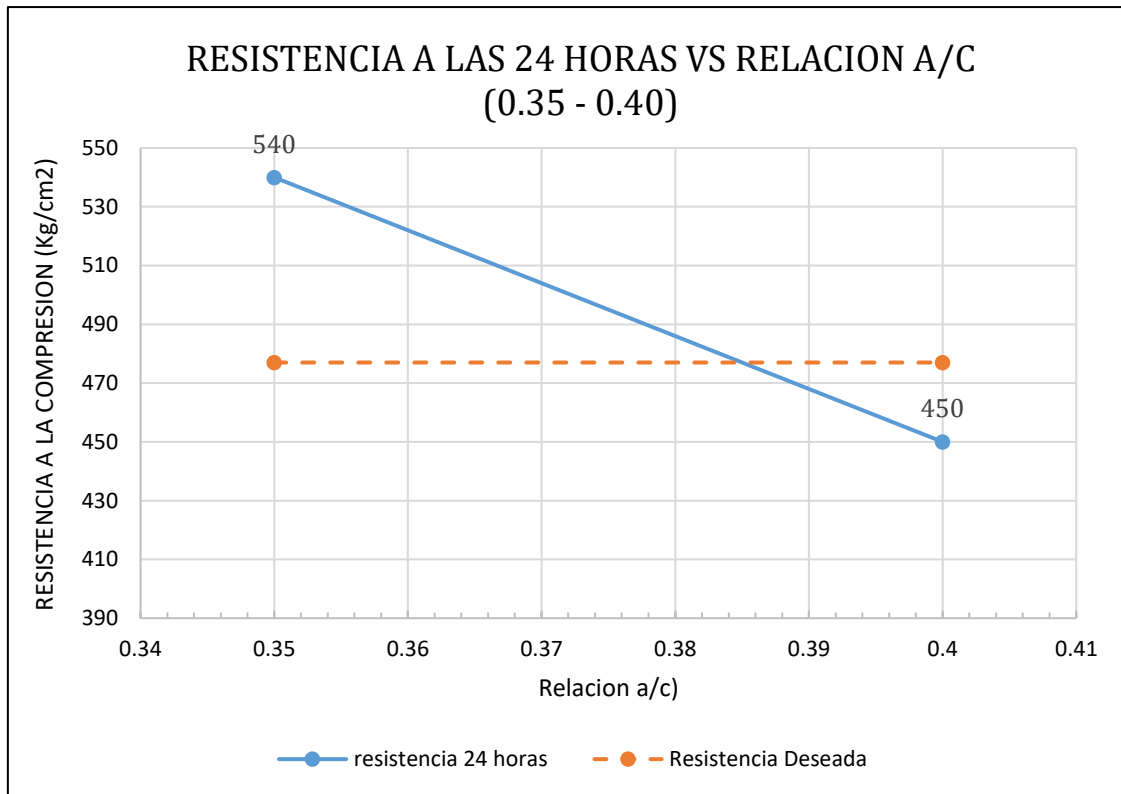
DISEÑO DE MEZCLA - 420R3D			
DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³	
Relación a/c		0.45	
rf		0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		400	Kg/m ³
Agua		180	lts/m ³
Agregado fino		936	Kg/m ³
Agregado grueso		795	Kg/m ³
MasterGlenium Scc 3800	1.05%	4.200	Kg/m ³
MasterSet R770I	0.10%	0.4	Kg/m ³
Módulo de Combinación		4.64	

4.2.3.3. Diseño de mezcla 420 Kg/cm² a 24 horas (420R24H)

Conforme a los resultados obtenidos en los diseños D1 a D6, notamos que para este diseño se deberá realizar otra vez una interpolación entre los diseños de mezclas con las relaciones a/c entre 0.35 y 0.40 (diseños D4 y D5 respectivamente).

De igual forma que para el diseño 280R24H, fue necesario realizar diseños de prueba teniendo como primera aproximación la interpolación de datos tal y como se muestra en la **Figura 4-15**, con el fin de obtener una resistencia más próxima a la requerida y seleccionada en nuestros casos anteriores para los diseños 420R7D Y 420R3D, se validó el diseño que más se aproximó a este, llegando como nuestra dosificación definitiva la que se muestra en **Tabla 4-21**.

Figura 4-15 Interpolación de resistencia y relación a/c, diseño 420R24H



FUENTE: Propio

Tabla 4-21 Diseño de mezcla concreto 420R24H

DISEÑO DE MEZCLA - 420R24H			
DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³	
Relación a/c		0.38	
rf		0.53	
Factor Cemento (tipo HE)		485	Kg/m ³
Agua		184	lts/m ³
Agregado fino		871	Kg/m ³
Agregado grueso		769	Kg/m ³
MasterGlenium Scc 3800	1.05%	5.093	Kg/m ³
MasterSet R770I	0.10%	0.485	Kg/m ³
Módulo de Combinación		4.68	

FUENTE: Propio

Figura 4-16 Diseños de mezcla 280R7D, 280R3D Y 280R24H (revenimiento entre 8 - 10 pulg.)



FUENTE: Propio

Figura 4-17 Diseños de mezcla 420R7D, 420R3D Y 420R24H (revenimiento entre 8 - 10 pulg.)



FUENTE: Propio

En las ilustraciones de la **Figura 4-16** y **Figura 4-17** se muestran las mezclas de concreto de los diseños 280 y 420 Kg/cm² validados.

4.3. Diseños 280 Y 420 Kg/cm² con acelerante

Para esta sección de la investigación, el aditivo acelerante seleccionado para nuestro fin, fue el aditivo MasterSet ACE 534, puesto que es un acelerante sin presencia de cloruros, perfecto para mezclas de concretos con refuerzos de acero, además que, según orientación del productor y la ficha técnica, actúa perfectamente en complemento con los aditivos de la línea MasterGlenium (superplastificante) para concretos ART. Por lo que se hará uso de este Acelerante para nuestra investigación. Cabe mencionar que existen en el mercado acelerantes a base de cloruros que según asesoramiento de BASF son mucho más eficaces que los acelerantes sin cloruro.

Para poder entender el aporte del aditivo acelerante sobre la resistencia de una mezcla de concreto, se decidió realizar 6 mezclas con diferentes rangos de porcentajes de aditivo acelerante con el fin de cuantificar el aporte en la resistencia, debido a que es la propiedad que más nos interesa para nuestros fines.

Según ficha técnica del aditivo MasterSet ACE 534, su dosificación está recomendada desde 0.65L a 2.9 L x cada 100 Kg de cemento. A continuación, se muestra la **Tabla 4-22** diseños realizados con las variaciones de dosis de 0.5 L de acelerante, que se probara en el diseño 0.55 (D1).

Tabla 4-22 Diseños con variación de dosis de acelerante MasterSet ACE 534

DISEÑOS CON VARIACION DE DOSIS - MS ACE 534						
Código diseño	0.65 L	1.2 L	1.7 L	2.2 L	2.7 L	3.2 L
a/c	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Factor Cemento (kg)	330	330	330	330	330	330
Agua (lts)	182	182	182	182	182	182
Rf	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Arena (kg)	969	967	965	962	860	957
Piedra (kg)	823	821	819	817	815	813
Master glenium Scc 3800 (%)	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%
MasterSet ACE 534 (%)	0.91%	1.68%	2.38%	3.08%	3.78%	4.48%

FUENTE: Propio



Es propicio mencionar que para tratar de mantener la trabajabilidad como en el caso de los diseños sin acelerante, en el cual se consideró un porcentaje de 0.10% de MasterSet R770i, se decidió incluir el mismo porcentaje de 0.10% de este aditivo, con el mismo fin de mejorar este aspecto de la mezcla como se mencionó anteriormente en las mezclas sin acelerante.

No obstante, para verificar que la adición del MasterSet R770i (retardante inicial) en una mezcla que contenga también el aditivo acelerante MasterSet ACE 534 no presente efectos adversos en las resistencias a las 24 horas, se hizo una breve comparación de dos diseños de mezcla; el primer diseño sin la adición del masterSet R770i y el segundo con la adición del mismo (ambos con la adición de acelerante), como resultado de esta breve comparación nos dio que las resistencias a las 24 horas, 3 y 7 días no se ven afectadas con la adición mínima de este porcentaje de MasterSet R770i, como se muestra en los resultados de la **Tabla 4-23**, pero que si nos ayudan en mantener levemente la trabajabilidad en su estado fresco.

Tabla 4-23 Resistencias a la compresión de los diseños comparativos con y sin MasterSet R770i

COMPARATIVO RESISTENCIAS CON Y SIN MASTERSET R770i				
DISEÑO	24 HORAS	3 DIAS	7 DIAS	UND
Sin MasterSet	205	304	379	Kg/cm ²
Con MasterSet	202	307	377	Kg/cm ²

FUENTE: Propio

Por lo observado en el cuadro de la **Tabla 4-23**, todos los diseños con acelerante presentaran una dosis mínima de 0.10% de aditivo MasterSet R770i, con el fin de ayudar a mantener ligeramente la trabajabilidad de las mezclas, de modo que las dosificaciones para los diseños 0.65L – 3.2L se muestra en el siguiente cuadro (**Tabla 4-24**)



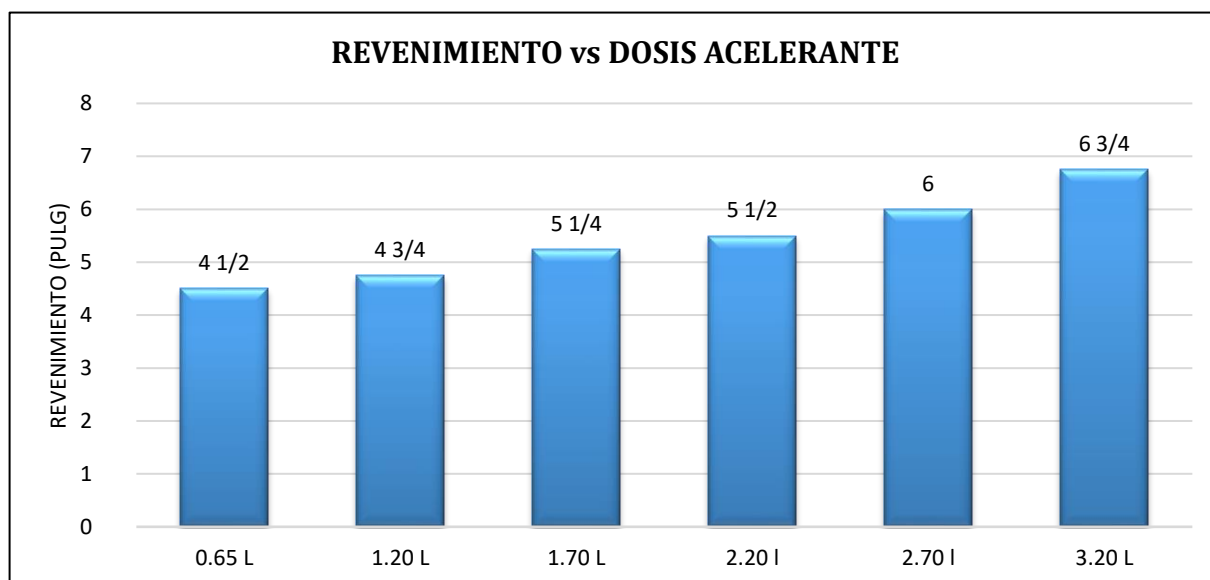
Tabla 4-24 Diseños con variación de dosis de acelerante MasterSet ACE 534 definidos

DISEÑOS CON VARIACION DE DOSIS - MS ACE 534						
Código diseño	0.65 L	1.2 L	1.7 L	2.2 L	2.7 L	3.2 L
a/c	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Factor Cemento (kg)	330	330	330	330	330	330
Agua (lts)	182	182	182	182	182	182
Rf	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Arena (kg)	969	967	965	962	860	957
Piedra (kg)	823	821	819	817	815	813
Master glenium Scc 3800 (%)	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%	0.60%
MasterSet R770i (%)	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
MasterSet ACE 534 (%)	0.91%	1.68%	2.38%	3.08%	3.78%	4.48%

FUENTE: Propio

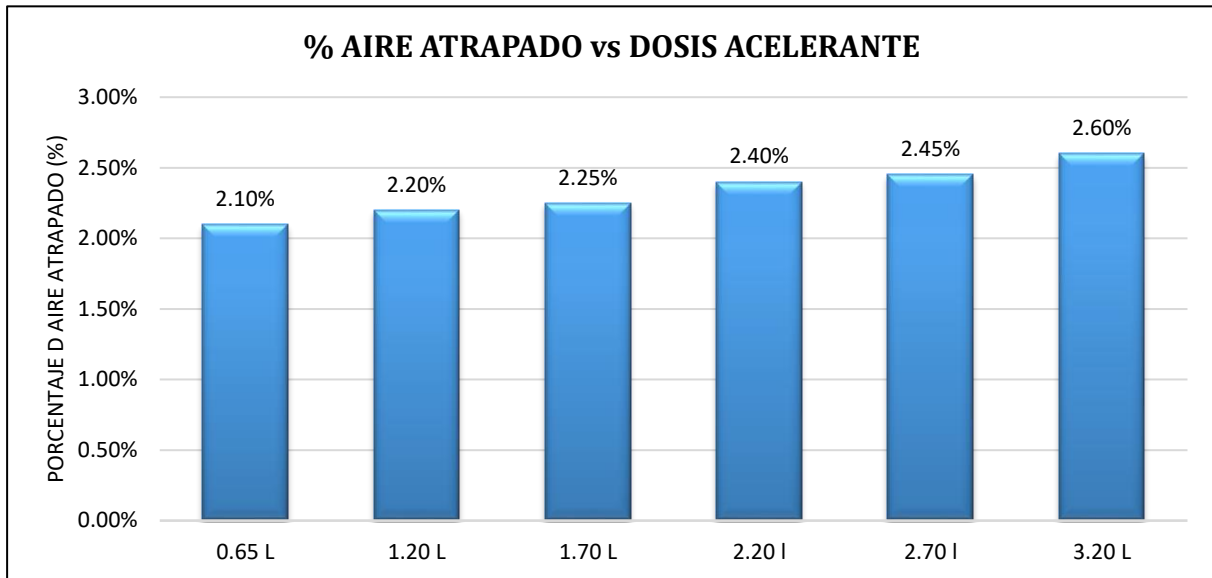
Una vez realizados los ajustes, los diseños fueron evaluados en su estado fresco y endurecido para caracterizar el aporte que el acelerante muestra sobre las mezclas de concreto, conforme se va incrementando la dosis, tal y como se muestran en los siguientes gráficos. (Los ensayos en estado fresco y las roturas de probetas se encuentran en el anexo C)

Figura 4-18 Revenimientos según incremento de dosis de acelerante



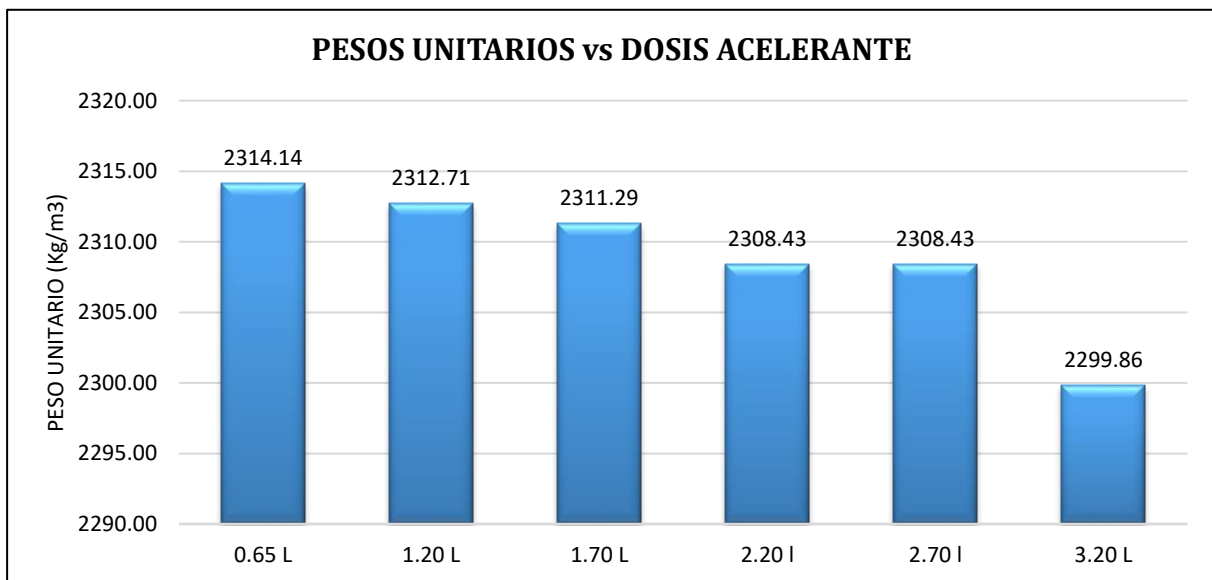
FUENTE: Propio

Figura 4-19 % de aire atrapado vs dosis de acelerante



FUENTE: Propio

Figura 4-20 Pesos unitarios vs dosis de acelerante



FUENTE: Propio

En las ilustraciones de las **Figura 4-18**, **Figura 4-19** y **Figura 4-20**, se observa que, conforme se va incrementando la dosis de aditivo acelerante, este genera un incremento del revenimiento hasta en $2\frac{3}{4}$ " en su dosis máxima; de la misma forma este genera un leve

incremento del porcentaje de aire atrapado hasta en un 0.6% en su dosis máxima y finalmente un leve decremento del peso unitario del concreto fresco hasta en un 0.74% respectivamente.

Estos resultados representan datos que serán considerados al momento de realizar nuestros diseños definitivos.

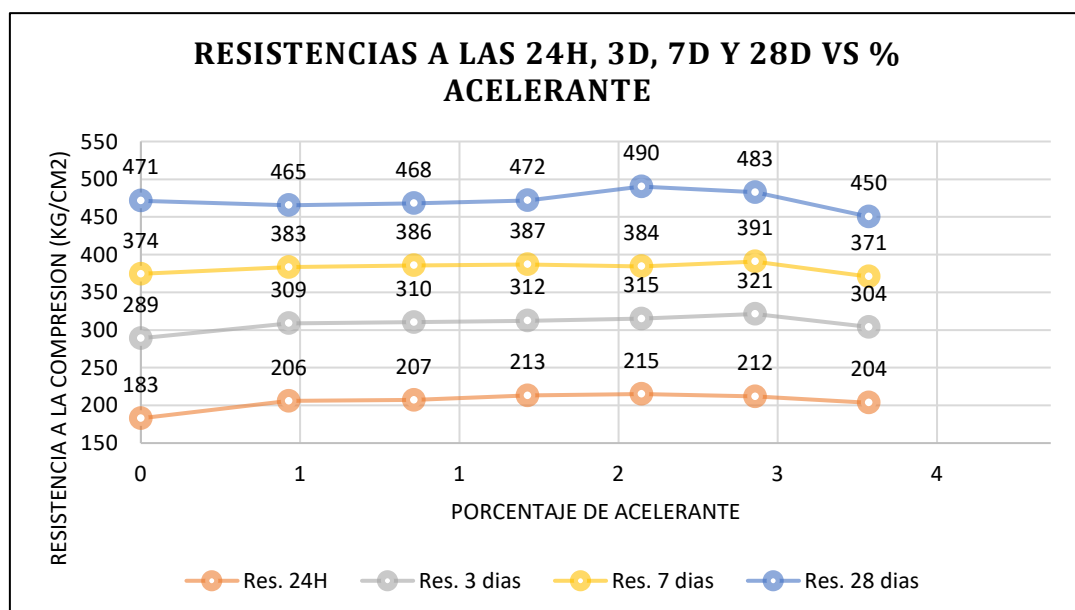
Estos diseños también fueron evaluados en su estado endurecido con los ensayos a la resistencia a la compresión a las edades propuestas, como se muestra en la siguiente **Tabla 4-25**.

Tabla 4-25 Cuadro resumen de rotura de probetas diseños 0.65L-3.20L

CUADRO RESUMEN DE ROTURA DE PROBETAS DISEÑOS 0.65 L - 3.2 L						
Diseño	% Acelerante	24 horas	3 días	7 días	28 días	und
BASE	0%	183	289	374	471	Kg/cm2
0.65 L	0.91%	206	309	383	465	
1.2 L	1.68%	207	310	386	468	
1.7 L	2.38%	213	312	387	472	
2.2 L	3.08%	215	315	384	490	
2.7 L	3.78%	212	321	391	483	
3.2 L	4.48%	204	304	371	450	

FUENTE: Propio

Figura 4-21 Curvas resistencias a la compresión según dosis de acelerante



FUENTE: Propio



En el cuadro de la **Tabla 4-25** y la **Figura 4-21**, se logra observar que la inclusión del acelerante en estos diseños de mezcla, nos brinda los siguientes resultados:

- El incremento de las resistencias a las 24 horas, consiste desde un 12.6% (dosificación de 0.65L/100Kg de cemento) hasta un 17.6% (dosificación de 2.2L/100Kg de cemento) con respecto a la resistencia del diseño base.
- El incremento a los 3 días, va desde un 5.1% (dosificación de 0.65L/100Kg de cemento) hasta un 11.1% (dosificación 2.70L/100Kg de cemento) con respecto al diseño base
- A los 7 días, se observa que existe un incremento que va desde un 2.4% (dosificación 0.65L/100Kg de cemento) hasta un 4.4% (dosificación 2.70L/100Kg de cemento) y en caso de la dosificación máxima se observa un decremento de un 1% de la resistencia, con respecto al del diseño base
- A los 28 días de edad, se observa que existe un decremento de la resistencia que va desde un 0.7% hasta un 4.5% (Dosificación máxima), pero se observa que en el caso de la dosificación de 1.70L, 2.2L y 2.7L existe un incremento de resistencia hasta 4% con respecto al diseño base.

Conforme a los resultados mostrados en la **Tabla 4-25**, la **Figura 4-21** y el aporte experimentado en las resistencias a la compresión de las distintas dosis de aditivo acelerante MasterSet ACE 534, se decidió solicitar un nuevo aditivo acelerante (de la misma marca BASF y así evitar incompatibilidades entre aditivos), con el fin de ver si con este nuevo aditivo se experimentan mejores aportes en la evolución de resistencias según incremento de su dosificación. El aditivo solicitado fue el Master X Seed 100, ya que este, es también un acelerante de buenas características según su ficha técnica y con buena compatibilidad con los superplastificantes de la línea MasterGlenium, ideal para nuestro caso y concretos 4X4, además también por la disposición del aditivo por parte de la empresa Basf.

Así mismo, se puede observar que el diseño D1 (a/c 0.55) presenta variación de resistencias con dosis de 0.40% y 0.95% de superplastificante, en donde se observó que, el diseño con mayor dosis presenta mejores resistencias en todas las edades, mostrando la mayor diferencia a la edad de 24 horas con una variación de 77 Kg/cm². Esto fue replicado para su verificación mostrando básicamente los mismos resultados.



MEZCLAS CON MASTER X- SEED 100

De la misma manera como se evaluó con el acelerante de fragua MasterSet ACE 534, se realizaron diseños de mezcla con incrementos de porcentajes de aditivo acelerante, con el mismo fin de estimar el aporte en las resistencias con el incremento de la dosis, debido a que es la propiedad que más nos interesa para nuestros fines.

En este caso, solo se realizaron 3 variaciones de porcentajes. Según ficha técnica del aditivo, su uso recomendado se encuentra entre 2 a 4 litros por cada 100 Kg de cemento, por lo que se realizaron diseños con dosis de 2L, 3L y 4L y la evaluación de sus resistencias.

En el siguiente cuadro (*Tabla 4-26*) se muestra los diseños realizados con este nuevo acelerante:

Tabla 4-26 Diseños con variación de dosis - Master X-Seed 100

DISEÑOS CON VARIACION DE DOSIS - MASTER X-SEED 100			
Código diseño	2L	3L	4L
a/c	0.55	0.55	0.55
Factor Cemento (kg)	330	330	330
Agua (lts)	182	182	182
Rf	0.54	0.54	0.54
Arena (kg)	963	958	954
Piedra (kg)	817	813	809
Master glenium Scc 3800 (%)	0.50%	0.50%	0.50%
MasterSet R770i (%)	0.10%	0.10%	0.10%
MasterX-Seed 100 (%)	2.27%	3.41%	4.54%

FUENTE: Propio

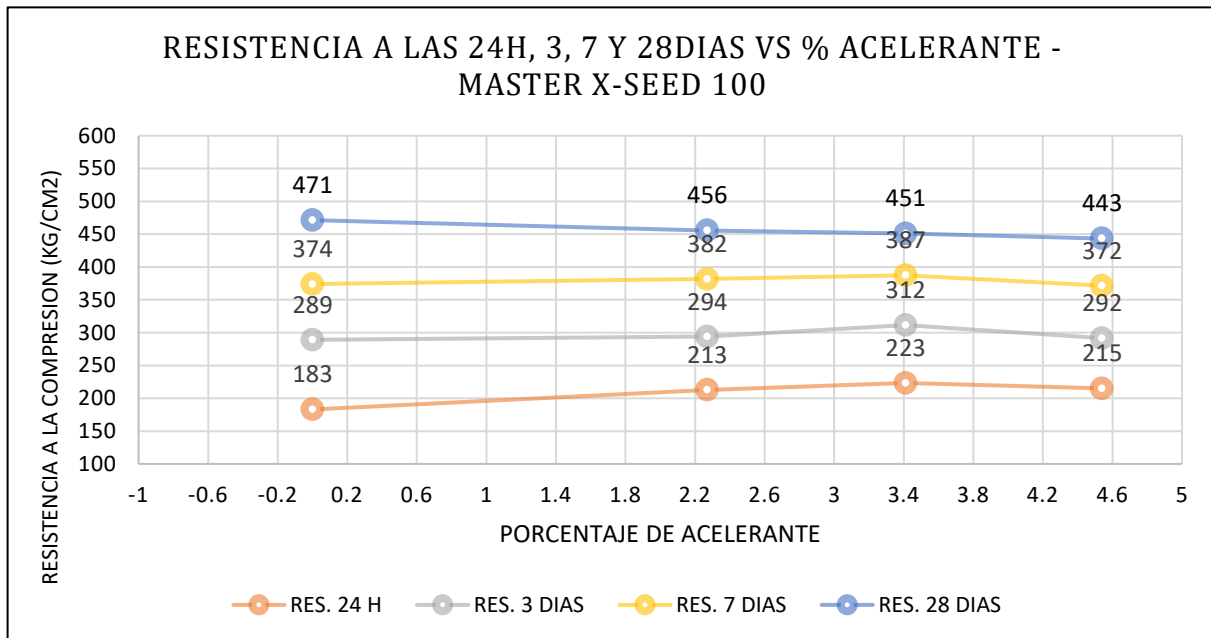
La evaluación de sus respectivas resistencias a la compresión a las edades propuestas se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 4-27 Resistencias a la compresión diseños 2L a 4L - Master X-Seed 100

CUADRO RESUMEN DE ROTURA DE PROBETAS DISEÑOS MASTER X - SEED						
Diseño	% ace	24 horas	3 días	7 días	28 días	und
Base	0.00%	183	289	374	471	Kg/cm2
2L	2.27%	213	294	382	456	
3L	3.41%	223	312	387	451	
4L	4.54%	215	292	372	443	

FUENTE: Propio

Figura 4-22 Curvas resistencias a la compresión según dosis de acelerante (Master X-Seed 100)



FUENTE: Propio

Del análisis de la **Tabla 4-27** y la **Figura 4-22**, se observa que el incremento de la resistencia conforme se va incrementando el porcentaje de dosificación del acelerante es bastante leve, se puede observar que, a las 24 horas, 3 y 7 días se experimenta un ligero incremento de resistencia con respecto al diseño base (sin acelerante), con excepción de la dosis máxima donde presenta una muy leve disminución de resistencia a los 7 días, aunque prácticamente podríamos decir que se mantiene; finalmente a los 28 días presentan un decremento de la resistencia en todas las dosis. Cabe destacar que este acelerante es más recomendado para el uso de concretos



denominados bajo el sistema 4X4 (Concretos 4X4), concretos con resistencias especificadas a las edades de entre 6 a 12 horas.

Del análisis de los resultados de ambos acelerantes, nos centraremos en el acelerante Masterset ACE 534, ya que presenta relativamente mejores resultados en todas las edades (1, 3, 7 y 28 días) y con dosis menores de aditivo.

Considerando el uso del MasterSet ACE 534, podríamos definir como nuestra dosis optima, al porcentaje de acelerante que nos muestre los mejores resultados, en este caso sería la dosis de 2.2L (3.08%), pero también se puede observar que los resultados no difieren mucho uno de otro, por lo que, tomando en cuenta la dosis optima, la leve diferencia de resistencia por edad y el costo de aditivo acelerante, se decidió trabajar con la dosis mínima (0.65 L o 0.91%) del acelerante Masterset ACE534.

4.3.1. Procedimiento experimental de dosificación

De la misma manera que para la dosificación de las mezclas anteriores sin uso de acelerante, se sigue el mismo protocolo de amasado.

Se inicia con el 70% agua de mezcla, seguido por la arena, el cemento y el aditivo superplastificante MasterGlenium Scc 3800 con un 10% del agua restante (respetando los tiempos y visualizando la homogenización de la mezcla antes de verter cada insumo), seguidamente se vierte el agregado grueso y aproximadamente un minuto después se vierte el aditivo MasterSet R770i con el 10% de agua, finalmente unos 2 min después se vierte el aditivo acelerante con el ultimo 10% de agua restante.

Los tiempos de mezclado totales también se encuentran entre 10 a 14 min, esto debido a que, para estos diseños, se cuentan también con el aditivo MasterGlenium.

4.3.2. Diseños concretos 280 Kg/cm² C/acelerante

Para los diseños con acelerante, se tuvo que tomar muy en consideración el aporte de resistencia que brinda el aditivo acelerante en cada edad, para de esta manera tener que realizar ajustes en todos los diseños de tal modo que podamos llegar a la resistencia más próxima requerida, para esto se ensayó distintas mezclas por diseño especificado, aprobando así las que muestran mejor aproximación a las resistencias requeridas para cada edad, de esta manera las dosificaciones siguientes son las que fueron de mejores resultados.



4.3.2.1. Diseño 280R7D-AC

Tomando muy en consideración el aporte promedio sobre las resistencias a los 7 días por la inclusión del acelerante, pero teniendo en cuenta también que la adición del acelerante puede modificar ligeramente el revenimiento, se tuvo que realizar el primer ajuste disminuyendo la cantidad de agua y cemento con el fin de que el agua total de mezcla tenga una disminución semejante en litros a la cantidad de acelerante utilizado y así tratar de mantener el mismo revenimiento. A continuación, se muestra la tabla de los diseños de pruebas finales y el segundo ajuste del diseño realizado con el fin de encontrar una resistencia a los 7 días más próximo a la resistencia logrado en su diseño par sin acelerante.

Tabla 4-28 Diseños de prueba y ajustes del concreto 280R7D-AC

DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³		
Relación a/c		0.60	0.61	
rf		0.54	0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		307	302	Kg/m ³
Agua		184	184	lts/m ³
MasterGlenium Scc 3800	0.90%	2.763	2.718	Kg/m ³
MasterSet ACE 534	0.91%	2.794	2.748	Kg/m ³
MasterSet R770I	0.10%	0.307	0.302	Kg/m ³

El diseño que mejor resultado presento fue el segundo, el cual presenta una ligera variación de la relación a/c y el FC con respecto al diseño 280R7D, ya que para este diseño se trabajó con una relación a/c de 0.61 con un factor cemento de 302 Kg., y que nos dio una resistencia de 346 Kg/cm² a los 7 días, muy cercano a las resistencias validadas en su diseño par sin acelerante, motivo por el cual este diseño fue el validado, cabe aclarar que el primero diseño mostro una resistencia de 355 Kg/cm².

Por lo que el diseño de mezcla para el concreto 280R7D-AC será el que se muestra a continuación, *Tabla 4-29*.

**Tabla 4-29 Diseño de mezcla concreto 280R7D-AC**

DISEÑO DE MEZCLA - 280R7D-AC			
DESCRIPCION		CANTIDAD / m3	
Relación a/c		0.61	
rf		0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		302	Kg/m3
Agua		184	lts/m3
Agregado fino		977	Kg/m3
Agregado grueso		829	Kg/m3
MasterGlenium Scc 3800	0.90%	2.718	Kg/m3
MasterSet ACE 534	0.91%	2.748	Kg/m3
MasterSet R770I	0.10%	0.302	Kg/m3
Módulo de Combinación		4.64	

4.3.2.2. Diseño de mezcla 280R3D-AC

Del mismo modo que para el caso anterior, para el diseño 280R3D se realizó diseños de pruebas, a continuación, se muestran el primer y segundo diseño (con una relación a/c de 0.55 y 0.56 respectivamente) con sus respectivos ajustes (Ver **Tabla 4-30**).

Tabla 4-30 Diseños de prueba y ajustes del concreto 280R3D-AC

DESCRIPCION		CANTIDAD / m3		
Relación a/c		0.55	0.56	
rf		0.54	0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		325	320	Kg/m3
Agua		179	179	lts/m3
MasterGlenium Scc 3800	0.95%	3.088	3.040	Kg/m3
MasterSet ACE 534	0.91%	2.958	2.912	Kg/m3
MasterSet R770I	0.10%	0.325	0.32	Kg/m3

FUENTE: Propio

Como en el caso anterior se inició con un diseño de prueba con su respectivo ajuste y el segundo diseño con un nuevo ajuste, este último fue el que presentó una resistencia final a los 3 días más aproximado a lo requerido, con una resistencia de 340 Kg/cm².

Motivo por el que el diseño validado será el siguiente (Ver **Tabla 4-31**).

**Tabla 4-31 Diseño de mezcla concreto 280R3D-AC**

DISEÑO DE MEZCLA 280R3D-AC				
DESCRIPCION			CANTIDAD / m3	
Relación a/c			0.56	
rf			0.54	
Factor Cemento (tipo HE)			320	Kg/m3
Agua			179	litros/m3
Agregado fino			975	Kg/m3
Agregado grueso			827	Kg/m3
MasterGlenium Scc 3800	1.00%		3.2	Kg/m3
MasterSet ACE 534	0.91%		2.912	Kg/m3
MasterSet R770I	0.10%		0.32	Kg/m3
Módulo de Combinación			4.64	

FUENTE: Propio

4.3.2.3. Diseño de mezcla 280R24H-AC

Tomando en consideración los ajustes realizados en el caso anterior, para este diseño se consideró iniciar con una relación de a/c 0.1 mayor que el diseño 280R24H como primer ajuste, en donde también fue necesario realizar un siguiente ajuste tal y como se muestra en la siguiente **Tabla 4-32**, así como también fue necesario realizar una reducción adicional de 0.1 con respecto a la relación a/c, por lo que el diseño definitivo estará dado por este último.

Tabla 4-32 Diseños de prueba y ajustes del concreto 280R24H-AC

DESCRIPCION			CANTIDAD / m3		
Relación a/c			0.49	0.50	
rf			0.54	0.54	
Factor Cemento (tipo HE)			370	360	Kg/m3
Agua			181	180	lts/m3
MasterGlenium Scc 3800	1.00%		3.700	3.600	Kg/m3
MasterSet ACE 534	0.91%		3.367	3.276	Kg/m3
MasterSet R770I	0.10%		0.37	0.36	Kg/m3

FUENTE: Propio

**Tabla 4-33 Diseño de mezcla concreto 280R24H-AC**

DISEÑO DE MEZCLA - 280R24H-AC			
DESCRIPCION		CANTIDAD / m³	
Relación a/c		0.50	
rf		0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		360	Kg/m ³
Agua		180	litros/m ³
Agregado fino		953	Kg/m ³
Agregado grueso		809	Kg/m ³
MasterGlenium Scc 3800	1.00%	3.60	Kg/m ³
MasterSet ACE 534	0.91%	3.28	Kg/m ³
MasterSet R770I	0.10%	0.360	Kg/m ³
Módulo de Combinación		4.64	

FUENTE: Propio

4.3.3. Diseños de mezcla concretos 420 Kg/cm² C/acelerante

De la misma manera que los diseños 280 Kg/cm², se realizó pruebas de mezclas con el fin de encontrar las resistencias más cercanas a las encontradas con los diseños 420 Kg/cm² sin acelerante, todos los diseños presentan variación de la relación agua-cemento y disminuciones de factor cemento, como se muestran en las siguientes tablas.

4.3.3.1. Diseño de mezcla 420R7D-AC

Para el diseño 420R7D-AC se realizó pruebas partiendo del diseño 420R7D y realizando ajustes debido a que la resistencia a 7 días son las que presentan menor aportación con el acelerante. Por lo que los ajustes se muestran a continuación (Ver **Tabla 4-34**).

**Tabla 4-34 Diseños de prueba y ajustes del concreto 420R7D-AC**

DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³		
Relación a/c		0.50	0.51	
rf		0.54	0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		355	350	Kg/m ³
Agua		178	179	lts/m ³
MasterGlenium Scc 3800	1.00%	3.550	3.500	Kg/m ³
MasterSet ACE 534	0.91%	3.231	3.185	Kg/m ³
MasterSet R770I	0.10%	0.355	0.35	Kg/m ³

FUENTE: Propio

De donde el último diseño representa los últimos ajustes, obteniendo así una resistencia de 474 Kg/cm² a los 7 días, de modo que el diseño 420R7D-AC estará dado de la siguiente manera (Ver *Tabla 4-35*).

Tabla 4-35 Diseño de mezclas concreto 420R7D-AC

DISEÑO DE MESCLA - 420R7D-AC				
DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³		
Relación a/c		0.51		
rf		0.54		
Factor Cemento (tipo HE)		350	Kg/m ³	
Agua		179	lts/m ³	
Agregado fino		960	Kg/m ³	
Agregado grueso		815	Kg/m ³	
MasterGlenium Scc 3800	1.00%	3.500	Kg/m ³	
MasterSet ACE 534	0.91%	3.185	Kg/m ³	
MasterSet R770I	0.10%	0.35	Kg/m ³	
Módulo de Combinación		4.64		

FUENTE: Propio

**4.3.3.2. Diseño de mezcla 420R3D-AC**

En el caso de este diseño a diferencia que el diseño 280R3D-AC se tuvo que realizar un aumento de la relación a/c en 0.2 con respecto a su diseño par sin acelerante, tal y como se muestra en la siguiente tabla (Ver *Tabla 4-36*).

Tabla 4-36 Diseños de prueba y ajustes del concreto 420R3D-AC

DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³		
Relación a/c		0.46	0.47	
rf		0.54	0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		390	380	Kg/m ³
Agua		179	179	lts/m ³
Agregado fino		975	975	Kg/m ³
Agregado grueso		827	827	Kg/m ³
MasterGlenium Scc 3800	1.05%	4.095	3.990	Kg/m ³
MasterSet ACE 534	0.91%	3.549	3.458	Kg/m ³
MasterSet R770I	0.10%	0.39	0.38	Kg/m ³

FUENTE: Propio

De donde el diseño definitivo esta dado de la siguiente manera (Ver *Tabla 4-37*).

Tabla 4-37 Diseño de mezcla concreto 420R3D-AC

DISEÑO DE MEZCLA - 420R3D-AC				
DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³		
Relación a/c		0.47		
rf		0.54		
Factor Cemento (tipo HE)		380	Kg/m ³	
Agua		179	lts/m ³	
Agregado fino		944	Kg/m ³	
Agregado grueso		801	Kg/m ³	
MasterGlenium Scc 3800	1.05%	3.99	Kg/m ³	
MasterSet ACE 534	0.91%	3.460	Kg/m ³	
MasterSet R770I	0.10%	0.380	Kg/m ³	
Módulo de Combinación		4.64		

FUENTE: Propio

**4.3.3.3. Diseño de mezcla 420R24H-AC**

Como los casos anteriores, se inició realizando un ajuste con una relación a/c de 0.39, pero que al final se tuvo que realizar otro ajuste adicional quedando finalmente con una relación a/c de 0.40 como se muestra en la siguiente **Tabla 4-38**.

Tabla 4-38 Diseños de prueba y ajustes del concreto 420R24H-AC

DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³		
Relación a/c		0.39	0.40	
rf		0.54	0.54	
Factor Cemento (tipo HE)		462	448	Kg/m ³
Agua		180	179	lts/m ³
Agregado fino		975	975	Kg/m ³
Agregado grueso		827	827	Kg/m ³
MasterGlenium Scc 3800	1.05%	4.851	4.704	Kg/m ³
MasterSet ACE 534	0.91%	4.204	4.077	Kg/m ³
MasterSet R770I	0.10%	0.462	0.448	Kg/m ³

FUENTE: Propio

De modo que el diseño definitivo estará dado por la siguiente tabla (Ver **Tabla 4-39**):

Tabla 4-39 Diseño de mezclas concreto 420R24H-AC

DISEÑO DE MEZCLA 420R24H-AC				
DESCRIPCION		CANTIDAD / m ³		
Relación a/c		0.40		
rf		0.54		
Factor Cemento (tipo HE)		448	Kg/m ³	
Agua		178	lts/m ³	
Agregado fino		908	Kg/m ³	
Agregado grueso		771	Kg/m ³	
MasterGlenium Scc 3800	1.05%	4.70	Kg/m ³	
MasterSet ACE 534	0.91%	4.08	Kg/m ³	
MasterSet R770I	0.10%	0.448	Kg/m ³	
Módulo de Combinación		4.64		

FUENTE: Propio



Como se puede observar en estos últimos diseños, para encontrar nuestros diseños de mezclas con la inclusión del acelerante, se tuvo que partir de los diseños definitivos 280 y 420 Kg/cm² (sin acelerante). tomando en cuenta también el aporte en las resistencias que brinda el acelerante en cada edad, quedando, así como estos últimos diseños básicamente de carácter experimental.

Es necesario mencionar que el aditivo acelerante presenta mayor variación en su performance, si este no es removido completamente antes de ser dosificado, caso contrario se experimenta aportes distintos en las resistencias a la compresión y apariencia más viscosas en las mezclas de concreto.

Así mismo, una vez encontrado nuestros diseños de mezclas con las resistencias a la compresión requeridas más aproximadas, estos diseños fueron replicados para su caracterización en sus estados frescos y endurecidos, como se menciona en el siguiente capítulo.



Capítulo V: Resultados de los ensayos

En el presente capítulo se dará énfasis a los resultados obtenidos de los diseños de mezclas de ambos métodos, tanto en su estado fresco como en el estado endurecido.

5.1. Resultados en estado fresco

Todos los diseños definitivos fueron evaluados y caracterizados en su estado fresco a través de los ensayos de: Temperatura de concreto fresco, ensayo de revenimiento, peso unitario del concreto fresco, porcentaje de aire atrapado y determinación del tiempo de fragua inicial y final.

A continuación, se muestran tablas con los ensayos realizados a cada diseño estudiado.

5.1.1. Diseños 280 Kg/cm²

5.1.1.1. Resultados de ensayos de caracterización en estado fresco

Tabla 5-1 Resultados de los ensayos en concreto fresco diseños 280R7D, 280R3D Y 280R24H

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO – DISEÑOS 280 Kg/cm ²				
DESCRIPCION		280R7D	280R3D	280R24H
Temperatura del Concreto	°c	23.7	22.4	23.1
Temperatura del Ambiente	°c	25.3	25.4	23.9
Humedad Relativa	%	27%	26%	25%
Slump	Pulg.	8 3/4"	8 3/4"	9 1/4"
P.U. concreto	kg/m ³	2329.86	2335.57	2344.14
Rendimiento por m ³		0.99	0.99	0.99
% Aire	%	1.70%	1.55%	1.40%



Los resultados mostrados en la **Tabla 5-1** representan los ensayos realizados a los diseños definitivos, los ensayos de determinación de la temperatura del concreto fresco como las temperaturas del ambiente, son datos muy necesarios para entender a qué condiciones se realizaron las mezclas, ya que estos tienen mucha incidencia para la realización de nuestros concretos ART.

5.1.1.2. Resultados de ensayos de tiempos de fragua

Los ensayos de determinación de los tiempos de fragua fueron realizados únicamente a los diseños definitivos una vez aprobado el diseño de mezclas según resistencia requerida lograda.

A continuación se muestra las tablas y curvas de los ensayos de fragua realizados a los diseños, y los tiempos de fragua inicial y final para cada diseño.

