

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD EN LA SIERRA PERUANA UTILIZANDO CEMENTO IP Y ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE, PLASTIFICANTE Y ACELERANTE DE FRAGUA”

Tesis presentada por el Bachiller:

Arcos Rodríguez, Josef Arturo

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

AREQUIPA – PERÚ

2014



DEDICATORIA

A MIS PADRES NORA Y JESÚS,

ABUELA NELLY Y AMISTADES POR

SU COMPRENSIÓN, APOYO

INCONDICIONAL Y CARIÑO.

AGRADECIMIENTOS

A mis amigos y compañeros de trabajo por su apoyo, consejos y motivación para la realización del presente trabajo de investigación.

A MIS PROFESORES:

A mi asesor, Ing. Renato Díaz Galdos y a los Ingenieros Olger Febres Rosado y Alejandro Hidalgo Valdivia, por la enseñanza, formación y virtudes impartidas para poder llegar a ser un profesional íntegro.

A LA EMPRESA:

CONCRETOS SUPERMIX S.A. (Antes YURA S.A. – División Concretos)

- Ing. Jaime Vela Rivera.
- Ing. Rolando Obregón Matos.
- Ing. Dante Velásquez Mercado.
- Ing. Álvaro La Rosa Barriga.
- Sr. René Vera Castañeda.

RESUMEN

La Universidad Católica de Santa María (U.C.S.M.) a través de la Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente (FAICA) y autor del presente trabajo de investigación, plasman el estudio realizado para la elaboración de diseños de mezcla de concreto por durabilidad en la sierra del Perú, con el propósito de mostrar y difundir información sobre los materiales, requerimientos mínimos, protección y control de calidad para la producción de concretos óptimos que afronten las condiciones que se presentan en esta región de nuestro país.

Así pues, el trabajo a presentar se realizó en la provincia de Espinar, Departamento de Cusco situada a 3900 m.s.n.m., elegida por desarrollarse potencialmente en ésta, infraestructura para el sector público y privado, y por tener las condiciones climáticas necesarias para realizar un trabajo real, logrando de esta manera transmitir resultados que muestren el comportamiento del concreto. Los trabajos de laboratorio se desarrollaron en los laboratorios del área de Control de Calidad de la empresa Yura S.A. - División Concretos (actualmente Concretos Supermix S.A.), con agregados y agua de la zona.

La finalidad de este trabajo es poder brindar una información más amplia y específica del desarrollo del concreto en la sierra peruana, sirviendo como antecedente ó guía para futuros proyectos y para que las personas involucradas en este sector enriquezcan y refuercen sus conocimientos, poniéndolos en práctica para tener obras seguras, económicas y eficientes.

ABSTRACT

The Universidad Católica de Santa María through the Faculty of Architecture, Civil Engineering and Environmental Engineering (FAICA), and the author of this paper, present the fulfilled study for the elaboration of concrete mixture designs for its durability in the Peruvian mountain range. This, with the purpose of showing and spreading information about the materials, minimum requirements, protection and quality control for the production of optimal concrete that can face the condition of this region in our country.

That is how, the present investigation was conducted in Espinar province, located in Cusco and its elevation is around 3900 masl. It was chosen because in this area, the infrastructure needed for the public and private sectors develops potentially and because of its climatic conditions required for fulfilling a real task. Thus, these aspects will be helpful in order to transmit the results that show the concrete performance. The laboratory investigations took place in the Quality of Control Laboratories of Yura S.A, in the Concrete Division (Concretos Supermix S.A), using aggregates and water from the area.

The purpose of this investigation is to give further and more specific information about the development of concrete in the Peruvian mountain range, in order to be a precedent or guide for future projects, for the people involved in this sector in order to enrich and strengthen their knowledge by implementing it to have safe, economic and efficient works.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Perú viene desarrollándose en varios sectores y ámbitos, por lo cual es necesario la construcción de edificaciones que permitan complementar e impulsar estos avances, siendo la región de la Sierra uno de los ejes con mayor necesidad de poseer infraestructura pública y/o privada para la consolidación de este objetivo.

Es en donde se presenta el problema de que las empresas ó instituciones encargadas de desarrollar estos proyectos, necesitan darle la importancia debida a la construcción de las obras, ya que al presentarse condiciones distintas a las habituales desde todo aspecto (planificación y programación, producción, logística, seguridad, etc.), deben darse soluciones viables y factibles para enfrentar estas situaciones.

Ante la premisa antes mencionada, desde el punto de vista ingenieril, uno de los materiales principales de toda obra es el concreto, el cual posee una función a largo plazo, pues del comportamiento que tenga éste, dependerá la vida útil de las estructuras y es en donde nace el término “Durabilidad”, que se asocia a la capacidad que tenga cualquier material de permanecer con su características y propiedades frente al ataque de agentes internos ó externos en un periodo de tiempo determinado.

Por lo antes mencionado el concreto que se produzca para el desarrollo de proyectos en la sierra peruana deberá tener características específicas como ser más durable, que contrarreste la acción de las condiciones ambientales, que los materiales para su producción sean analizados al detalle para asegurar

la calidad del producto final, que siga un control de calidad riguroso y finalmente se tenga presente los conceptos de seguridad y economía.

Por lo tanto, la presente tesis de investigación muestra el estudio realizado en una ciudad de nuestra serranía, mostrando realmente las condiciones en las que se tiene que trabajar para llegar alcanzar mezclas de concreto óptimas que satisfagan los requerimientos de diseño y sirvan para realizar proyectos de pequeña, mediana y gran trascendencia, ya que la finalidad que busca este trabajo es el de informar y mostrar a las personas que se desenvuelven en el sector de la construcción, que siguiendo un análisis, planificación y control se pueden alcanzar los objetivos propuestos, sin importar la complejidad de las condiciones a las que estemos sujetos.

Finalmente en este trabajo se pasará a detallar características del concreto en estado fresco y endurecido realizado en la Sierra Peruana, realizando comparaciones de concreto convencionales y concretos con aditivos (incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua), usando agregados y agua de nuestra cordillera y cemento comercial de la región sur (Cemento Tipo IP), para demostrar que usando la tecnología, conocimientos e ingenio, siguiendo procedimientos y cumpliendo requisitos y/o sugerencias mínimas se pueden obtener productos de gran calidad muy beneficiosos, seguros y económicos.

ÍNDICE

	PÁG.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 Planteamiento del problema.	16
1.2 Formulación del problema.	17
1.3 Justificación.	17
1.4 Objetivos.	18
1.4.1 Objetivo General.	18
1.4.2 Objetivos Específicos.	18
1.5 Hipótesis.	19
1.6 Variables.	19
1.6.1 Variables independientes.	19
1.6.2 Variables Dependientes.	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1 Concreto – Materiales y Propiedades.	21
2.1.1 Características.	22
2.1.2 Conceptos Fundamentales.	23
2.1.3 Componentes del Concreto.	26
2.1.4 Composición del Concreto.	27

	PÁG.
2.1.4.1 El Cemento.	27
2.1.4.1.1 Definición.	27
2.1.4.1.2 Cemento Portland.	29
2.1.4.1.3 Tipos de Cemento y sus Aplicaciones.	31
2.1.4.2 Los Agregados.	33
2.1.4.2.1 Definición.	33
2.1.4.2.2 Características de los Agregados.	34
2.1.4.2.3 Agregado Grueso.	38
2.1.4.2.3.1 Definición.	38
2.1.4.2.3.2 Características.	38
2.1.4.2.3.3 Granulometría.	39
2.1.4.2.3.4