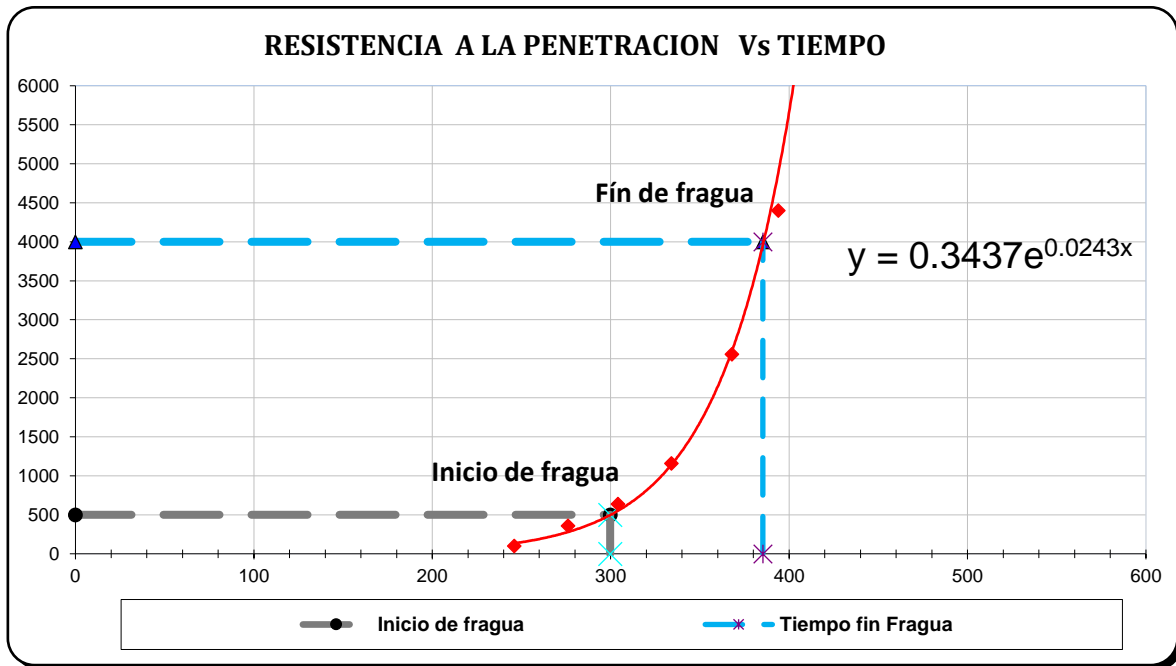
CONCRETO 280R7D

Tabla 5-2 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 280R7D

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 280R7D							
Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg ²)		Amb. °C	Mortero °C
9:55:00	0	1	1.128	1	0		
14:01:00	100	1	1.128	1	100	22.6	23.4
14:31:00	180	2	0.798	0.5	360	22.4	22
14:59:00	160	3	0.564	0.25	640	22.1	21.2
15:29:00	116	4	0.357	0.1	1160	21.6	19.8
16:03:00	128	5	0.252	0.05	2560	21	18.4
16:29:00	110	6	0.178	0.025	4400	20.2	17.9

FUENTE: Propio

Figura 5-1 Curva resistencia a la penetración diseño 280R7D



FUENTE: Propio

Tabla 5-3 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R7D

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 280R7D	
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	4 horas 59 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	6 horas 25 minutos

FUENTE: Propio

CONCRETO 280R3D

Tabla 5-4 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 280R3D

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 280R3D

Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg2)		Amb. °C	Mortero °C
10:32:00	0	1	1.128	1	0		
14:10:00	170	1	1.128	1	170	26	25.4
14:40:00	162	2	0.798	0.5	324	25.4	25.5
15:00:00	114	3	0.564	0.25	456	25.2	25.7
15:30:00	142	4	0.357	0.1	1420	24.7	25.8
16:00:00	160	5	0.252	0.05	3200	24	26
16:30:00	130	6	0.178	0.025	5200	23.8	25.8

Figura 5-2 Curva resistencia a la penetración diseño 280R3D

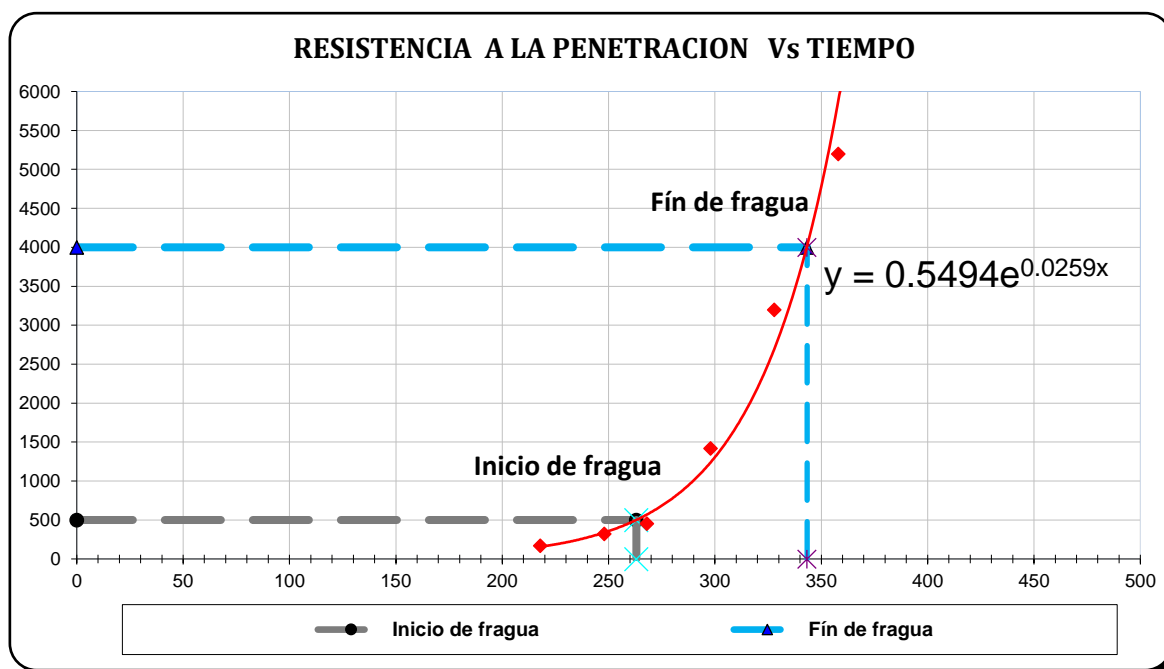


Tabla 5-5 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R3D

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 280R3D

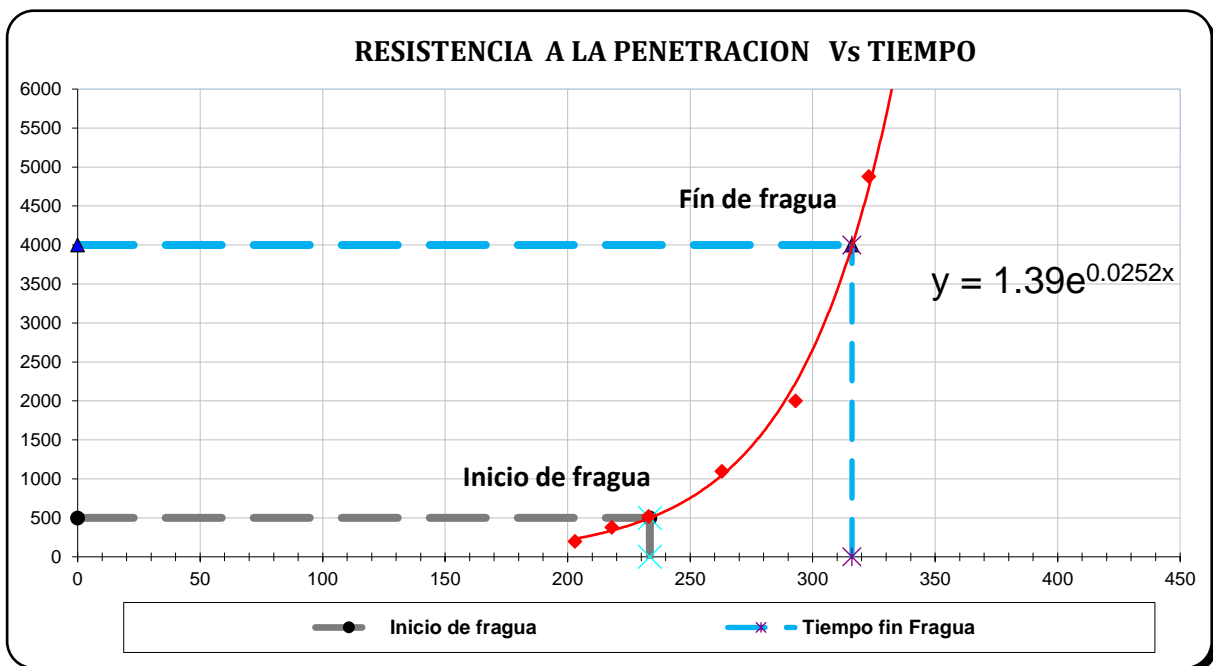
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	4 horas 23 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	5 horas 43 minutos

CONCRETO 280R24H

Tabla 5-6 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 280R24H

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 280R24H							
Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg ²)		Amb. °C	Mortero °C
9:32:00	0	1	1.128	1	0		
13:16:00	140	1	1.128	1	140	26.9	26.3
13:26:00	160	2	0.798	0.5	320	26.8	26.2
13:56:00	180	3	0.564	0.25	720	25.4	25.8
14:07:00	88	4	0.357	0.1	880	25.4	25.6
14:37:00	110	5	0.252	0.05	2200	24.9	25.2
15:08:00	126	6	0.178	0.025	5040	24.8	25

Figura 5-3 Curva resistencia a la penetración diseño 280R24H



FUENTE: Propio

**Tabla 5-7 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R24H**

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 280R24H	
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	4 horas 16 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	5 horas 25 minutos

FUENTE: Propio

5.1.2. Diseños 420 Kg/cm²

5.1.2.1. Resultados de ensayos de caracterización en estado fresco

Tabla 5-8 Resultados de los ensayos en concreto fresco diseños 420R7D, 420R3D Y 420R24H

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO - DISEÑOS 420 Kg/cm²				
DESCRIPCION		420R7D	420R3D	420R24H
Temperatura del Concreto	°c	21.7	21.1	23.9
Temperatura del Ambiente	°c	22.1	24.6	24.2
Humedad Relativa	%	30%	28%	24%
Slump	Pulg.	9 "	9 "	9 3/4"
P.U. concreto	kg/m ³	2341.29	2351.29	2371.29
Rendimiento por m ³		0.99	0.98	0.98
% Aire	%	1.50%	1.40%	1.10%

FUENTE: Propio

Figura 5-4 pruebas de ensayos de revenimiento, porcentaje de aire y peso unitario del concreto fresco



FUENTE: Propio

5.1.2.2. Resultados de ensayos de tiempos de fragua

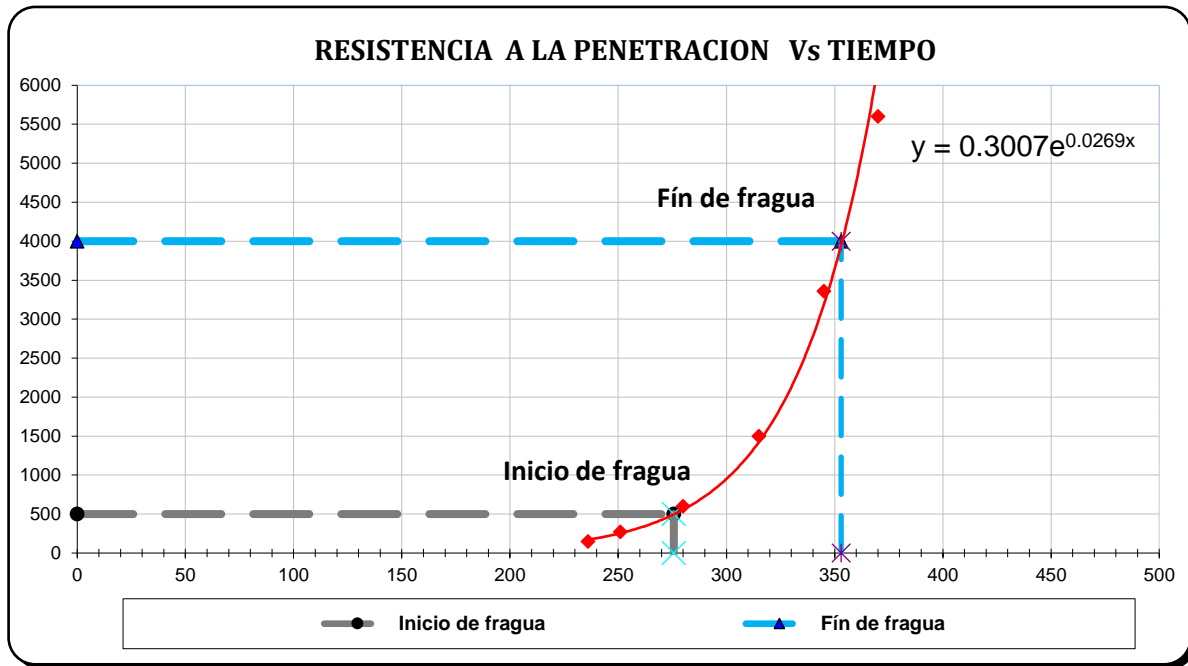
CONCRETO 420R7D

Tabla 5-9 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 420R7D

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 420R7D							
Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetracion (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Area (pulg ²)		Amb. °C	Mortero °C
10:50:00	0	1	1.128	1	0		
14:46:00	148	1	1.128	1	148	24.4	25.2
15:01:00	136	2	0.798	0.5	272	24.2	25
15:30:00	150	3	0.564	0.25	600	23.4	25
16:05:00	150	4	0.357	0.1	1500	22.8	24.6
16:35:00	168	5	0.252	0.05	3360	22.1	24.1
17:00:00	140	6	0.178	0.025	5600	20.4	23.6

FUENTE: Propio

Figura 5-5 Curva resistencia a la penetración diseño 420R7D



FUENTE: Propio

Tabla 5-10 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R7D

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 420R7D		
TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	4 horas	35 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	5 horas	53 minutos

FUENTE: Propio



CONCRETO 420R3D

Tabla 5-11 Ensayo resistencia a la penetración (fragua)- Diseño 420R3D

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 420R3D

Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg ²)		Amb. °C	Mortero °C
9:50:00	0	1	1.128	1	0		
13:44:00	172	1	1.128	1	172	26.5	25.4
14:00:00	170	2	0.798	0.5	340	26.4	25.3
14:30:00	200	3	0.564	0.25	800	25.4	25.8
14:48:00	180	4	0.357	0.1	1800	25.8	25.4
15:18:00	200	5	0.252	0.05	4000	24.4	25.3
15:30:00	140	6	0.178	0.025	5600	23.8	24.9

Figura 5-6 Curva resistencia a la penetración diseño 420R3D

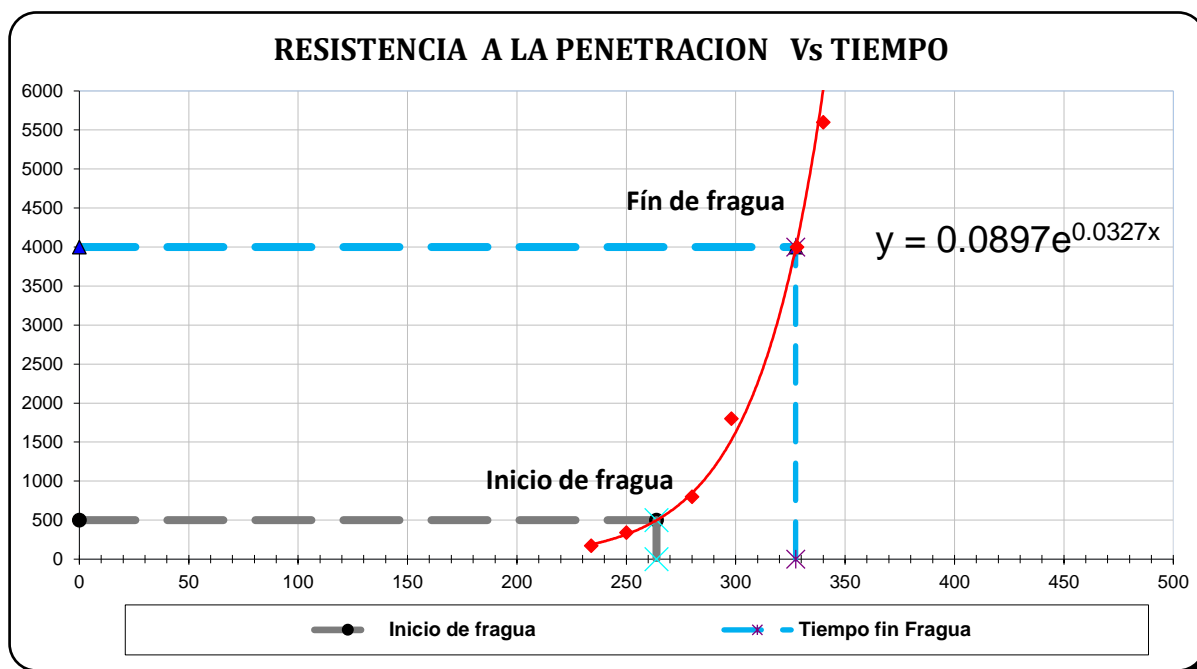


Tabla 5-12 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R3D

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 420R3D

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	4 horas	23 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	5 horas	27 minutos



CONCRETO 420R24H

Tabla 5-13 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 420R24H

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 420R24H

Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg ²)		Amb. °C	Mortero °C
11:22:00	0	1	1.128	1	0		
14:43:00	200	1	1.128	1	200	26	24.6
14:58:00	190	2	0.798	0.5	380	25.1	24.4
15:13:00	140	3	0.564	0.25	560	24.5	24.5
15:43:00	150	4	0.357	0.1	1500	24.6	23.8
16:13:00	160	5	0.252	0.05	3200	23.8	23.4
16:43:00	150	6	0.178	0.025	6000	23.2	23.5

Figura 5-7 Curva resistencia a la penetración diseño 420R24H

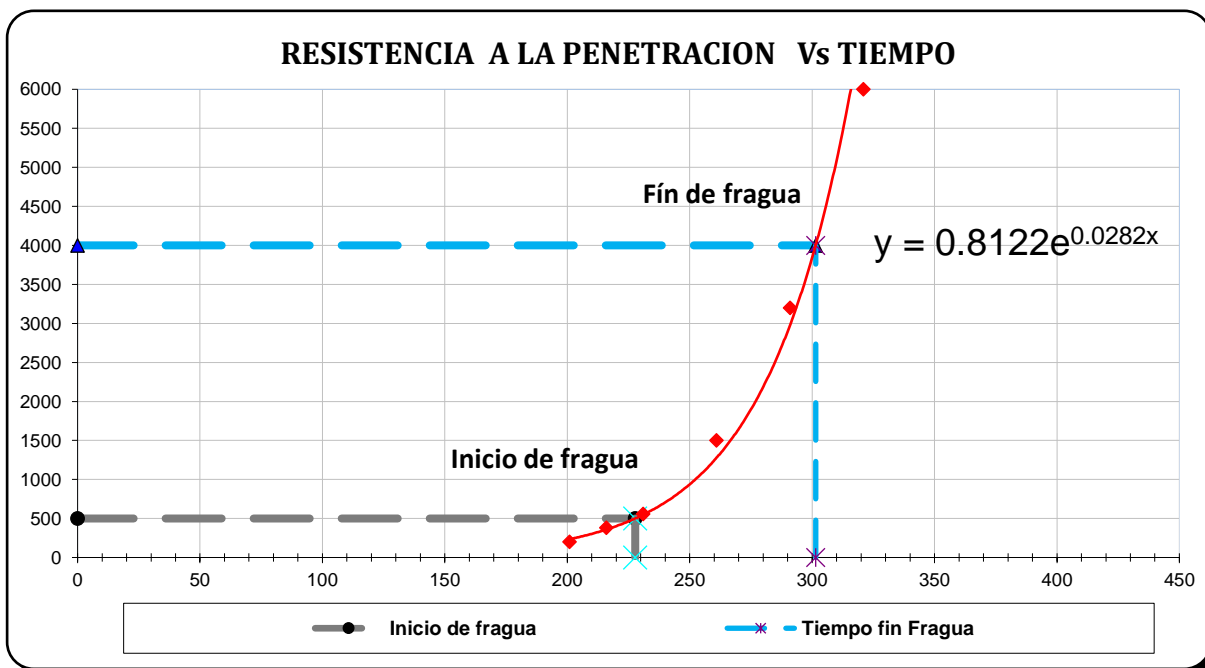


Tabla 5-14 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R24H

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 420R24H

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	3 horas	47 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	5 horas	01 minutos

Del análisis de los resultados de los ensayos del concreto en estado fresco de los diseños 280 Kg/cm² y 420 Kg/cm² sin acelerante, se extraen las siguientes ilustraciones.

Figura 5-8 Pesos unitarios - Diseños 280 Kg/cm²

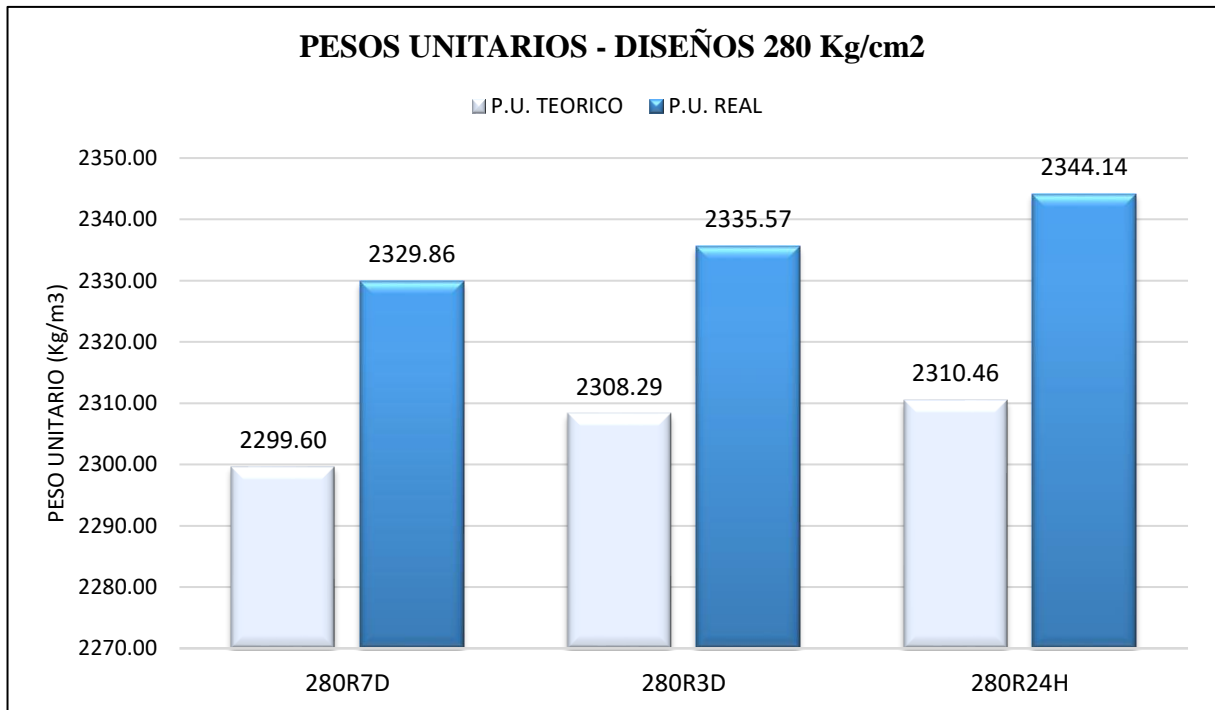


Figura 5-9 Porcentajes de aire - Diseños 280 Kg/cm²

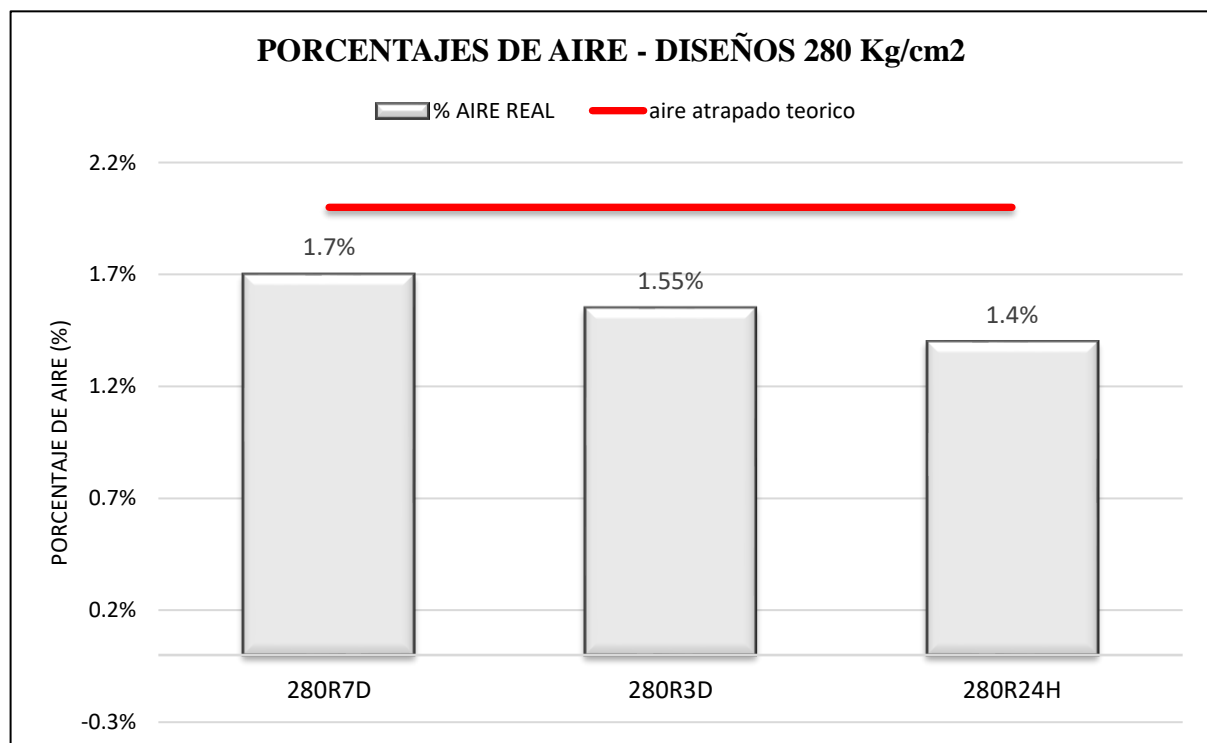


Figura 5-10 Pesos unitarios - Diseños 420 Kg/cm²

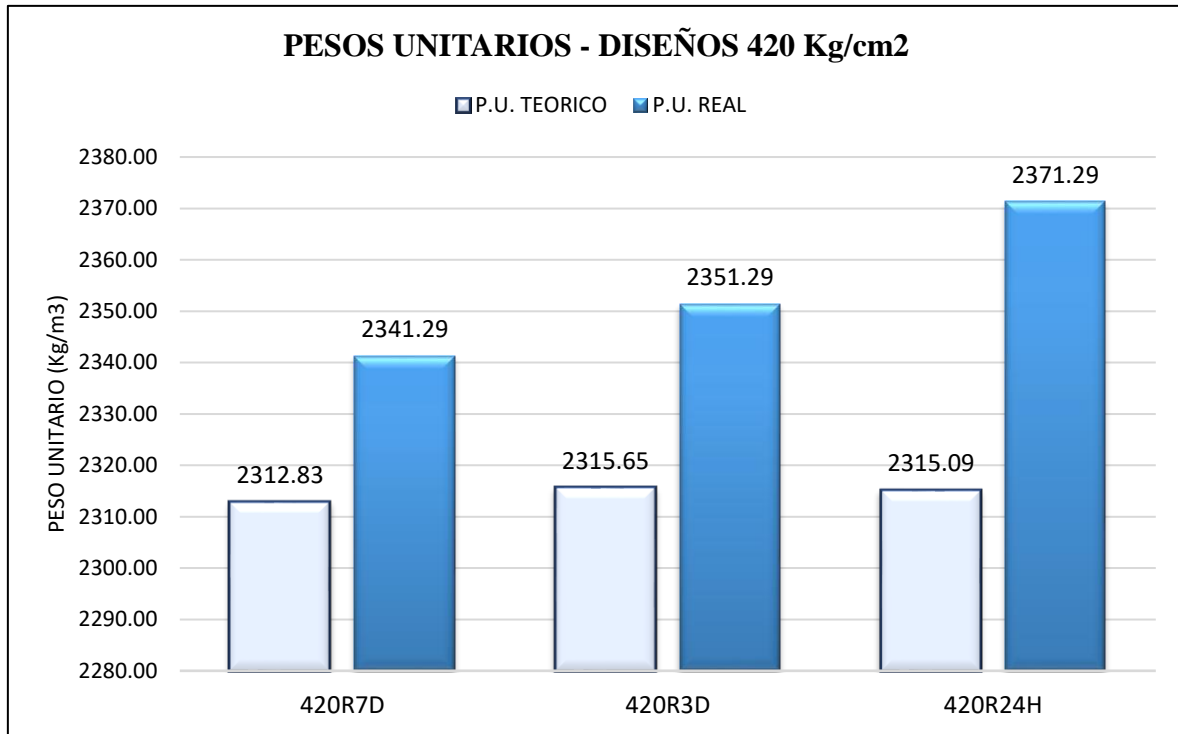
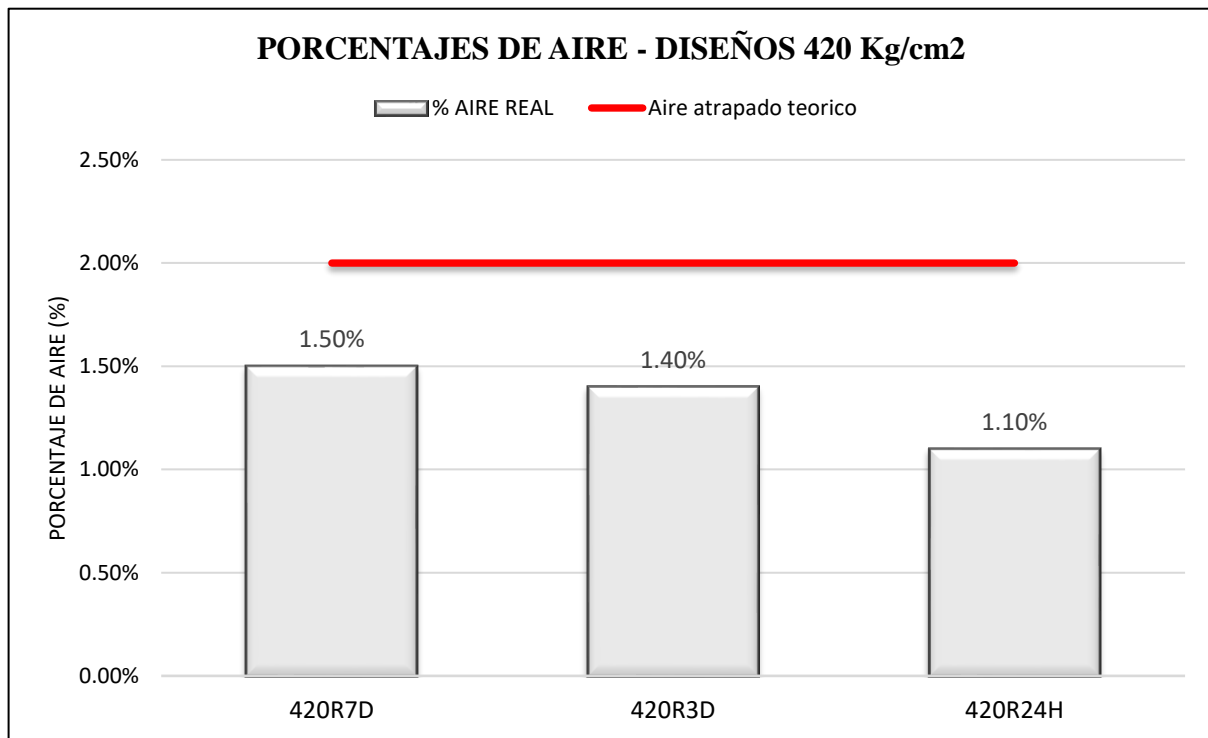


Figura 5-11 Porcentajes de aire Diseños 420 Kg/cm²





De los análisis de la **Figura 5-8** y **Figura 5-10**, se puede observar que todas las mezclas presentan un crecimiento de sus pesos unitarios con respecto a sus pesos unitarios teóricos, mostrando las siguientes variaciones:

- El diseño 280R7D presentó un crecimiento de 21.26 Kg/m³ correspondiente a un 0.92%
- El diseño 280R3D presentó un crecimiento de 27.28 Kg/m³ correspondiente a un 1.18%
- El diseño 280R24H presentó un crecimiento de 33.68 Kg/m³ correspondiente a un 1.46%
- El diseño 420R7D presentó un crecimiento de 28.46 Kg/m³ correspondiente a un 1.23%
- El diseño 420R3D presentó un crecimiento de 35.64 Kg/m³ correspondiente a un 1.54%
- El diseño 420R24H presentó un crecimiento de 56.2 Kg/m³ correspondiente a un 2.43%

De los análisis de la **Figura 5-9**; *Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, y **Figura 5-11**, se observa que la inclusión del aditivo superplastificante MasterGlenium Scc 3800, genera un decrecimiento del porcentaje de aire atrapado del concreto respecto al diseñado (2%), mostrando las siguientes variaciones.

- En los diseños 280 Kg/cm² se observa que el diseño 280R24H muestra la mayor reducción de 0.6% y la menor reducción en el diseño 280R7D con un 0.3%.
- En los diseños 420 Kg/cm² se observa que la mayor reducción se da en el diseño 420R24H con una reducción de 0.9% y la menor reducción en el diseño 420R7D con un 0.5%.

Se observa también que los rendimientos obtenidos de los ensayos realizados se encuentran por debajo de la unidad, pero dentro del rango de aceptación ± 0.02 que nos recomienda la norma ASTM C-94, este efecto de primer momento se debe a la acción del superplastificante debido a que este genera en la mezcla de concreto una hidratación más eficaz que produce una microestructura más homogénea, dándole a la mezcla una mayor compactación, que generan a su vez las demás variaciones experimentadas en el incremento del peso unitario y el decrecimiento del porcentaje de aire atrapado de las mezclas.

De los resultados de los ensayos del tiempo de fragua se extraen las siguientes ilustraciones.

Figura 5-12 Tiempos de fragua inicial y final - Diseños 280 Kg/cm²

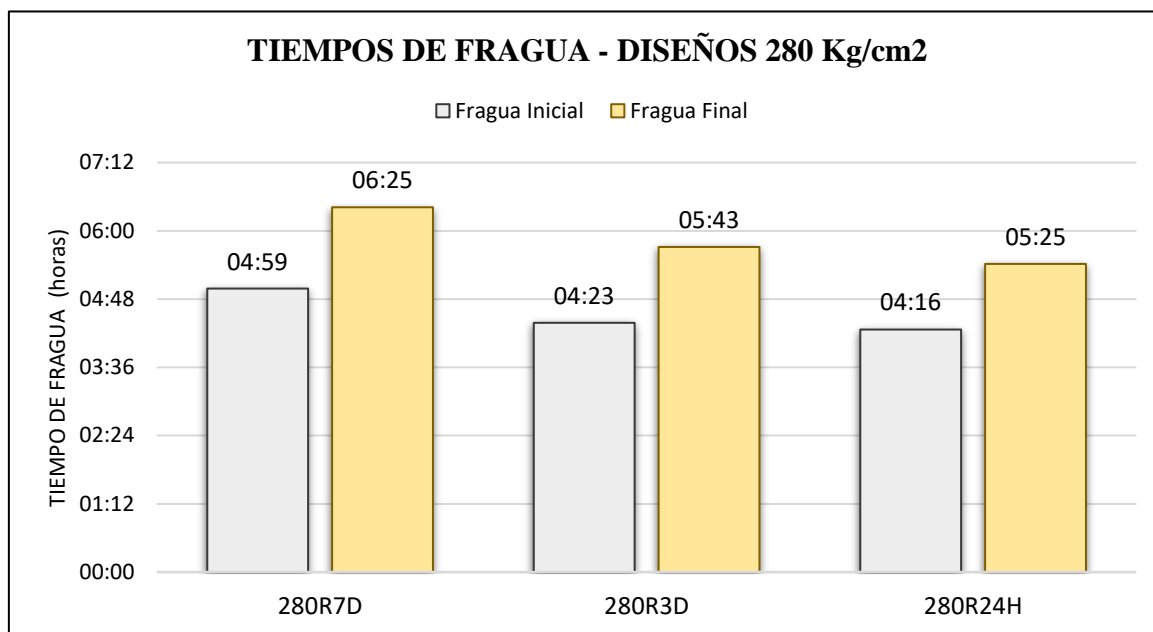
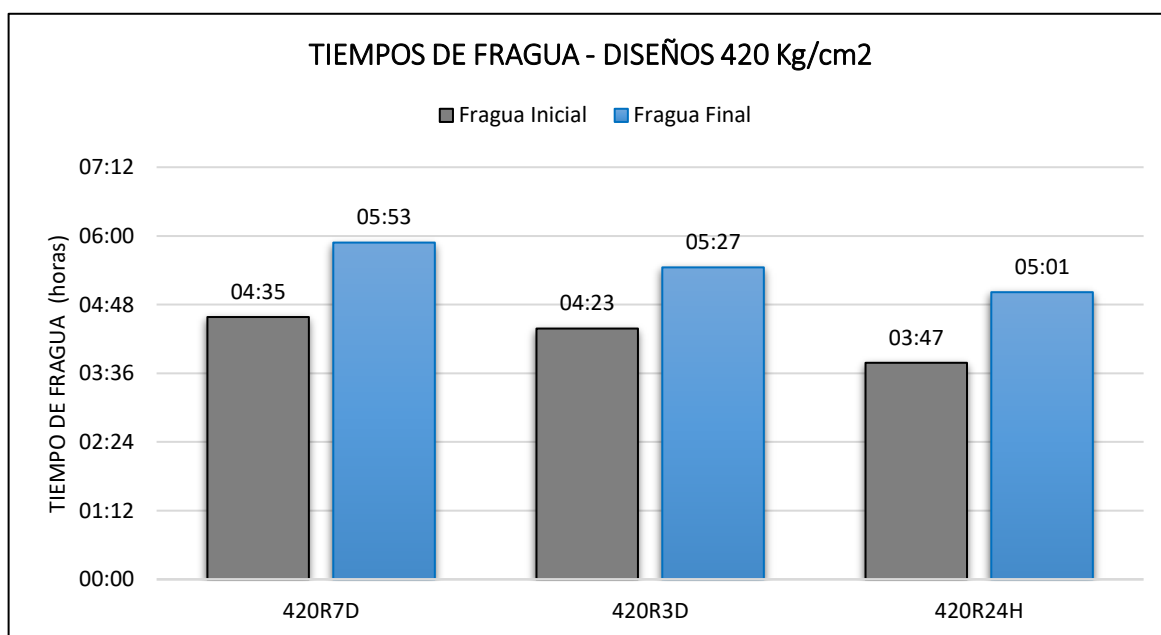


Figura 5-13 Tiempos de fragua inicial y final - Diseños 420 Kg/cm²



Del análisis de las ilustraciones de los ensayos de tiempos de fragua, se aprecia que:

- Los tiempos de fraguado inicial y final disminuyen de manera secuencial a los diseños 280R7D, 280R3D y 280R24H, siendo este último el que presenta los menores tiempos de fragua inicial y final, con un tiempo total de fragua de 1 hora con 9 min.



- Los tiempos de fraguado disminuyen también de manera secuencial a los diseños 420R7D, 420R3D y 420R24H, siendo este último el que presenta los menores tiempos de fragua inicial y final, con un tiempo total de fragua de 1 hora con 14 minutos.
- En promedio podríamos decir que la fragua inicial inicia entre las 4:30 desde su colado con una fragua final promedio a las 5:30, en ambos diseños 280 y 420 Kg/cm²

5.1.3. Diseños 280 Kg/cm² con acelerante

5.1.3.1. Resultados de ensayos de caracterización en estado fresco

Del mismo modo que para los diseños sin acelerante, se muestra a continuación la siguiente *Tabla 5-15*, donde se observan los resultados obtenidos de los ensayos en su estado fresco.

Tabla 5-15 Resultados de los ensayos en concreto fresco diseños 280R7D-AC, 280R3D-AC Y 280R24H-AC

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO - DISEÑOS 280 Kg/cm² C/ACELERANTE				
DESCRIPCION		280R7D-AC	280R3D-AC	280R24H-AC
Temperatura del Concreto	°c	23.1	22.4	23.9
Temperatura del Ambiente	°c	27.0	25.4	25.4
Humedad Relativa	%	23%	26%	28%
Slump	Pulg.	8 3/4"	8 3/4"	9 1/4"
P.U. concreto	kg/m ³	2322.71	2327.00	2334.14
Rendimiento por m ³		0.99	0.99	0.99
% Aire	%	1.85%	1.75%	1.60%

5.1.3.2. Resultados de ensayos de tiempos de fragua

Así mismo, se muestran a continuación los ensayos de tiempos de fragua inicial y final de las mezclas de concreto 280-AC



CONCRETO 280R7D-AC

Tabla 5-16 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 280R7D-AC

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 280R7D-AC

Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg ²)		Amb. °C	Mortero °C
9:34:00	0	1	1.128	1	0		
13:23:00	130	1	1.128	1	130	25.5	24.1
13:43:00	182	2	0.798	0.5	364	24.8	24.1
14:03:00	162	3	0.564	0.25	648	24.8	24.6
14:23:00	120	4	0.357	0.1	1200	24.6	25.0
14:43:00	96	5	0.252	0.05	1920	24.2	25.3
15:13:00	100	6	0.178	0.025	4000	24	25.3

Figura 5-14 Curva resistencia a la penetración diseño 280R7D-AC

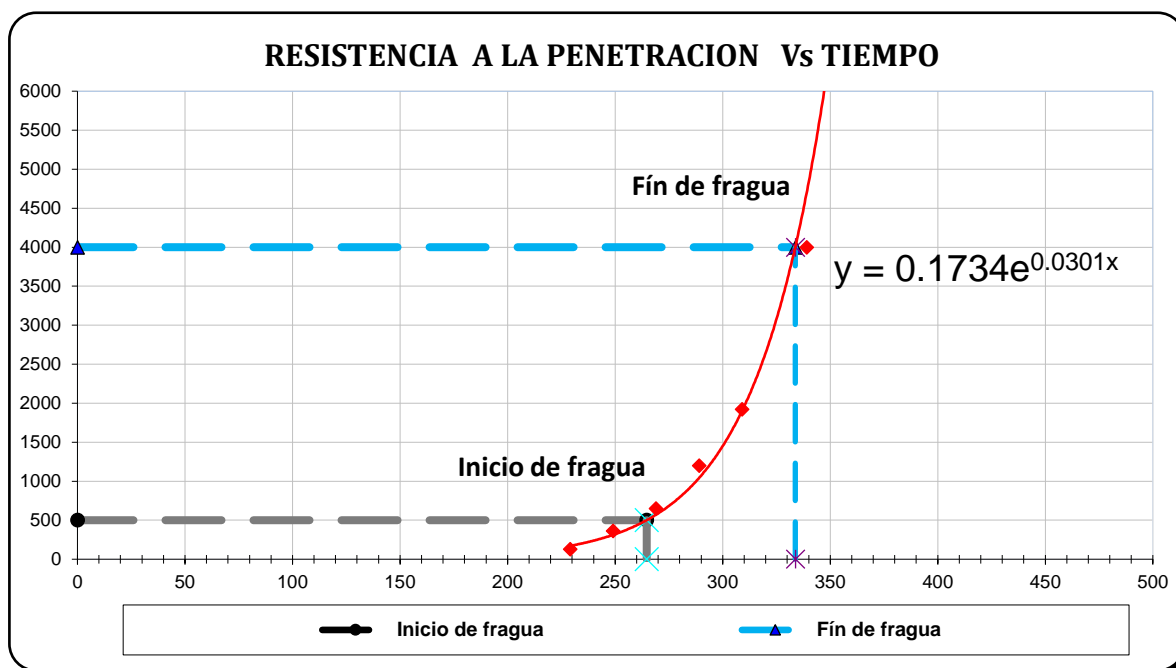


Tabla 5-17 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R7D-AC

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 280R7D-AC

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	4 horas	24 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	5 horas	33 minutos



CONCRETO 280R3D-AC

Tabla 5-18 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 280R3D-AC

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 280R3D-AC

Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg2)		Amb. °C	Mortero °C
10:03:00	0	1	1.128	1	0		
13:20:00	180	1	1.128	1	180	25.2	25.8
13:40:00	176	2	0.798	0.5	352	25	25.7
14:00:00	160	3	0.564	0.25	640	24.9	25.8
14:20:00	158	4	0.357	0.1	1580	24.9	26.0
14:40:00	136	5	0.252	0.05	2720	23.6	25.8
15:00:00	160	6	0.178	0.025	6400	22.2	25.7

Figura 5-15 Curva resistencia a la penetración diseño 280R3D-AC

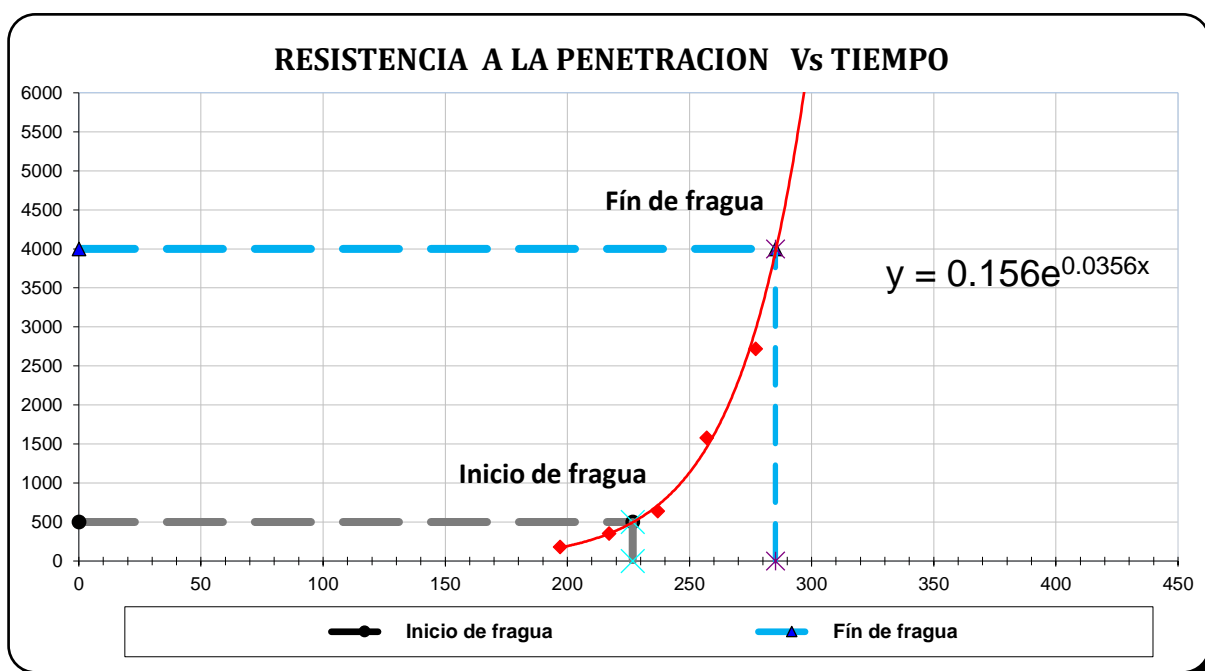


Tabla 5-19 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R3D-AC

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 280R3D-AC

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	3 horas	46 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	4 horas	45 minutos



CONCRETO 280R24H-AC

Tabla 5-20 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 280R24H-AC

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA)-280R24H-AC

Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg2)		Amb. °C	Mortero °C
9:25:00	0	1	1.128	1	0		
12:27:00	150	1	1.128	1	150	27.5	25.8
12:47:00	150	2	0.798	0.5	300	27.3	26.0
13:07:00	180	3	0.564	0.25	720	27.0	26.1
13:27:00	138	4	0.357	0.1	1380	27.1	26.1
13:47:00	150	5	0.252	0.05	3000	26.8	26.4
14:07:00	130	6	0.178	0.025	5200	26.2	26.6

Figura 5-16 Curva resistencia a la penetración diseño 280R24H-AC

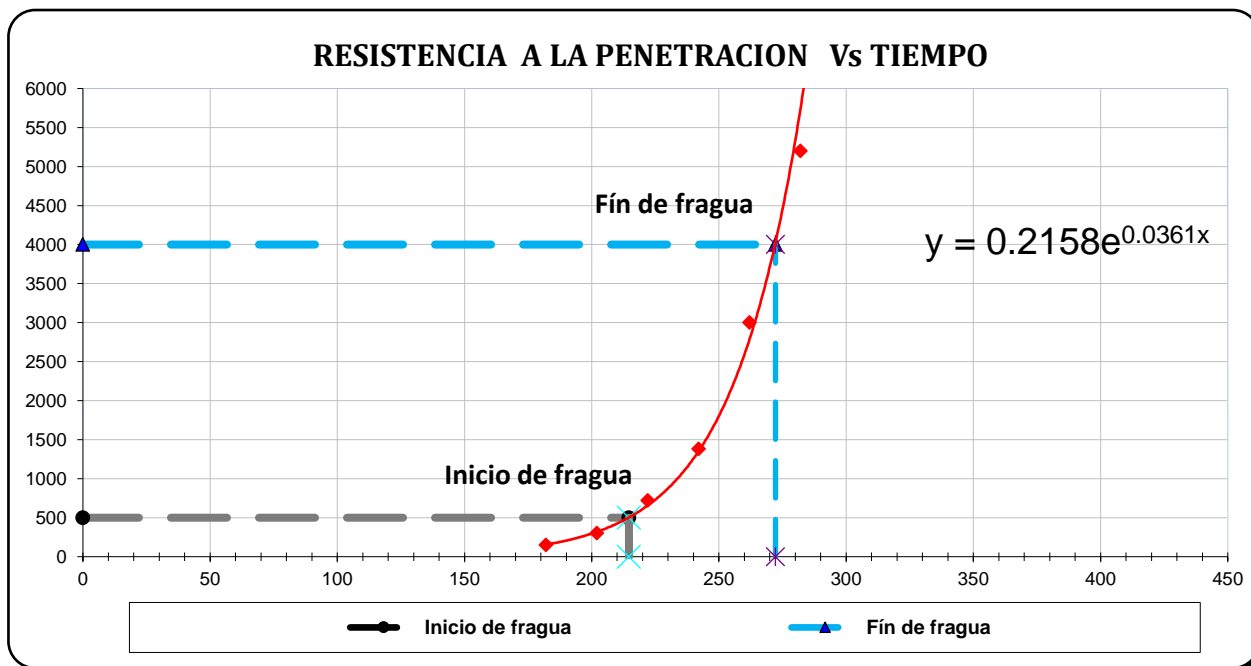


Tabla 5-21 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 280R24H-AC

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 280R24H-AC

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	3 horas	34 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	4 horas	32 minutos

5.1.4. Diseños 420 Kg/cm² – Con acelerante

5.1.4.1. Resultados de ensayos de caracterización en estado fresco

En la *Tabla 5-22* se muestran los resultados de los ensayos realizados a las mezclas de concreto de diseño 420 – AC, en su estado fresco. Así mismo en la *Figura 5-17* se muestran las ilustraciones de las pruebas realizadas en la presente investigación.

Tabla 5-22 Resultados de los ensayos en concreto fresco diseños 420R7D-AC, 420R3D-AC Y 420R24H-AC

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO - DISEÑOS 420 Kg/cm ² C/ACELERANTE				
DESCRIPCION		420R7D-AC	420R3D-AC	420R24H-AC
Temperatura del Concreto	°c	19.8	20.1	21.7
Temperatura del Ambiente	°c	21.8	25	22.5
Humedad Relativa	%	32%	29%	33%
Slump	Pulg.	9 "	9 "	9 3/4"
P.U. concreto	kg/m ³	2338.43	2337.00	2351.29
Rendimiento por m ³		0.99	0.99	0.99
% Aire	%	1.70%	1.55%	1.40%

Figura 5-17 Mezcla de concreto con acelerante, revenimiento y ensayos de tiempos de fragua



FUENTE: Propio

5.1.4.2. Resultados de ensayos de tiempos de fragua



CONCRETO 420R7D-AC

Tabla 5-23 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 420R7D-AC

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 420R7D-AC

Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg ²)		Amb. °C	Mortero °C
9:12:00	0	1	1.128	1	0		
12:15:00	116	1	1.128	1	116	26.6	24.1
12:46:00	178	2	0.798	0.5	356	26.8	24.6
13:07:00	172	3	0.564	0.25	688	26.4	24.6
13:27:00	134	4	0.357	0.1	1340	26.1	24.8
13:57:00	126	5	0.252	0.05	2520	25.5	25.1
14:27:00	146	6	0.178	0.025	5840	25.0	25.3

Figura 5-18 Curva resistencia a la penetración diseño 420R7D-AC

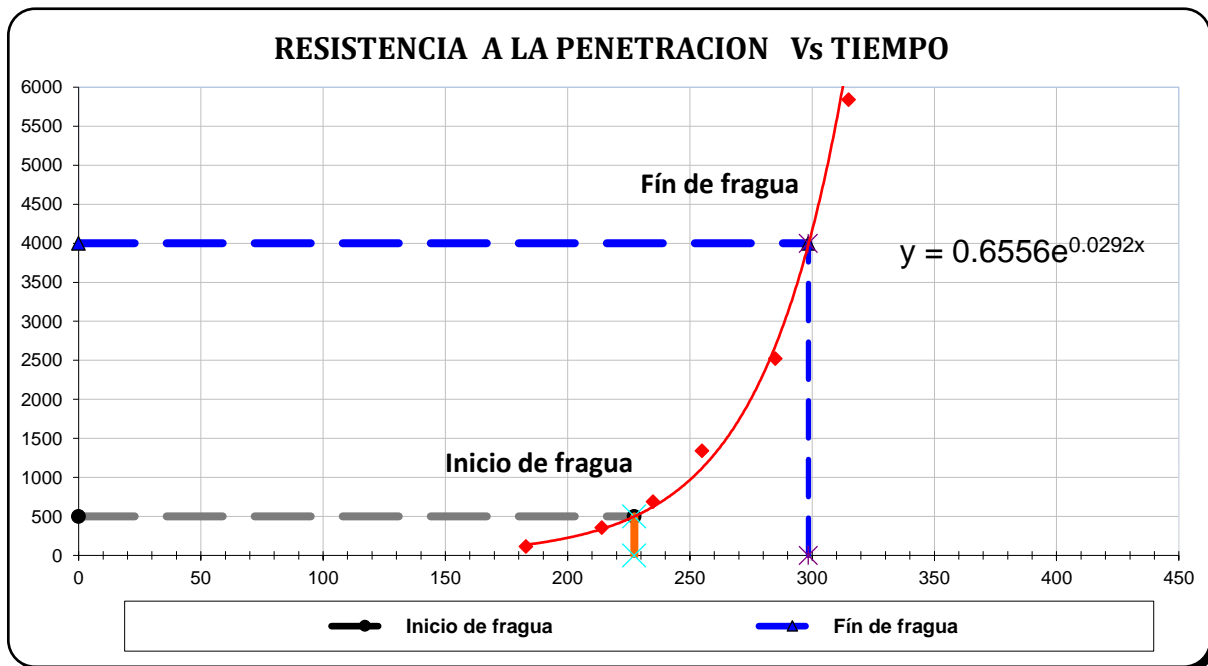


Tabla 5-24 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R7D-AC

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 420R7D-AC

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	3 horas	47 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	4 horas	58 minutos



CONCRETO 420R3D-AC

Tabla 5-25 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 420R3D-AC

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 420R3D-AC

Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg2)		Amb. °C	Mortero °C
10:53:00	0	1	1.128	1	0		
13:55:00	160	1	1.128	1	160	25.6	25.6
14:15:00	155	2	0.798	0.5	310	25.2	25.8
14:35:00	142	3	0.564	0.25	568	25.1	26.1
14:55:00	160	4	0.357	0.1	1600	24.8	26.3
15:15:00	160	5	0.252	0.05	3200	24.4	26.5
15:35:00	120	6	0.178	0.025	4800	23.5	26.5

Figura 5-19 Curva resistencia a la penetración diseño 420R3D-AC

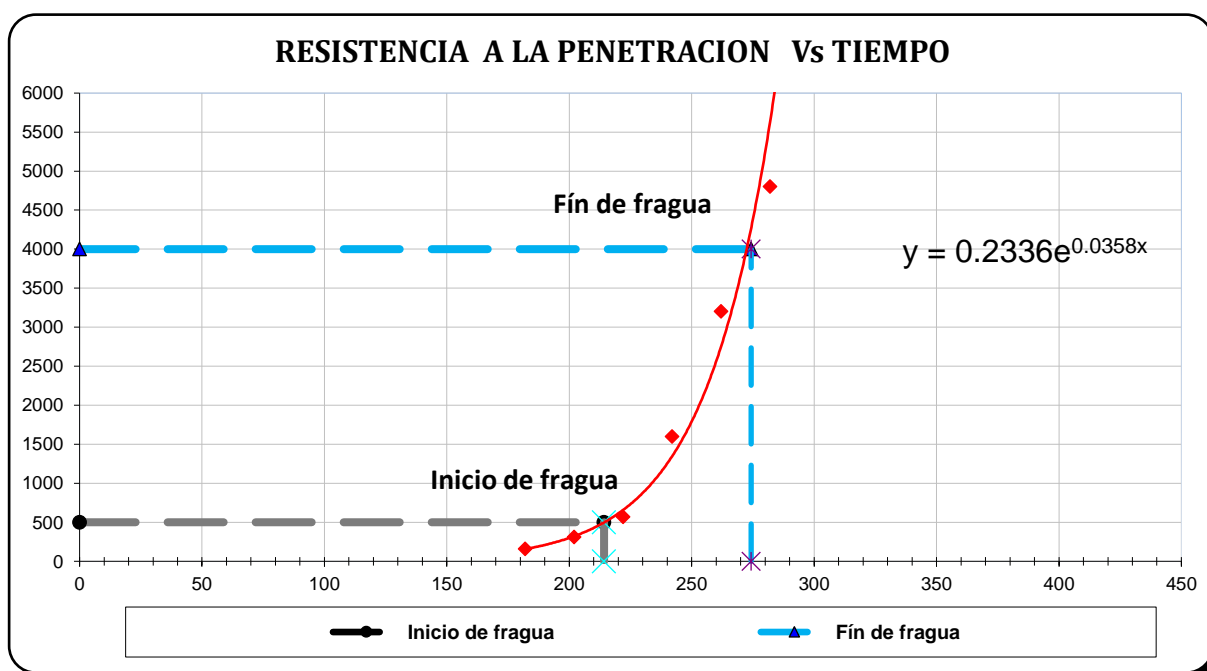


Tabla 5-26 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R3D-AC

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 420R3D-AC

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	3 horas	34 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	4 horas	34 minutos



CONCRETO 420R24H-AC

Tabla 5-27 Ensayo resistencia a la penetración (fragua) - Diseño 420R24H-AC

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACION (FRAGUA) - 420R24H-AC

Hora Ensayo	Carga (libras)	Agujas de Penetración			Resistencia a la Penetración (PSI)	Temperatura	
		Nº Aguja	Diámetro (Pulg)	Área (pulg ²)		Amb. °C	Mortero °C
9:26:00	0	1	1.128	1	0		
12:02:00	176	1	1.128	1	176	24.5	26.3
12:22:00	190	2	0.798	0.5	380	24.3	26.4
12:32:00	120	3	0.564	0.25	480	24.9	26.6
12:52:00	125	4	0.357	0.1	1250	25.1	26.7
13:18:00	120	5	0.252	0.05	2400	24.9	27.0
13:40:00	122	6	0.178	0.025	4880	24.8	27.1

Figura 5-20 Curva resistencia a la penetración diseño 420R24H-AC

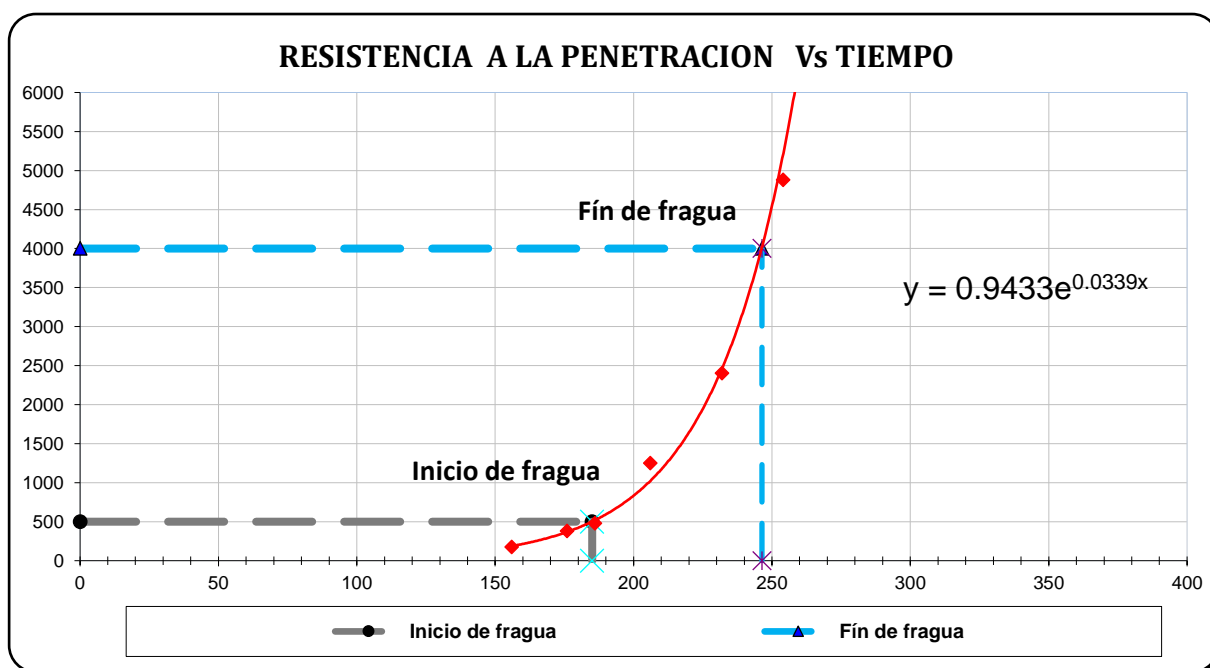


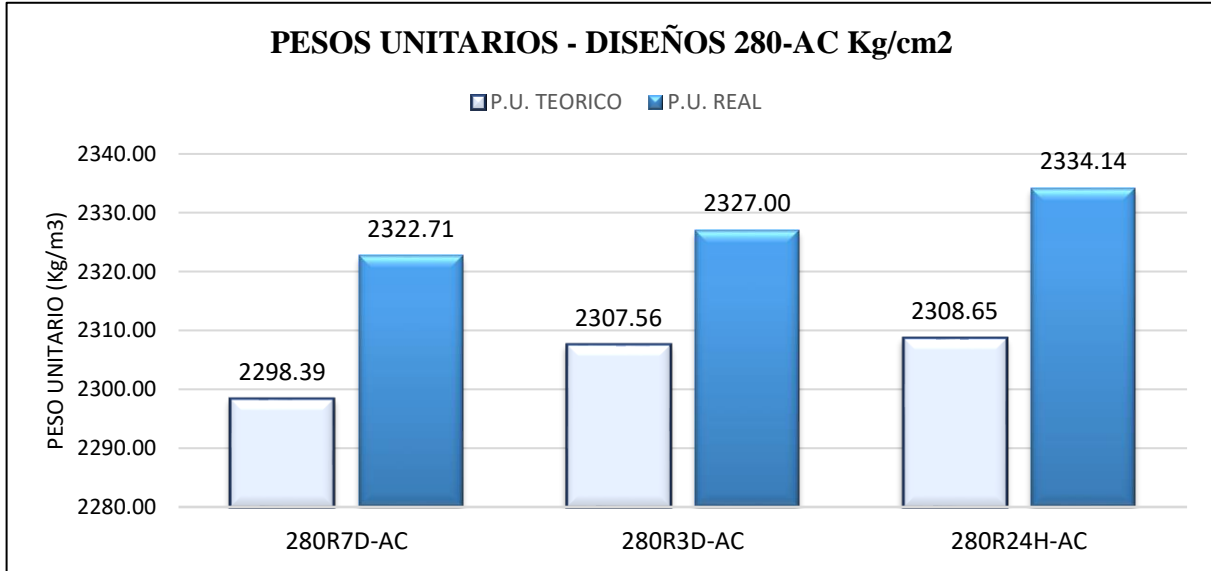
Tabla 5-28 Tiempo de fragua inicial y final, Diseño 420R24H-AC

FRAGUA INICIAL Y FINAL - DISEÑO 420R24H-AC

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL	3 horas	05 minutos
TIEMPO DE FRAGUA FINAL	4 horas	06 minutos

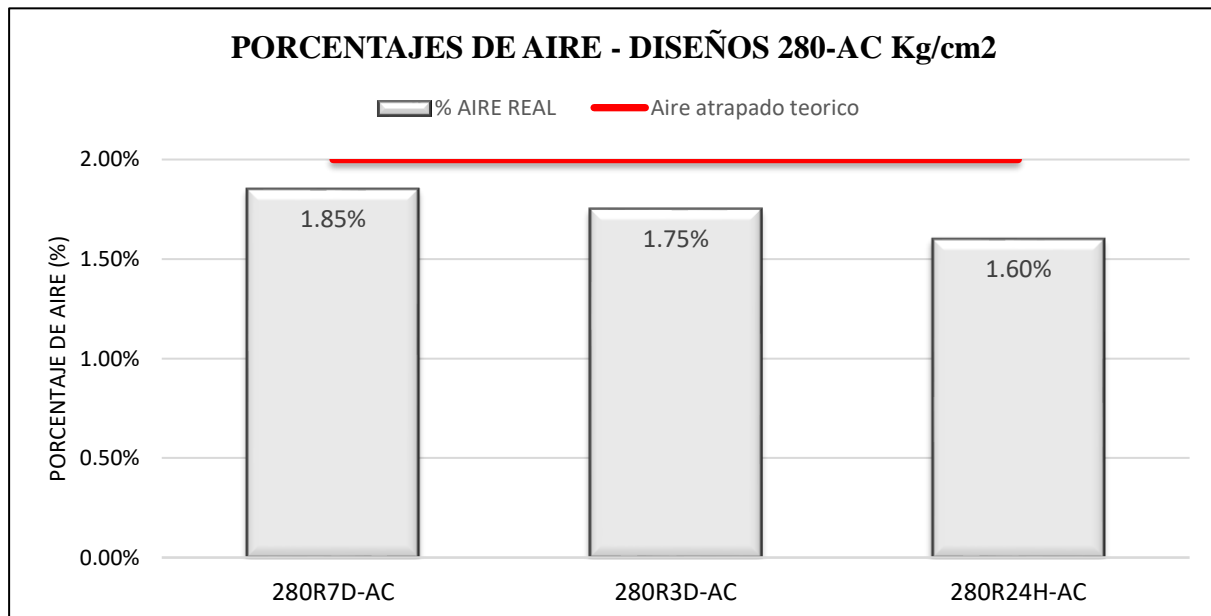
Del análisis de los resultados de los ensayos del concreto en estado fresco de los diseños 280 Kg/cm² y 420 Kg/cm² con **acelerante**, se extraen las siguientes ilustraciones.

Figura 5-21 Pesos unitarios - diseños 280-AC Kg/cm²



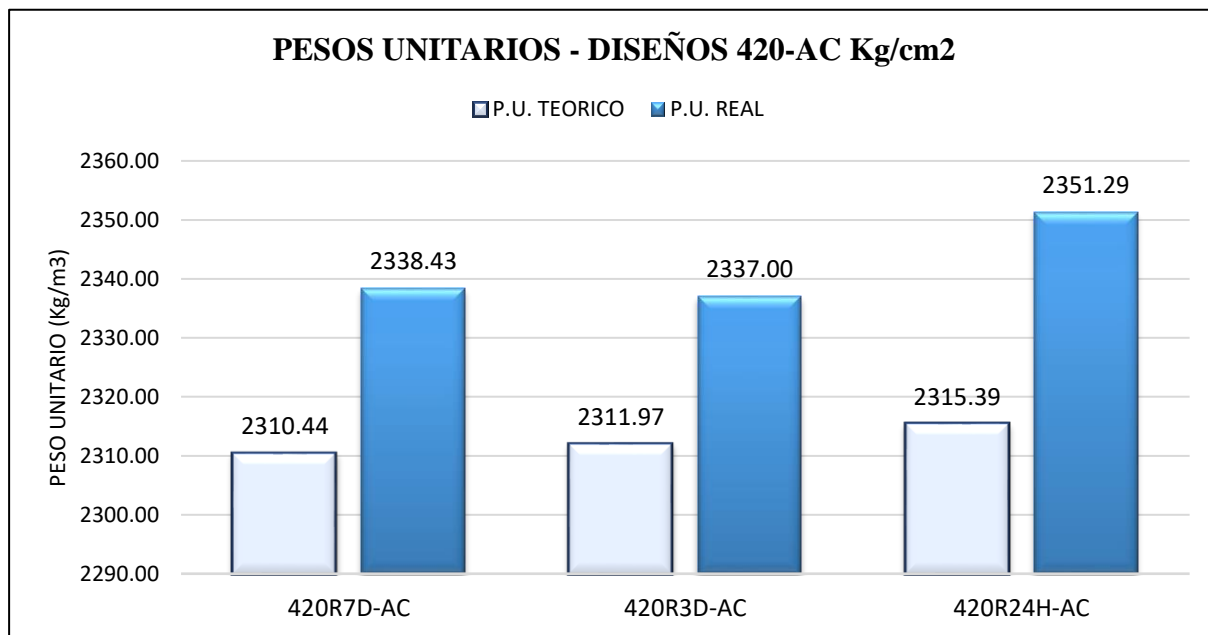
FUENTE: Propio

Figura 5-22 Porcentajes de aire - diseños 280-AC Kg/cm²



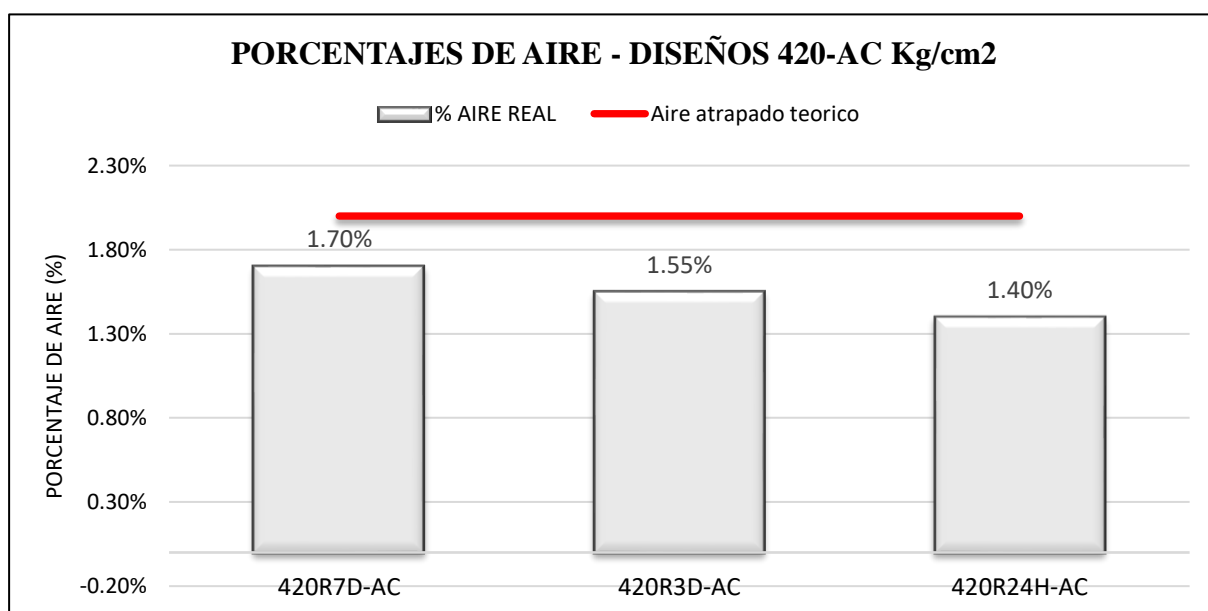
FUENTE: Propio

Figura 5-23 Pesos unitarios - diseños 420-AC Kg/cm²



FUENTE: Propio

Figura 5-24 Porcentajes de aire - diseños 280-AC Kg/cm²



FUENTE: Propio



De los análisis de la **Figura 5-21** y **Figura 5-23**, se observa también que todas las mezclas presentan un crecimiento de sus pesos unitarios con respecto a sus pesos unitarios teóricos, mostrando las siguientes variaciones:

- El diseño 280R7D-AC presentó un crecimiento de 24.32 Kg/m³ correspondiente a un 1.06%
- El diseño 280R3D-AC presentó un crecimiento de 19.44 Kg/m³ correspondiente a un 0.84%
- El diseño 280R24H-AC presentó un crecimiento de 25.50 Kg/m³ correspondiente a un 1.10%
- El diseño 420R7D-AC presentó un crecimiento de 27.99 Kg/m³ correspondiente a un 1.21%
- El diseño 420R3D-AC presentó un crecimiento de 25.03 Kg/m³ correspondiente a un 1.08%
- El diseño 420R24H-AC presentó un crecimiento de 35.89 Kg/m³ correspondiente a un 1.55%

De los análisis de la **Figura 5-22**, y **Figura 5-24**, se observa también que los resultados muestran un decrecimiento del porcentaje de aire atrapado respecto al diseñado (2%), mostrando las siguientes variaciones.

- En los diseños 280 Kg/cm² se observa que el diseño 280R24H-AC muestra la mayor reducción con un 0.4% y la menor reducción en el diseño 280R7D-AC con una reducción de 0.15%.
- En los diseños 420 Kg/cm² se observa que la mayor reducción se da en el diseño 420R24H-AC con una reducción de 0.6% y la menor reducción en el diseño 420R7D-AC con una reducción de 0.3%.

De los resultados de los ensayos de determinación de los tiempos de fragua, se muestran las siguientes ilustraciones gráficas

Figura 5-25 Tiempos de fragua inicial y final - Diseños 280-AC Kg/cm²

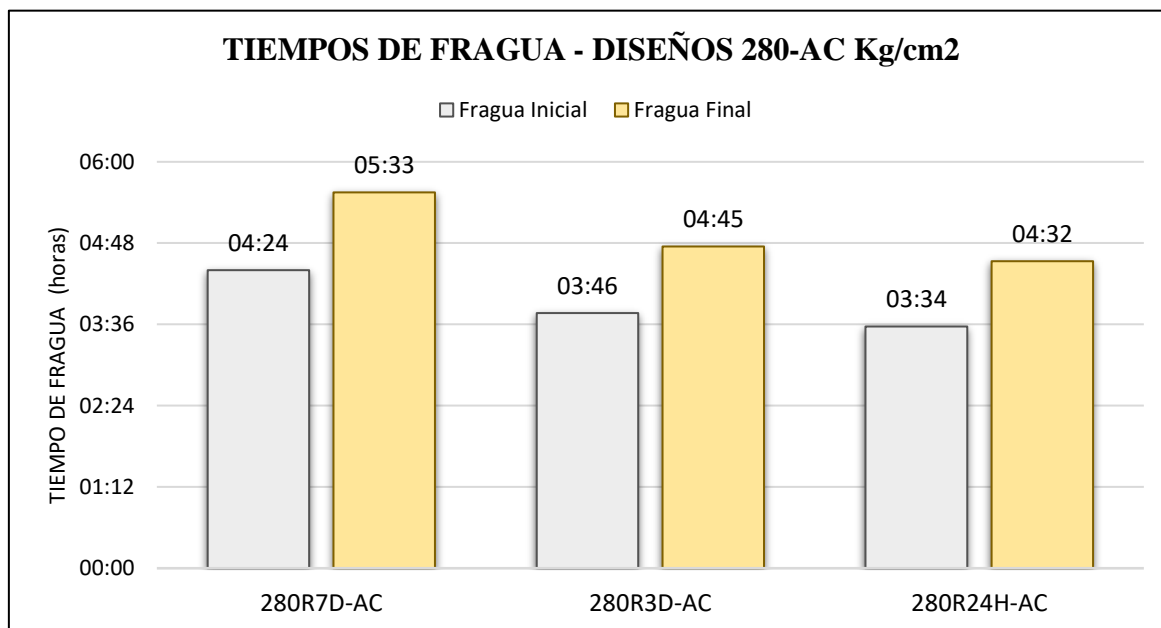
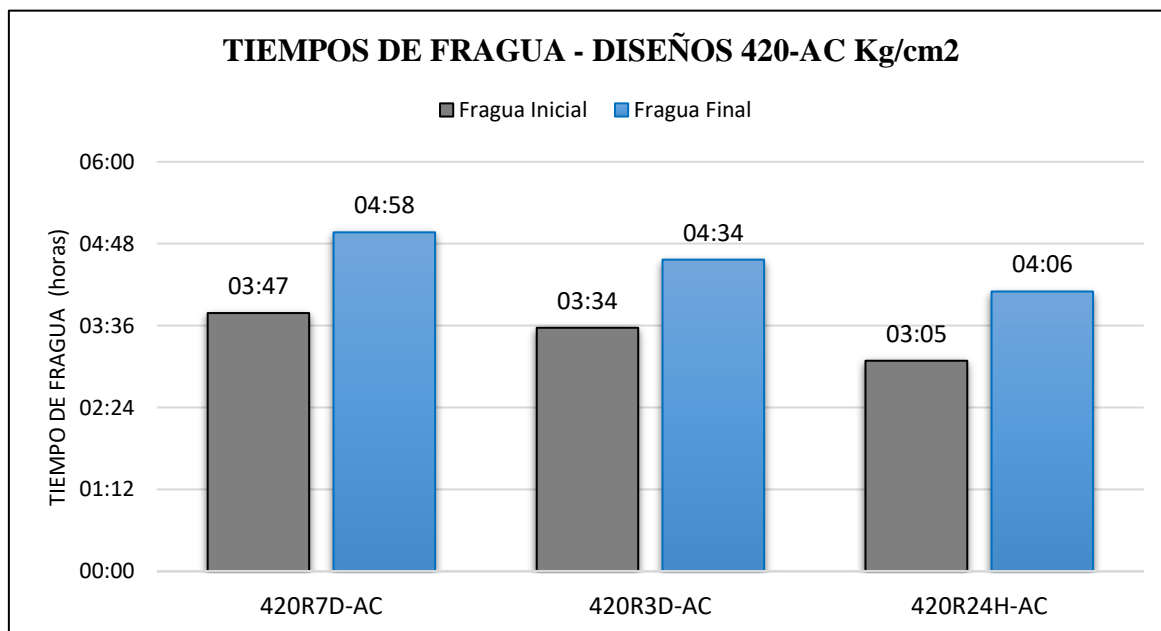


Figura 5-26 Tiempos de fragua inicial y final - Diseños 420-AC Kg/cm²



Del análisis de las ilustraciones de los ensayos de tiempos de fragua, se aprecia también que:

- Los tiempos de fraguado inicial y final disminuyen también de manera secuencial a los diseños 280R7D-AC, 280R3D-AC y 280R24H-AC, siendo este último el que presenta

los menores tiempos de fragua inicial y final, con un tiempo total de fragua de 58 minutos

- Los tiempos de fraguado disminuyen también de manera respectiva a los diseños 420R7D-AC, 420R3D-AC y 420R24H-AC, siendo este último el que presenta los menores tiempos de fragua inicial y final, con un tiempo total de fragua de 1 hora con 1 minuto.

Se observa también que los tiempos de fragua con los diseños con la inclusión del acelerante experimentan reducciones de los tiempos considerables, también se experimentó perdidas de trabajabilidad ligeramente más rápidos que los concretos anteriores (sin acelerante).

5.2. Resultados en estado endurecido

Cabe señalar que la motivación principal del presente trabajo de investigación, fue la de obtener concretos con altas resistencias a edades tempranas (ART) de concretos a edades de 24 horas, 3 y 7 días, por lo que podríamos decir que la propiedad más importante para nuestros concretos ART en su estado endurecido, es la resistencia a la compresión a la edad especificada, razón por la cual, en el presente trabajo se demandara mayor importancia a esta propiedad como fin de la presente investigación.

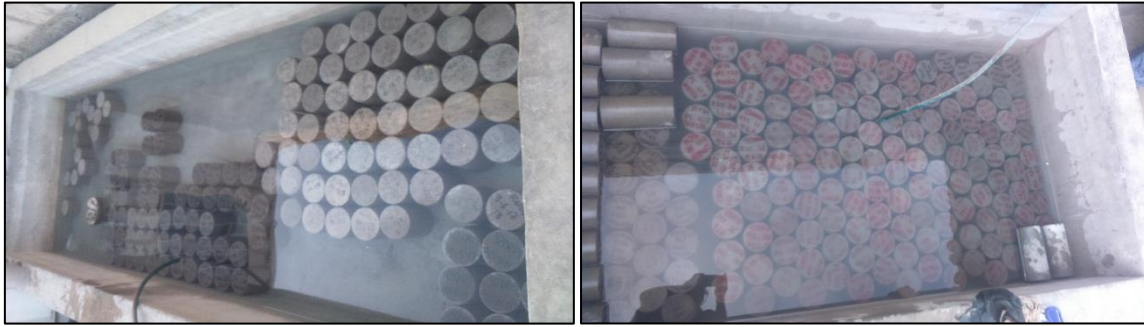
Los ensayos de resistencia a la compresión para todos los diseños fueron evaluados a las edades de 24 horas, 3, 7 y 28 días; con el fin de poder obtener una representación gráfica sobre el comportamiento de la resistencia de cada diseño propuesto.

Figura 5-27 Curado inicial de probetas durante las primeras 24 horas



FUENTE: Propio

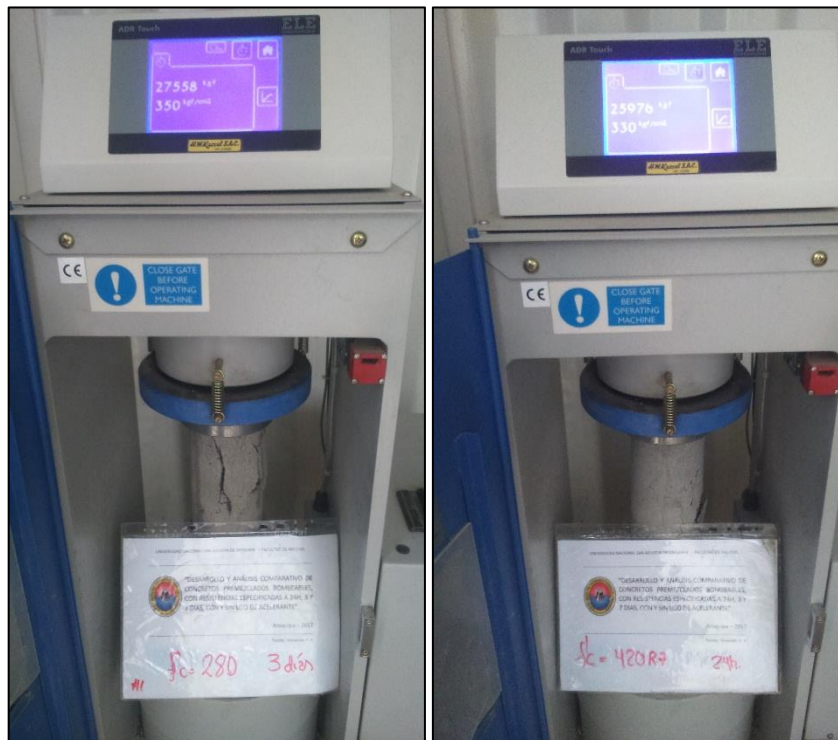
Figura 5-28 Curado de probetas para las roturas a 3, 7 y 28 días



FUENTE: Propio

En las ilustraciones de la **Figura 5-27** y **Figura 5-28**, muestran el cuidado de las probetas durante las primeras 24 horas (dentro de la caja de madera) y el curado convencional después de las 24 horas (en pozas de curado) respectivamente. Así mismo en la **Figura 5-29**, se muestra algunos resultados obtenidos de nuestros ensayos de resistencia a la compresión, a las edades de 3 días y 24 horas respectivamente (Izquierda y derecha), logrados para nuestros diseños definitivos.

Figura 5-29 Ensayos de rotura de probetas, diseño 280R3D edad 3 días (izquierda) y diseño 420R7D edad 24 horas (Derecha)





FUENTE: Propio

Para la evaluación estadística dentro de los ensayos, el ACI 214 nos recomienda determinar el coeficiente de variación en los testigos bajo los siguientes pasos, donde nos recomienda determinar la desviación estándar y coeficiente de variación dentro del ensayo, utilizando las siguiente formulas.

Para la desviación estándar dentro del ensayo.

$$\sigma = \frac{1}{d_2} \times R$$

Donde:

σ : Desviación estándar dentro del ensayo

R: Rango del ensayo (diferencia entre el mayor valor y el menor valor dentro del ensayo)

d_2 : factor de conversión

Para la determinación del coeficiente de variación

$$V = \frac{\sigma}{X} \times 100$$

Donde:

V: coeficiente de variación dentro del ensayo

X: media de los testigos

EL factor de conversión se determina de la siguiente tabla

**Tabla 5-29 Factores para calcular la desviación estándar dentro del ensayo**

Factores para calcular la desviación estándar dentro del ensayo		
numero de cilindros	d ₂	1/d ₂
2	1.128	0.8865
3	1.693	0.5907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4299
6	2.534	0.3946
7	2.704	0.3698
8	2.847	0.3512
9	2.97	0.3367
10	3.078	0.3249

Fuente: ACI 214

Los valores obtenidos de coeficiente de variación se deben evaluar bajo el siguiente cuadro, en donde nos indica que tan buena o deficiente fue nuestra elaboración y control de calidad de nuestros testigos y la homogeneidad entre ellos.

Tabla 5-30 Variación dentro del ensayo según coeficiente de variación – ACI 214

DISPERSION DENTRO DEL ENSAYO (EN TESTIGOS)					
CLASE DE OPERACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL %				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
CONCRETO EN OBRA	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.06 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
CONCRETO EN LABORATORIO	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 6.0	> a 5.0

Fuente: ACI 214

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos a compresión de los testigos de concreto de los diseños definitivos sin acelerante (**280 Kg/ cm²** y **420 Kg/cm²**) y con aditivo acelerante (**280 Kg/ cm²- AC** y **420 Kg/cm²-AC**), respectivamente.



5.2.1. Diseños 280 Kg/cm²

En esta sección se muestra los resultados de los ensayos a compresión de los diseños sin acelerante.

CONCRETO 280R7D

Tabla 5-31 Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R7D

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 280R7D										
N°	f'c Kg/cm ²	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm ²	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm ²	Rango Kg/cm ²	Desviacion Estandar Kg/cm ²	Coefficiente de Variacion
1	280	280R7D	24h	9.95	77.76	16244	209	16	6.9265	3.37
2				10.03	79.01	15862	201			
3				10	78.54	15503	197			
4				10.06	79.49	16421	207			
5				10.07	79.64	17004	214			
Resistencia Promedio a las 24 horas							205	Kg/cm ²	73%	
6	280	280R7D	3 días	10.07	79.64	22595	284	17	7.4321	2.70
7				10.06	79.49	21176	266			
8				9.99	78.38	21501	274			
9				9.94	77.60	21016	271			
10				10.06	79.49	22403	282			
Resistencia Promedio a los 3 días							275	Kg/cm ²	98%	
11	280	280R7D	7 días	9.99	78.38	26671	340	17	6.4560	1.88
12				9.89	76.82	25921	337			
13				9.94	77.60	27534	355			
14				9.92	77.29	26599	344			
15				9.8	75.43	25447	337			
Resistencia Promedio a los 7 días							343	Kg/cm ²	122%	
16	280	280R7D	28 días	9.84	76.05	32562	428	15	6.3140	1.49
17				9.87	76.51	31822	416			
18				9.95	77.76	32442	417			
19				9.86	76.36	32879	431			
20				10.03	79.01	33613	425			
Resistencia Promedio a los 28 días							423	Kg/cm ²	151%	

FUENTE: Propio

Los porcentajes mostrados en la **Tabla 5-31** corresponden al cálculo de porcentajes respecto a la resistencia especificada de 280 Kg/cm² como el 100%, entendiéndose de esta manera que a la edad requerida el diseño estudiado muestra un factor de seguridad del 22%.

Del mismo modo podemos obtener datos porcentuales de evolución tomando la resistencia a los 28 días como el 100%, de donde obtenemos los siguientes resultados:



- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde a un 48.59% de las resistencias lograda a los 28 días
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde a un 65.07%.
- A la edad de 7 días la resistencia lograda alcanza los 80.95%
- A los 28 días vendría a tener el 100%

De tal modo se observa que el concreto ART 280R7D alcanza un 5.65% a 10.65% más que las resistencias alcanzadas de concretos convencionales cuyas resistencias a los 7 días deberían encontrarse entre el 70 a 75% aprox.

CONCRETO 280R3D

Tabla 5-32 Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R3D

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 280R3D										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	280	280R3D	24h	10.04	79.17	20752	262	12	5.1219	1.97
2				9.94	77.60	19982	257			
3				10.04	79.17	21199	268			
4				10.07	79.64	20377	256			
5				10.04	79.17	20478	259			
Resistencia Promedio a las 24 horas							260	Kg/cm2	93%	
6	280	280R3D	3 días	10.01	78.70	27558	350	15	6.3683	1.83
7				9.87	76.51	26083	341			
8				9.89	76.82	26413	344			
9				9.99	78.38	27453	350			
10				9.96	77.91	27715	356			
Resistencia Promedio a los 3 días							348	Kg/cm2	124%	
11	280	280R3D	7 días	10.05	79.33	33361	421	13	5.7965	1.39
12				10.03	79.01	33516	424			
13				10.01	78.70	32881	418			
14				10.08	79.80	32775	411			
15				9.92	77.29	31943	413			
Resistencia Promedio a los 7 días							417	Kg/cm2	149%	
16	280	280R3D	28 días	9.93	77.44	38997	504	14	5.8084	1.15
17				9.87	76.51	38854	508			
18				10.01	78.70	40132	510			
19				10.04	79.17	39582	500			
20				10.03	79.01	39225	496			
Resistencia Promedio a los 28 días							504	Kg/cm2	180%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 280R3D, los resultados muestran que este diseño presenta un 24% de factor de seguridad a los 3 días con respecto a la resistencia especificada. Y del análisis de la



Tabla 5-32 podemos obtener de la misma manera datos porcentuales de evolución tomando la resistencia a los 28 días como el 100%, de donde obtenemos los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde a un 52.59% de las resistencias lograda a los 28 días
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde a un 69.08%.
- A la edad de 7 días la resistencia lograda alcanza los 82.87%
- A la edad de 28 días sería del 100%

De la misma manera este diseño 280R7D presenta un porcentaje mayor a los 7 días que los concretos convencionales.

CONCRETO 280R24H

Tabla 5-33 Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R24H

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 280R24H										
N°	f'c Kg/cm ²	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm ²	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm ²	Rango Kg/cm ²	Desviacion Estandar Kg/cm ²	Coefficiente de Variacion
1	280	280R24H	24h	9.86	76.36	25884	339	20	7.42	2.16
2				9.96	77.91	27405	352			
3				10.2	81.71	27464	336			
4				9.84	76.05	26970	355			
6				10.08	79.80	27517	345			
7				10.2	81.71	27339	335			
8				10.12	80.44	28023	348			
Resistencia Promedio a las 24 horas							344			
9	280	280R24H	3 dias	9.89	76.82	33459	436	12	5.0877	1.16
10				10.05	79.33	35111	443			
11				10.02	78.85	34280	435			
12				10.00	78.54	34052	434			
13				10.09	79.96	35614	445			
Resistencia Promedio a los 3 dias							438	Kg/cm²	157%	
14	280	280R24H	7 dias	10.00	78.54	39206	499	21	9.0628	1.81
15				10.03	79.01	39639	502			
16				10.05	79.33	38975	491			
17				10.02	78.85	40405	512			
18				9.94	77.60	38870	501			
Resistencia Promedio a los 7 dias							501	Kg/cm²	179%	
19	280	280R24H	28 dias	9.99	78.38	47342	604	17	7.1102	1.19
20				10.05	79.33	47402	598			
21				10.08	79.80	46879	587			
22				10.09	79.96	47302	592			
23				10.03	79.01	47597	602			
Resistencia Promedio a los 28 dias							597	Kg/cm²	213%	

FUENTE: Propio



En el caso del diseño 280R24H, los resultados muestran que este diseño presenta un 23% de factor de seguridad a las 24 horas con respecto a la resistencia especificada. Y del análisis de la **Tabla 5-33**, podemos obtener de la misma manera datos porcentuales de evolución tomando la resistencia a los 28 días como el 100%, de donde obtenemos los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde a un 57.70% de las resistencias lograda a los 28 días
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde a un 73.48%.
- A la edad de 7 días la resistencia lograda alcanza los 83.99%

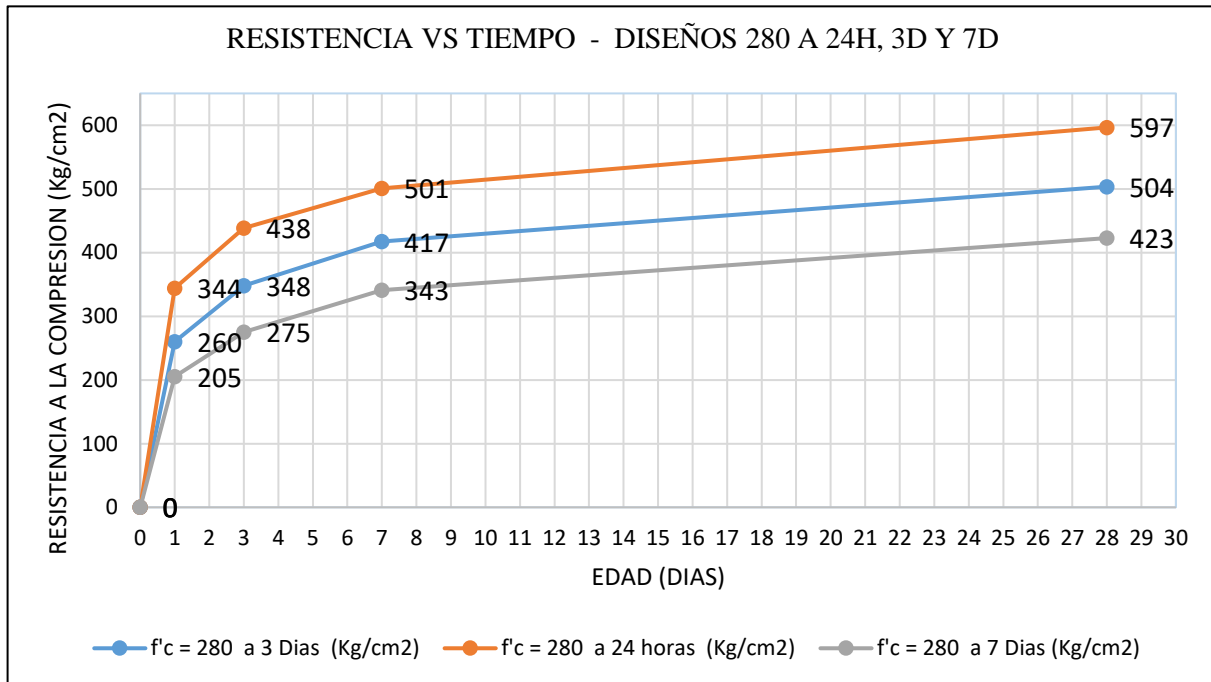
De los resultados mostrados se tiene el siguiente resumen mostrados en la **Tabla 5-34** y **Figura 5-30** de las resistencias a compresión de los diseños 280 Kg/cm² sin acelerante.

Tabla 5-34 Cuadro Resumen de resistencias a la compresión diseños 280 Kg/cm²

CUADRO RESUMEN ROTURAS DISEÑOS 280 Kg/cm ²				
Diseño	Resistencia a la compresión promedio en Kg/cm ²			
	24 horas	3 días	7 días	28 días
280R24H	344	438	501	597
280R3D	260	348	417	504
280R7D	205	275	343	423

FUENTE: Propio

Figura 5-30 Curvas de evolución de Resistencias diseños 280 Kg/cm² (28024H, 280R3D Y 280R7D)



FUENTE: Propio

Figura 5-31 Ensayo de Rotura de testigos diseños 280 Kg/cm²



FUENTE: Propio

En los gráficos mostrados en la *Figura 5-31* y *Figura 5-32*, podemos ver algunas imágenes de la rotura de probetas realizadas en la presente investigación.

Figura 5-32 Ensayo de Rotura de testigos diseños 420 Kg/cm²



FUENTE: Propio

5.2.2. Diseños 420 Kg/cm²

Del mismo modo que los diseños 280 Kg/cm², en esta sección se muestra los resultados de los ensayos a compresión de los diseños 420 Kg/cm² sin acelerante.

**CONCRETO 420R7D****Tabla 5-35 Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R7D**

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 420R7D										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	420	420R7D	24h	10.05	79.33	25976	327	20	8.5621	2.70
2				10.02	78.85	24840	315			
3				10.08	79.80	25080	314			
4				10.08	79.80	25432	319			
5				9.95	77.76	23913	308			
Resistencia Promedio a las 24 horas							317	Kg/cm2	75%	
6	420	420R7D	3 días	9.95	77.76	32322	416	16	6.9581	1.70
7				10.13	80.60	32942	409			
8				9.95	77.76	31668	407			
9				9.94	77.60	31010	400			
10				9.94	77.60	32266	416			
Resistencia Promedio a los 3 días							409	Kg/cm2	97%	
11	420	420R7D	7 días	10.12	80.44	37608	468	23	9.08	1.91
12				10.03	79.01	38134	483			
13				10.09	79.96	38065	476			
14				9.96	77.91	38221	491			
15				9.87	76.51	35985	470			
16				10.00	78.54	36815	469			
Resistencia Promedio a los 7 días							476	Kg/cm2	113%	
17	420	420R7D	28 días	9.83	75.89	44499	586	28	12.0887	2.11
18				9.88	76.67	42797	558			
19				10.02	78.85	45697	580			
20				9.85	76.20	43486	571			
21				10.03	79.01	45298	573			
Resistencia Promedio a los 28 días							574	Kg/cm2	137%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 420R7D, los resultados muestran que este diseño presenta un 13% de factor de seguridad a los 7 días con respecto a la resistencia especificada.

Y del análisis de la **Tabla 5-35**, se tiene de la misma manera los datos porcentuales de evolución tomando la resistencia a los 28 días como el 100%, de donde obtenemos los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde a un 55.19% de las resistencias lograda a los 28 días
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde a un 71.38%.
- A la edad de 7 días la resistencia lograda alcanza los 83.05%
- Y a la edad de 28 días sería del 100%

**CONCRETO 420R3D****Tabla 5-36 Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R3D**

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 420R3D										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	420	420R3D	24h	9.88	76.67	29711	388	18	7.6707	1.97
2				9.92	77.29	30154	390			
3				9.82	75.74	30312	400			
4				9.99	78.38	29972	382			
5				10.01	78.70	30712	390			
Resistencia Promedio a las 24 horas							390	Kg/cm2	93%	
6	420	420R3D	3 días	9.83	75.89	36487	481	19	6.97	1.46
7				10.04	79.17	37278	471			
8				10.01	78.70	37581	478			
9				10.03	79.01	38544	488			
10				9.98	78.23	37026	473			
11				9.99	78.38	36760	469			
12	9.84	76.05	36691	482						
Resistencia Promedio a los 3 días							477	Kg/cm2	114%	
13	420	420R3D	7 días	9.87	76.51	40788	533	15	6.6608	1.23
14				10.05	79.33	42949	541			
15				10.03	79.01	42690	540			
16				9.89	76.82	41316	538			
17				10.06	79.49	43605	549			
Resistencia Promedio a los 7 días							540	Kg/cm2	129%	
18	420	420R3D	28 días	9.86	76.36	49883	653	25	10.5743	1.66
19				10.11	80.28	50787	633			
20				9.94	77.60	48787	629			
21				9.84	76.05	48431	637			
22				9.83	75.89	48760	642			
Resistencia Promedio a los 28 días							639	Kg/cm2	152%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 420R3D, los resultados muestran que este diseño presenta un 14% de factor de seguridad a los 3 días con respecto a la resistencia especificada.

Y del análisis de la **Tabla 5-36**, se tiene los datos porcentuales de evolución tomando la resistencia a los 28 días como el 100%, de donde obtenemos los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde a un 60.07% de las resistencias lograda a los 28 días
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde a un 74.73%.
- A la edad de 7 días la resistencia lograda alcanza los 84.57%
- A la edad de 28 días tendríamos el 100%

**CONCRETO 420R24H****Tabla 5-37 Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R24H**

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 420R24H										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	420	420R24H	24h	9.97	78.07	37859	485	22	8.26	1.72
2				10.09	79.96	38276	479			
3				9.91	77.13	36389	472			
4				10.04	79.17	37664	476			
5				9.91	77.13	38111	494			
6				9.97	78.07	36999	474			
7				10.03	79.01	38136	483			
Resistencia Promedio a las 24 horas							480	Kg/cm2	114%	
8	420	420R24H	3 días	9.87	76.51	42450	555	18	7.8223	1.41
9				9.94	77.60	43382	559			
10				10.04	79.17	43531	550			
11				9.94	77.60	42784	551			
12				10.03	79.01	44882	568			
Resistencia Promedio a los 3 días							557	Kg/cm2	133%	
13	420	420R24H	7 días	10.01	78.70	49522	629	20	8.5757	1.34
14				10.05	79.33	50943	642			
15				10.11	80.28	50999	635			
16				10.03	79.01	50651	641			
17				10.05	79.33	51501	649			
Resistencia Promedio a los 7 días							639	Kg/cm2	152%	
18	420	420R24H	28 días	10.04	79.17	58309	737	22	9.6052	1.30
19				10.04	79.17	59589	753			
20				10.01	78.70	58623	745			
21				10.06	79.49	58679	738			
22				10.02	78.85	57590	730			
Resistencia Promedio a los 28 días							741	Kg/cm2	176%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 420R24H, los resultados muestran que este diseño presenta un 14% de factor de seguridad a las 24 horas con respecto a la resistencia especificada.

Y del análisis de la **Tabla 5-37**, se obtiene datos porcentuales de evolución tomando la resistencia a los 28 días como el 100%, de donde obtenemos los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde a un 64.81% de las resistencias lograda a los 28 días
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde a un 75.16%.
- A la edad de 7 días la resistencia lograda alcanza los 86.34%

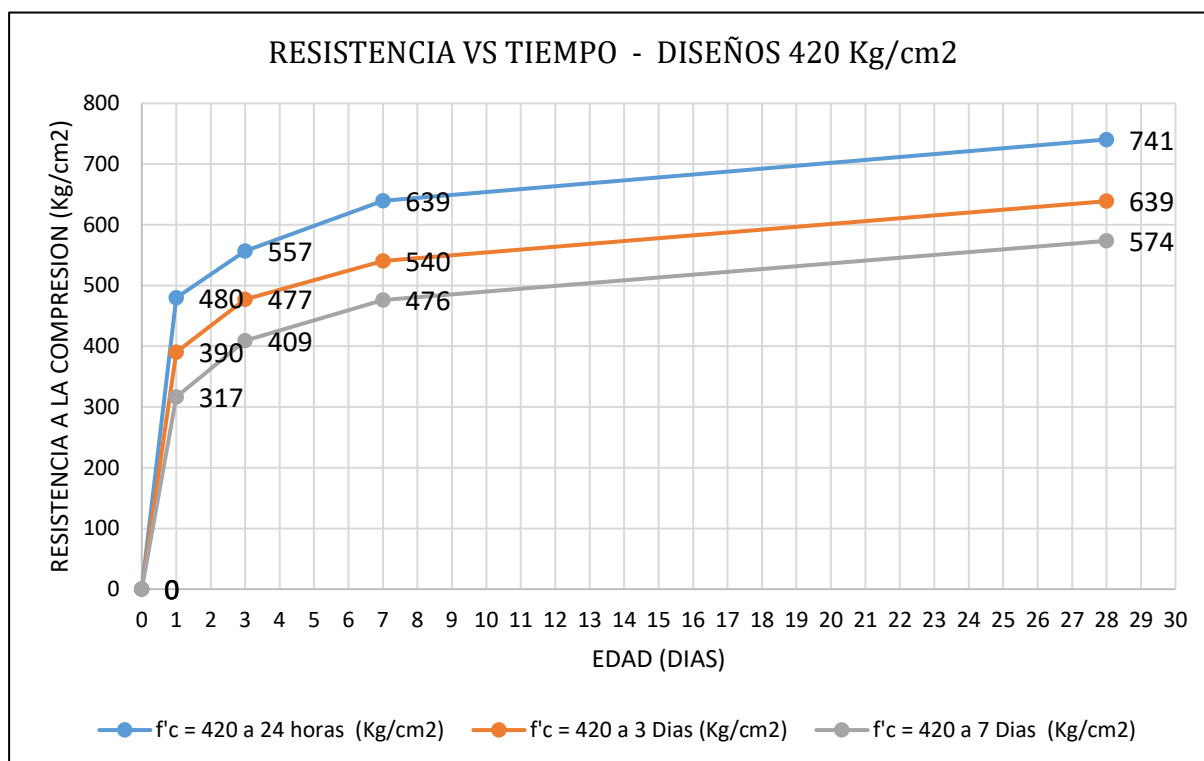
De los resultados obtenidos, se tiene el siguiente cuadro resumen de las resistencias a compresión de los diseños 420 Kg/cm2 sin acelerante.

Tabla 5-38 Cuadro Resumen de resistencias a la compresión diseños 420 Kg/cm²

Diseño	Resistencia a la compresión promedio en Kg/cm ²			
	24 horas	3 días	7 días	28 días
420R24H	480	557	639	741
420R3D	390	477	540	639
420R7D	317	409	476	574

FUENTE: Propio

Figura 5-33 Curvas de evolución de Resistencias diseños 420 Kg/cm² (42024H, 420R3D Y 420R7D)



FUENTE: Propio

5.2.3. Diseños 280 Kg/cm² – con acelerante

Del mismo modo como se presentó las tablas y curvas para nuestros diseños 280 y 420 Kg/cm² sin acelerante, se muestran a continuación para los diseños con la inclusión del acelerante

**CONCRETO 280R7D-AC****Tabla 5-39 Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R7D-AC**

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 280R7D-AC										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	280	280R7D- AC	24h	9.98	78.23	17120	219	14	5.8931	2.66
2				9.85	76.20	17423	229			
3				10.02	78.85	17768	225			
4				9.87	76.51	16445	215			
5				9.94	77.60	17088	220			
Resistencia Promedio a las 24 horas							222	Kg/cm2	79%	
6	280	280R7D- AC	3 días	9.85	76.20	22369	294	19	8.1511	2.78
7				9.82	75.74	21665	286			
8				9.86	76.36	22440	294			
9				9.81	75.58	23054	305			
10				9.84	76.05	21855	287			
Resistencia Promedio a los 3 días							293	Kg/cm2	105%	
11	280	280R7D- AC	7 días	9.83	75.89	25966	342	18	6.73	1.93
12				9.84	76.05	26916	354			
13				9.95	77.76	27204	350			
14				9.83	75.89	26403	348			
15				9.98	78.23	27903	357			
16				10.02	78.85	27809	353			
17				9.84	76.05	25741	338			
Resistencia Promedio a los 7 días							349	Kg/cm2	125%	
18	280	280R7D- AC	28 días	9.94	77.60	32492	419	18	7.8455	1.92
19				9.84	76.05	30867	406			
20				9.96	77.91	31900	409			
21				9.96	77.91	31201	400			
22				10.02	78.85	32329	410			
Resistencia Promedio a los 28 días							409	Kg/cm2	146%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 280R7D-AC, los resultados muestran que este diseño presenta un 24% de factor de seguridad a los 7 días con respecto a la resistencia especificada.

Del análisis de la **Tabla 5-39**, observamos que si tomamos la resistencia lograda a los 28 días como el 100% obtenemos los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde a un 54.19%
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde a un 71.70%.
- A la edad de 7 días la resistencia lograda corresponde a un 85.25%
- A la edad de 28 días la resistencia lograda sería del 100.00%.

**CONCRETO 280R3D-AC****Tabla 5-40 Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R3D-AC**

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 280R3D-AC										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	280	280R3D - AC	24h	9.84	76.05	20416	268	21	8.8199	3.25
2				9.85	76.20	20876	274			
3				9.98	78.23	21113	270			
4				9.84	76.05	19976	263			
5				9.97	78.07	22109	283			
Resistencia Promedio a las 24 horas							272	Kg/cm2	97%	
6	280	280R3D - AC	3 días	9.94	77.60	25734	332	20	7.38	2.16
7				9.84	76.05	25060	330			
8				9.85	76.20	26602	349			
9				10.04	79.17	27479	347			
10				10.03	79.01	27240	345			
11				10.03	79.01	26612	337			
12	9.98	78.23	27340	349						
Resistencia Promedio a los 3 días							341	Kg/cm2	122%	
13	280	280R3D - AC	7 días	9.98	78.23	31951	408	10	4.2131	1.03
14				9.88	76.67	31680	413			
15				9.86	76.36	31281	410			
16				10.09	79.96	32356	405			
17				9.98	78.23	32421	414			
Resistencia Promedio a los 7 días							410	Kg/cm2	146%	
18	280	280R3D - AC	28 días	9.94	77.60	37631	485	15	6.4969	1.35
19				10.03	79.01	37827	479			
20				9.94	77.60	36498	470			
21				10.02	78.85	38011	482			
22				10.03	79.01	38356	485			
Resistencia Promedio a los 28 días							480	Kg/cm2	172%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 280R3D-AC, los resultados muestran que este diseño presenta un 22% de factor de seguridad a los 3 días con respecto a la resistencia especificada.

Del análisis de la **Tabla 5-40**, observamos de la misma manera que tomando la resistencia lograda a los 28 días como el 100% obtenemos los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde a un 56.56% de la resistencia lograda a los 28 días
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde a un 71.04%
- A la edad de 7 días la resistencia lograda corresponde a un 85.38%.
- A la edad de 28 días la resistencia lograda sería del 100.00%.

**CONCRETO 280R24H-AC****Tabla 5-41 Cuadro de Rotura de probetas diseño 280R24H-AC**

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 280R24H-AC										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	280	280R24H- AC	24h	9.85	76.20	26631	349	17	6.14	1.80
2				10.01	78.70	26918	342			
3				10.04	79.17	27332	345			
4				10.03	79.01	26806	339			
5				9.91	77.13	25880	336			
6				10.03	79.01	26301	333			
7				9.84	76.05	25820	340			
Resistencia Promedio a las 24 horas							341	Kg/cm2	122%	
8	280	280R24H- AC	3 días	9.96	77.91	33882	435	17	7.1182	1.66
9				9.84	76.05	32344	425			
10				9.85	76.20	31876	418			
11				9.91	77.13	33034	428			
12				10.02	78.85	34102	432			
Resistencia Promedio a los 3 días							428	Kg/cm2	153%	
13	280	280R24H- AC	7 días	10.02	78.85	38183	484	14	5.8889	1.21
14				9.94	77.60	37441	482			
15				9.89	76.82	37881	493			
16				9.97	78.07	38031	487			
17				9.94	77.60	37202	479			
Resistencia Promedio a los 7 días							485	Kg/cm2	173%	
18	280	280R24H- AC	28 días	9.94	77.60	43094	555	15	6.6376	1.19
19				10.06	79.49	43684	550			
20				9.88	76.67	42948	560			
21				10.05	79.33	44822	565			
22				9.95	77.76	43208	556			
Resistencia Promedio a los 28 días							557	Kg/cm2	199%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 280R24H-AC, los resultados muestran que este diseño presenta un 22% de factor de seguridad a las 24 horas con respecto a la resistencia especificada.

Del análisis de la **Tabla 5-41**, se tiene que tomando la resistencia lograda a los 28 días como el 100% se obtiene los siguientes datos porcentuales por cada edad:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde al 61.12%
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde al 76.79%
- A la edad de 7 días la resistencia lograda corresponde a un 87.10%.
- A la edad de 28 días la resistencia lograda sería del 100.00%.

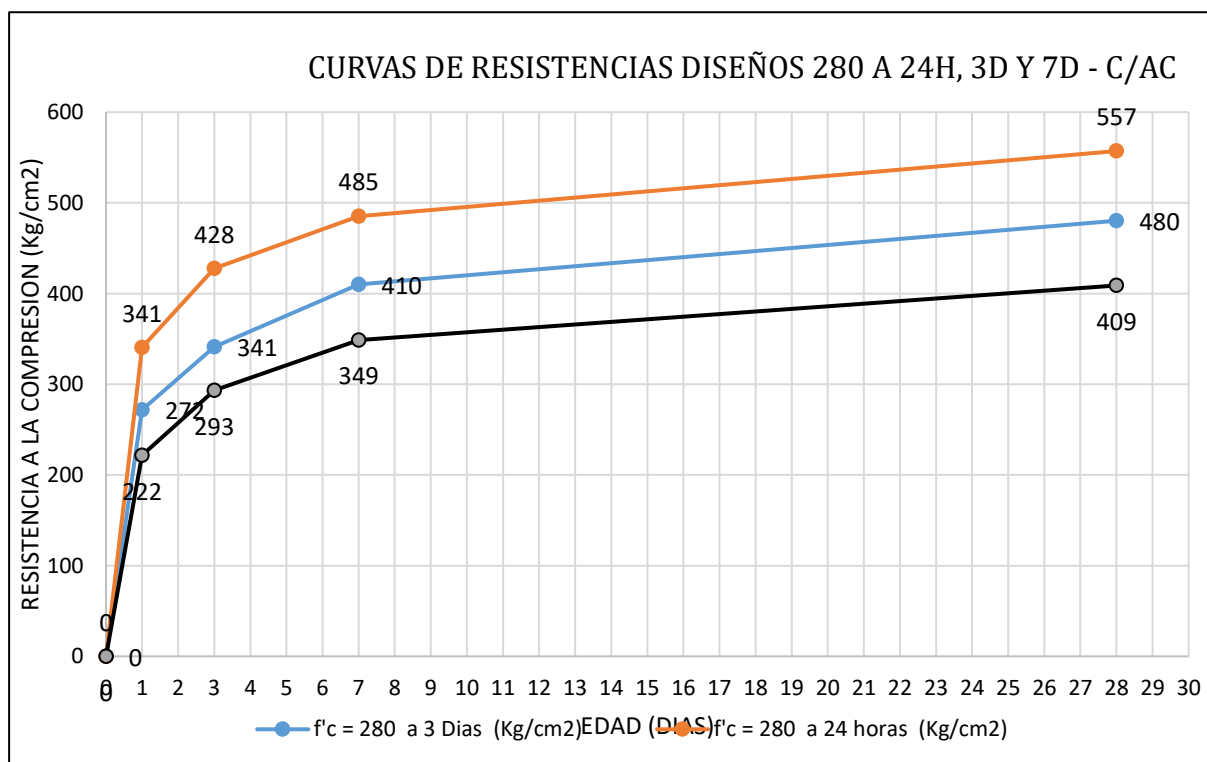
De los resultados obtenidos, se tiene el siguiente cuadro resumen de las resistencias a compresión de los diseños 280 Kg/cm2 con la inclusión del acelerante (ver **Tabla 5-42** y **Figura 5-34**).

Tabla 5-42 Cuadro Resumen de resistencias a la compresión diseños 280 Kg/cm² -C/AC

CUADRO RESUMEN ROTURAS DISEÑOS 280 Kg/cm ² - C/AC				
Diseño	Resistencia a la compresión promedio en Kg/cm ²			
	24 horas	3 días	7 días	28 días
280R24H-AC	341	428	485	557
280R3D-AC	272	341	410	480
280R7D-AC	222	293	349	409

FUENTE: Propio

Figura 5-34 Curvas de evolución de Resistencias diseños 280R24H-AC, 280R3D-AC Y 280R7D-AC



FUENTE: Propio

5.2.4. Diseños 420 Kg/cm² – con acelerante

**CONCRETO 420R7D-AC****Tabla 5-43 Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R7D-AC**

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 420R7D-AC										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	420	420R7D-AC	24h	10.02	78.85	26187	332	13	5.7143	1.73
2				10.05	79.33	26711	337			
3				9.87	76.51	25151	329			
4				9.94	77.60	25098	323			
5				9.84	76.05	25221	332			
Resistencia Promedio a las 24 horas							331	Kg/cm2	79%	
6	420	420R7D-AC	3 días	10.05	79.33	32832	414	16	6.9835	1.66
7				9.88	76.67	32519	424			
8				9.87	76.51	31912	417			
9				9.95	77.76	33445	430			
10				9.89	76.82	31970	416			
Resistencia Promedio a los 3 días							420	Kg/cm2	100%	
11	420	420R7D-AC	7 días	10.04	79.17	37372	472	16	5.89	1.25
12				9.94	77.60	36987	477			
13				10.02	78.85	37027	470			
14				10.06	79.49	38065	479			
15				10.01	78.70	36945	469			
16				10.02	78.85	37628	477			
17				10.09	79.96	37019	463			
Resistencia Promedio a los 7 días							472	Kg/cm2	112%	
18	420	420R7D-AC	28 días	9.94	77.60	42751	551	14	5.9010	1.08
19				10.03	79.01	43131	546			
20				10.02	78.85	43041	546			
21				9.95	77.76	42501	547			
22				9.98	78.23	42022	537			
Resistencia Promedio a los 28 días							545	Kg/cm2	130%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 420R7D-AC, los resultados muestran que este diseño presenta un 12% de factor de seguridad a los 7 días con respecto a la resistencia especificada.

Del análisis de la **Tabla 5-43**, se tiene también que tomando la resistencia lograda a los 28 días como el 100%, se obtiene los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda es de un 60.62%
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde a un 77.10%
- A la edad de 7 días la resistencia lograda corresponde al 86.56%.
- A la edad de 28 días la resistencia lograda sería del 100.00%.

**CONCRETO 420R3D-AC****Tabla 5-44 Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R3D-AC**

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 420R3D-AC										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	420	420R3D- AC	24h	9.97	78.07	30521	391	17	7.3413	1.89
2				9.91	77.13	29563	383			
3				9.87	76.51	29272	383			
4				9.91	77.13	30033	389			
5				10.04	79.17	31641	400			
Resistencia Promedio a las 24 horas							389	Kg/cm2	93%	
6	420	420R3D- AC	3 días	10.07	79.64	38081	478	13	4.96	1.05
7				9.98	78.23	37023	473			
8				9.97	78.07	36470	467			
9				10.02	78.85	37549	476			
10				10.04	79.17	37019	468			
11				9.93	77.44	36302	469			
12	9.92	77.29	35919	465						
Resistencia Promedio a los 3 días							471	Kg/cm2	112%	
13	420	420R3D- AC	7 días	10.09	79.96	41315	517	15	6.3177	1.20
14				10.04	79.17	42070	531			
15				9.91	77.13	40872	530			
16				10.12	80.44	41701	518			
17				9.94	77.60	41005	528			
Resistencia Promedio a los 7 días							525	Kg/cm2	125%	
18	420	420R3D- AC	28 días	9.93	77.44	45102	582	14	5.8736	1.01
19				9.99	78.38	46112	588			
20				10.02	78.85	45312	575			
21				10.05	79.33	45941	579			
22				10.07	79.64	46765	587			
Resistencia Promedio a los 28 días							582	Kg/cm2	139%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 420R3D-AC, los resultados muestran que este diseño presenta un 12% de factor de seguridad a los 3 días con respecto a la resistencia especificada.

Del análisis de la **Tabla 5-44**, se tiene que tomando la resistencia lograda a los 28 días como el 100% se obtiene los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda es de un 66.83%
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde al 80.85%
- A la edad de 7 días la resistencia lograda corresponde al 90.15%.
- A la edad de 28 días la resistencia lograda seria del 100.00%

**CONCRETO 420R24H-AC****Tabla 5-45 Cuadro de Rotura de probetas diseño 420R24H-AC**

ROTURA DE PROBETAS - DISEÑO 420R24H-AC										
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	420	420R24H- AC	24h	10.07	79.64	38080	478	16	5.86	1.23
2				10.04	79.17	37235	470			
3				9.96	77.91	37157	477			
4				9.94	77.60	36989	477			
5				10.02	78.85	38021	482			
6				10.02	78.85	37431	475			
7				10.05	79.33	36991	466			
Resistencia Promedio a las 24 horas							475	Kg/cm2	113%	
8	420	420R24H- AC	3 días	10	78.54	43739	557	14	6.0018	1.09
9				10.05	79.33	44061	555			
10				10.05	79.33	43070	543			
11				9.98	78.23	42860	548			
12				9.95	77.76	42491	546			
Resistencia Promedio a los 3 días							550	Kg/cm2	131%	
13	420	420R24H- AC	7 días	9.85	76.20	47243	620	20	8.7140	1.41
14				9.89	76.82	46564	606			
15				9.94	77.60	48322	623			
16				9.85	76.20	47221	620			
17				10.01	78.70	49296	626			
Resistencia Promedio a los 7 días							619	Kg/cm2	147%	
18	420	420R24H- AC	28 días	9.94	77.60	52814	681	19	8.0651	1.19
19				10.04	79.17	54186	684			
20				10.03	79.01	53399	676			
21				10.02	78.85	52491	666			
22				10.04	79.17	54009	682			
Resistencia Promedio a los 28 días							678	Kg/cm2	161%	

FUENTE: Propio

En el caso del diseño 420R24H-AC, los resultados muestran que este diseño presenta un 13% de factor de seguridad a las 24 horas con respecto a la resistencia especificada

Del análisis de *Tabla 5-45*, se obtiene también que tomando la resistencia lograda a los 28 días como el 100%, se obtiene los siguientes datos:

- A la edad de 24 horas la resistencia lograda corresponde al 70.03%
- A la edad de 3 días la resistencia lograda corresponde al 81.08%
- A la edad de 7 días la resistencia lograda corresponde al 91.26%.
- A la edad de 28 días la resistencia lograda seria del 100.00%

Del mismo modo, se tiene el siguiente cuadro resumen de las resistencias a compresión de los diseños 420 Kg/cm² con la inclusión del acelerante (Ver *Tabla 5-46* y *Figura 5-35*).

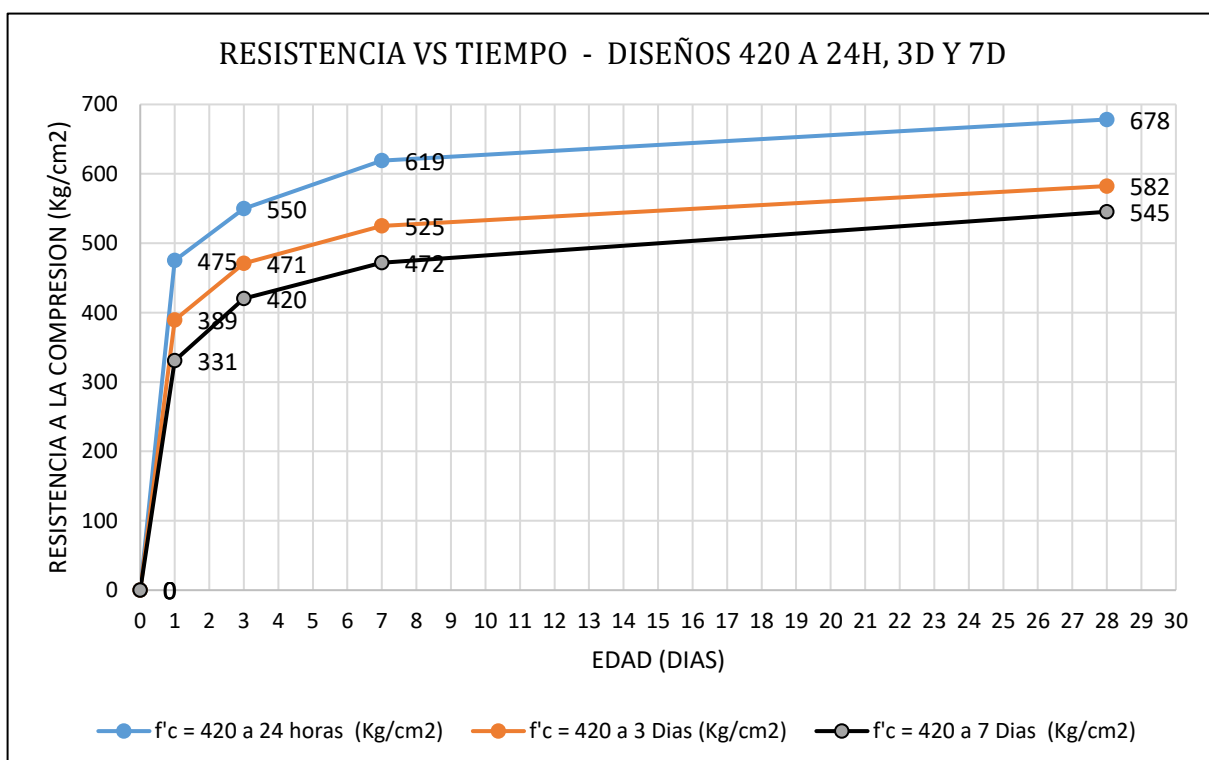
Tabla 5-46 Cuadro Resumen de resistencias a la compresión diseños 420 Kg/cm² -C/AC

CUADRO RESUMEN ROTURAS DISEÑOS 420 Kg/cm²- C/AC

Diseño	Resistencia a la compresión promedio en Kg/cm ²			
	24 horas	3 días	7 días	28 días
420R24H-AC	475	550	619	678
420R3D-AC	389	471	525	582
420R7D-AC	331	420	472	545

FUENTE: Propio

Figura 5-35 Curvas de evolución de Resistencias diseños 420R24H-AC, 420R3D-AC Y 420R7D-AC



FUENTE: Propio

Capítulo VI: Análisis Comparativo de los resultados

6.1. Análisis comparativo en estado fresco

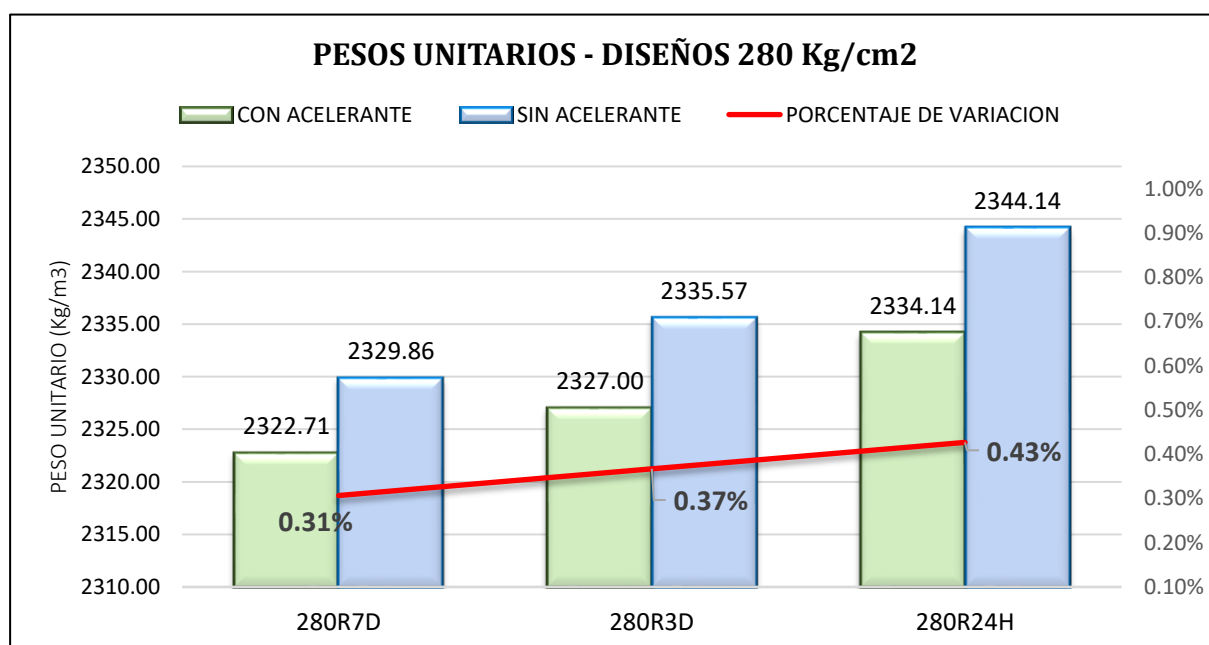
Finalmente, del análisis de los resultados logrados en ambos diseños, diseños sin acelerante y diseños con acelerante, mostrados en el capítulo anterior. Se realizarán los análisis comparativos de los diseños que comprendan las mismas especificaciones propuestas, es decir:

- Diseños 280 Kg/cm² Vs diseños 280Kg/cm² con acelerante
- Diseños 420 Kg/cm² Vs diseños 420 Kg/cm² con acelerante

De donde se tiene que:

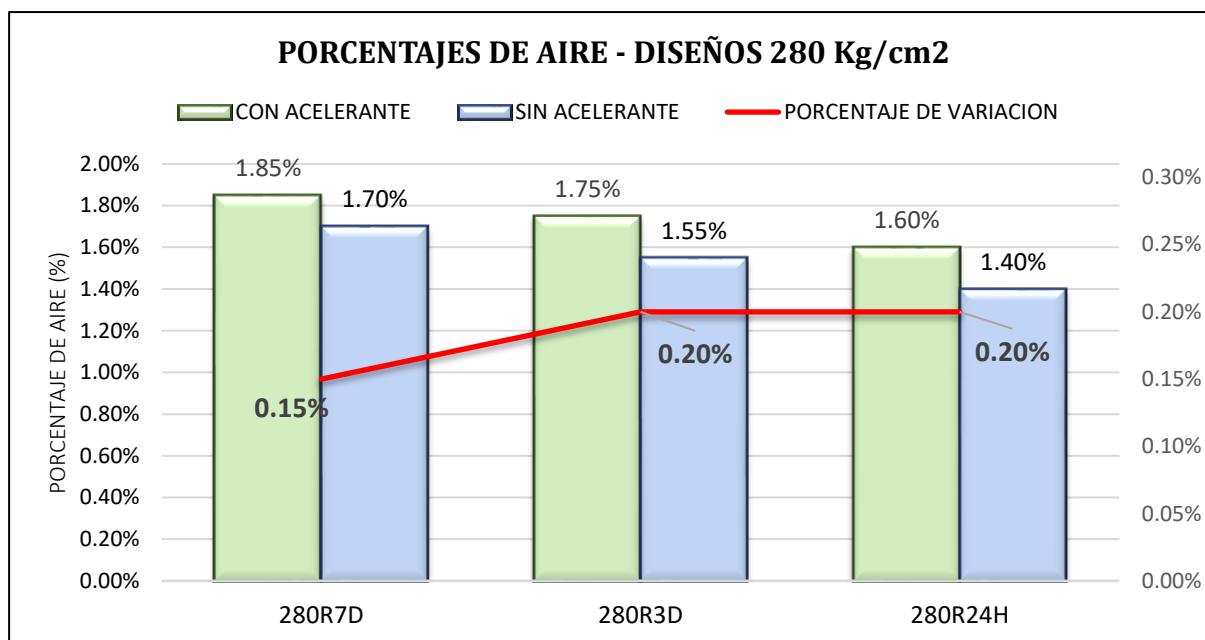
De los pesos unitarios y porcentajes de aire atrapado de los diseños definitivos 280R24H, 280R3D Y 280R7D, con y sin acelerante.

Figura 6-1 Pesos Unitarios Diseños 280-AC Y 280 Kg/cm²



FUENTE: Propio

Figura 6-2 Porcentajes de aire diseños 280-AC y 280 Kg/cm²

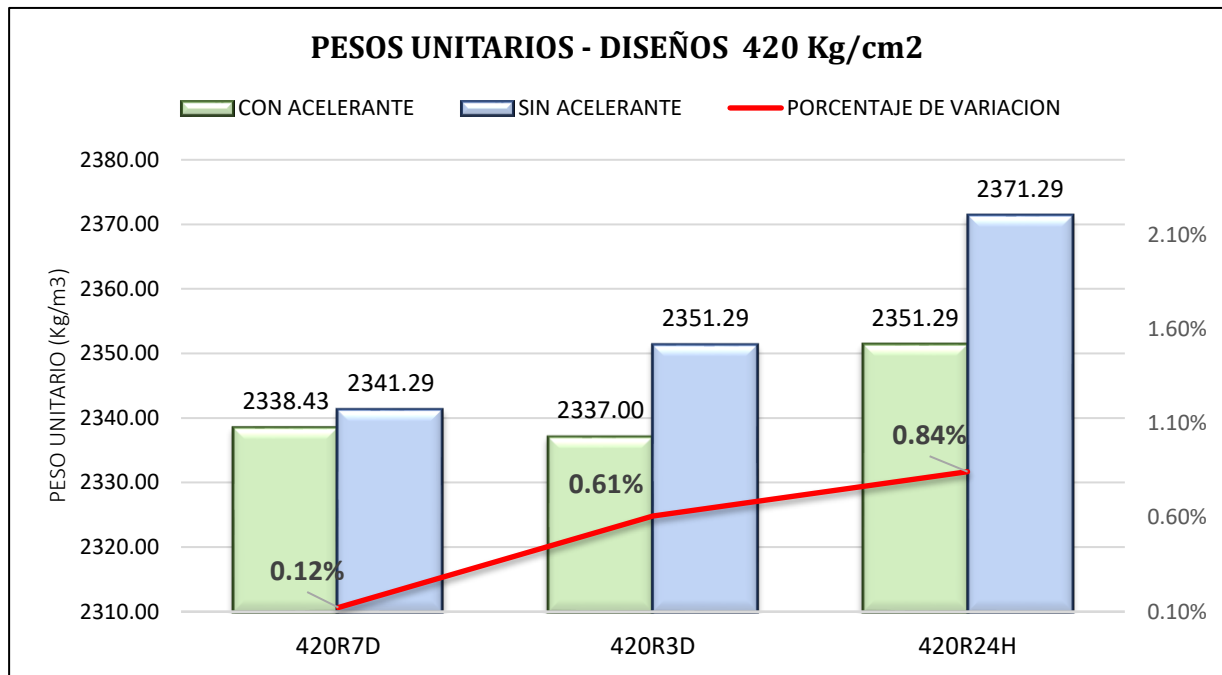


FUENTE: Propio

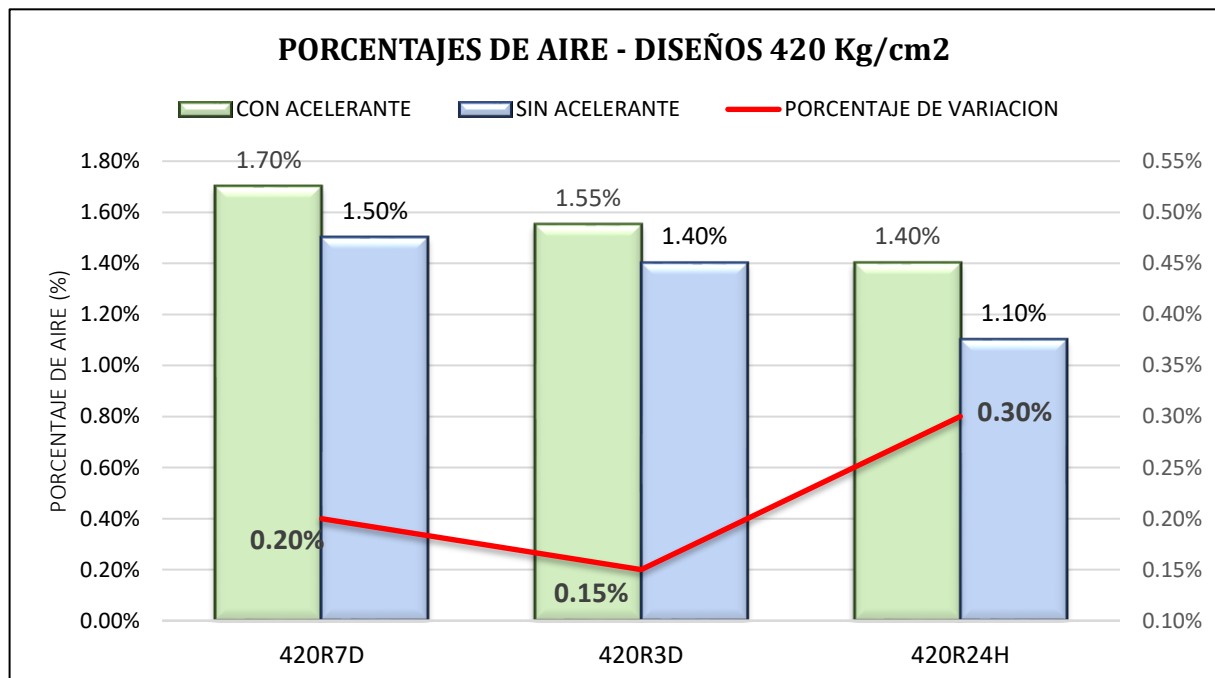
Del análisis comparativo de la *Figura 6-1* y *Figura 6-2* de los diseños con el $f'c$ de 280 Kg/cm², podemos observar que:

- El diseño 280R7D (sin acelerante) presenta un peso unitario 0.31% mayor que el diseño 280R7D-AC
- El diseño 280R3D presenta un peso unitario 0.37% mayor que el diseño 280R3D-AC
- El diseño 280R24H presenta un peso unitario 0.43% mayor que el diseño 280R24H-AC
- En el caso del aire atrapado el diseño 280R7D (sin acelerante) presenta un porcentaje de aire atrapado 0.15% menor que el diseño 280R7D-AC
- El diseño 280R3D presenta un porcentaje de aire atrapado 0.20% menor que el diseño 280R3D-AC
- El diseño 280R24H presenta un porcentaje de aire atrapado 0.20% menor que el diseño 280R24H-AC

De los pesos unitarios y porcentajes de aire atrapado de los diseños definitivos 420R24H, 420R3D Y 420R7D, con y sin la inclusión del acelerante.

Figura 6-3 Pesos Unitarios Diseños 420-AC Y 420 Kg/cm²

FUENTE: Propio

Figura 6-4 Porcentajes de aire diseños 420-AC y 420 Kg/cm²

FUENTE: Propio



Del análisis comparativo de la **Figura 6-3** y **Figura 6-4**, de los diseños con el $f'c$ de 420 Kg/cm², se observa que:

- El diseño 420R7D (sin acelerante) presenta un peso unitario 0.12% mayor que el diseño 420R7D-AC
- El diseño 420R3D presenta un peso unitario 0.61% mayor que el diseño 420R3D-AC
- El diseño 420R24H presenta un peso unitario 0.85% mayor que el diseño 420R24H-AC
- El diseño 420R7D (sin acelerante) presenta un porcentaje de aire atrapado 0.20% menor que el diseño 420R7D-AC
- El diseño 420R3D presenta un porcentaje de aire atrapado 0.15% menor que el diseño 420R3D-AC
- El diseño 420R24H presenta un porcentaje de aire atrapado 0.30% menor que el diseño 420R24H-AC

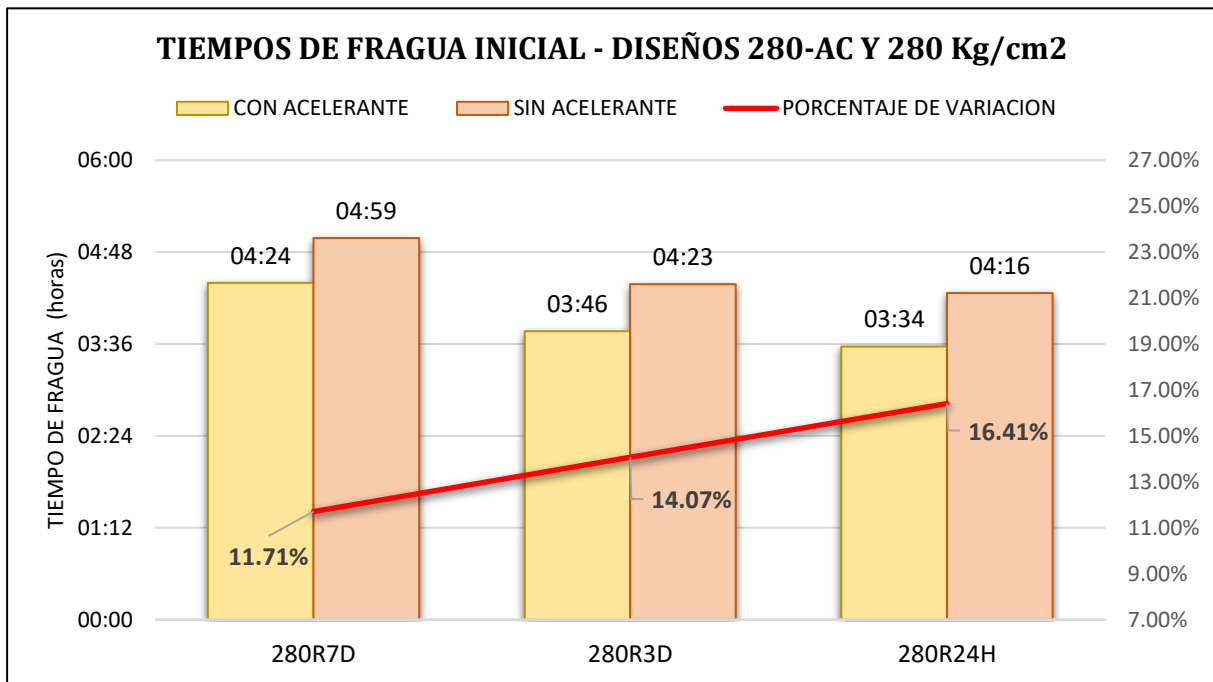
En síntesis, todas las mezclas sin aditivo acelerante presentan pesos unitarios relativamente mayores con respecto a los pesos unitarios de las mezclas con acelerante y de la misma forma, pero de manera inversa todas las mezclas sin aditivo acelerante presentan menores porcentajes de aire atrapado con respecto a los porcentajes de aire atrapado de las mezclas con acelerante.

Tal y como se mencionó en capítulos anteriores, esto debido a que ambos diseños presentan en su composición el aditivo superplastificante, los resultados presentan alguna cercanía, entendiendo también que el acelerante genera en primer momento un incremento de los porcentajes de aire en las mezclas y un decrecimiento de los pesos unitarios.

La diferencia en la apariencia más notable en la trabajabilidad, se da en los diseños 420R24H debido a que el diseño con acelerante se presenta más esponjoso, ligeramente con apariencia menos cohesiva que su diseño par sin acelerante, que lo hace ligeramente mucho más trabajable, cabe señalar también que el diseño con acelerante presenta visualmente una pérdida de la habilidad de extensión del concreto, que se da gracias al aditivo superplastificante, observándose que a mayor dosis de acelerante esta pérdida es más perceptible.

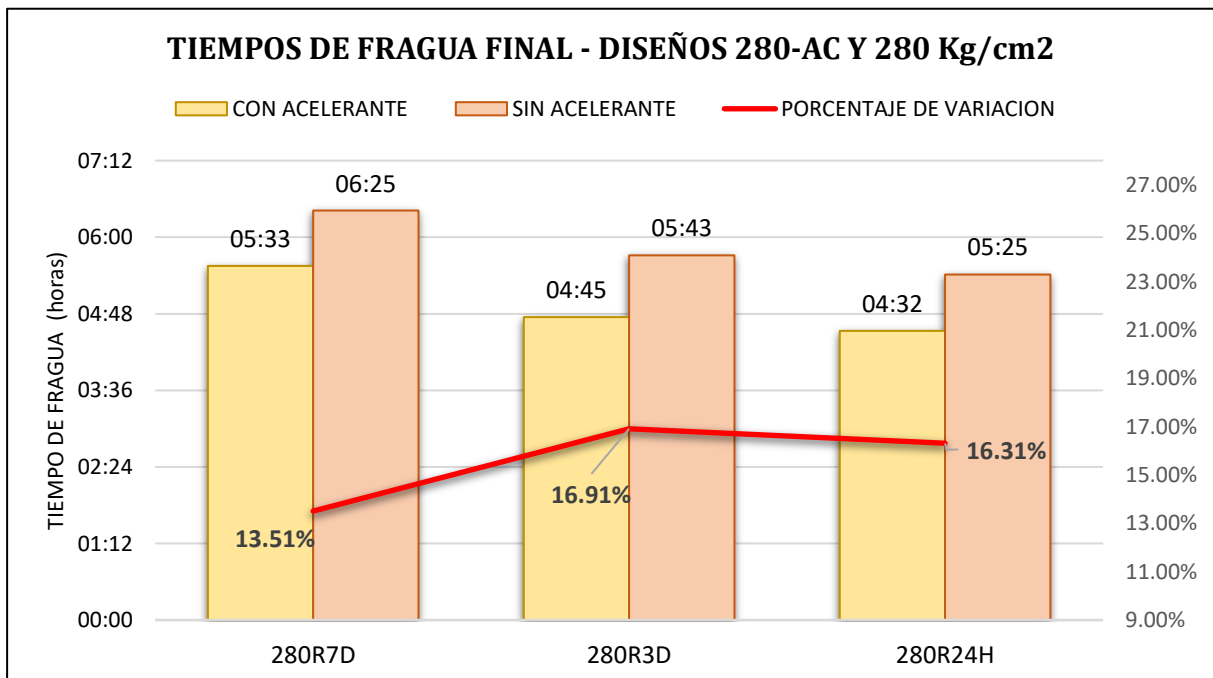
De los tiempos de fragua inicial y final de los diseños 280R24H, 280R3D Y 280R7D.

Figura 6-5 Tiempos de fragua inicial, Diseños 280-AC y 280 Kg/cm²



FUENTE: Propio

Figura 6-6 Tiempos de fragua Final, Diseños 280-AC y 280 Kg/cm²



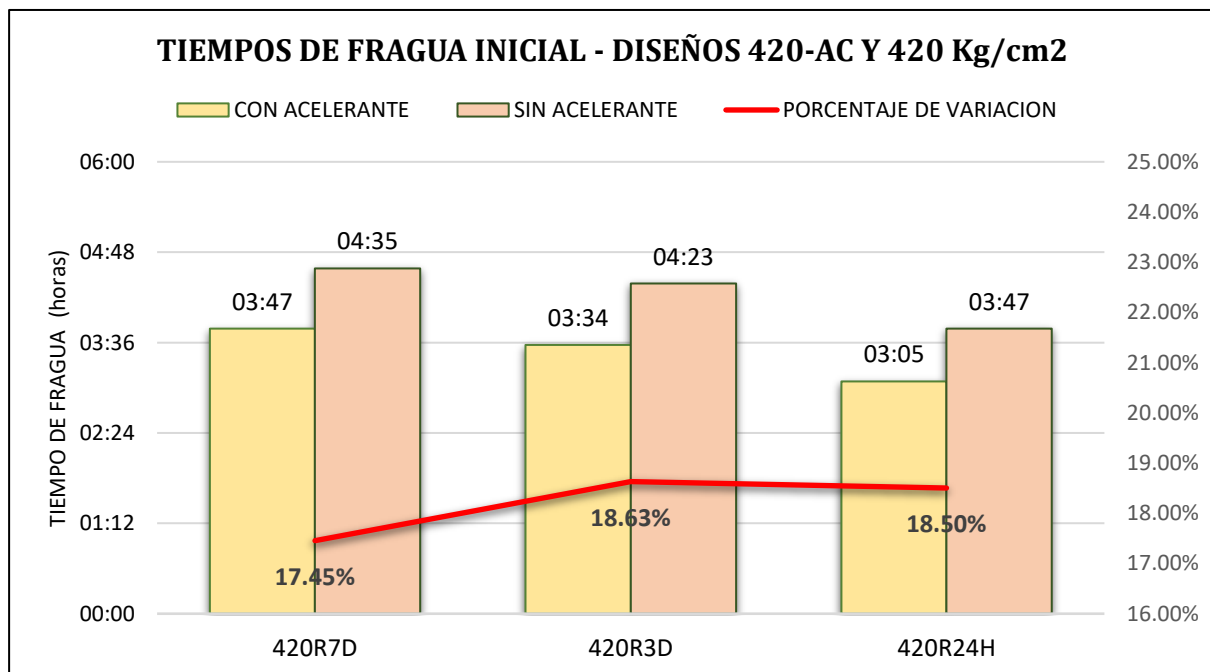
FUENTE: Propio

De los gráficos de la **Figura 6-5** y **Figura 6-6** se percibe que los diseños con adición del acelerante presentan tiempos de fraguado inicial y final menores en todas las mezclas con respecto a las mezclas sin acelerante, como se describe en los siguientes puntos:

- El diseño 280R7D-AC presenta una reducción del tiempo de fragua inicial en 35 min. (11.71%) y la fragua final en 52 min (13.51%) con respecto al diseño 280R7D.
- El diseño 280R3D-AC presenta una reducción del tiempo de fragua inicial en 37 min. (14.07%) y la fragua final en 58 min (16.91%) con respecto al diseño 280R3D.
- El diseño 280R24H-AC presenta una reducción del tiempo de fragua inicial en 42 min. (16.41%) y la fragua final en 53 min (16.31%) con respecto al diseño 280R24H.

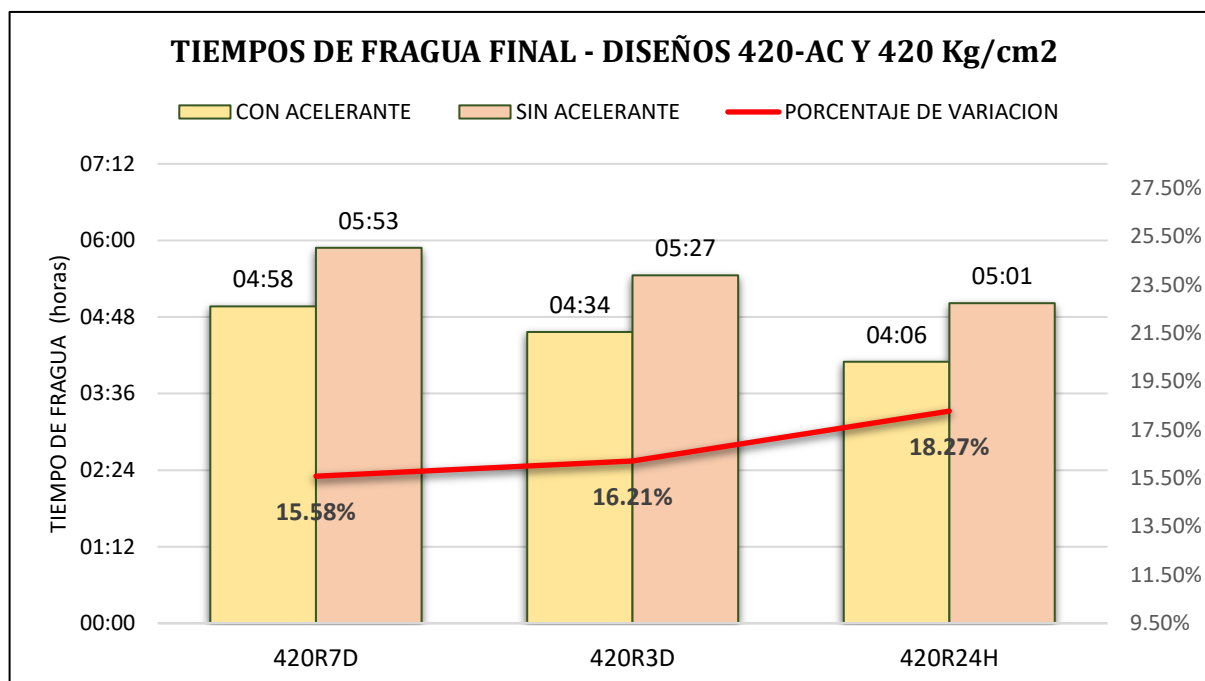
De los tiempos de fragua inicial y final de los diseños definitivos 420R24H, 420R3D Y 420R7D, con y sin la inclusión del acelerante.

Figura 6-7 *Tiempos de fragua Inicial, Diseños 420-AC y 420 Kg/cm²*



FUENTE: Propio

Figura 6-8 Tiempos de fragua Final, Diseños 420-AC y 420 Kg/cm²



FUENTE: Propio

De los gráficos de la **Figura 6-7** y **Figura 6-8**, se observa que:

- El diseño 420R7D-AC presenta una reducción del tiempo de fragua inicial en 48 min. (17.45%) y la fragua final en 55 min (15.58%) con respecto al diseño 420R7D.
- El diseño 420R3D-AC presenta una reducción del tiempo de fragua inicial en 49 min. (18.63%) y la fragua final en 53 min (16.21%) con respecto al diseño 420R3D.
- El diseño 420R24H-AC presenta una reducción del tiempo de fragua inicial en 42 min. (18.50%) y la fragua final en 55 min (18.27%) con respecto al diseño 420R24H.

De esta manera podríamos decir que el mayor efecto experimentado del acelerante en nuestras mezclas, se percibió en los ensayos de tiempos de fragua, observándose que, en todas las mezclas con la adición del aditivo acelerante, se experimentó una reducción del tiempo de fragua inicial y final mucho menores que los diseños sin acelerante. De tal modo que, las mezclas con acelerante presentan una mayor disminución de los tiempos de fragua que podrían requerir de un cuidado y control mucho más cuidadoso en campo que los diseños sin acelerante.

6.2. Análisis comparativo en estado endurecido

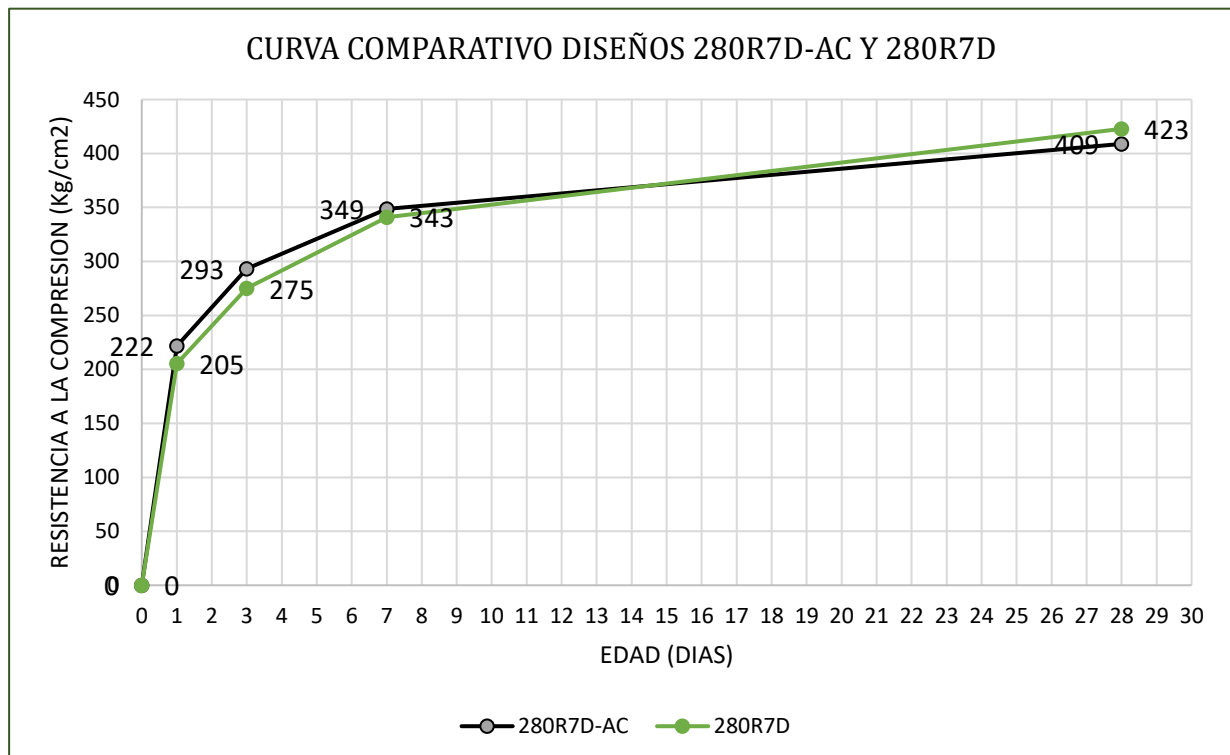
Como objetivo principal de la presente investigación, se intentó lograr encontrar diseños de mezclas con resistencias requeridas bastante cercanas para cada diseño propuesto, pretendiendo de esta manera que las resistencias a la compresión formen parte principal de la base constante para los fines comparativos de ambos diseños, con la inclusión del acelerante y sin el acelerante. Así mismo, se realizó los ensayos de resistencia a la compresión en todas las demás edades, con el fin de obtener comportamientos de evolución de resistencias completas en cada diseño que faciliten un análisis comparativo de las representaciones graficas de sus resistencias.

De modo que, de los resultados obtenidos en el capítulo anterior se tiene las siguientes curvas comparativas de evolución de resistencias para todos los diseños propuestos.

DISEÑOS 280R7D

Con los resultados obtenidos anteriormente, se obtiene el siguiente grafico comparativo de los diseños 280R7D-AC Y 280R7D

Figura 6-9 Curva de resistencias a la compresión diseños 280R7D-AC Y 280R7D

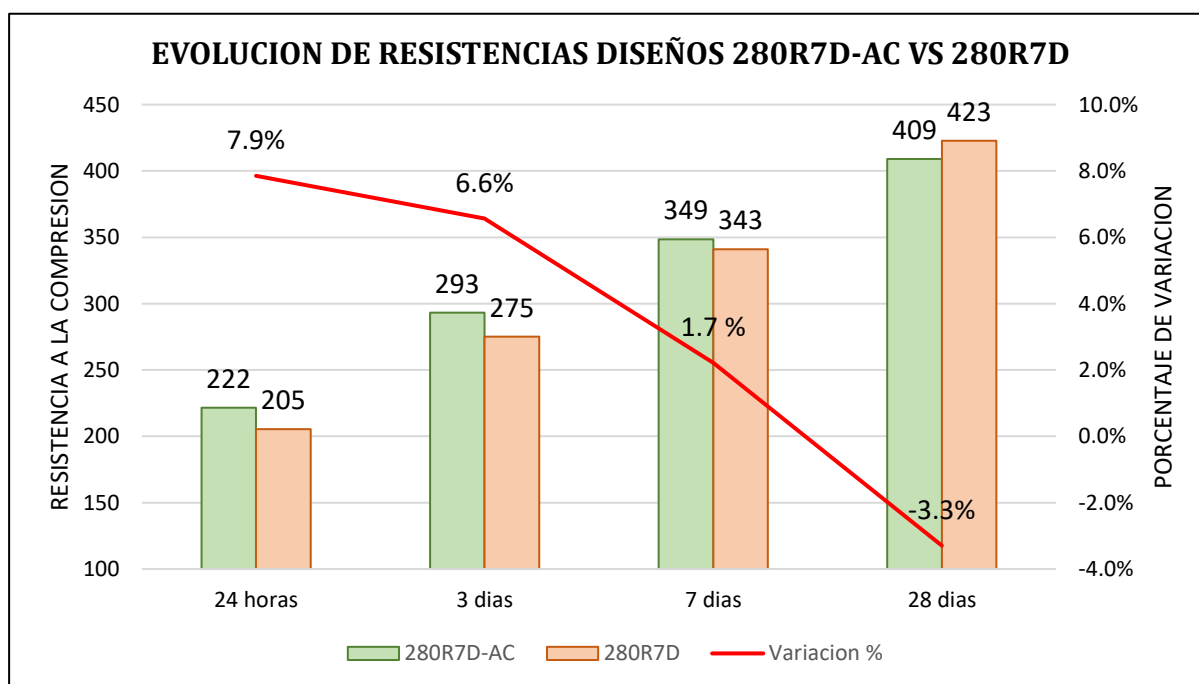


FUENTE: Propio

Del análisis de la **Figura 6-9**, podemos extraer que:

- Las resistencias a los 7 días tienen una diferencia del 1.7% (6 kg/cm²), el cual se puede considerar mínima y válida para la respectiva comparación.
- Con respecto a las demás edades evaluadas, se tiene que el diseño 280R7D-AC presenta un incremento de 7.9% de resistencia las 24 horas con respecto al diseño 280R7D, un 6.6% a los 3 días y un decremento del 3.3% a los 28 días, tal y como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 6-10 Evolución de resistencias diseños 280R7D-AC Y 280R7D

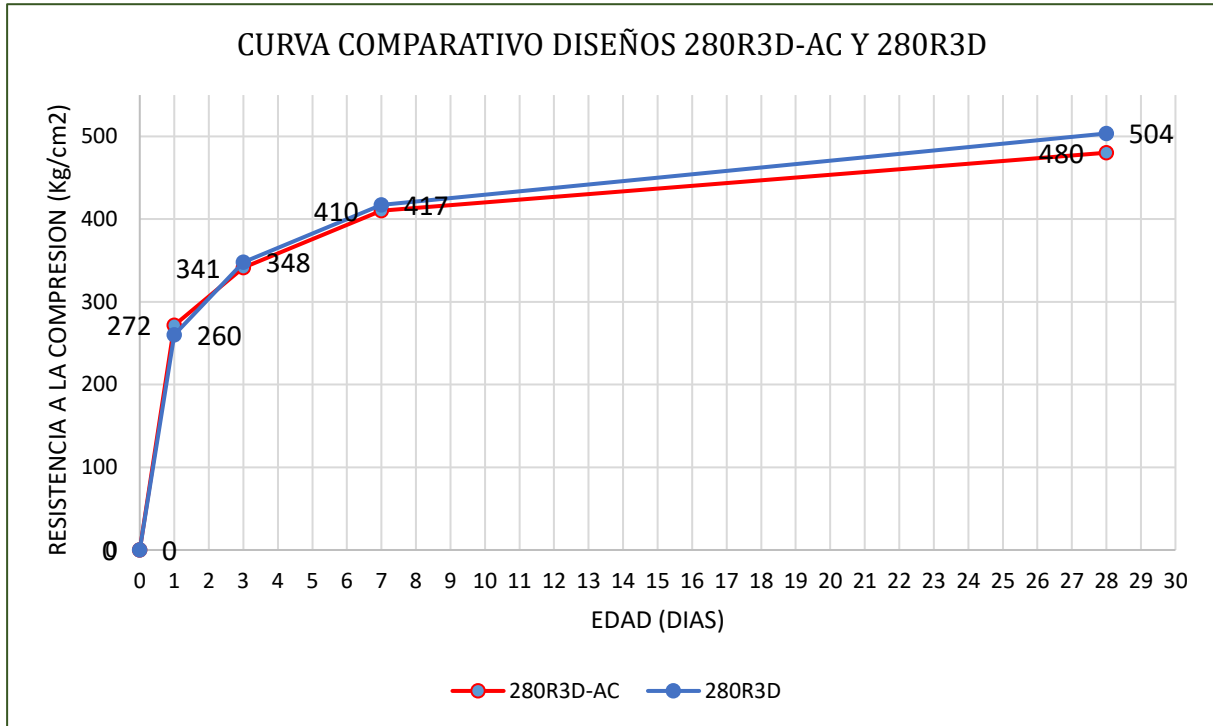


FUENTE: Propio

DISEÑOS 280R3D

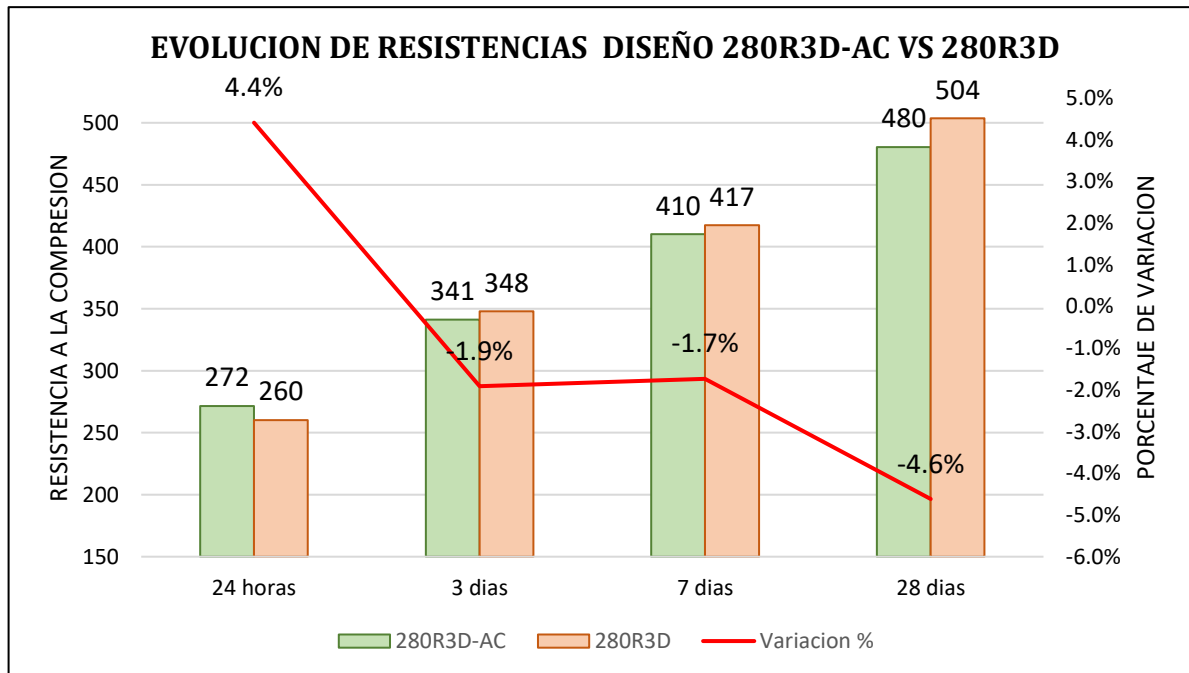
De los resultados obtenidos, se tiene el siguiente gráfico comparativo de los diseños 280R3D-AC y 280R3D.

Figura 6-11 Curva de resistencias a la compresión diseños 280R3D-AC Y 280R3D

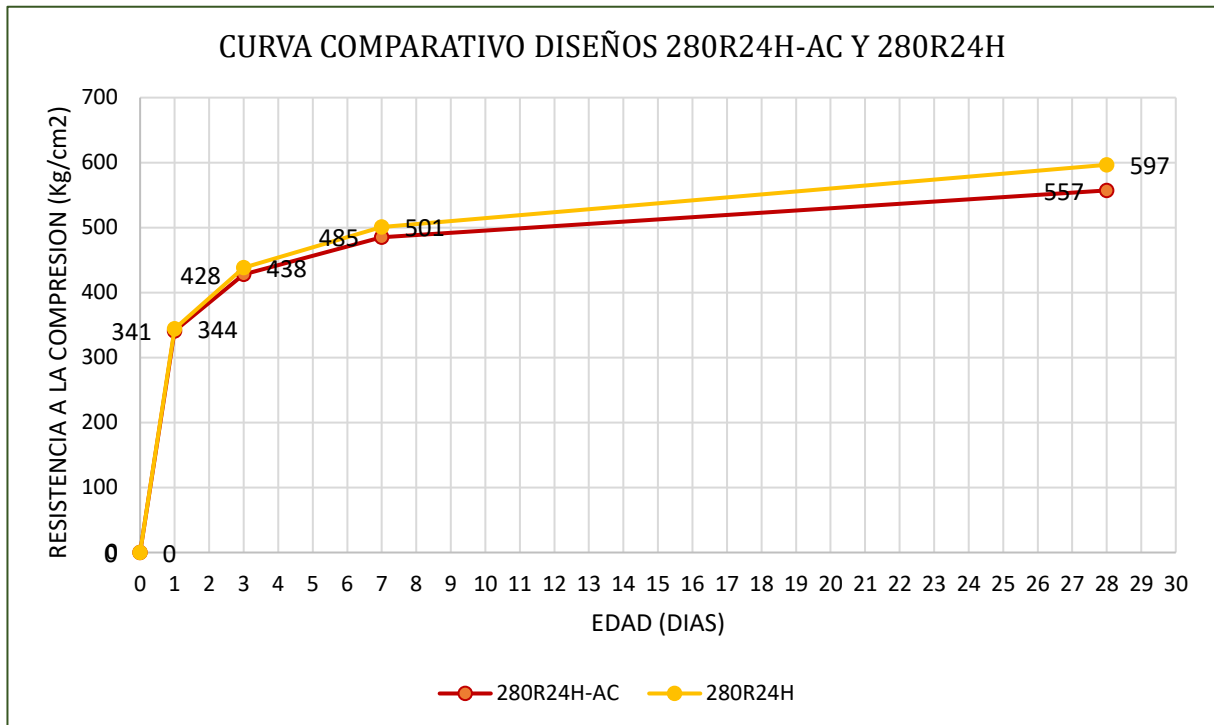


FUENTE: Propio

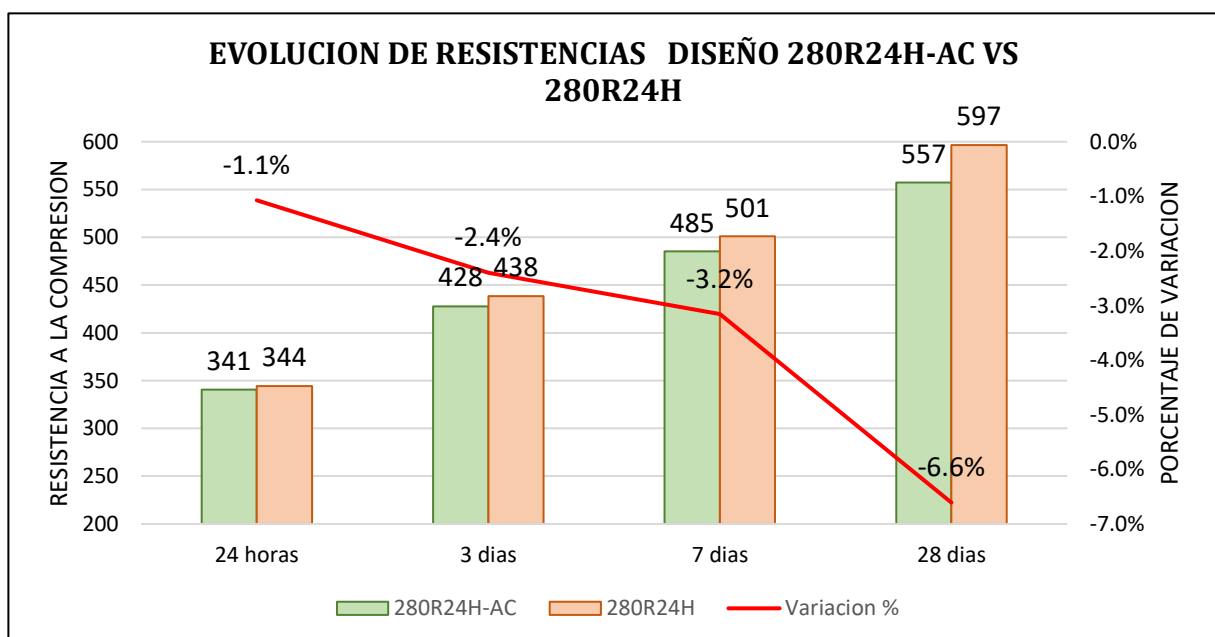
Figura 6-12 Evolución de resistencias diseños 280R3D-AC Y 280R3D



FUENTE: Propio

DISEÑOS 280R24H**Figura 6-13 Curva de resistencias a la compresión diseños 280R24H-AC Y 280R24H**

FUENTE: Propio

Figura 6-14 Evolución de resistencias diseños 280R24H-AC Y 280R24H

FUENTE: Propio

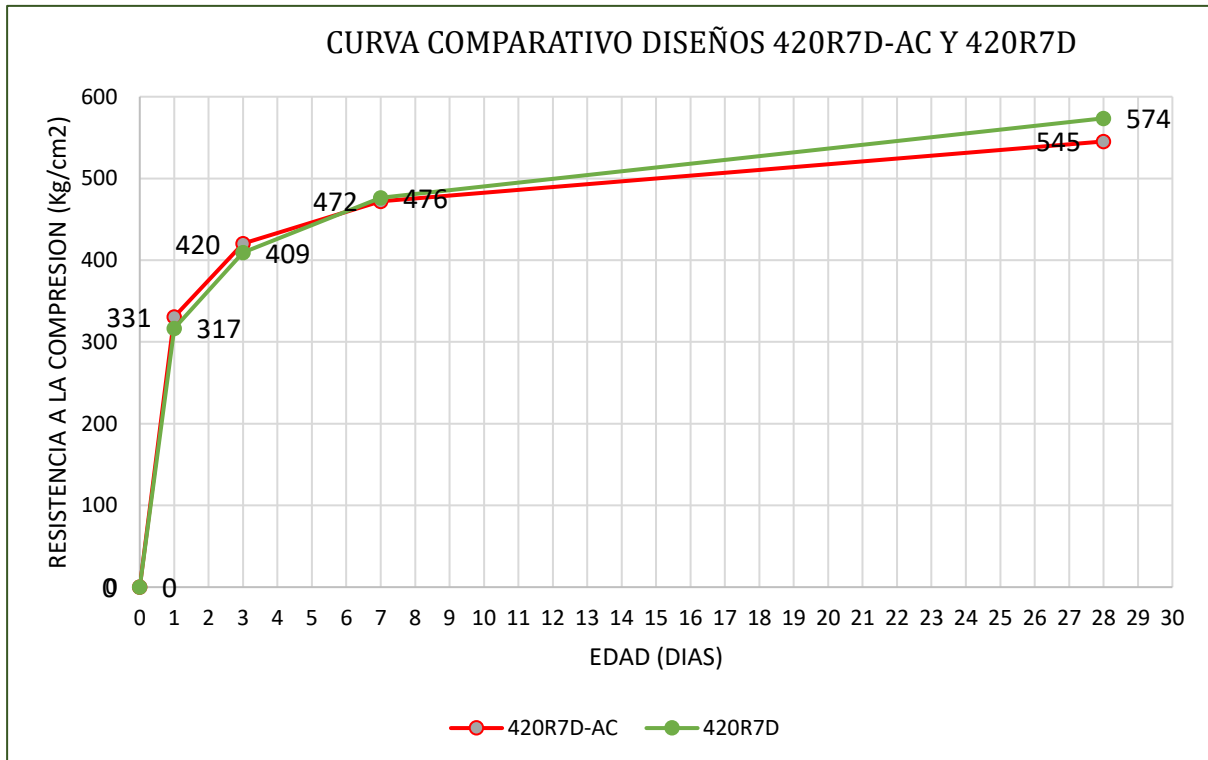
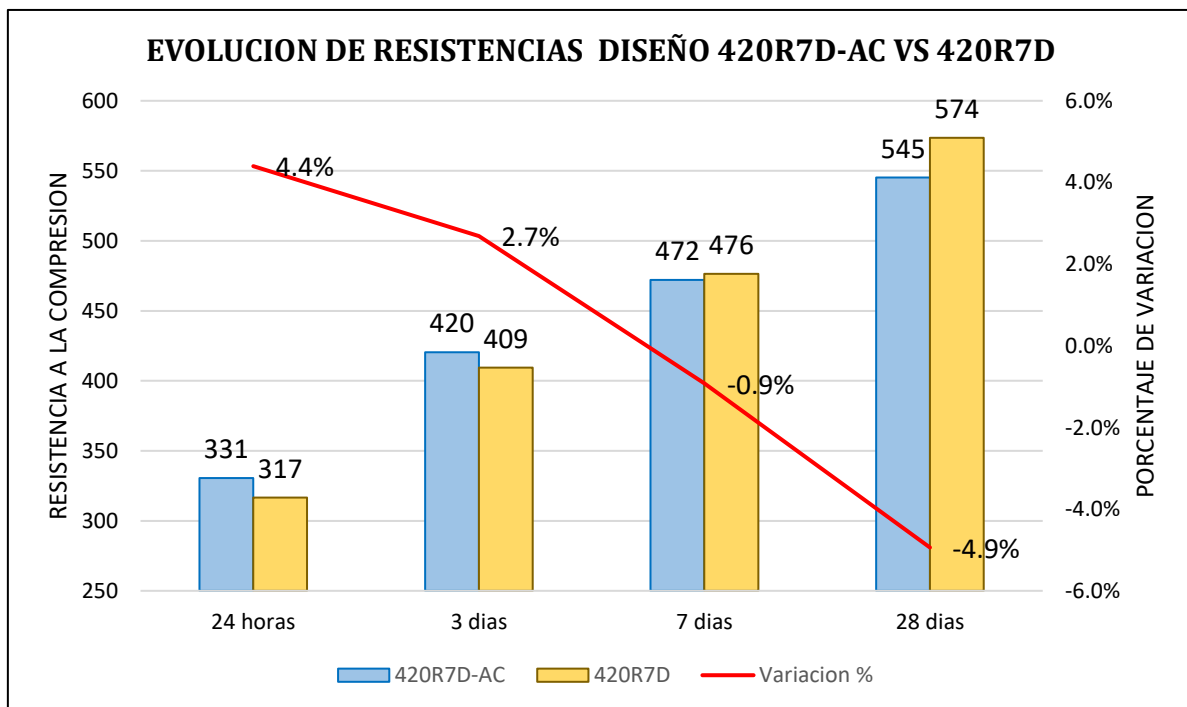


De la **Figura 6-11** , diseños 280R3D-AC Y 280R3D, observamos que:

- Las resistencias logradas a los 3 días muestran una diferencia del 1.9%, el cual representa una variación mínima considerándose valida.
- Con respecto a las demás edades evaluadas, se tiene que el diseño 280R3D-AC presenta un único incremento de 4.4% de resistencia las 24 horas con respecto al diseño 280R3D, un decremento de 1.3% a los 7 días y de 4.6% a los 28 días, tal y como se muestra en el gráfico de la **Figura 6-12**.

De la **Figura 6-13**, diseños 280R24H-AC Y 280R24H, observamos que:

- Las resistencias logradas a las 24 horas muestran una diferencia del 1.1% al cual lo podemos considerar mínima y valida.
- Con respecto a las demás edades, se tiene que el diseño 280R24H-AC presenta un decrecimiento de -2.4% de resistencia los 3 días con respecto al diseño 280R24H, un -3.2% a los 7 días y de -6.6% a los 28 días, tal y como se muestra en el gráfico de la **Figura 6-14**.

DISEÑOS 420R7D*Figura 6-15 Curva de resistencias a la compresión diseños 420R7D-AC Y 420R7D**Figura 6-16 Evolución de resistencias diseños 420R7D-AC Y 420R7D***FUENTE:** Propio

DISEÑOS 420R3D

Figura 6-17 Curva de resistencias a la compresión diseños 420R3D-AC Y 420R3D

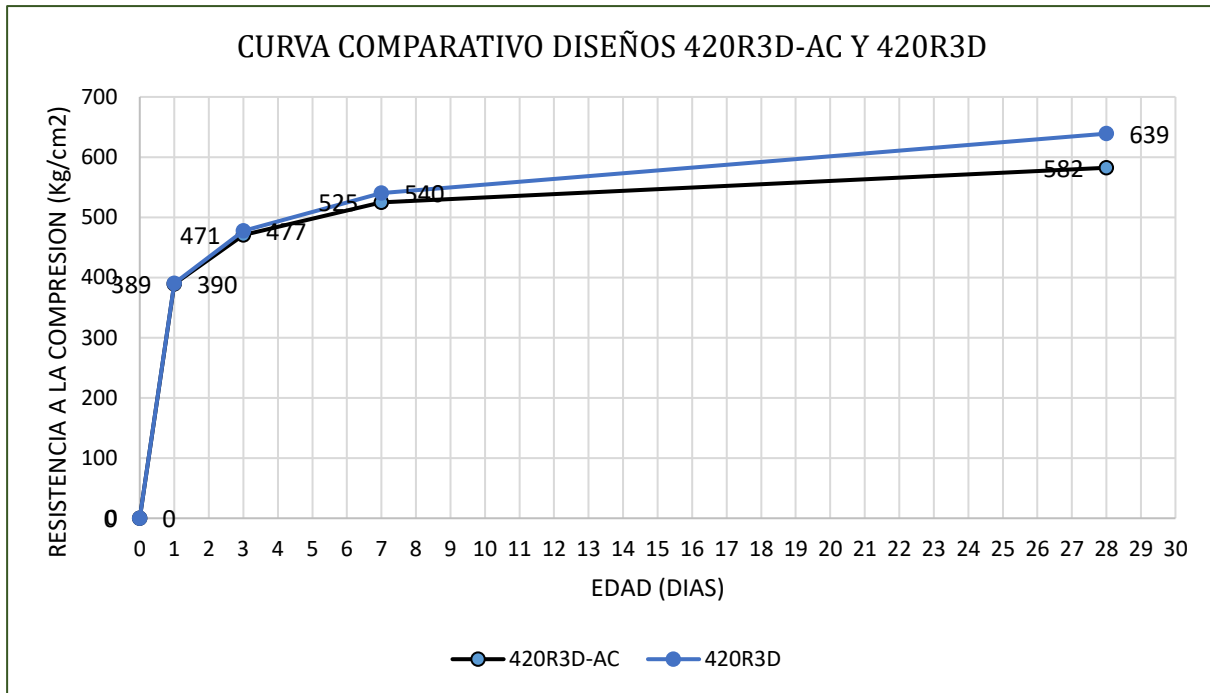
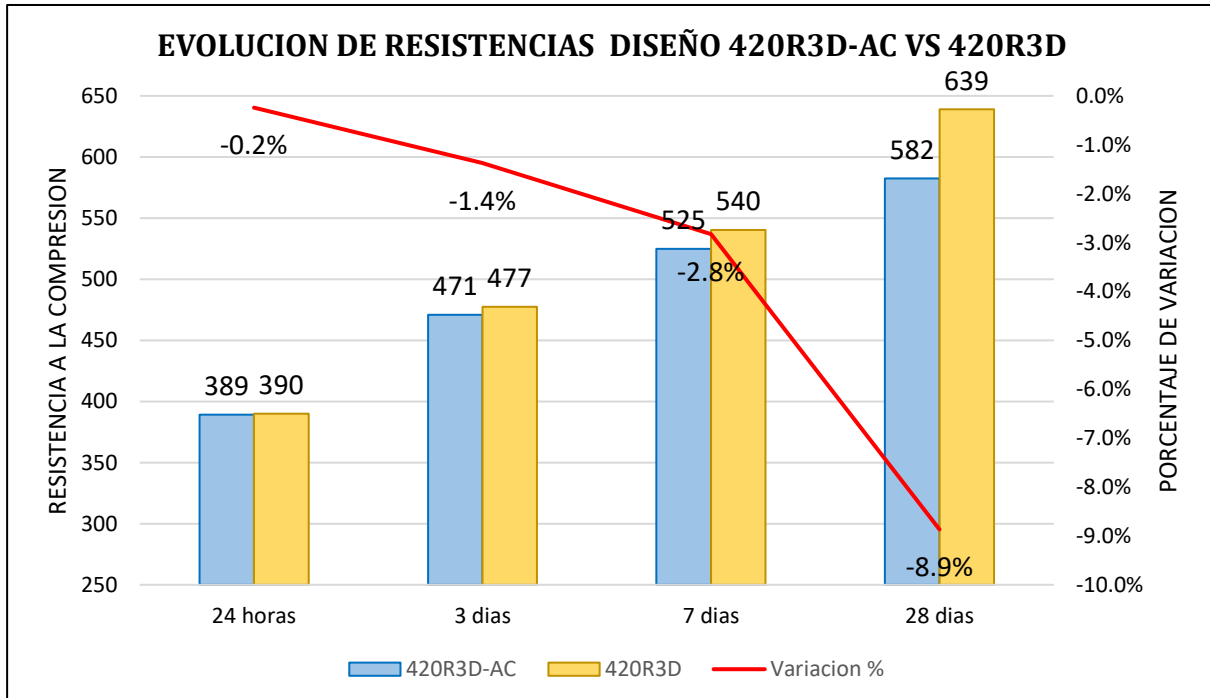


Figura 6-18 Evolución de resistencias diseños 420R3D-AC Y 420R3D



FUENTE: Propio

DISEÑOS 420R24H

Figura 6-19 Curva de resistencias a la compresión diseños 420R24H-AC Y 420R24H

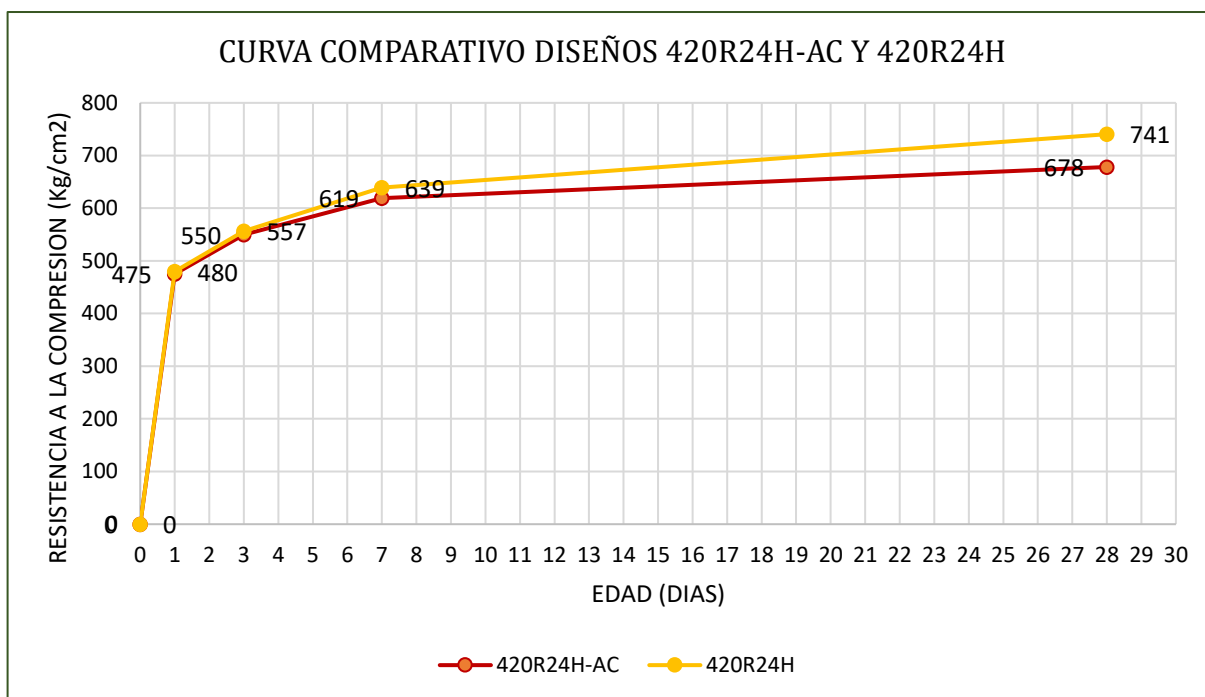
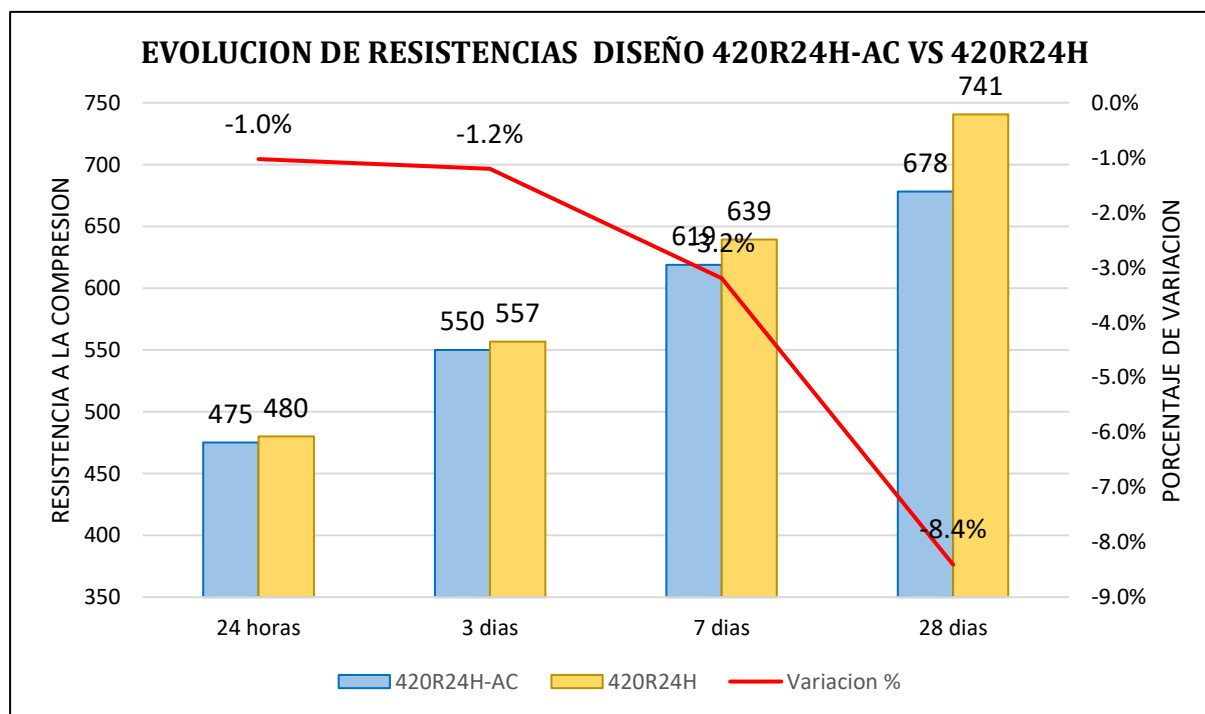


Figura 6-20 Evolución de resistencias diseños 420R24H-AC Y 420R24H



FUENTE: Propio



De los diseños de mezcla para concretos 420 Kg/cm² con y sin acelerante, podemos extraer que:

De la **Figura 6-15**, diseños 420R7D-AC Y 420R7D, observamos que:

- Las resistencias a los 7 días de los diseños 420R7D-AC Y 420R7D muestran una diferencia del 0.9%, una variación mínima y válida para la respectiva comparación.
- El diseño 420R7D-AC presenta un crecimiento de 4.4% de resistencia las 24 horas con respecto al diseño 420R7D, un 2.7% a los 7 días y un decremento del 4.9% a los 28 días, tal y como se muestra en el siguiente **Figura 6-16**.

De la **Figura 6-17**, diseños 420R3D-AC Y 420R3D, observamos que:

- Con respecto a los diseños 420R3D-AC Y 420R3D, las resistencias a los 3 días muestran una diferencia del 1.4%.
- El diseño 420R3D-AC presenta un decremento del 0.2% de resistencia las 24 horas con respecto al diseño 420R3D, un -2.8% a los 7 días y de -8.9% a los 28 días, como se ve en la **Figura 6-18**.

De la **Figura 6-19**, diseños 420R24H-AC Y 420R24H, observamos que:

- Con respecto a los diseños 420R24H-AC Y 420R24H, las resistencias a las 24 horas tienen una diferencia del 1.0%
- El diseño 420R24H-AC presenta un decremento del 1.2% de resistencia los 3 días con respecto al diseño 420R24H, un -3.2% a los 7 días y de -8.4% a los 28 días, tal y como se muestra en el gráfico de la **Figura 6-20**.

6.3. Análisis de costos

Para el análisis de costos de nuestros diseños de mezclas, se tomaron únicamente el costo de los insumos de los diseños de mezclas definitivos 280 y 420 Kg/cm², con y sin acelerante.

La siguiente **Tabla 6-1**, muestra los costos unitarios (en soles) de cada insumo utilizado para la realización de los diseños de la presente investigación.

Tabla 6-1 costos unitarios de los insumos

MATERIALES	COSTO	
	S/	
Cemento Tipo HE	0.588	Kg
Agua	0.002	litro
Arena	0.028	Kg
Piedra 3/4" Huso 67	0.046	Kg
MasterSet ACE534	13.6	litro
Master Set R770 I	3.96	litro
MasterGlenium 3800	11.30	litro

Así mismo, los siguientes análisis de costos que a continuación se muestra, fueron realizados para 1 m³ de concreto de cada diseño

En la siguiente **Tabla 6-2** y **Tabla 6-3**, se muestran los análisis de costos de los diseños 280 y 420 Kg/cm² sin acelerante, respectivamente.

Tabla 6-2 Análisis de costos, diseños de mezclas 280 kg/cm² sin acelerante

Materiales	und	280R7D		280R3D		280R24H	
		Peso Seco	Costo	Peso Seco	Costo	Peso Seco	Costo
Cemento Tipo HE	Kg	310	182.28	330	194.04	380	223.44
Agua	litro	224	0.448	219	0.438	219	0.438
Arena	Kg	951	26.628	948	26.544	922	25.816
Piedra 3/4" Huso 67	Kg	811	37.306	808	37.168	786	36.156
Master Set R770 I	litro	0.277	1.09692	0.295	1.1682	0.339	1.34244
MasterGlenium 3800	litro	2.607	29.4591	2.930	33.109	3.551	40.1263
Costo x m³			S/ 277.22		S/ 292.47		S/ 327.32

**Tabla 6-3 Análisis de costos, diseños de mezcla 420 Kg/cm² sin acelerante**

Materiales	und	420R7D		420R3D		420R24H	
		Peso Seco	Costo	Peso Seco	Costo	Peso Seco	Costo
Cemento Tipo HE	Kg	360	211.68	400	235.2	485	285.18
Agua	litro	217	0.434	217	0.434	219	0.438
Arena	Kg	935	26.18	915	25.62	851	23.828
Piedra 3/4" Huso 67	Kg	797	36.662	780	35.88	755	34.73
Master Set R770 I	litro	0.321	1.27116	0.357	1.41372	0.433	1.71468
MasterGlenium 3800	litro	3.364	38.0132	3.925	44.3525	4.759	53.7767
Costo x m³			S/ 314.24		S/ 342.90		S/ 399.67

Del mismo modo, a continuación, se muestran los análisis de costos de los diseños 280 Kg/cm² y 420 Kg/cm² con acelerante, en la *Tabla 6-4* y *Tabla 6-5* respectivamente.

Tabla 6-4 Análisis de costos, diseños de mezclas 280 kg/cm² con acelerante

Materiales	und	280R7D-AC		280R3D-AC		280R24H-AC	
		Peso Seco	Costo	Peso Seco	Costo	Peso Seco	Costo
Cemento Tipo HE	Kg	302	177.576	320	188.16	360	211.68
Agua	litro	224	0.448	219	0.438	219	0.438
Arena	Kg	953	26.684	951	26.628	929	26.012
Piedra 3/4" Huso 67	Kg	814	37.444	812	37.352	793	36.478
MasterSet ACE534	litro	2.421	32.9256	2.566	34.8976	2.886	39.2496
Master Set R770 I	litro	0.270	1.0692	0.286	1.13256	0.321	1.27116
MasterGlenium 3800	litro	2.540	28.702	2.841	32.1033	3.364	38.0132
Costo x m³			S/ 304.85		S/ 320.71		S/ 353.14

Tabla 6-5 Análisis de costos, diseños de mezcla 420 Kg/cm² con acelerante

Materiales	und	420R7D-AC		420R3D-AC		420R24H-AC	
		Peso Seco	Costo	Peso Seco	Costo	Peso Seco	Costo
Cemento Tipo HE	Kg	350	205.8	380	223.44	448	263.424
Agua	litro	217	0.434	217	0.434	216	0.432
Arena	Kg	937	26.236	921	25.788	886	24.808
Piedra 3/4" Huso 67	Kg	800	36.8	786	36.156	756	34.776
MasterSet ACE534	litro	2.806	38.1616	3.047	41.4392	3.592	48.8512
Master Set R770 I	litro	0.313	1.23948	0.339	1.34244	0.400	1.584
MasterGlenium 3800	litro	3.271	36.9623	3.729	42.1377	4.396	49.6748
Costo x m³			S/ 345.63		S/ 370.74		S/ 423.55

FUENTE: Propio

De los análisis de costos mostrados para cada diseño, se extraen las siguientes ilustraciones comparativas para los diseños con las mismas especificaciones, **Figura 6-21** y **Figura 6-22**.

Figura 6-21 Análisis de costos comparativos diseños 280 Kg/cm² con y sin acelerante

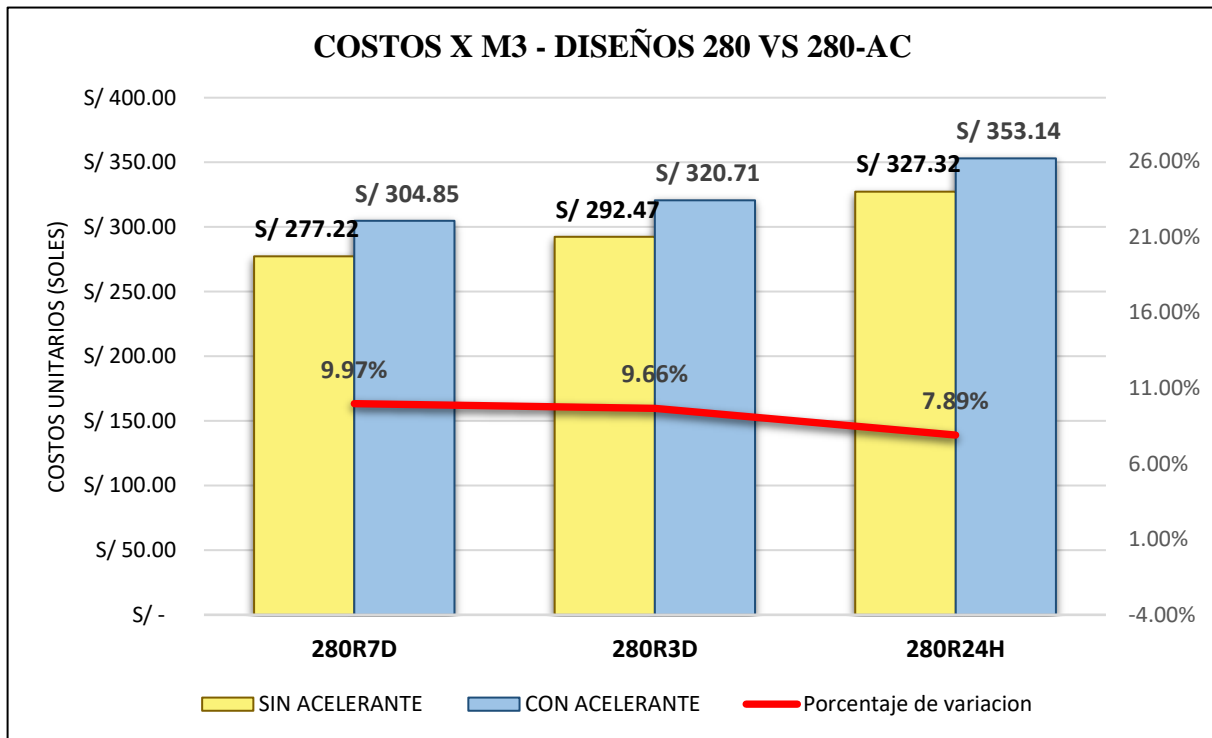
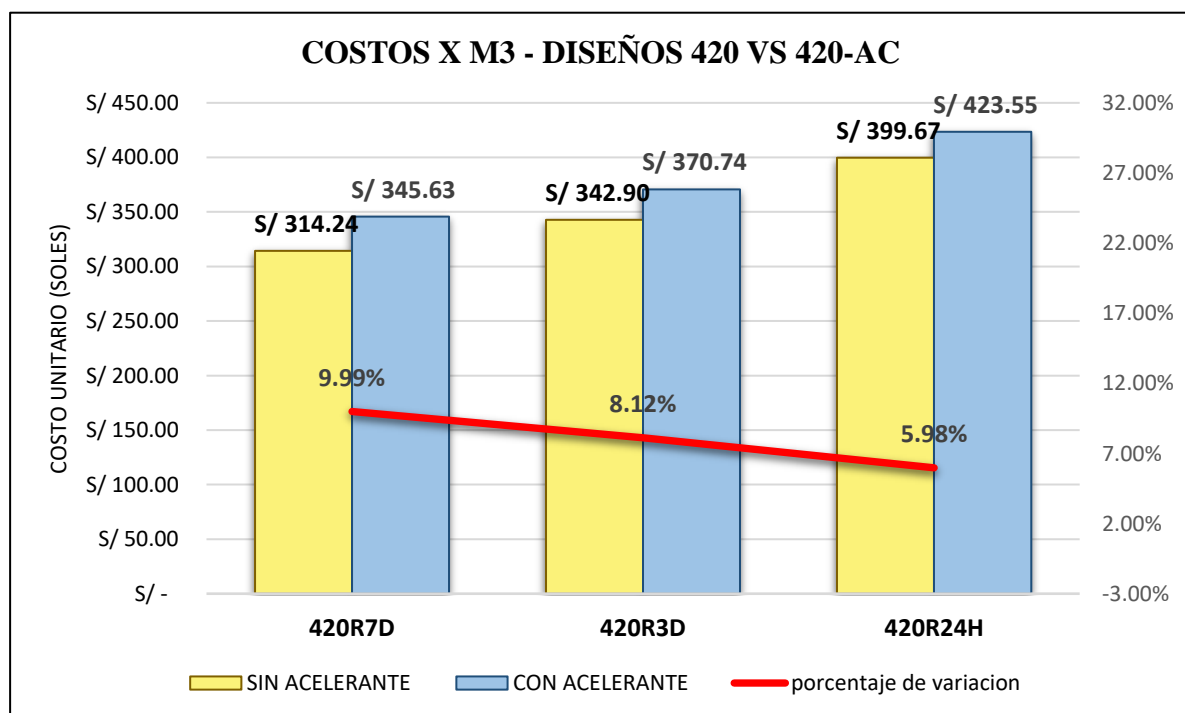


Figura 6-22 Análisis de costos comparativos diseños 420 Kg/cm² con y sin acelerante





De los análisis de costos de la **Figura 6-21**, diseños 280 Vs 280-AC, se obtiene que:

- Sobre los diseños 280 a 7 días, el diseño 280R7D-AC, presenta un costo adicional de 27.63 soles superior al diseño 280R7D equivalente a un 9.97% mayor.
- Sobre los diseños 280 a 3 días, el diseño 280R3D-AC, tiene un costo de 28.24 soles superior que el diseño 280R3D, equivalente a un 9.66% mayor.
- Sobre los diseños 280 a 24 horas, el diseño 280R24H-AC, tiene un costo de 25.82 soles superior que el diseño 280R24H, equivalente a un 7.89% mayor.

De los análisis de costos de la **Figura 6-22**, diseños 420 Vs 420-AC, se obtiene que:

- Sobre los diseños 420 a 7 días, el diseño 420R7D-AC, tiene un costo de 31.39 soles superior que el diseño 420R7D, equivalente a un 9.99% mayor.
- Sobre los diseños 420 a 3 días, el diseño 420R3D-AC, tiene un costo de 27.84 soles superior que el diseño 420R3D, equivalente a un 8.12% mayor.
- Sobre los diseños 420 a 24 horas, el diseño 420R24H-AC, tiene un costo de 23.88 soles superior que el diseño 420R24H, equivalente a un 5.98% mayor.

En todos los casos analizados se observa que, la constante es que, los diseños con acelerante presentan un costo superior a los diseños sin acelerante desde 25.82 soles, hasta 31.39 soles por metro cubico.

6.4. Datos adicionales

Es necesario mencionar que, durante el desarrollo de la presente investigación, se iban generando curiosidades y temas por conocer y ahondar, muchos de los cuales no se realizaron por temas de que estas podrían formar parte de nuevas investigaciones, sin embargo, como datos adicionales se hicieron un par de pequeños comparativos extras que a continuación se mencionan.

Por un lado, se realizó roturas diarias de probetas del diseño 280R24H, para de esta manera tener una curva de evolución y desarrollo de sus resistencias diarias, entre las 24 horas y los 7 días, además de los 14 y 21 días, tal y como se muestra en la siguiente **Tabla 6.6**.

Tabla 6-6 Rotura de probetas diarias, diseño 280R24H

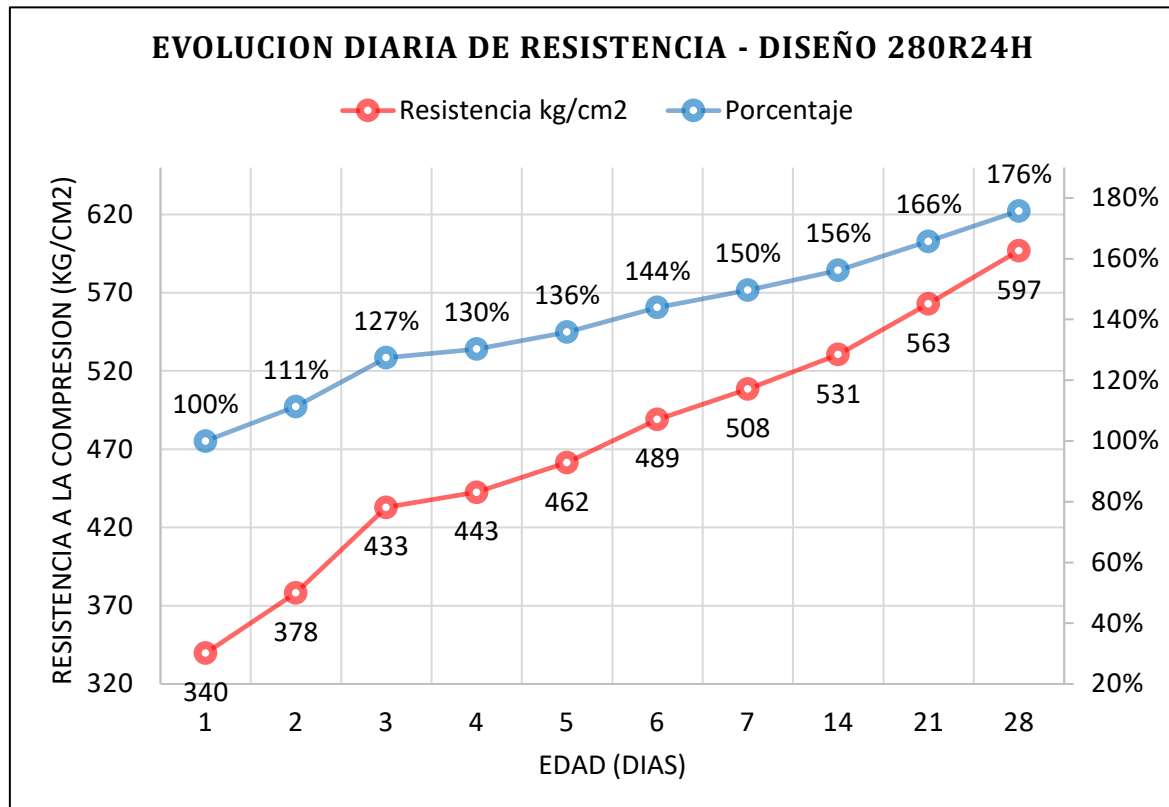
ROTURA DE PROBETAS DIARIAS - DISEÑO 280R24H								
N °	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametro cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Promedio Kg/cm2
1	280	Evolucion	1 dia	9.88	76.67	25962	339	340
2				9.86	76.36	26016	341	
3	280	Evolucion	2 dias	9.85	76.20	28350	372	378
4				10.03	79.01	30377	384	
5	280	Evolucion	3 dias	9.84	76.05	33038	434	433
6				9.98	78.23	33745	431	
7	280	Evolucion	4 dias	9.88	76.67	33996	443	443
8				9.94	77.60	34275	442	
9	280	Evolucion	5 dias	9.92	77.29	35571	460	462
10				10.02	78.85	36492	463	
11	280	Evolucion	6 dias	9.99	78.38	38429	490	489
12				10.00	78.54	38322	488	
13	280	Evolucion	7 dias	9.96	77.91	39403	506	508
14				9.89	76.82	39268	511	
15	280	Evolucion	14 dias	9.96	77.91	41791	536	531
16				9.84	76.82	40314	525	
17	280	Evolucion	21 dias	9.99	78.38	43815	559	563
18				9.86	76.36	43299	567	

FUENTE: Propio

Si tomamos como el 100% a nuestra resistencia a las 24 horas, tendremos nuestro siguiente gráfico mostrada en la **Figura 6-23**, en donde se observa la evolución de las resistencias porcentuales hasta los 28 días, a si también observamos que:

- Nuestra resistencia final a los 28 días del concreto 280R24H alcanza una resistencia correspondiente a un 176% con respecto a la resistencia a las 24 horas,
- El incremento porcentual de resistencia entre un día y otro, entre los 7 días tiene un valor promedio del 8% de incremento diario.

Figura 6-23 Curva evolución de resistencias diaria, diseño 280R24H



FUENTE: Propio

Estos valores diarios podrían ser muy útiles para entender el incremento de resistencia diario que este diseño (280R24H) experimenta, datos que podrán ser de gran interés para quienes requieren conocer las resistencias alcanzadas a otros días.

Por otro lado, bajo la motivación de conocer experimentalmente la evolución de las resistencias a la compresión de nuestros concretos ART a edades mucho menores que a las 24 horas; y que también, según la acción teórica del acelerante MasterX-Seed 100, su mayor acción se encuentra por debajo de las 12 horas. Se realizó una comparación del diseño 420R24H sin acelerante y con el acelerante MasterX-Seed (dosis de 2L x 100 Kg de cemento), con el fin de encontrar las resistencias a la compresión de las roturas de probetas realizadas a menos de las 12 horas, específicamente a las 7.5 y 9.5 horas, cuyos resultados se muestran en la siguiente **Tabla 6-7**.

Tabla 6-7 Rotura de probetas a las 7:00 y 9:00 horas, diseño 420R24H, con y sin acelerante

ROTURA DE PROBETAS 7:00 Y 9:00 HORAS - DISEÑO 420R24H								
N°	f'c Kg/cm2	CODIGO DISEÑO	Edad	Diam.	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Promedio kg/cm2
1	420	420R24H	07:00 HORAS	10.02	78.85	18234	231	234
2				10.03	79.01	18751	237	
3				9.87	76.51	17842	233	
4	420	420R24H	09:00 HORAS	9.84	76.05	20579	271	277
5				10.03	79.01	22438	284	
6				10.04	79.17	21854	276	
7	420	420R24H	24 HORAS	9.90	76.98	36655	476	474
8				9.93	77.44	36611	473	
9				10.07	79.64	37763	474	
10	420	420R24H-AC	07:00 HORAS	10.01	78.70	21139	269	266
11				9.84	76.05	20141	265	
12				9.94	77.60	20469	264	
13	420	420R24H-AC	09:00 HORAS	9.84	76.05	23724	312	320
14				10.04	79.17	26003	328	
15				10.01	78.70	25141	319	
16	420	420R24H-AC	24 HORAS	9.85	76.20	37880	497	498
17				9.84	76.05	37629	495	
18				9.87	76.51	38334	501	

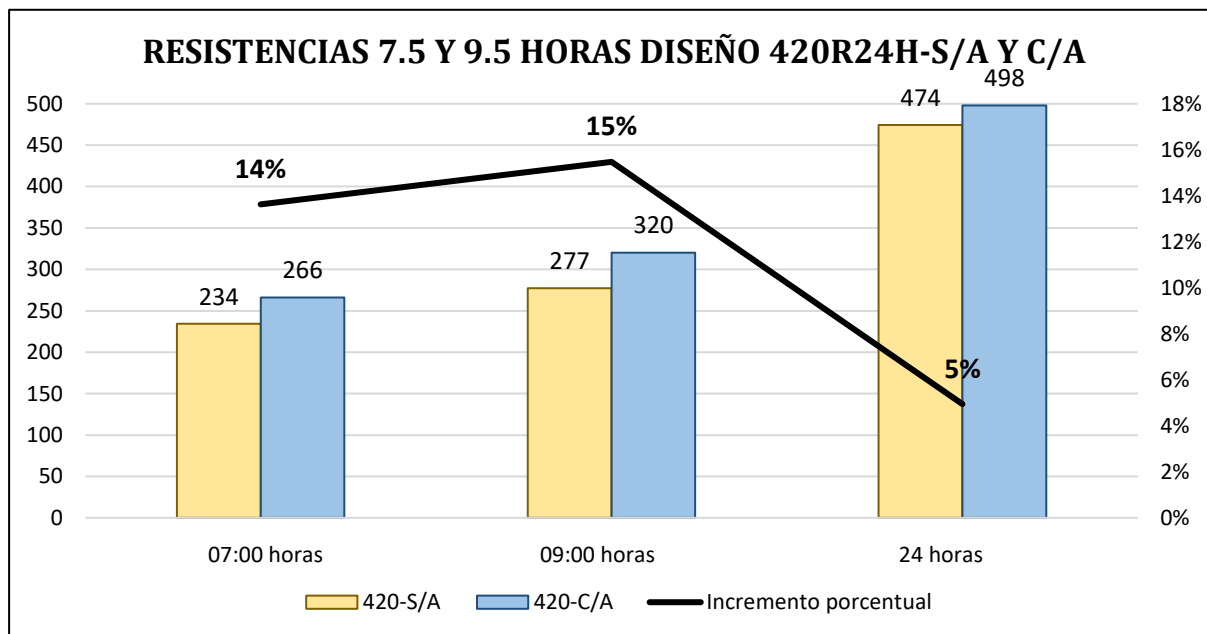
FUENTE: Propio

Del análisis de la **Tabla 6-7**, se extrae el siguiente gráfico, la **Figura 6-24**, de donde podemos notar que:

- En las 3 roturas realizadas para ambos casos se observa que las mayores resistencias corresponden al diseño con la adición del acelerante.
- El incremento porcentual de resistencia en cada edad (hora), son del 14%, 15% y 5% para las edades de 7:00, 9:00 y 24 horas respectivamente, observándose que el mayor

incremento se observa a las 9:00 horas con un 15% de incremento, con respecto a la resistencia del diseño sin acelerante en la misma edad, y el menor incremento a las 24 horas. Tal y como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 6-24 Resistencia a las 7:00 y 9:00 horas concreto 420R24H, con y sin acelerante



FUENTE: Propio

Cabe mencionar que de esta comparación se observó que la diferencia visual entre las probetas de ambos diseños, es que los diseños con la inclusión del acelerante mostraron una apariencia superficial más seca que las probetas con el diseño sin acelerante en todas las edades (horas) pero mucho más visibles en las edades de 7:00 y 9:00 horas.

Figura 6-25 Probetas sin acelerante (izq) y con acelerante (der), con roturas a las 7 horas, 420R24H



FUENTE: Propio



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Con la culminación de la tesis queda demostrado que es posible realizar concretos ART (280 y 420 Kg/cm²) a edades tempranas, haciendo uso de acelerante y sin el uso necesario del acelerante. Así mismo se puede concluir que los diseños sin acelerante presentan mejores condiciones en los tiempos de vida del concreto fresco, mayores resistencias a edades posteriores y costos menores que los diseños con acelerante. De igual modo esto es válido teniendo muy en cuenta las condiciones en las que se realizó la presente investigación.
2. Con respecto a la determinación de las cantidades de insumos de los diseños 280 y 420 Kg/cm² sin acelerante y con acelerante obtenidos en la investigación, estas se encuentran mostradas en la cartilla de diseños finales en el anexo E. Así mismo, estas últimas, presentan variaciones con respecto a sus diseños par sin acelerante con una disminución en sus factores cemento de hasta 37 Kg, incrementos en sus relaciones a/c de hasta 0.2 y una disminución del uso de superplastificante de hasta 0.39Kg por m³ para cada diseño con la misma resistencia especificada.
3. Con respecto a las propiedades en estado fresco, todos los diseños con acelerante presentan pesos unitario menores que sus diseños pares sin acelerante; Con variaciones que van desde un 0.31%(280R7D) hasta un 0.84% (420R24H). Así mismo presentan porcentajes de aire atrapado mayores que sus diseños pares, con variaciones que van desde los 0.15% hasta los 0.30%, generados por el acelerante.
4. La mayor diferencia observada en la investigación con respecto a los estados frescos, fue en los tiempos de fragua. En donde los diseños con acelerantes muestran disminuciones en la fragua inicial de hasta 49 min (18.63%) y la fragua final de hasta 55 min (18.27%) con respecto a su diseño par sin acelerante. Generando de esta manera que las mezclas con acelerante presentan un tiempo de fraguado mucho más acelerado que los diseños sin acelerante para mezclas con las mismas resistencias especificadas.
5. Con respecto a las propiedades en estado endurecido, las resistencias a la compresión de los diseños ART con acelerante, presentan en promedio resistencias menores a edades posteriores de la edad especificada en todos los diseños comparativos 280 y 420 Kg/cm². Mostrando así la mayor variación de resistencias a los 28 días de edad, en el diseño 420R24H-AC que presenta un 8.4% (63 Kg/cm²) con respecto a su diseño par 420R24H y la menor variación en el diseño 280R7D-AC con un 3.3% (14 Kg/cm²) con respecto a su diseño par 280R7D.
6. Con respecto a los costos, se determinó que los diseños de concretos ART con acelerante presentan costos superiores que sus diseños pares sin la adición de este, con incrementos que van desde los 25.90 soles hasta los 31.90 soles por m³. En base a estos cálculos, resulta económicamente más viable la utilización de los diseños de mezclas sin acelerante para los concretos ART de la presente investigación.



7. Los diseños correspondientes a nuestras curvas base (curvas experimentales, diseños Di), representan una de las curvas más importantes del presente trabajo; debido a que a partir de estas curvas es posible realizar interpolaciones que nos brinden resultados muy aproximados a cualquier resistencia buscada. Así mismo se debe tener en consideración que todos estos diseños se encuentran en el rango de revenimientos de 8” a 10”.
8. La inclusión del aditivo superplastificante Master Glenium Scc 3800, ocasiona en las mezclas de concreto fresco un incremento de sus pesos unitarios con respecto a sus pesos teóricos y una disminución de los porcentajes de aire atrapado. Brindándole a las mezclas mayor compacidad y características de un concreto con la habilidad de auto-acomodamiento.
9. La inclusión del superplastificante MG Scc 3800, resulta más aprovechable en mezclas con revenimientos fluidos, ya que en dosis mayores las resistencias se incrementan en todas las edades a favor del diseño con mayor dosis.
Esto debido a que, el super-plastificante genera mejor hidratación de la mayor cantidad de partículas del cemento, generando así una hidratación más homogénea que conlleva a una mayor ganancia de resistencia.
10. El aditivo acelerante MasterSet ACE 534 genera un incremento de hasta un 0.6% del porcentaje de aire atrapado y una disminución de peso unitario de hasta 0.74%. Lo que genera que las mezclas presenten ligeramente una mejor trabajabilidad, debido al leve incremento del porcentaje de aire. De la misma manera la pérdida del efecto de auto-acomodamiento de las mezclas dado por el superplastificante, aumentan de manera directa al incremento de la dosis de acelerante.
11. Se determinó que el diseño 420R24H alcanza una resistencia a la compresión de 234 Kg/cm² a las 7 horas y una resistencia de 277 Kg/cm² a las 9 horas, y comparativamente el diseño 420R24H-AC (MX) alcanza una resistencia de 266 Kg/cm² a las 7 horas y de 320 Kg/cm² a las 9 horas, en donde comprobamos que el acelerante Master X-Seed 100, tiene mejor performance en resistencias menores a las 24 horas. Así mismo con este resultado se logró encontrar diseños ART con resistencias altas, menores a 12 horas que, podrían ser utilizados para concretos Fast track en pavimentos.
12. De los resultados obtenidos en la presente investigación, es posible obtener diseños de mezcla de un concreto con resistencia especificada de 210 Kg/cm² a las 24 horas y 3 días; diseño con la a/c de 0.55 (280R3D) y el diseño con la a/c de 0.60 (280R7D), respectivamente. Encontrándose así en la presente investigación concretos ART con resistencias especificadas de 210, 280 y 420 Kg/cm².
13. Se deberá tener presente que este estudio se realizó utilizando solo un tipo de cemento (HE), con ciertas condiciones de combinación de agregados, clima (temperatura ambiental), insumos, y cuidado inicial de las probetas; Si se desea llevar a otras condiciones, se deberá realizar un estudio más exacto adaptado a las nuevas condiciones.



- 14.** Debido a la falta de métodos de diseños de mezcla para la elaboración de concretos con alta resistencias tempranas “ART”, resulta útil y muy necesario la realización de diseños experimentales. A sí mismo la elaboración de diseños con características similares en estado fresco y relaciones a/c variables (curvas base), resulta una muy buena alternativa de inicio, dado que nos brinda una muy buena primera aproximación a nuestros diseños requeridos.



RECOMENDACIONES

1. Con Respecto a los diseños y dosificación de los concretos ART, estos concretos son mezclas altamente sensibles, motivo por el cual, su dosificación requiere de un mayor control de calidad de los insumos, lo que genera un limitante para su producción en obra. La producción de estos tipos de concretos resulta muy recomendable en la elaboración de concretos premezclados, debido a su riguroso control de calidad.
2. En los concretos ART, se debe tener muy en cuenta que en ningún caso se debe añadir agua a la mezcla o asumir humedades no reales de los agregados, por lo que para su producción se deberá contar siempre con la humedad representativa de los agregados, debido a que un incremento del agua puede modificar las resistencias considerablemente en los diseños ART.
3. Para ampliar el conocimiento sobre este tipo de concretos, se recomiendan para futuros trabajos, utilizar distintos tipos de acelerantes para evaluar sus propiedades y el aporte de resistencias de estos en los concretos ART, ya que se ha demostrado en otros trabajos de tesis que, distintos acelerantes tienen diferentes comportamientos. Así mismo se recomienda realizar pruebas con acelerantes de resistencia que actualmente ya se encuentran en el mercado.
4. Del mismo modo, se recomienda para los futuros tesis ahondar los conocimientos sobre la obtención de concretos ART a edades inferiores a las 24 horas en condiciones distintas a la presente investigación, como de investigar concretos ART con propiedades autocompactantes.
5. Se recomienda también para los futuros tesis e interesados en los concretos ART, ahondar en el tema de las viscosidades, debido a que en la presente investigación se encontró resistencias a 24 horas de hasta 646 Kg/cm² con una relación a/c de 0.30, pero que la mezcla se presentaba muy viscosa y cohesiva. Así mismo en el mercado actual existen los aditivos modificadores de viscosidad e incluso de aire, de modo que se recomienda estudiar la influencia de estos aditivos sobre estos concretos.
6. Se recomienda a trabajos futuros desarrollar un comparativo de la ganancia de resistencias, incrementando aditivos plastificantes a base de poli naftalenos vs policaboxilatos en mezclas con mismas características, Analizando el aporte de resistencia con relación a distintos factores de cemento y relación a/c.



BIBLIOGRAFIA

Abanto castillo, F. (2009). Tecnología del concreto, Lima-Perú.

ACI 116 (2000). Cement and concrete terminology

ACI 304 (2017). Guide to placing concrete by pumping Methods.

Asocem, octubre 2014. Revista Catálogo de normas técnicas peruanas de concreto

ASTM - C 138/ C138M (2009). Método de ensayo normalizado para peso unitario, rendimiento y contenido de aire del concreto.

ASTM – C 143 / C143M (2010). Método de ensayo normalizado para asentamiento del concreto

ASTM – C 494/C 494M (2008). Aditivos químicos para concreto.

ASTM – C 33 (2007). Especificación normalizada de Agregados para Concreto.

ASTM – C 39/C 39M (2008). Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos.

ASTM - C 1064 (2008). Standard test method for temperature of freshly mixed hydraulic-cement concrete.

ASTM - C 231 (1997). Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method.

ASTM - C 94 (2009). Especificación normalizada para concretos premezclados.

ASTM – C 403 (1999). Standard test method for time of setting of concrete mixtures by penetration resistance.



Domone P. (1999). Properties of mortar for self-compacting concrete. Proceedings of RILEM International Symposium on Self-Compacting Concrete. Paris

Estrada CG; Paez R (2014). Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto. Tesis ing. Civil, Universidad de Veracruz, México.

Ferreiro Ibarra, G (2008). Concretos de alta resistencia temprana. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Gabalec M.A. (2008). Tiempo de fraguado del hormigón. Universidad tecnológica nacional de la plata. Argentina.

Hormigón de altas resistencias iniciales, (2009). BASF we create chemistry, España.

Instituto de ingeniería de la UNAM, (1994) Manual de Tecnología del concreto. México.

Karl Ernst V. Eckardtein (1989). Hormigón bombeable y bombas de hormigón.

NTP 339.185 (2002). Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

NTP 400.010 (2001). Extracción y preparación de muestras de agregados.

NTP 400.011 (2008). Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos).

NTP 400.012 (2002). Análisis granulométrico del agregado fino y grueso global.

NTP 400.017 (2002). Método de ensayo normalizado para determinar el peso unitario del agregado.



NTP 400.018 (2002). Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados.

NTP 400.021 (2002). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso.

NTP 400.022 (2002). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado fino.

Otazzi Pasino, G. (2004). Diseño en concreto armado. Lima – Perú.

Portugal Barriga, P. (2007). Tecnología del concreto de alto desempeño. Arequipa - Perú.

Pasquel Carbajal, E. (1993). Tópicos de Tecnología del Concreto, Lima – Perú.

PMW Servicio Central (2004). Tecnología del hormigón para bombas de hormigón

Reglamento Nacional de Edificaciones. RNE (2017). Concreto Armado. E 0.60

Riva López, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto, Lima – Perú.

Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. Portland cement association (PCA), Estados Unidos.

Villanueva Sánchez, A. (2014), Influencia del aditivo superplastificante reductor de agua en las características del concreto de alta resistencia. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.



ANEXOS

ANEXO A – Ensayos caracterización de los agregados

Agregado fino

Muestra M-1

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO		M-1	<u>NTP 400.017</u>			<u>ASTM C 29</u>
Peso Olla:	4.901 kg		M1	M2	M3	
		Peso de la muestra	16.35	16.37	16.33	Kg
		Peso neto de la muestra	11.449	11.469	11.429	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso Promedio	11.449			Kg
		Peso Volumetrico Suelto (PUS)	1590			Kg/m³

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO		M-1	<u>NTP 400.017</u>			<u>ASTM C 29</u>
Peso Olla:	4.901 kg		E1	E2	E3	
		Peso de la muestra	17.95	17.93	17.94	Kg
		Peso neto de la muestra	13.049	13.029	13.039	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso Promedio	13.039			Kg
		Peso Volumetrico Suelto (PUC)	1811			Kg/m³

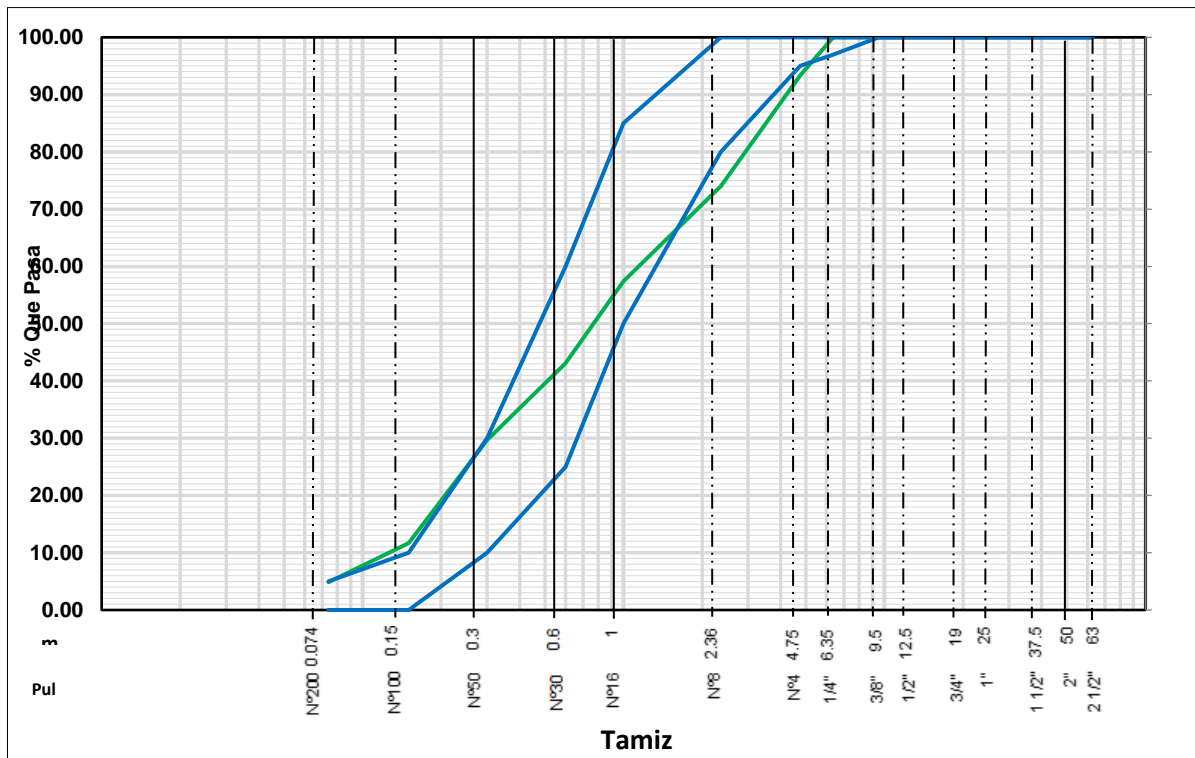
PESO ESPECIFICO - AGREGADO FINO		M-1	<u>NTP 400.022</u>		<u>ASTM C 128</u>
A:	Peso de la muestra <i>seca</i> , en gramos				
B:	Peso del picnometro + agua, en gramos				
C:	Peso total del picnometro + muestra + agua, en gramos				
S:	Peso de la muestra "SSS", en gramos				
A:	488 gr	Peso de la fiola	153 gr		
B:	651 gr				
C:	962 gr				
S:	500 gr				
		$P.SSS = \frac{S}{B + S - C}$	Peso Especifico	2646	Kg/m³

ABSORCION - AGREGADO FINO		M-1	<u>NTP 400.022</u>		<u>ASTM C 128</u>
		$\text{Absorcion} = \frac{S-A}{A}$	Absorción	2.46	%



% MAT. PASANTE MALLA # 200	M-1	NTP 400.018	ASTM C 117
Peso muestra inicial seca: 490 gr	% pasante malla #200		6.94 %
Peso muestra final seca: 456 gr			

GRÁFICO DE CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO MUESTRA Nº 01





Muestra M-2

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO		M-2	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		M1	M2	M3	
		Peso de la muestra	16.41	16.44	16.46	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso neto de la muestra	11.509	11.539	11.559	Kg
		Peso Promedio	11.536			Kg
		Peso Volumetrico Suelto (PUS)	1602			Kg/m ³

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO		M-2	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		E1	E2	E3	
		Peso de la muestra	17.91	17.93	17.87	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso neto de la muestra	13.009	13.029	12.969	Kg
		Peso Promedio	13.002			Kg
		Peso Volumetrico Suelto (PUC)	1806			Kg/m ³

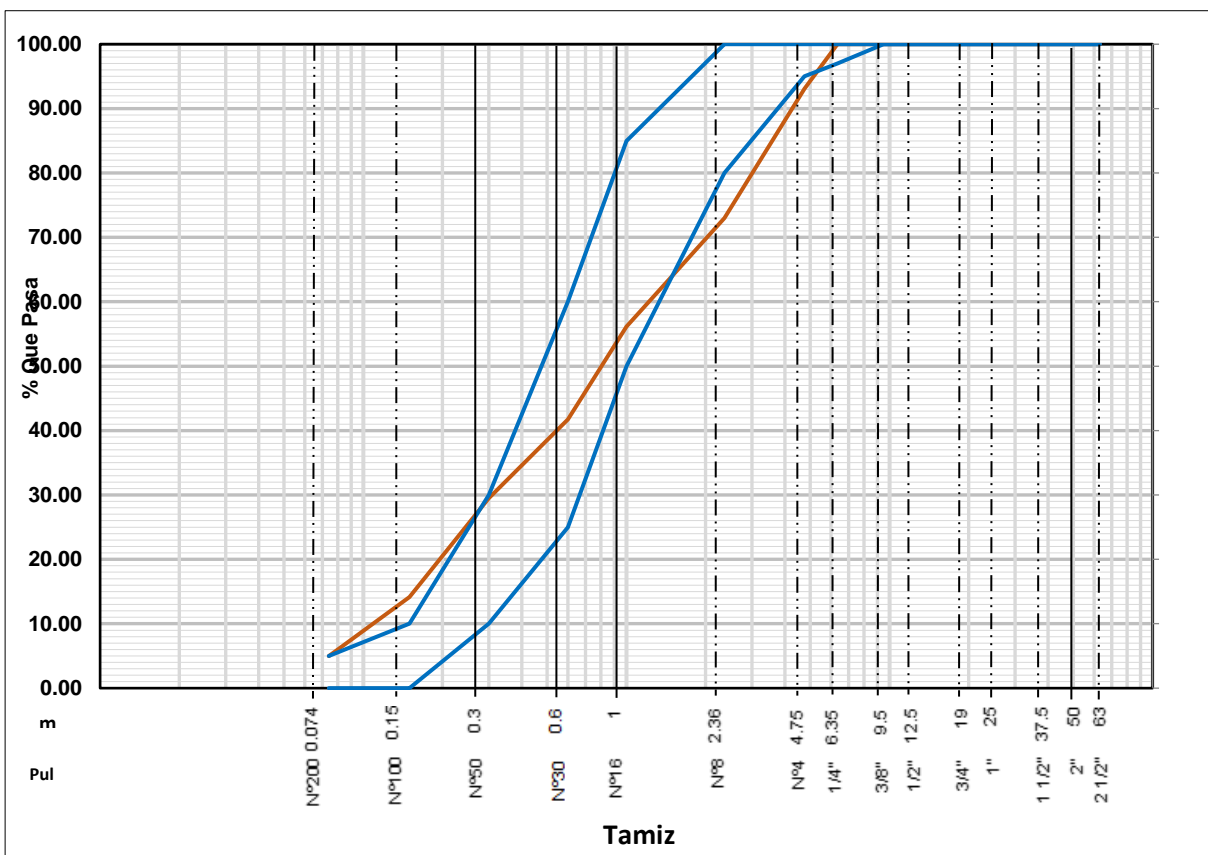
PESO ESPECIFICO - AGREGADO FINO		M-2	NTP 400.022		ASTM C 128
A:	Peso de la muestra seca , en gramos				
B:	Peso del picnometro + agua, en gramos				
C:	Peso total del picnometro + muestra + agua, en gramos				
S:	Peso de la muestra "SSS", en gramos				
A:	488 gr	Peso de la fiola	154 gr		
B:	652 gr				
C:	961 gr				
S:	500 gr				
		$P.SSS = \frac{S}{B + S - C}$	Peso Especifico		2618 Kg/m ³

ABSORCION - AGREGADO FINO		M-2	NTP 400.022		ASTM C 128
		$Absorcion = \frac{S-A}{A}$	Absorción		2.46 %



% MAT. PASANTE MALLA # 200	M-2	NTP 400.018	ASTM C 117		
Peso muestra inicial seca: <u>847</u> gr	<table border="1"><tr><td>% pasante malla #200</td><td>7.08 %</td></tr></table>		% pasante malla #200	7.08 %	
% pasante malla #200			7.08 %		
Peso muestra final seca: <u>787</u> gr					

GRÁFICO DE CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO MUESTRA N° 02





Muestra M-3

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO		M-3	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		M1	M2	M3	
		Peso de la muestra	16.49	16.51	16.54	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m3	Peso neto de la muestra	11.589	11.609	11.639	Kg
		Peso Promedio	11.612			Kg
		Peso Volumetrico Suelto (PUS)	1613			Kg/m3

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO		M-3	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		E1	E2	E3	
		Peso de la muestra	17.99	18.04	18.01	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m3	Peso neto de la muestra	13.089	13.139	13.109	Kg
		Peso Promedio	13.112			Kg
		Peso Volumetrico Suelto (PUC)	1821			Kg/m3

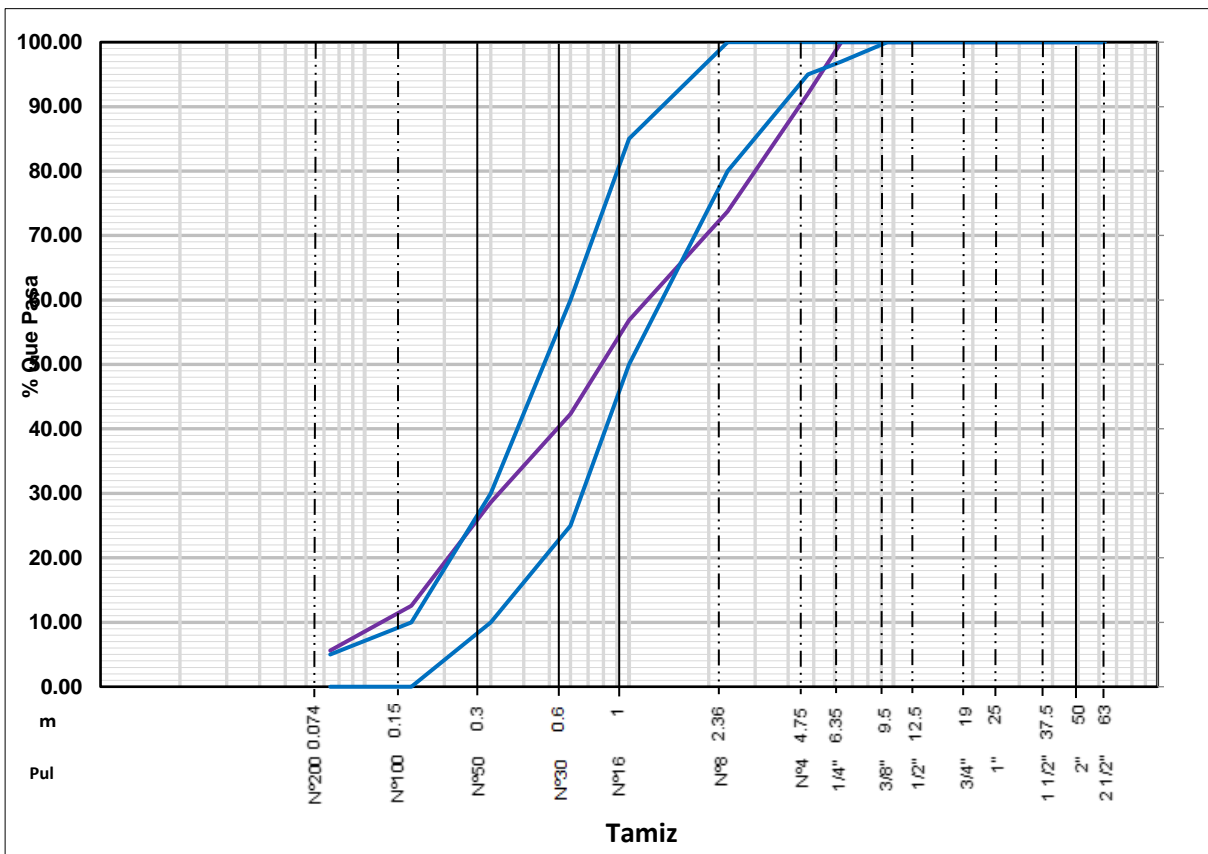
PESO ESPECIFICO - AGREGADO FINO		M-3	NTP 400.022		ASTM C 128
A:	Peso de la muestra seca , en gramos				
B:	Peso del picnometro + agua, en gramos				
C:	Peso total del picnometro + muestra + agua, en gramos				
S:	Peso de la muestra "SSS", en gramos				
A:	490 gr	Peso de la fiola	154 gr		
B:	653 gr				
C:	964 gr				
S:	500 gr				
		$P.SSS = \frac{S}{B + S - C}$	Peso Especifico	2646	Kg/m3

ABSORCION - AGREGADO FINO		M-3	NTP 400.022		ASTM C 128
		Absorcion = $\frac{S-A}{A}$	Absorción	2.04	%



% MAT. PASANTE MALLA # 200	M-3	NTP 400.018	ASTM C 117
Peso muestra inicial seca: 754 gr	% pasante malla #200		7.16 %
Peso muestra final seca: 700 gr			

GRÁFICO DE CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO FINO MUESTRA N° 03





Agregado Grueso

Muestra M-1

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO		M-1	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		P1	P2	P3	
		Peso de la muestra	15.06	15.11	15.07	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso neto de la muestra	10.159	10.209	10.169	Kg
		Peso promedio	10.179			Kg
		Peso Volumetrico Suelto (PUS)	1414			Kg/m ³

PESO UNITARIO COMPACTADO -AGREGADO GRUESO		M-1	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		P1	P2	P3	
		Peso de la muestra	15.97	15.93	15.95	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso neto de la muestra	11.069	11.029	11.049	Kg
		Peso promedio	11.049			Kg
		Peso Volumetrico Compactado (PUC)	1534			Kg/m ³

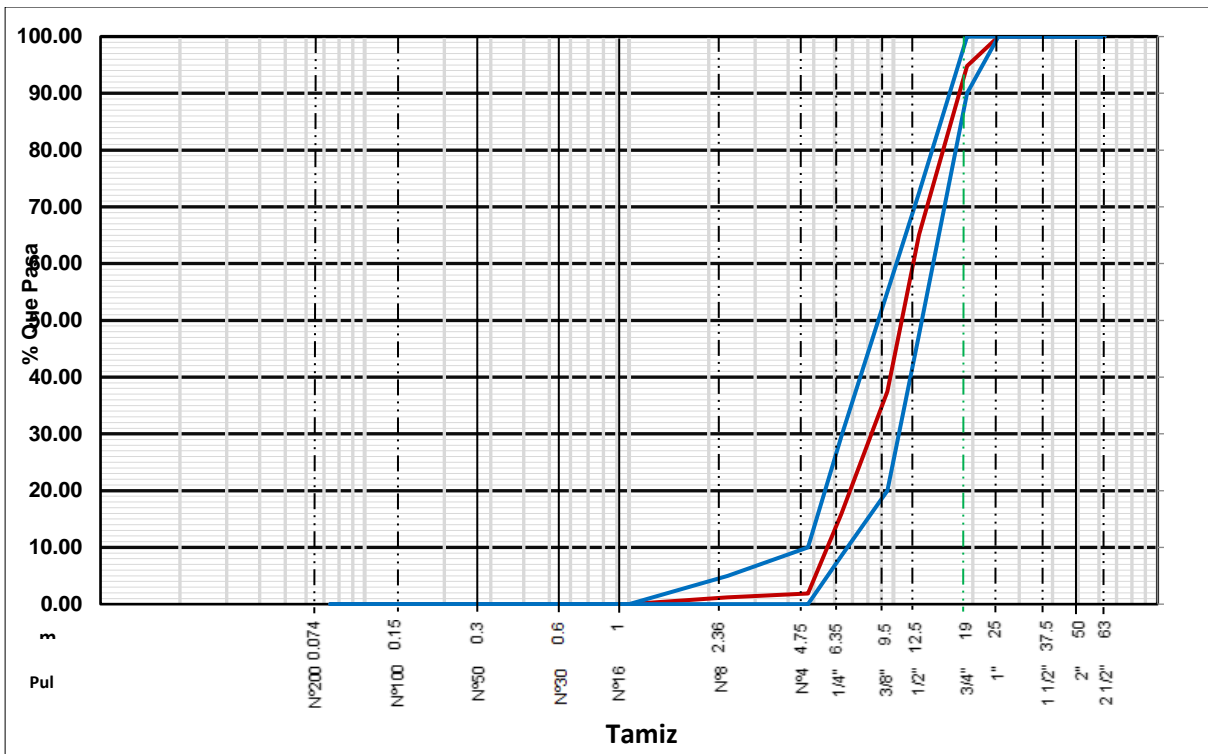
PESO ESPECIFICO - AGREGADO GRUESO		M-1	NTP 400.021		ASTM C - 127
A:	Peso al aire de la muestra seca en gramos				
B:	Peso al aire de muestra "SSS" en gramos				
C:	Peso sumergido en agua con muestra saturada en gramos				
A:	2945 gr	Peso de la Canastilla en el agua	537 gr		
B:	3000 gr	Peso de canast. + sss en el agua	2392 gr		
C:	1855 gr				
		$P. SSS = \frac{B}{B - C}$	Peso Especifico		2620 Kg/m ³

ABSORCION - AGREGADO GRUESO		M-1	NTP 400.021		ASTM C - 127
		$Absorcion = \frac{B-A}{A} * 100$	Absorción		1.87 %



% MAT. PASANTE MALLA # 200	M-1	NTP 400.018	ASTM C 117
Peso muestra inicial seca: 2882 gr	% pasante malla #200		0.76 %
Peso muestra final seca: 2860 gr			

GRÁFICO DE CURVA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO MUESTRA Nº 01





Muestra M-2

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO		M-2	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		P1	P2	P3	
		Peso de la muestra	15.1	15.15	15.12	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso neto de la muestra	10.199	10.249	10.219	Kg
		Peso promedio	10.222			Kg
		Peso Volumetrico Suelto (PUS)	1420			Kg/m ³

PESO UNITARIO COMPACTADO -AGREGADO GRUESO		M-2	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		P1	P2	P3	
		Peso de la muestra	15.91	15.98	16.01	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso neto de la muestra	11.009	11.079	11.109	Kg
		Peso promedio	11.066			Kg
		Peso Volumetrico Compactado (PUC)	1537			Kg/m ³

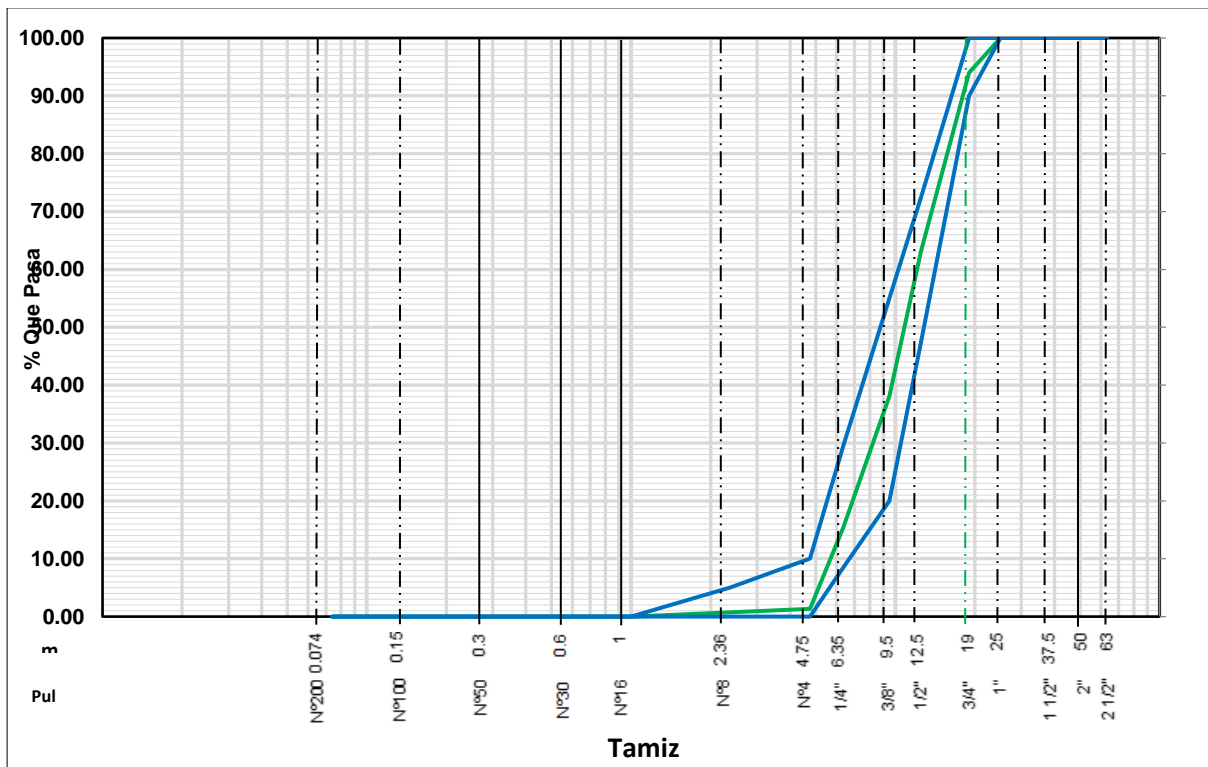
PESO ESPECIFICO - AGREGADO GRUESO		M-2	NTP 400.021		ASTM C - 127
A:	Peso al aire de la muestra seca en gramos				
B:	Peso al aire de muestra "SSS" en gramos				
C:	Peso sumergido en agua con muestra saturada en gramos				
A:	2943 gr	Peso de la Canastilla en el agua	538 gr		
B:	3000 gr	Peso de canas + sss en el agua	2389 gr		
C:	1851 gr				
		$P. SSS = \frac{B}{B - C}$	Peso Especifico		2611 Kg/m ³

ABSORCION - AGREGADO GRUESO		M-2	NTP 400.021		ASTM C - 127
		$Absorcion = \frac{B-A}{A} * 100$	Absorción		1.94 %



% MAT. PASANTE MALLA # 200		M-2	NTP 400.018	ASTM C 117		
Peso muestra inicial seca:	2751 gr	<table border="1"><tr><td>% pasante malla #200</td><td>0.65 %</td></tr></table>		% pasante malla #200	0.65 %	
% pasante malla #200	0.65 %					
Peso muestra final seca:	2733 gr					

GRÁFICO DE CURVA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO MUESTRA N° 02





Muestra M-3

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO		M-3	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		P1	P2	P3	
		Peso de la muestra	14.99	14.95	15.04	Kg
		Peso neto de la muestra	10.089	10.049	10.139	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso promedio	10.092			Kg
		Peso Volumetrico Suelto (PUS)	1402			Kg/m ³

PESO UNITARIO COMPACTADO -AGREGADO GRUESO		M-3	NTP 400.017			ASTM C 29
Peso Olla:	4.901 kg		P1	P2	P3	
		Peso de la muestra	16.02	16.04	16.06	Kg
		Peso neto de la muestra	11.119	11.139	11.159	Kg
Vol. Olla:	0.007201 m ³	Peso promedio	11.139			Kg
		Peso Volumetrico Compactado (PUC)	1547			Kg/m ³

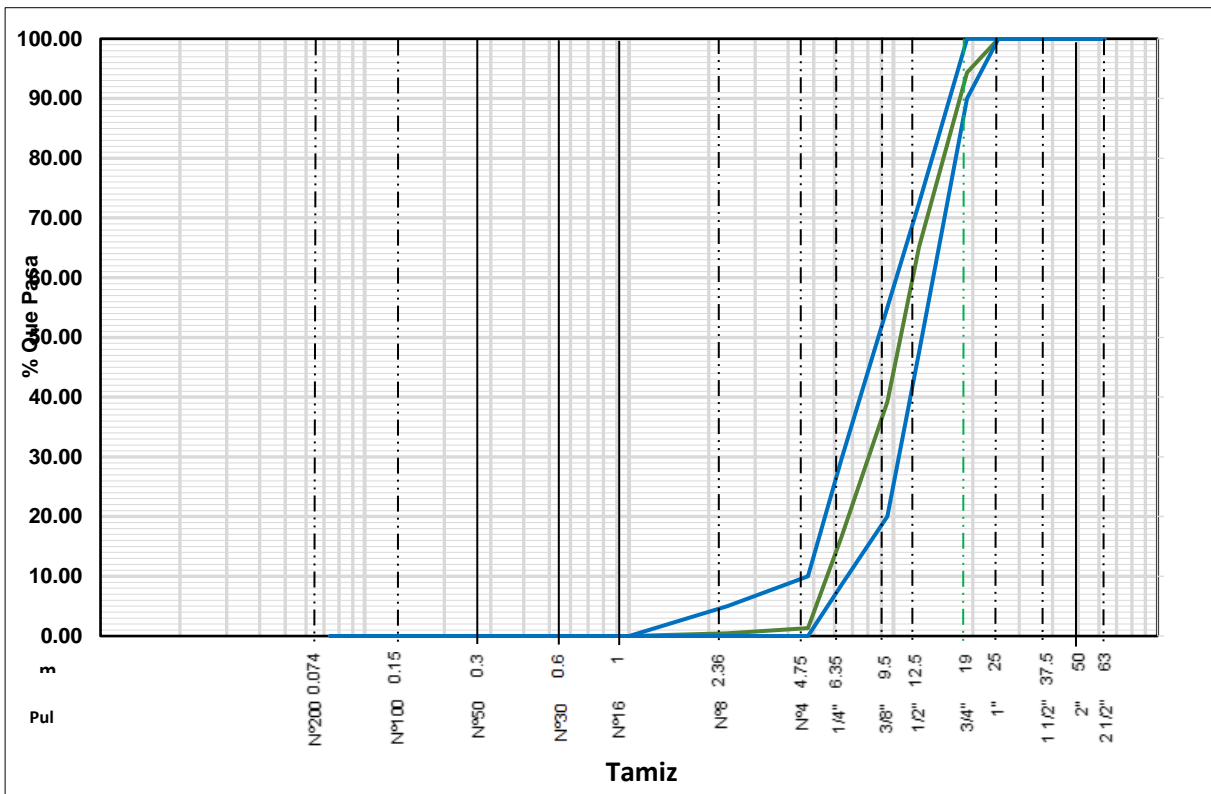
PESO ESPECIFICO - AGREGADO GRUESO		M-3	NTP 400.021		ASTM C - 127
A:	Peso al aire de la muestra seca en gramos				
B:	Peso al aire de muestra "SSS" en gramos				
C:	Peso sumergido en agua con muestra saturada en gramos				
A:	2947 gr	Peso de la Canastilla en el agua	538 gr		
B:	3000 gr	Peso de canas + sss en el agua	2404 gr		
C:	1866 gr				
		$P.SSS = \frac{B}{B-C}$	Peso Especifico		2646 Kg/m ³

ABSORCION - AGREGADO GRUESO		M-3	NTP 400.021		ASTM C - 127
		$Absorcion = \frac{B-A}{A} * 100$	Absorción		1.80 %



% MAT. PASANTE MALLA # 200		M-3	NTP 400.018	ASTM C 117		
Peso muestra inicial seca:	2654 gr	<table border="1"><tr><td>% pasante malla #200</td><td>0.60 %</td></tr></table>		% pasante malla #200	0.60 %	
% pasante malla #200	0.60 %					
Peso muestra final seca:	2638 gr					

GRÁFICO DE CURVA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO MUESTRA Nº 03





Ensayo al desgaste por la máquina de los ángeles

Muestra M-1

ENSAYO DESGASTE DE LOS ANGELES					
%		TIPO DE GRADACION (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1	1,250.00			
1	3/4"	1,250.00			
3/4"	1/2"	1,250.00	2,500.00		
1/2"	3/8"	1,250.00	2,500.00		
3/8"	1/4"			2,500.00	
1/4"	N° 4			2,500.00	
N° 4	N° 8				5,000.00
	TOTAL	5000 +- 10	5000 +- 10	5000 +- 10	5000 +- 10
ESFERAS		12	11	8	6
	ROTACIONES	500	500	500.00	500

MUESTRA	: 1
PESO TOTAL DE LA MUESTRA	W1: <u>5000</u> gr
PESO RETENIDO EN EL TAMIZ N°1:	W2: <u>3301.5</u> gr
PESO QUE PASA EL TAMIZ N° 12	W3: <u>1698.5</u> gr
PORCENTAJE (%) DE DESGASTE:	33.97%
$\% \text{ DESGASTE} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$	



Muestra M-2

ENSAYO DESGASTE DE LOS ANGELES					
%		TIPO DE GRADACION (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1	1,250.00			
1	3/4"	1,250.00			
3/4"	1/2"	1,250.00	2,500.00		
1/2"	3/8"	1,250.00	2,500.00		
3/8"	1/4"			2,500.00	
1/4"	N° 4			2,500.00	
N° 4	N° 8				5,000.00
	TOTAL	5000 +- 10	5000 +- 10	5000 +- 10	5000 +- 10
ESFERAS		12	11	8	6
ROTACIONES		500	500	500.00	500

MUESTRA	:	2
PESO TOTAL DE LA MUESTRA	W1:	<u>5000</u> gr
PESO RETENIDO EN EL TAMIZ	W2:	<u>3184.4</u> gr
PESO QUE PASA EL TAMIZ N° 1	W3:	<u>1815.6</u> gr
PORCENTAJE (%) DE DESGASTE:		36.31%
$\% \text{ DESGASTE} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$		



Muestra M-3

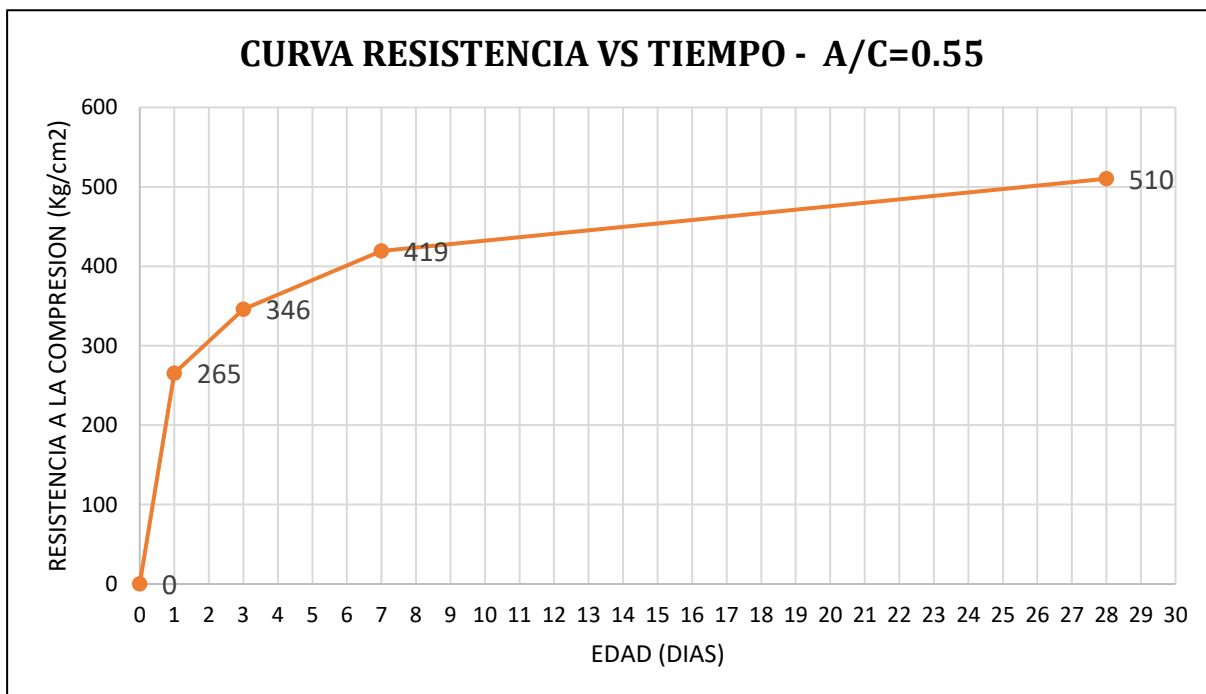
ENSAYO DESGASTE DE LOS ANGELES					
%		TIPO DE GRADACION (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1	1,250.00			
1	3/4"	1,250.00			
3/4"	1/2"	1,250.00	2,500.00		
1/2"	3/8"	1,250.00	2,500.00		
3/8"	1/4"			2,500.00	
1/4"	N° 4			2,500.00	
N° 4	N° 8				5,000.00
	TOTAL	5000 +- 10	5000 +- 10	5000 +- 10	5000 +- 10
ESFERAS		12	11	8	6
	ROTACIONES	500	500	500.00	500

MUESTRA	:	3
PESO TOTAL DE LA MUESTRA	W1:	<u>5000</u> gr
PESO RETENIDO EN EL TAMIZ I	W2:	<u>3274</u> gr
PESO QUE PASA EL TAMIZ N° 1	W3:	<u>1726</u> gr
PORCENTAJE (%) DE DESGASTE:		34.52%
$\% \text{ DESGASTE} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$		



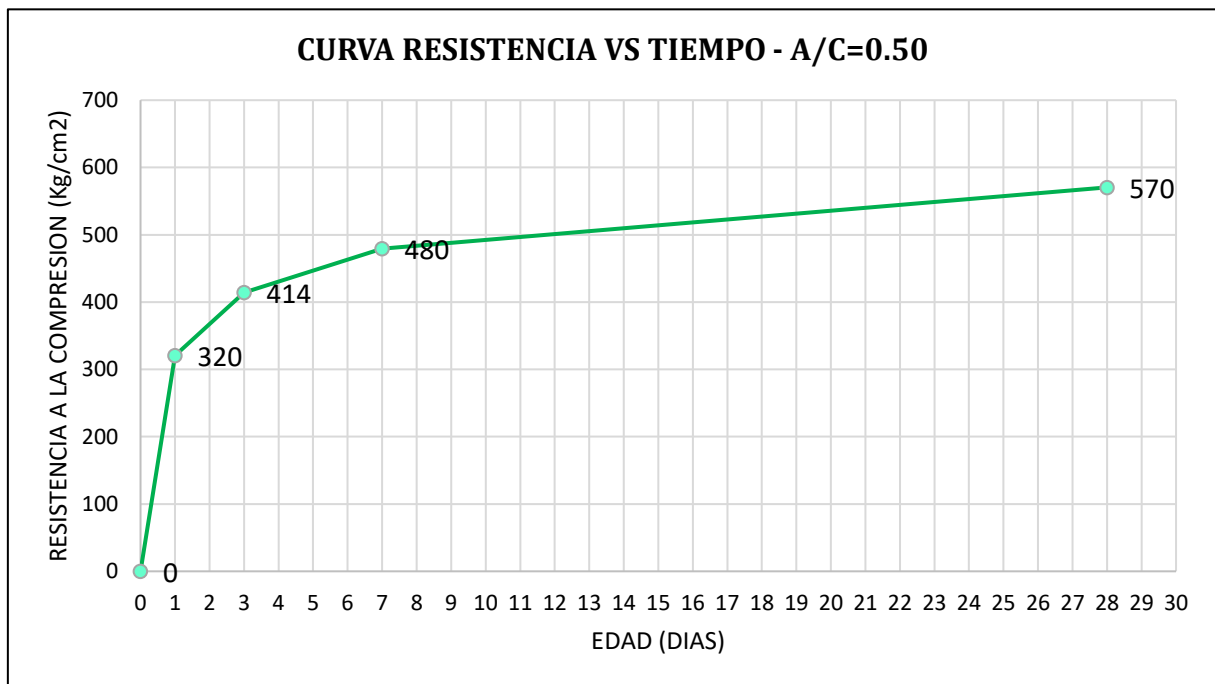
ANEXO B – Rotura de probetas Diseños Curvas base (D1-D6)

ROTURA DE PROBETAS - RELACION A/C=0.55										
Nº	a/c	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	0.55	0.55	24 horas	10.10	80.12	21348	266	6	3.80	1.43
2				10.12	80.44	21047	262			
3				10.14	80.75	21650	268			
Resistencia Promedio a las 24 horas							265	Kg/cm2	52%	
4	0.55	0.55	3 dias	10.14	80.75	28362	351	12	7.06	2.04
5				10.18	81.39	27613	339			
6				10.14	80.75	28027	347			
Resistencia Promedio a los 3 dias							346	Kg/cm2	68%	
7	0.55	0.55	7 dias	10.02	78.85	32831	416	8	4.46	1.06
8				9.94	77.60	32409	418			
9				10.03	79.01	33493	424			
Resistencia Promedio a los 7 dias							419	Kg/cm2	82%	
10	0.55	0.55	28 dias	10.04	79.17	40000	505	8	4.83	0.95
11				10.09	79.96	41053	513			
12				10.14	80.75	41338	512			
Resistencia Promedio a los 28 dias							510	Kg/cm2	100%	



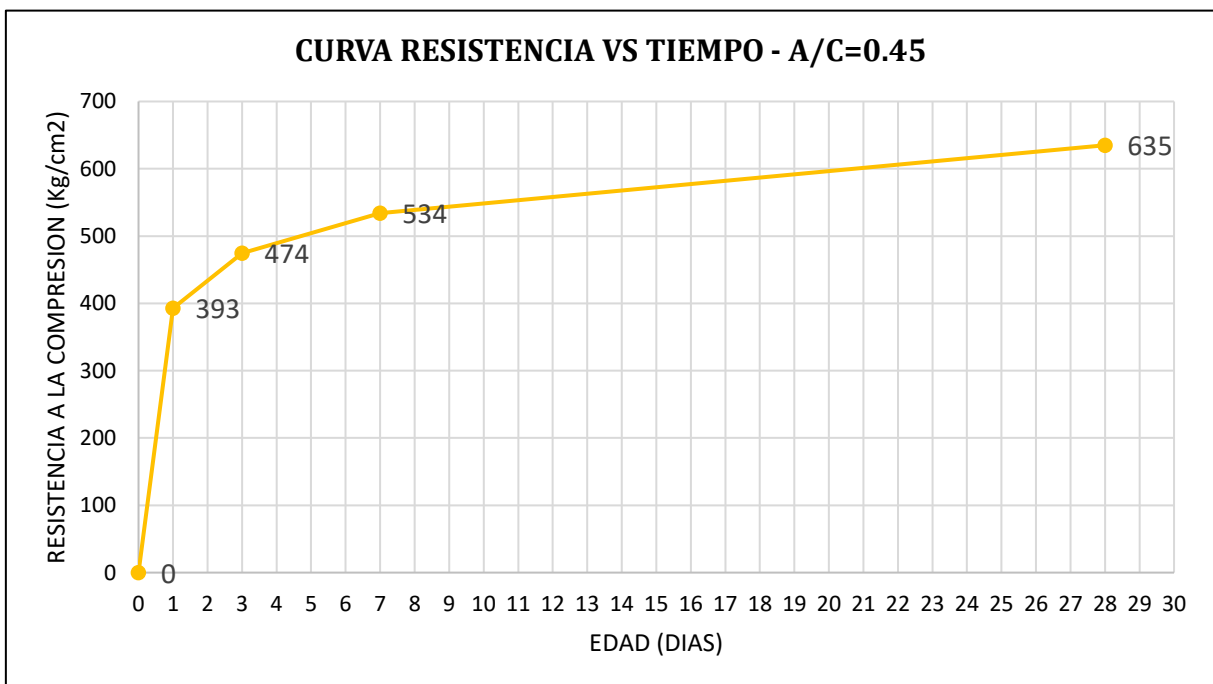


ROTURA DE PROBETAS - RELACION A/C=0.50										
Nº	a/c	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	0.50	0.50	24 horas	10.06	79.49	25880	326	9	5.32	1.66
2				9.98	78.23	24940	319			
3				10.12	80.44	25465	317			
Resistencia Promedio a las 24 horas							320	Kg/cm2	56%	
4	0.50	0.50	3 dias	10.04	79.17	32682	413	9	5.26	1.27
5				10.03	79.01	33117	419			
6				10.01	78.70	32284	410			
Resistencia Promedio a los 3 dias							414	Kg/cm2	73%	
7	0.50	0.50	7 dias	9.94	77.60	37646	485	11	6.67	1.39
8				9.89	76.82	36401	474			
9				9.89	76.82	36847	480			
Resistencia Promedio a los 7 dias							480	Kg/cm2	85%	
10	0.50	0.50	28 dias	9.95	77.76	45012	579	17	9.95	1.74
11				10.02	78.85	44979	570			
12				9.99	78.38	44054	562			
Resistencia Promedio a los 28 dias							570	Kg/cm2	100%	



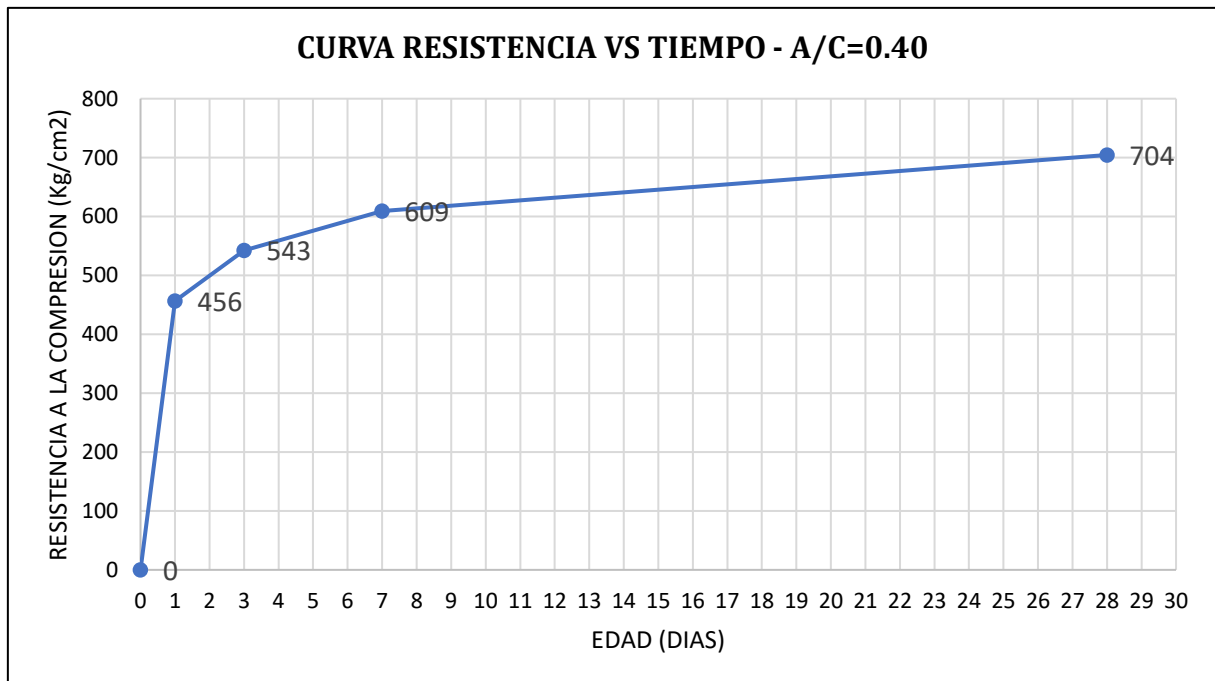


ROTURA DE PROBETAS - RELACION A/C=0.45										
Nº	a/c	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	0.45	0.45	24 horas	10.10	80.12	32109	401	14	8.08	2.06
2				10.12	80.44	31423	391			
3				10.10	80.12	31013	387			
Resistencia Promedio a las 24 horas							393	Kg/cm2	62%	
4	0.45	0.45	3 dias	9.91	77.13	36933	479	11	6.23	1.31
5				10.05	79.33	37760	476			
6				10.00	78.54	36778	468			
Resistencia Promedio a los 3 dias							474	Kg/cm2	75%	
7	0.45	0.45	7 dias	10.05	79.33	42786	539	11	6.28	1.18
8				9.92	77.29	41319	535			
9				10.00	78.54	41526	529			
Resistencia Promedio a los 7 dias							534	Kg/cm2	85%	
10	0.45	0.45	28 dias	10.05	79.33	50998	643	14	8.21	1.29
11				10.08	79.80	50515	633			
12				10.02	78.85	49598	629			
Resistencia Promedio a los 28 dias							635	Kg/cm2	100%	



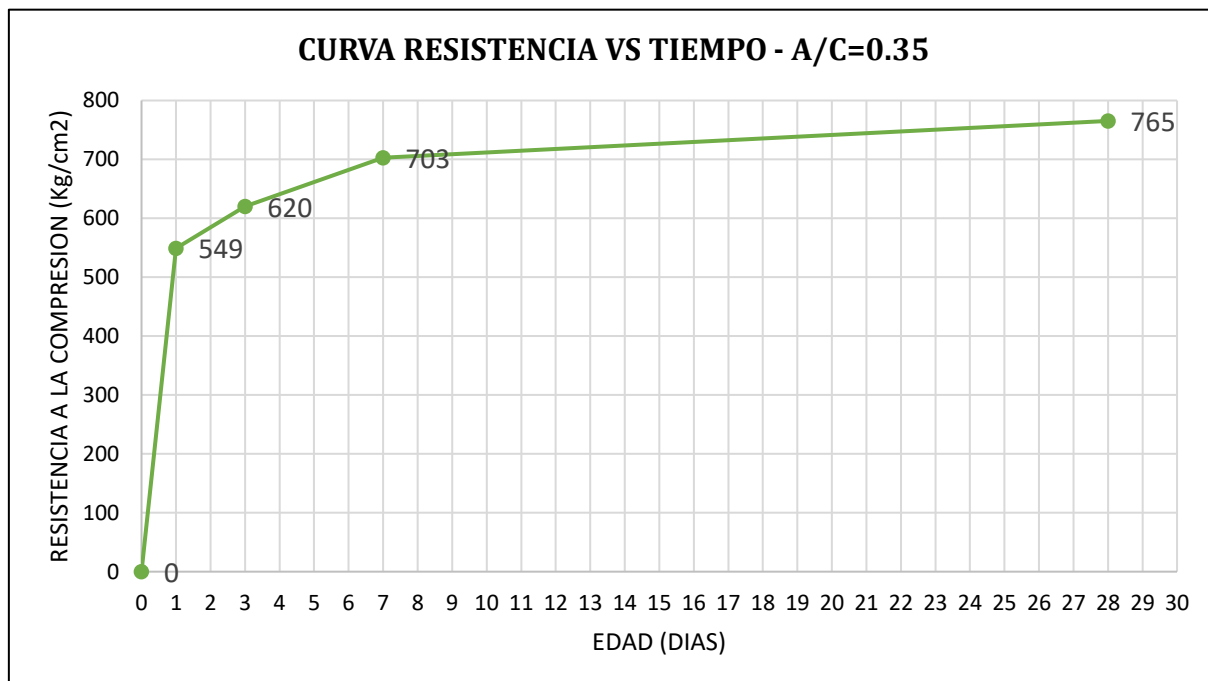


ROTURA DE PROBETAS - RELACION A/C=0.40										
Nº	a/c	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	0.40	0.40	24 horas	9.99	78.38	35396	452	8	4.58	1.00
2				9.84	76.05	34931	459			
3				9.97	78.07	35786	458			
Resistencia Promedio a las 24 horas							456	Kg/cm2	65%	
4	0.40	0.40	3 dias	10.12	80.44	43165	537	12	7.07	1.30
5				10.00	78.54	43088	549			
6				10.05	79.33	43050	543			
Resistencia Promedio a los 3 dias							543	Kg/cm2	77%	
7	0.40	0.40	7 dias	10.02	78.85	48722	618	16	9.64	1.58
8				10.04	79.17	48126	608			
9				10.06	79.49	47815	602			
Resistencia Promedio a los 7 dias							609	Kg/cm2	87%	
10	0.40	0.40	28 dias	9.90	76.98	54415	707	6	3.64	0.52
11				9.99	78.38	55312	706			
12				9.89	76.82	53832	701			
Resistencia Promedio a los 28 dias							704	Kg/cm2	100%	



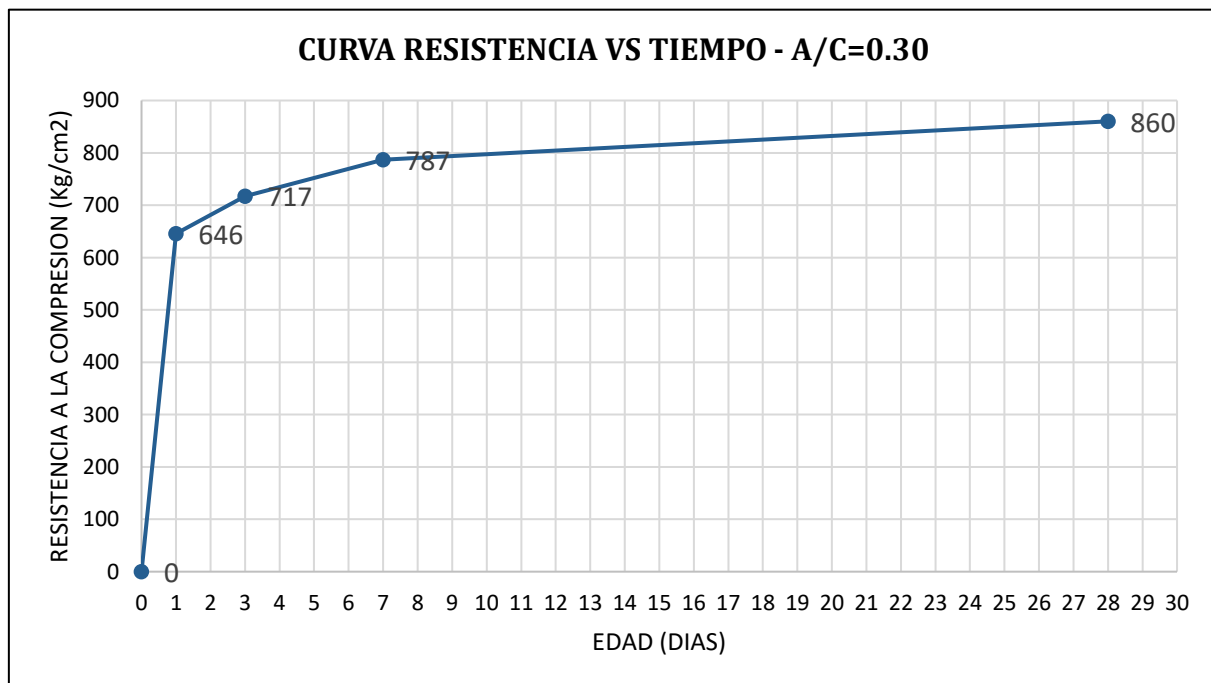


ROTURA DE PROBETAS - RELACION A/C=0.35										
Nº	a/c	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	0.35	0.35	24 horas	10.08	79.80	43198	541	13	7.83	1.43
2				10.13	80.60	44696	555			
3				10.12	80.44	44389	552			
Resistencia Promedio a las 24 horas							549	Kg/cm2	72%	
4	0.35	0.35	3 dias	9.96	77.91	47632	611	17	10.21	1.65
5				9.98	78.23	49176	629			
6				9.91	77.13	47822	620			
Resistencia Promedio a los 3 dias							620	Kg/cm2	81%	
7	0.35	0.35	7 dias	9.98	78.23	55383	708	13	7.47	1.06
8				9.94	77.60	53958	695			
9				10.01	78.70	55461	705			
Resistencia Promedio a los 7 dias							703	Kg/cm2	91%	
10	0.35	0.35	28 dias	9.82	75.74	57932	765	16	9.16	1.20
11				9.9	76.98	58332	758			
12				9.8	75.43	58329	773			
Resistencia Promedio a los 28 dias							765	Kg/cm2	100%	





ROTURA DE PROBETAS - RELACION A/C=0.30										
Nº	a/c	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	0.30	0.30	24 horas	9.98	78.23	49953	639	15	8.80	1.36
2				10.03	79.01	51031	646			
3				10.00	78.54	51323	653			
Resistencia Promedio a las 24 horas							646	Kg/cm2	75%	
4	0.30	0.30	3 dias	9.91	77.13	54983	713	10	5.67	0.79
5				9.94	77.60	55566	716			
6				10.05	79.33	57309	722			
Resistencia Promedio a los 3 dias							717	Kg/cm2	83%	
7	0.30	0.30	7 dias	9.89	76.82	59954	780	13	7.50	0.95
8				9.94	77.60	61547	793			
9				10.03	79.01	62153	787			
Resistencia Promedio a los 7 dias							787	Kg/cm2	92%	
10	0.30	0.30	28 dias	9.84	76.05	66424	873	21	12.23	1.42
11				9.90	76.98	65643	853			
12				9.91	77.13	65905	854			
Resistencia Promedio a los 28 dias							860	Kg/cm2	100%	



**ANEXO C – Ensayos concreto fresco y endurecido Master ACE****534****Ensayos en estado fresco****PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DISEÑOS 0.65L - 1.70L**

peso olla Washington	2.441	Kg
Volumen olla Washington	7.00	lt

Diseño	0.65L	1.20L	1.70L
Temp. Concreto (°C)	21.4	21.9	23.4
Temp. Ambiente (°C)	25.6	23.5	25.3
Humedad Relativa	26.00%	29.00%	27.00%
Slump (Pulg.)	4 1/2"	4 3/4"	5 1/4"
peso concreto fresco (gr)	18640	18630	18620
Peso neto concreto fresco (gr)	16199	16189	16179
Peso Unitario (Kg/m³)	2314.14	2312.71	2311.29
Porcentaje de aire	2.10%	2.20%	2.25%

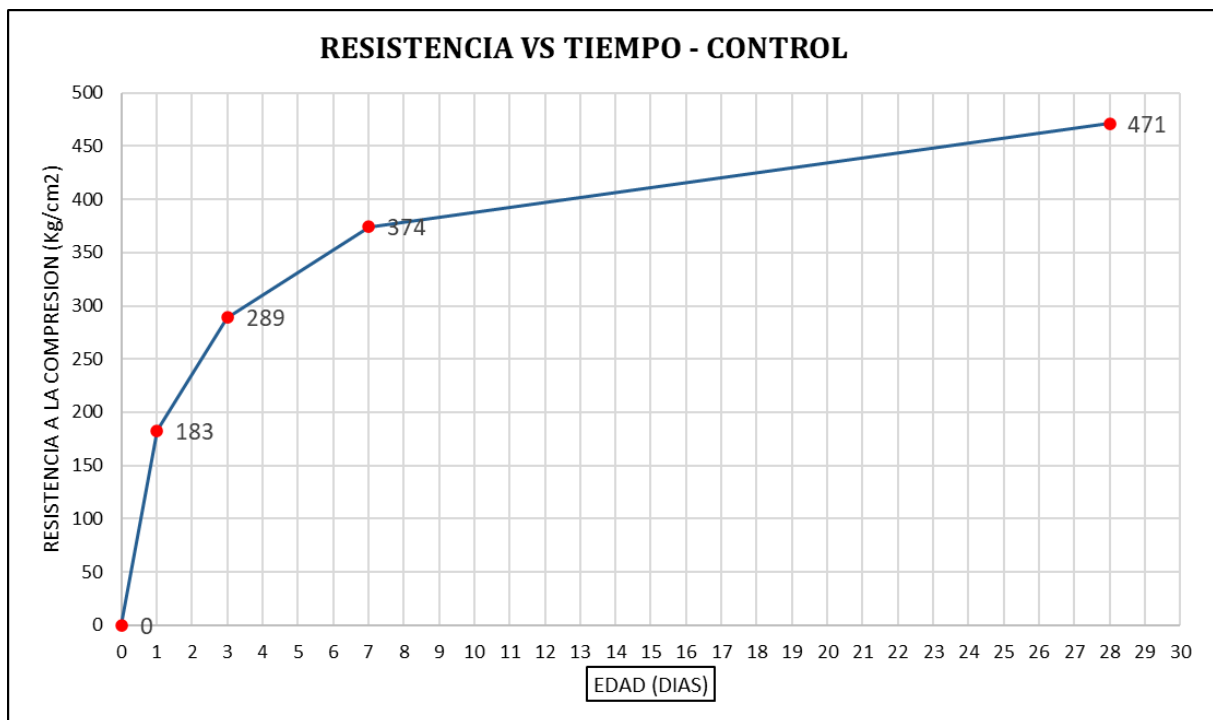
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DISEÑOS 2.20L - 3.20L

Diseño	2.20L	2.70L	3.20L
Temp. Concreto (°C)	20.7	22.3	20.9
Temp. Ambiente (°C)	22.1	25.2	24.4
Humedad Relativa	29.00%	25.00%	27.00%
Slump (Pulg.)	5 1/2"	6"	6 3/4"
peso concreto fresco (gr)	18600	18600	18540
Peso neto concreto fresco (gr)	16159	16159	16099
Peso Unitario (Kg/m³)	2308.43	2308.43	2299.86
Porcentaje de aire	2.40%	2.45%	2.60%

Ensayos de roturas a compresión

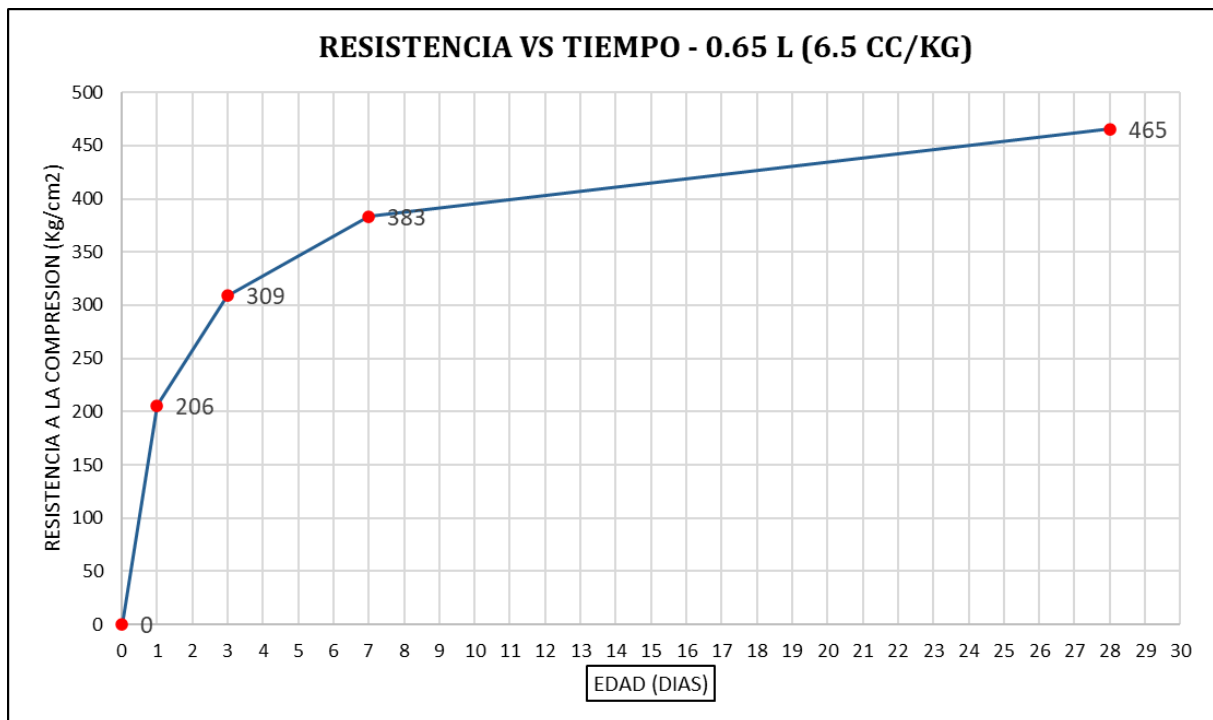


ROTURA DE PROBETAS - CODIGO CONTROL (Sin Acelerante)									
Nº	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	control	24 horas	9.84	76.05	13814	182	8	4.96	2.71
2			9.84	76.05	13637	179			
3			9.83	75.89	14246	188			
Resistencia Promedio a las 24 horas						183	Kg/cm2	39%	
4	control	3 dias	10.02	78.85	22654	287	10	5.96	2.06
5			9.83	75.89	22390	295			
6			10.01	78.70	22424	285			
Resistencia Promedio a los 3 dias						289	Kg/cm2	61%	
7	control	7 dias	10.06	79.49	30261	381	12	7.28	1.94
8			9.85	76.20	28504	374			
9			10.04	79.17	29165	368			
Resistencia Promedio a los 7 dias						374	Kg/cm2	79%	
10	control	28 dias	10.05	79.33	37813	477	12	6.85	1.45
11			10.04	79.17	37417	473			
12			10.05	79.33	36893	465			
Resistencia Promedio a los 28 dias						471	Kg/cm2	100%	



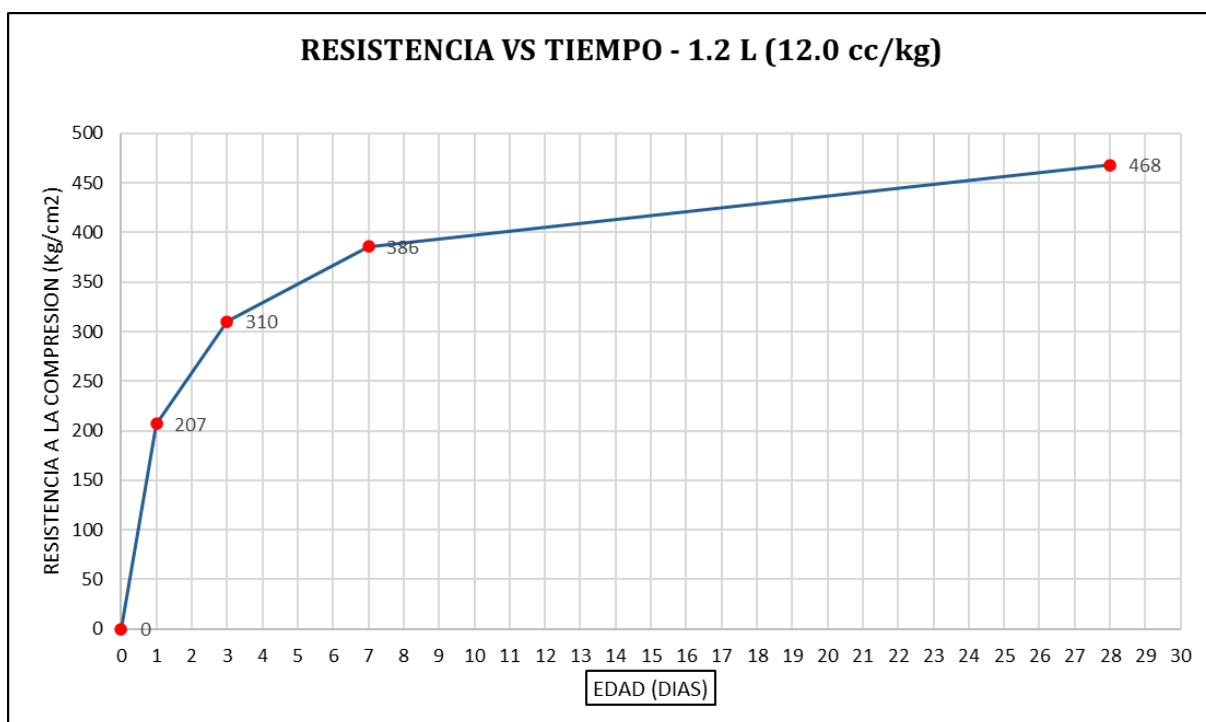


ROTURA DE PROBETAS - CODIGO 0.65 L (6.5 cc/kg de cemento)									
Nº	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	6.5 L	24 horas	9.84	76.05	15200	200	12	6.94	3.37
2			9.9	76.98	16290	212			
3			9.98	78.23	16137	206			
Resistencia Promedio a las 24 horas						206	Kg/cm2	44%	
4	6.5 L	3 dias	9.81	75.58	23129	306	7	3.87	1.25
5			9.82	75.74	23673	313			
6			9.84	76.05	23412	308			
Resistencia Promedio a los 3 dias						309	Kg/cm2	66%	
7	6.5 L	7 dias	9.84	76.05	28975	381	12	7.23	1.89
8			9.86	76.36	29818	391			
9			9.85	76.20	28825	378			
Resistencia Promedio a los 7 dias						383	Kg/cm2	82%	
10	6.5 L	28 dias	9.89	76.82	35647	464	16	9.72	2.09
11			10.01	78.70	36036	458			
12			9.93	77.44	36736	474			
Resistencia Promedio a los 28 dias						465	Kg/cm2	100%	



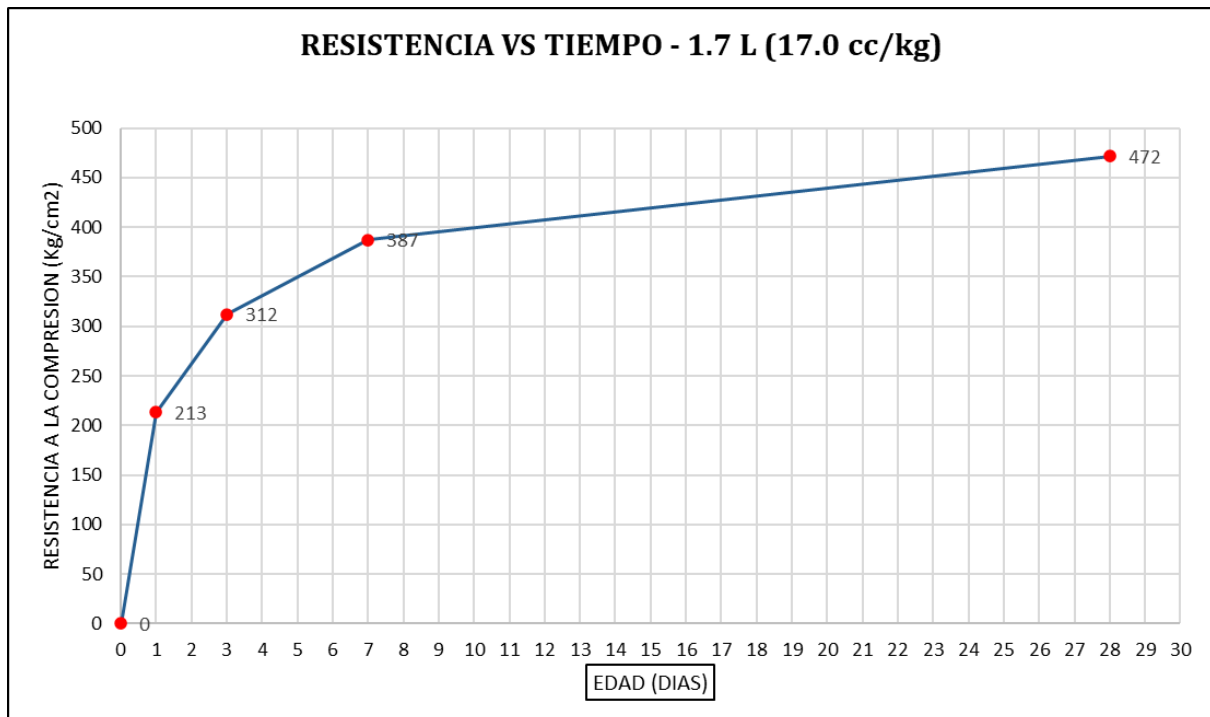


ROTURA DE PROBETAS - CODIGO 1.2 L (12.0 cc/kg de cemento)									
Nº	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	1.2 L	24 horas	9.83	75.89	15741	207	6	3.35	1.62
2			10	78.54	16481	210			
3			9.89	76.82	15685	204			
Resistencia Promedio a las 24 horas						207	Kg/cm2	44%	
4	1.2 L	3 dias	9.98	78.23	23952	306	6	3.82	1.23
5			10.04	79.17	24712	312			
6			9.84	76.05	23776	313			
Resistencia Promedio a los 3 dias						310	Kg/cm2	66%	
7	1.2 L	7 dias	9.85	76.20	29743	390	13	7.52	1.95
8			9.92	77.29	30075	389			
9			9.84	76.05	28715	378			
Resistencia Promedio a los 7 dias						386	Kg/cm2	82%	
10	1.2 L	28 dias	10.01	78.70	36739	467	9	5.21	1.11
11			9.84	76.05	35973	473			
12			9.97	78.07	36241	464			
Resistencia Promedio a los 28 dias						468	Kg/cm2	100%	





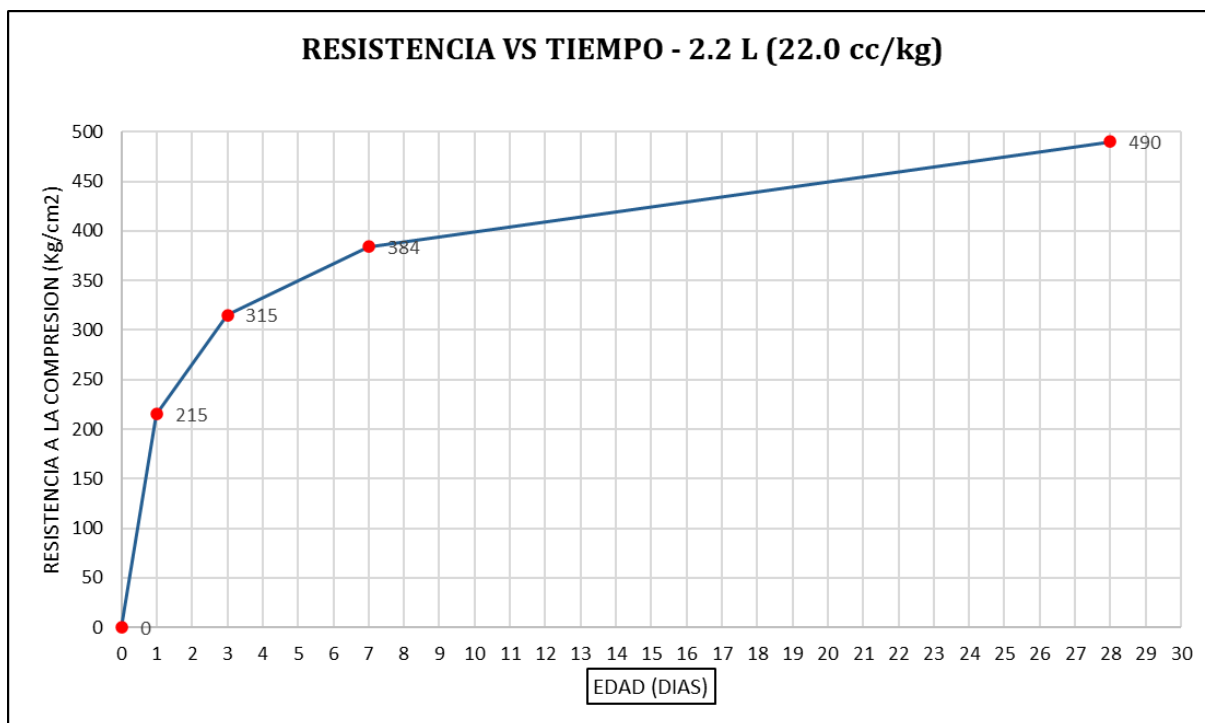
ROTURA DE PROBETAS - CODIGO 1.7 L (17.0 cc/kg de cemento)									
Nº	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	1.7 L	24 horas	10.05	79.33	16938	214	9	5.37	2.52
2			9.87	76.51	15949	208			
3			9.94	77.60	16881	218			
Resistencia Promedio a las 24 horas						213	Kg/cm2	45%	
4	1.7 L	3 dias	9.89	76.82	23543	306	13	7.59	2.43
5			9.85	76.20	24332	319			
6			10.04	79.17	24634	311			
Resistencia Promedio a los 3 dias						312	Kg/cm2	66%	
7	1.7 L	7 dias	10.04	79.17	31087	393	16	9.23	2.38
8			9.92	77.29	29141	377			
9			9.83	75.89	29713	392			
Resistencia Promedio a los 7 dias						387	Kg/cm2	82%	
10	1.7 L	28 dias	9.92	77.29	35863	464	13	7.82	1.66
11			9.96	77.91	36951	474			
12			9.87	76.51	36515	477			
Resistencia Promedio a los 28 dias						472	Kg/cm2	100%	





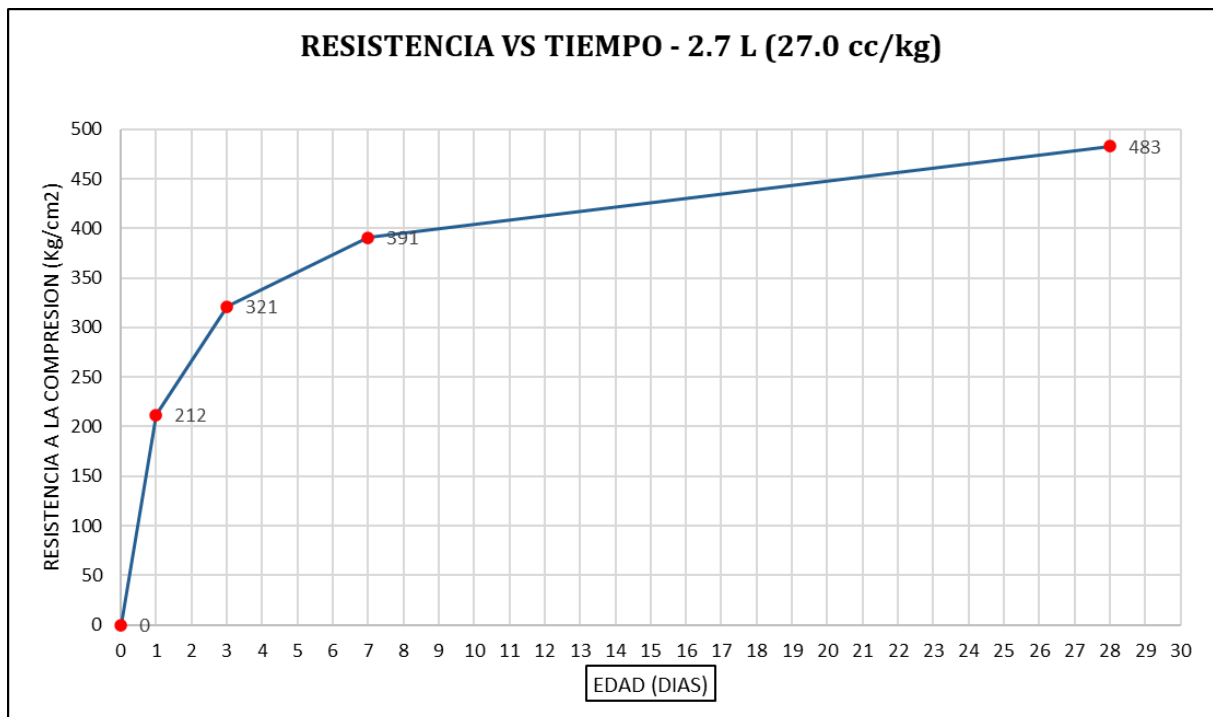
ROTURA DE PROBETAS - CODIGO 2.2 L (22.0 cc/kg de cemento)

Nº	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	2.2 L	24 horas	9.99	78.38	16630	212	6	3.74	1.74
2			10.02	78.85	17229	218			
3			10.03	79.01	16951	215			
Resistencia Promedio a las 24 horas						215	Kg/cm2	44%	
4	2.2 L	3 dias	9.84	76.05	24040	316	4	2.46	0.78
5			10.04	79.17	24737	312			
6			10.05	79.33	25117	317			
Resistencia Promedio a los 3 dias						315	Kg/cm2	64%	
7	2.2 L	7 dias	9.88	76.67	29868	390	11	6.73	1.75
8			9.94	77.60	29348	378			
9			10.04	79.17	30511	385			
Resistencia Promedio a los 7 dias						384	Kg/cm2	78%	
10	2.2 L	28 dias	10.01	78.70	37997	483	13	7.87	1.61
11			10.02	78.85	38780	492			
12			10.04	79.17	39280	496			
Resistencia Promedio a los 28 dias						490	Kg/cm2	100%	



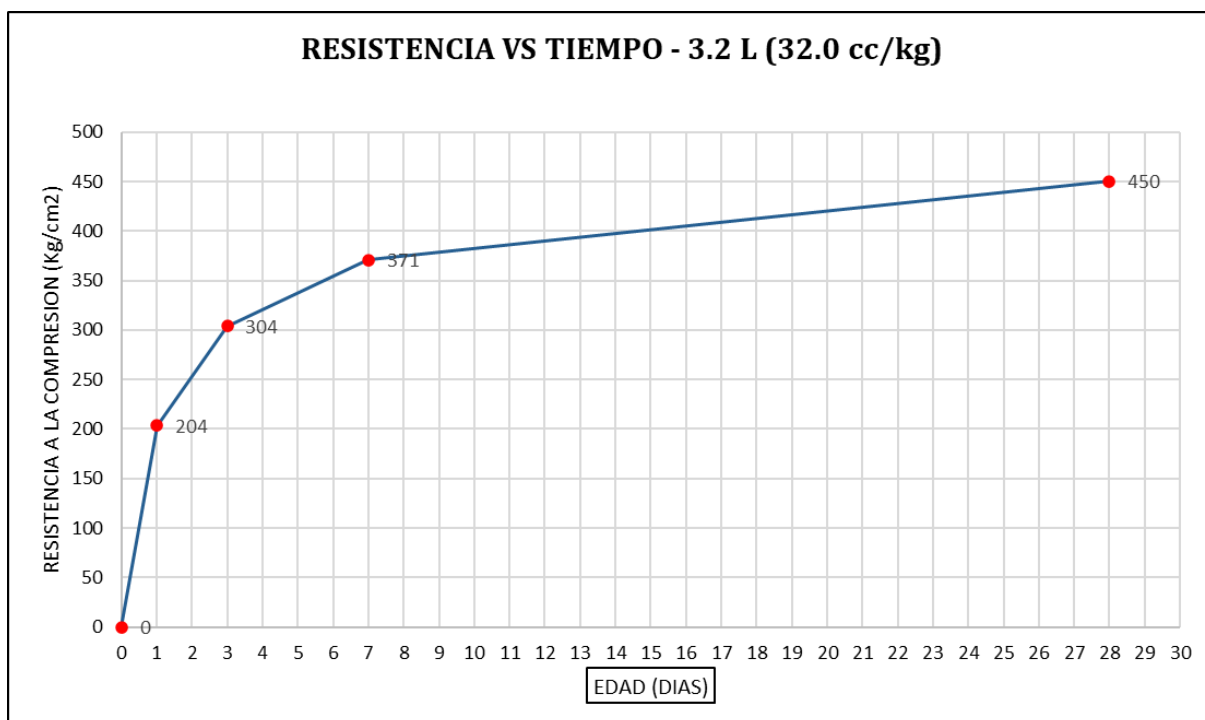


ROTURA DE PROBETAS - CODIGO 2.7 L (27.0 cc/kg de cemento)									
Nº	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	2.7 L	24 horas	9.84	76.05	15696	206	11	6.74	3.18
2			9.95	77.76	16936	218			
3			9.97	78.07	16516	212			
Resistencia Promedio a las 24 horas						212	Kg/cm2	44%	
4	2.7 L	3 dias	10.01	78.70	25238	321	5	3.15	0.98
5			9.98	78.23	24943	319			
6			9.84	76.05	24653	324			
Resistencia Promedio a los 3 dias						321	Kg/cm2	67%	
7	2.7 L	7 dias	10.04	79.17	30514	385	10	5.90	1.51
8			10.02	78.85	30860	391			
9			10.03	79.01	31243	395			
Resistencia Promedio a los 7 dias						391	Kg/cm2	81%	
10	2.7 L	28 dias	10.00	78.54	38399	489	10	6.18	1.28
11			10.04	79.17	38048	481			
12			9.95	77.76	37202	478			
Resistencia Promedio a los 28 dias						483	Kg/cm2	100%	





ROTURA DE PROBETAS - CODIGO 3.2 L (32.0 cc/kg de cemento)									
Nº	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	3.2 L	24 horas	10.00	78.54	15553	198	9	5.56	2.73
2			9.83	75.89	15743	207			
3			10.03	79.01	16241	206			
Resistencia Promedio a las 24 horas						204	Kg/cm2	45%	
4	3.2 L	3 dias	10.00	78.54	23823	303	9	5.07	1.67
5			9.85	76.20	23511	309			
6			9.84	76.05	22810	300			
Resistencia Promedio a los 3 dias						304	Kg/cm2	67%	
7	3.2 L	7 dias	9.84	76.05	27753	365	12	7.11	1.92
8			9.85	76.20	28727	377			
9			10.01	78.70	29158	371			
Resistencia Promedio a los 7 dias						371	Kg/cm2	82%	
10	3.2 L	28 dias	9.88	76.67	34914	455	11	6.34	1.41
11			9.95	77.76	34576	445			
12			10.03	79.01	35640	451			
Resistencia Promedio a los 28 dias						450	Kg/cm2	100%	





ANEXO D – Ensayos concreto fresco y endurecido Master X-Seed 100

PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DISEÑOS 2L - 4L

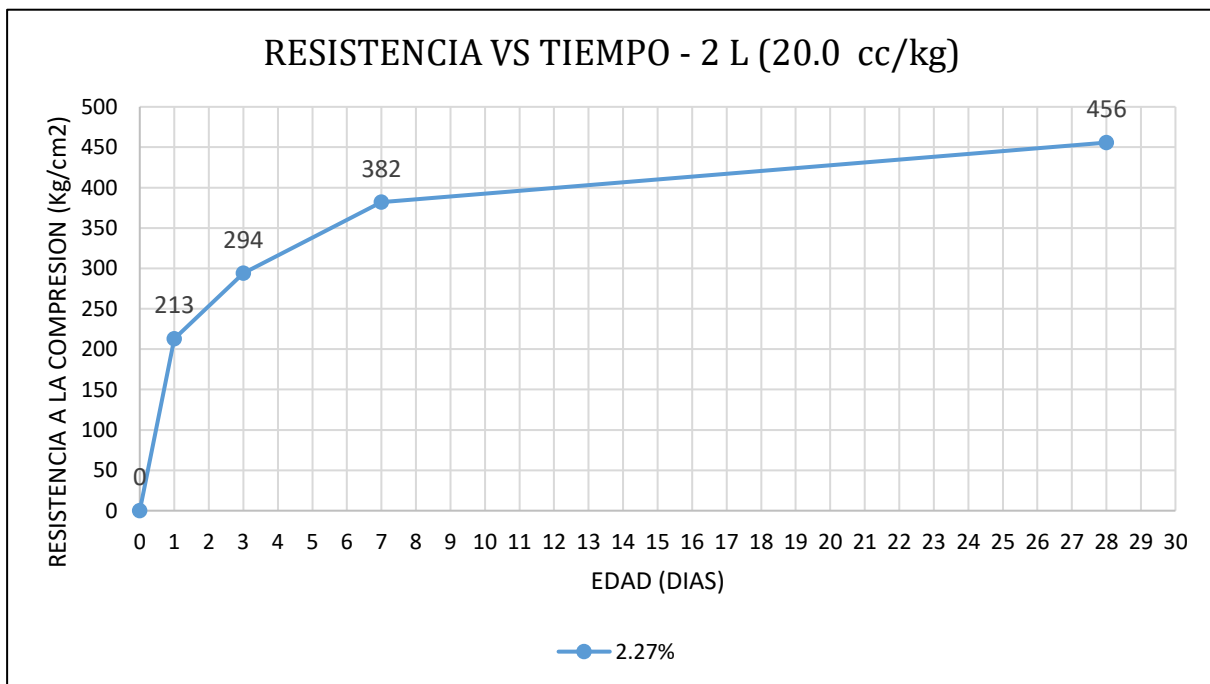
Peso olla Washington	2.441	Kg
Volumen olla Washington	7.00	lt

Diseño	2L	3L	4L
Temp. Concreto (°C)	21.3	18.2	20.5
Temp. Ambiente (°C)	22.6	21.9	23.1
Humedad Relativa	28.50%	29.50%	30.10%
Slump (Pulg.)	5 1/4"	6"	7 1/4"
Peso concreto fresco (gr)	18640	18620	18650
Peso neto concreto fresco (gr)	16199	16179	16209
Peso Unitario (Kg/m³)	2314.14	2311.29	2315.57
Porcentaje de aire	1.95%	2.00%	2.10%



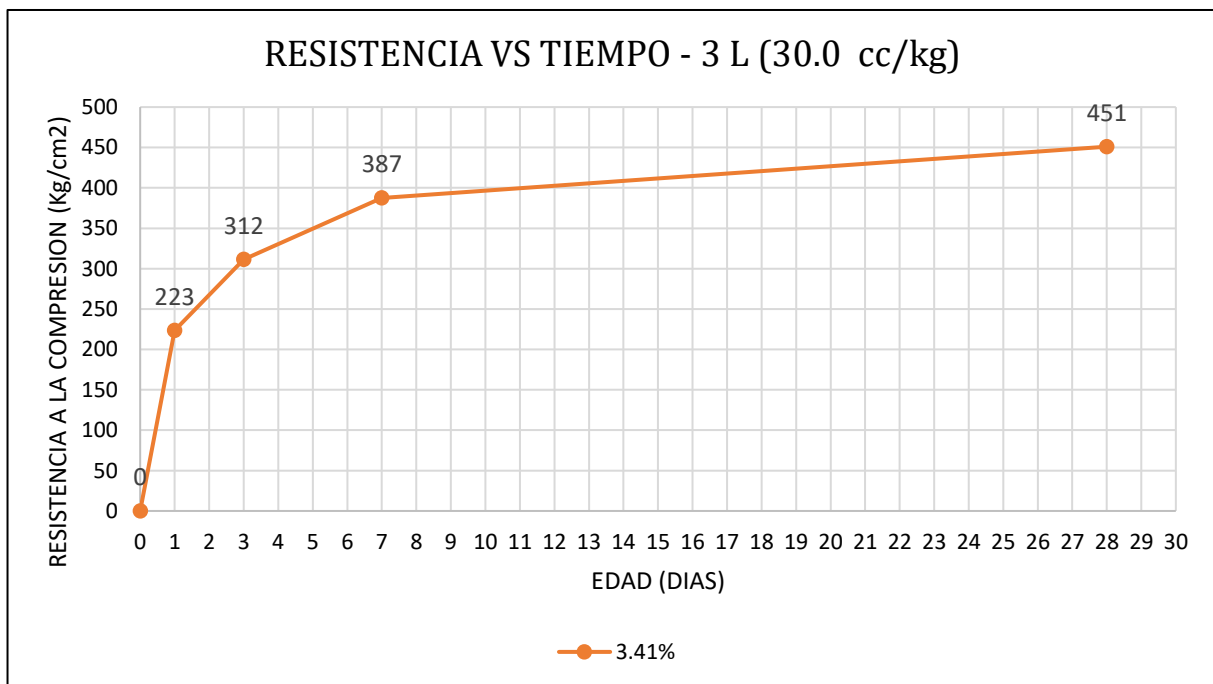
Rotura de probetas

ROTURA DE PROBETAS - CODIGO 2 L (20.0 cc/kg de cemento)										
Nº	-	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	2L	2L	24 horas	9.91	77.13	15922	206	13	6.28	2.95
2				9.93	77.44	16454	212			
3				9.94	77.60	16993	219			
Resistencia Promedio a las 24 horas							213	Kg/cm2	47%	
4	2L	2L	3 dias	9.85	76.20	22106	290	9	4.75	1.62
5				9.88	76.67	22426	293			
6				9.84	76.05	22758	299			
Resistencia Promedio a los 3 dias							294	Kg/cm2	65%	
7	2L	2L	7 dias	9.83	75.89	29139	384	15	7.72	2.02
8				9.93	77.44	28911	373			
9				9.95	77.76	30194	388			
Resistencia Promedio a los 7 dias							382	Kg/cm2	84%	
10	2L	2L	28 dias	9.85	76.20	34484	453	11	6.31	1.38
11				9.94	77.60	35928	463			
12				9.92	77.29	34907	452			
Resistencia Promedio a los 28 dias							456	Kg/cm2	100%	



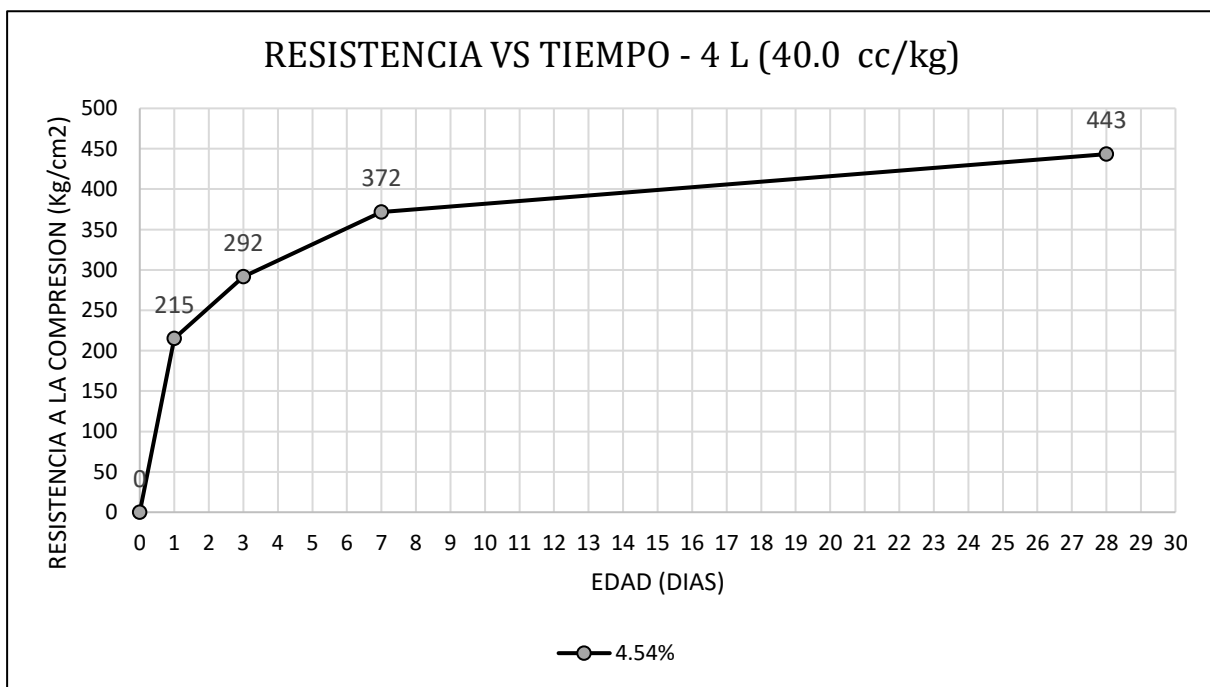


ROTURA DE PROBETAS - CODIGO 3 L (30.0 cc/kg de cemento)										
Nº	-	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coficiente de Variacion
1	3L	3L	24 horas	9.87	76.51	17567	230	10	5.72	2.56
2				9.91	77.13	17022	221			
3				9.85	76.20	16758	220			
Resistencia Promedio a las 24 horas							223	Kg/cm2	50%	
4	3L	3L	3 dias	9.85	76.20	23612	310	7	4.04	1.30
5				9.95	77.76	24024	309			
6				9.89	76.82	24260	316			
Resistencia Promedio a los 3 dias							312	Kg/cm2	69%	
7	3L	3L	7 dias	9.84	76.05	29368	386	17	9.92	2.56
8				9.85	76.20	30209	396			
9				9.84	76.05	28870	380			
Resistencia Promedio a los 7 dias							387	Kg/cm2	86%	
10	3L	3L	28 dias	9.84	76.05	33941	446	10	6.03	1.34
11				9.86	76.36	34858	457			
12				9.85	76.20	34305	450			
Resistencia Promedio a los 28 dias							451	Kg/cm2	100%	





ROTURA DE PROBETAS - CODIGO 4 L (40.0 cc/kg de cemento)										
Nº	-	CODIGO DISEÑO	Edad	Diametr o cm	Area cm2	Carga max. kgf	Resistencia kg/cm2	Rango Kg/cm2	Desviacion Estandar Kg/cm2	Coefficiente de Variacion
1	4L	4L	24 horas	9.88	76.67	16907	221	13	7.54	3.50
2				9.86	76.36	16659	218			
3				9.87	76.51	15896	208			
Resistencia Promedio a las 24 horas							215		Kg/cm2	49%
4	4L	4L	3 dias	9.89	76.82	21967	286	11	6.62	2.27
5				9.87	76.51	22303	291			
6				9.98	78.23	23245	297			
Resistencia Promedio a los 3 dias							292		Kg/cm2	66%
7	4L	4L	7 dias	9.85	76.20	28037	368	6	3.73	1.00
8				9.84	76.05	28339	373			
9				9.99	78.38	29334	374			
Resistencia Promedio a los 7 dias							372		Kg/cm2	84%
10	4L	4L	28 dias	9.95	77.76	34088	438	11	6.50	1.47
11				9.84	76.05	34175	449			
12				9.89	76.82	33979	442			
Resistencia Promedio a los 28 dias							443		Kg/cm2	100%



**ANEXO E – Diseño de mezclas de los diseños definitivos****Diseños sin acelerante****1.- CARACTERISTICAS DEL CONCRETO**

Descr. Téc. Concreto	280R3D	420R3D	420R7D	280R7D	420R24H	280R24H
a/c	0.55	0.45	0.5	0.6	0.38	0.48
F C (kg)	330	400	360	310	485	380
a/c	0.55	0.45	0.5	0.6	0.38	0.48
rf	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.54
Cemento Tipo HE (Kg)	330	400	360	310	485	380
Agua (lts)	182	180	180	186	184	182
Master Set R770 I	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
MasterGlenium 3800	0.95%	1.05%	1.00%	0.90%	1.05%	1.00%
% de aire atrapado	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
MC	4.64	4.64	4.64	4.64	4.68	4.64

3.- DISEÑO C/AG, "SSS"

Descr. Téc. Concreto	280R3D	420R3D	420R7D	280R7D	420R24H	280R24H
Cemento Tipo HE (Kg)	330	400	360	310	485	380
Agua (lts)	182	180	180	186	184	182
Arena (Kg)	970	936	957	974	871	943
Piedra 3/4" Huso 67 (kg)	823	795	812	827	769	801
Master Set R770 I (kg)	0.33	0.4	0.36	0.31	0.485	0.38
MasterGlenium 3800 (kg)	3.14	4.20	3.60	2.79	5.09	3.80
Peso Total	2308.4	2315.8	2313.0	2299.7	2315.2	2310.6

2.- VOLUMENES ABSOLUTOS

Descr. Téc. Concreto	280R3D	420R3D	420R7D	280R7D	420R24H	280R24H
Cemento Tipo HE	0.1138	0.1379	0.1241	0.1069	0.1672	0.1310
Agua	0.1815	0.1800	0.1800	0.1860	0.1843	0.1824
Arena	0.3680	0.3553	0.3630	0.3695	0.3304	0.3579
Piedra 3/4"	0.3135	0.3026	0.3092	0.3148	0.2930	0.3049
Master Set R770 I	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003
MasterGlenium 3800	0.0029	0.0038	0.0033	0.0025	0.0046	0.0035
% de aire atrapado	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200
TOTAL VOL.	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

4.- CORRECCION POR HUMEDAD

Descr. Téc. Concreto	280R3D	420R3D	420R7D	280R7D	420R24H	280R24H
Cemento Tipo HE (Kg)	330	400	360	310	485	380
Agua (lts)	198	196	197	203	200	199
Arena (Kg)	965	932	952	969	867	939
Piedra 3/4" Huso 67 (kg)	811	783	800	814	758	789
Master Set R770 I (kg)	0.33	0.4	0.36	0.31	0.485	0.38
MasterGlenium 3800 (kg)	3.135	4.200	3.600	2.790	5.093	3.800
Peso Total	2308.4	2315.8	2313.0	2299.7	2315.2	2310.6

**Diseños con acelerante****1.- CARACTERISTICAS DEL CONCRETO**

Descr. Téc. Concreto	280R3D-AC	420R3D-AC	420R7D-AC	280R7D-AC	420R24H-AC	280R24H-AC
a/c	0.56	0.47	0.51	0.61	0.4	0.5
F C (kg)	320	380	350	302	448	360
a/c	0.56	0.47	0.51	0.61	0.4	0.5
rf	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Cemento Tipo HE (Kg)	320	380	350	302	448	360
Agua (lts)	179	179	179	184	179	180
MasterSet ACE534	0.91%	0.91%	0.91%	0.91%	0.91%	0.91%
Master Set R770 I	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
MasterGlenium 3800	0.95%	1.05%	1.00%	0.90%	1.05%	1.00%
% de aire atrapado	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
MC	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64

3.- DISEÑO C/AG, "SSS"

Descr. Téc. Concreto	280R3D-AC	420R3D-AC	420R7D-AC	280R7D-AC	420R24H-AC	280R24H-AC
Cemento Tipo HE (Kg)	320	380	350	302	448	360
Agua (lts)	179	179	179	184	179	180
Arena (Kg)	975	944	960	977	908	953
Piedra 3/4" Huso 67 (Kg)	827	801	815	829	771	809
MasterSet ACE534 (Kg)	2.91	3.46	3.19	2.75	4.08	3.28
Master Set R770 I (Kg)	0.32	0.38	0.35	0.302	0.448	0.36
MasterGlenium 3800 (Kg)	3.04	3.99	3.50	2.72	4.70	3.60
Peso Total	2307.6	2312.0	2310.4	2298.4	2315.4	2308.6

2.- VOLUMENES ABSOLUTOS

Descr. Téc. Concreto	280R3D-AC	420R3D-AC	420R7D-AC	280R7D-AC	420R24H-AC	280R24H-AC
Cemento Tipo HE	0.1103	0.1310	0.1207	0.1041	0.1545	0.1241
Agua	0.1792	0.1786	0.1785	0.1842	0.1792	0.1800
Arena	0.3698	0.3582	0.3642	0.3707	0.3445	0.3615
Piedra 3/4"	0.3150	0.3051	0.3103	0.3158	0.2935	0.3079
MasterSet ACE534	0.0026	0.0030	0.0028	0.0024	0.0036	0.0029
Master Set R770 I	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003
MasterGlenium 3800	0.0028	0.0036	0.0032	0.0025	0.0043	0.0033
% de aire atrapado	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200	0.0200
TOTAL VOL.	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

4.- CORRECCION POR HUMEDAD

Descr. Téc. Concreto	280R3D-AC	420R3D-AC	420R7D-AC	280R7D-AC	420R24H-AC	280R24H-AC
Cemento Tipo HE (Kg)	320	380	350	302	448	360
Agua (lts)	142	143	142	147	145	144
Arena (Kg)	1015	983	1000	1018	946	992
Piedra 3/4" Huso 67 (Kg)	824	798	811	826	767	805
MasterSet ACE534 (Kg)	2.91	3.46	3.19	2.75	4.08	3.28
Master Set R770 I (Kg)	0.32	0.38	0.35	0.302	0.448	0.36
MasterGlenium 3800 (Kg)	3.040	3.990	3.500	2.718	4.704	3.600
Peso Total	2307.6	2312.0	2310.4	2298.4	2315.4	2308.6

ANEXO F – Fichas Técnicas



We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

Aditivo reductor de agua de alto rango para concreto

DESCRIPCIÓN:

MasterGlenium SCC 3800 es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato. Esta tecnología combina un diseño molecular de vanguardia para lograr un valor excepcional y preciso en todas las fases del proceso de construcción del concreto.

El aditivo MasterGlenium SCC 3800 es muy efectivo en la producción de mezclas de concreto con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieran el uso de concreto auto compactante (SCC). El uso del aditivo MasterGlenium SCC 3800 proporciona características de fraguado más rápidas como asimismo mejora la resistencia a la compresión inicial.

MasterGlenium SCC 3800 cumple con los requisitos de la norma provisional ASTM C494 /C494 M para aditivos Tipo A, (reductores de agua), y tipo F (reductores de agua de alto rango).

USOS RECOMENDADOS:

- ✓ Concretos que requieren una reducción de agua entre 5 a 40%.
- ✓ Aplicaciones donde el control de manejabilidad y tiempos de fraguado sea crítico.
- Concretos que requieren una fluidez elevada, mayor estabilidad, alta resistencia inicial y final y durabilidad.

(prefabricados, reparaciones de pavimentos de fast-track).

- ✓ Fabricación de mezclas de concreto Rheodinámico y auto compactante (SCC).

CARACTERÍSTICAS:

- Excelente desarrollo de resistencia inicial.
- Adecuado control de fraguado.
- ✓ Optimiza la relación de retención de asentamiento / fraguado.
- Mantiene el aire incorporado consistente.
- ✓ Flexibilidad en la dosificación.

VENTAJAS:

- Menor contenido de agua para una determinada manejabilidad.
- ✓ Rheología controlada.
- Desarrollo de resistencias iniciales altas.
- ✓ Produce concretos cohesivos y sin segregación.
- Incrementa la productividad de las operaciones de prefabricados.
- ✓ Desencofrado más rápido debido al desarrollo acelerado de resistencia temprana.
- ✓ Reduce costos de mano de obra en acabado debido a la optimización de los tiempos de fraguado.
- Minimiza la necesidad de ajuste de asentamiento en la obra.
- ✓ Disminución del concreto rechazado.
- Optimiza el costo de las mezclas de concreto.

MASTER®
» BUILDERS
SOLUTIONS



We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO:

Datos de la mezcla

El concreto producido con el aditivo MasterGlenium SCC 3800 alcanza significativamente mayor resistencia en edad temprana que los aditivos reductores de agua de alto rango base poliacrilatos de la primera generación.

MasterGlenium SCC 3800 también permite la obtención de un equilibrio perfecto entre retención de manejabilidad y ciertas características de fraguado que proporcionan la eficiencia en la colocación y acabado del concreto.

APLICACIÓN:

Dosificación:

La dosis que se recomienda usar de MasterGlenium SCC 3800 está en el rango de 800 a 1500 ml/100 kg de cementante. Es posible que sea necesario cambiar la dosificación debido a las variaciones en los materiales de concreto y de las condiciones y/o aplicaciones en la obra. En tales casos, contacte a su representante local de BASF.

Mezclado:

El aditivo MasterGlenium SCC 3800, deben adicionarse luego de la tanda inicial de agua y de otros aditivos, de ser el caso.

ALMACENAMIENTO:

Temperatura de almacenamiento:

MasterGlenium SCC 3800 debe almacenarse a temperaturas superiores a los 5°C (40°F). Si MasterGlenium SCC 3800 llega a congelarse, descongele y reconstituya por agitación mecánica.

Vida de almacén:

MasterGlenium SCC 3800 tiene una vida útil mínima de 12 meses, la misma que puede prolongarse dependiendo de las condiciones de almacenamiento. En todos los casos el producto deberá ser homogenizado antes de ser usado. Por favor contacte a su representante de BASF en relación al mejor uso y dosificación si el aditivo almacenado excede el tiempo de validez indicado en el envase.

EMPAQUE

MasterGlenium SCC 3800 se suministra en cilindros de 208 l (55 gal).

Documentos relacionados

Hoja de Seguridad del Material (MSDS) MasterGlenium SCC 3800.

Información adicional

En caso se observe alguna separación de fases en la superficie, esta es normal y no afecta el performance del producto. Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo





We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte al representante local de BASF.

BASF Construction Chemicals es líder en el suministro de aditivos innovadores para concreto de especialidad usado en los mercados

de premezclado, prefabricados, productos manufacturados de concreto, construcción subterránea y pavimentos. Los productos de la respetada marca BASF se usan para mejorar la colocación, bombeabilidad, acabado, estética y características de desempeño del concreto.

CONTACTO

BASF Química Colombia S.A.
Calle 99 # 69C - 32
Bogotá, D.C. Colombia
Tel: +57 1 632 20 99
www.basf-cc.com.co

BASF Venezolana S.A.
Edif. Torreón, Piso 4, Of. 4B
Av. Venezuela con calle la Guirita,
Urb. Las Mercedes, Caracas, Venezuela
Tel: + 58 212 968 6711
www.basf-cc.com.ve

BASF Ecuatoriana S.A.
Av. Naciones Unidas 1014
y Av. Amazonas Edif. La Previsora
Torre A Piso 2, Quito, Ecuador
Tel: + 593 2397 9600
www.basf-cc.com.ec

BASF A3
Avenida das Nações Unidas,
14.171, Morumbi
04794-000 São Paulo - SP, Brasil
Tel: +55 11 2718 6607
www.basf-cc.com.br

BASF Construction Chemicals Ltda.
Rio Palena 9665
Núcleo Empresarial ENEA
Santiago de Chile, Chile
Tel: +56-2 2799 4300
www.basf-cc.cl

BASF Construction Chemicals Perú S.A.
Jr. Plácido Jiménez N° 630
Lima 1, Perú
Tel: +51-1 219 0630
www.basf-cc.com.pe

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM



We create chemistry

MasterSet AC 534

Antes POZZOLITH NC 534

Aditivo acelerante patentado sin cloruros para usarse en un amplio rango de temperaturas

USOS RECOMENDADOS

- Concreto reforzado, prefabricado, bombeado, fluido, peso ligero o normal y shotcrete vía húmeda
- Concreto colocado en sistemas de pisos y techos de acero galvanizado que se dejan en la obra.
- Concreto pretensado
- Construcción de concreto de primera línea
- Concreto expuesto a iones cloruro
- Con concreto 4x4™

DESCRIPCION

MasterSet AC 534 es un aditivo líquido, patentado y listo para usarse formulado para acelerar el tiempo de fraguado e incrementar las resistencias iniciales del concreto en climas fríos. No contiene cloruro de calcio.

VENTAJAS

- Cumple con la especificación ASTM C 494 para aditivos acelerante tipo C
- Acelera el tiempo de fraguado en un amplio rango de temperaturas
- Mayor resistencia inicial a compresión y

flexión

- Permite el acabado de losas en menor tiempo reduciendo costos de mano de obra
- Reduce costos de colocación de concreto en la obra
- Reduce o elimina el tiempo de calentamiento y protección en clima frío
- Desmoldado y reutilización de encofrados en menor tiempo.
- Características de terminado superiores para superficies planas y encofradas

DATOS TECNICOS

Datos de la Mezcla MasterSet AC 534

Cemento Tipo I, kg/m ³ (lb/yd ³)	289(453)
Asentamiento, mm (in)	75-100(3-4)
Contenido de sal, %	Concreto sin sal agregado

Tiempo de fraguado vs. dosificación

Temperatura concreto	23°C (74°F)
Temperatura ambiente	10-24°C (50-75°F)

Tiempo de fraguado (1)

Mezcla, 10°C (50°F)	Fraguado Inicial Hr:Min	Diferencia Hr:Min
Normal	13:44	-
MasterSet AC 534		
1300ml/100kg (20oz/100lb)	7:11	-6:33
2800ml/100kg (40oz/100lb)	6:05	-7:39
Mezcla 24°C (76°F)	Fraguado Inicial	Diferencia Hr: Min
Hr:Min		
Normal	8:18	-
MasterSet AC 534		
1300ml/100kg (20oz/100lb)	4:59	-3:19
2800ml/100kg (40oz/100lb)	4:18	-4:00

MasterGlenium® SCC 3000

Antes GLENUM 3000/30



We create chemistry

MasterSet AC 534

Antes POZZOLITH NC 534

APLICACION

Dosificación

El rango de dosificación del MasterSet AC 534 es de 0.65-2.0 l/100 kg (10-45 oz fl/100 lb) de cemento para la mayoría de las mezclas de concreto que usan ingredientes ordinarios de concreto. Debido a las variaciones en las condiciones de la obra y de los materiales de concreto, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados. En tales casos, contacte al representante local de BASF.

Para mezclas de concreto especiales como las del Concreto 4x4™, se pueden requerir dosificaciones de hasta 6.5 l/100 kg (100 fl oz/cwt).

RECOMENDACIONES

Corrosividad

No corrosivo, no contiene cloruros

MasterSet AC 534 no iniciará o promoverá la corrosión del acero reforzado en el concreto.

Compatibilidad

MasterSet AC 534 puede utilizarse en combinación con cualquier otro aditivo de BASF Construction Chemicals. Cuando se usa con otros aditivos, cada aditivo deberá vaciarse a la mezcla en forma separada.

Temperatura

Almacene a una temperatura de -15°C (5°F) o mayor. Si se llega a congelar el aditivo MasterSet AC 534, eleve a una temperatura de 2°C (35°F) o mayor y reconstituya el producto por completo con una agitación mecánica ligera. No use aire presurizado para agitar.

ALMACENAMIENTO

MasterSet AC 534 tiene una vida útil de 18 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.

EMPAQUE

MasterSet AC 534 se suministra en tambores de 208 l (55 gal), en tanques de 1018 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 al representante local de BASF Construction Chemicals.





We create chemistry

MasterSet R 770I

Antes: POLYHEED SP,SY,VE

Aditivo retardante inicial y reductor de agua de rango medio

USOS RECOMENDADOS

MasterSet R 770I se recomienda en todo concreto que requiera extender el fraguado inicial, la trabajabilidad y para acabados superiores.

DESCRIPCION

MasterSet R 770I es un aditivo retardante inicial, reductor de agua de medio rango, multicomponente y libre de cloruros formulado para producir:

- Una reducción de agua de medio rango (5 a 15%) y un excelente desempeño a través de un rango de asentamiento de 75 a 115 mm en concreto.
- Aumenta el tiempo de fraguado del concreto a lo largo del rango de dosificación recomendado.
- Mejor calidad en trabajabilidad, bombeabilidad y acabado en mezclas que contengan filler calizo.
- Desarrollo de resistencias comparables con los aditivos reductores y retardantes en todas las edades.
- MasterSet R770I cumple con los requisitos de la norma ASTM C494 para aditivos retardantes Tipo B y reductores de agua y retardantes Tipo D, específicamente:
 - Reduce el contenido de agua para el asentamiento recomendado
- Reducción de contracciones en estado plástico
- Incremento en el desarrollo de las resistencias a la compresión y a la flexión en todas las edades.

VENTAJAS

MasterSet R 770I ayuda a la producción de un concreto de calidad proporcionando las siguientes ventajas:

- Trabajabilidad y bombeabilidad superior en aplicaciones en clima caluroso
- Reduce la segregación MasterSet R 770I resulta efectivo ya sea como un aditivo único o como parte de un sistema de aditivos de BASF Construction Chemicals.

DATOS TECNICOS

Aspecto físico:
Líquido homogéneo

Color:
Marrón

Densidad Nominal: 1.12

DOSIFICACION

Se recomienda dosificar al aditivo MasterSet R770I en un rango de 400 mL a 560 mL por cada 100 kg de material cementante, en la mayoría de las mezclas de concreto para clima caluroso.

En caso que la temperatura ambiente sea inferior a los 15°C deberá tomarse las precauciones necesarias para proteger el concreto ya que pueden presentarse tiempos de fraguas iniciales y finales muy prolongados.





We create chemistry

MasterSet R 770I

Antes: POLYHEED SP,SY,VE

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO

Parámetro	Resultado
Tiempo de fragua inicial ¹	4.5 horas
Tiempo de fragua final ¹	6.0 horas
Resistencia a la compresión 7 días	231 kg/cm ²
Resistencia a la compresión 28 días	298 kg/cm ²

¹ Dosis: 400 mL por cada 100 kg de material cementante.

Note: Los datos corresponden a una mezcla con 240 kg de cemento Tipo I y 46 kg de filler calizo por m³, asentamiento de 108 mm, sin aire incluido y temperatura promedio del concreto en 28°C. Los datos indicados están basados en pruebas controladas de laboratorio. Se pueden esperar variaciones con respecto a estos resultados por las condiciones de la obra y de los materiales.

ENVASE

MasterSet R 770I se suministra en tambores de 208 litros y a granel.

PRECAUCION

Si el aditivo MasterSet R 770I se congela, llévese a una temperatura de 2°C o más y agítese hasta que esté completamente reconstituido.

ALMACENAJE

En los contenedores originales bien cerrados y en condiciones adecuadas de almacenaje el producto tiene una vigencia de 12 meses.





We create chemistry

MasterX-Seed 100

Antes: X-SEED 100

Agente activador de la hidratación del cemento para potenciar el desarrollo de resistencias iniciales y finales del hormigón y para proteger el hormigón frente a la corrosión.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

MasterX-Seed 100 es una suspensión de nanopartículas de CSH que actúan como núcleo de cristalización facilitando la formación acelerada de gel CSH en la solución.

MasterX-Seed 100 ha sido especialmente diseñado para potenciar el proceso de hidratación del cemento a edades tempranas (6-12h).

MasterX-Seed 100 favorece la consecución de resistencias iniciales del hormigón a cualquier temperatura incluso con curado térmico.

Contrariamente a los acelerantes tradicionales, su tecnología única que permite el desarrollo de cristales entre las partículas de cemento, el desarrollo de resistencias iniciales es mejorado sin afectar a las resistencias finales o incluso mejorándolas y construyendo una microestructura más cerrada que favorece la durabilidad del hormigón.

MasterX-Seed 100 aporta simultáneamente un efecto inhibidor de corrosión que protege las estructuras de hormigón armado contra el ataque por cloruros u otros agentes agresivos que actúan como promotores de la oxidación de las armaduras



La propuesta de valor de MasterX-Seed 100 se puede resumir en varios puntos:

- Proceso eficiente
- Reducción de la energía consumida
- Optimización de materiales
- Alta calidad del hormigón fabricado

La aportación de MasterX-Seed 100 se dirige a cubrir algunos de los requerimientos clave de la industria del hormigón contribuyendo a su mejora. En particular, MasterX-Seed 100 ha sido desarrollado para aportar mejoras productivas, reducir la energía necesaria en el proceso, mejorar la calidad-durabilidad de las piezas de hormigón y hacer una construcción más sostenible.

CAMPO DE APLICACIÓN

MasterX-Seed 100 está recomendado para cualquier tipo de hormigón y especialmente para elementos estructurales donde se precisen muy altas resistencias iniciales. MasterX-Seed 100 es una alternativa a los métodos tradicionales de curado y destaca por sus prestaciones con temperaturas muy bajas y cementos con poco clinker y baja clase resistente.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

MasterX-Seed 100 ofrece los siguientes beneficios:

Muy altas resistencias iniciales a cualquier temperatura incluso con curado térmico.

Flexibilidad en la capacidad de producción y optimización de fábrica.

Incrementa los ciclos de producción (posibilidad de doblar producción).

Mayor rendimiento de los encofrados por mayor rotación.

Reducción/eliminación del curado térmico.

Eliminación del coste de instalaciones de curado y su mantenimiento.

Permite usar la cantidad mínima de cemento necesaria.

Permite el uso de cementos con menor cantidad de clinker y menor clase resistente así como el uso de adiciones.

Actúa como inhibidor de corrosión, incrementando la durabilidad de la estructura.

MODO DE UTILIZACIÓN

MasterX-Seed 100 es un aditivo líquido listo para ser utilizado. Se añade al hormigón durante el proceso de mezcla, respetando un tiempo de mezclado mínimo para asegurar su dispersión homogénea.

MASTER®
» BUILDERS
SOLUTIONS



We create chemistry

DOSIFICACIÓN

La dosificación recomendada es de 2 a 4 litros por 100 kg de cemento.

Dosificaciones diferentes a las recomendadas son posibles con ensayos previos que justifiquen su buen rendimiento.

Se recomienda en cada caso realizar los ensayos oportunos para determinar la dosificación óptima.

COMPATIBILIDAD

MasterX-Seed 100 es compatible con todas las tecnologías principales de BASF, en particular con:

Gama MasterGlenium de superplastificantes.

Agente modificador de la viscosidad MasterMatrix para aumentar la robustez en hormigón autocompactante.

Gama MasterFinish desencofrantes para facilitar el desmoldeo y mejorar los acabados superficiales.

PRESENTACIÓN

Se suministra en garrafas de 25 Kg, en contenedores de 1150 kg y a granel en cisterna.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO/ TIEMPO DE CONSERVACIÓN

Almacenar en lugar fresco y seco, con temperaturas superiores a 5° C. Evitar su congelación. Si se congela, podrá reconstituirse mediante agitación mecánica suave.

En caso de almacenamiento prolongado, se aconseja agitar el producto antes de su uso, a fin de homogeneizar el producto.

En estas condiciones puede almacenarse hasta 6 meses en sus envases originales cerrados.

MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE

Para su manipulación deberán observarse las medidas preventivas usuales para el manejo de productos químicos, por ejemplo usar gafas y guantes. Lavarse las manos antes de una pausa y al término del trabajo. No comer, beber y fumar durante la aplicación.

La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final.

Para más información, consultar la Hoja de seguridad del producto.

HAY QUE TENER EN CUENTA

Es imprescindible la realización de ensayos previos a la utilización del producto.

No emplear dosificaciones inferiores ni superiores a las recomendadas sin previa consulta con nuestro Departamento Técnico.

No mezclar con otros aditivos sin previa consulta.





We create chemistry

Propiedades	
Función principal:	Activador de la hidratación del cemento.
Función secundaria:	Inhibidor de la corrosión
Aspecto físico:	Líquido blanco.
Densidad , 20° C:	1,130 ± 0,02 g/cm ³
pH, 20° C:	10 – 11,4
Viscosidad Brookfield 20° C Sp00/20rpm:	< 275 cps.
Contenido en cloruros:	< 0,1%

Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados. Si se desean los datos de control, pueden solicitarse las "Especificaciones de Venta" a nuestro Departamento Técnico.



MARCADO CE DE PRODUCTO BAJO LA
DIRECTIVA UE DE PRODUCTOS DE LA
CONSTRUCCIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

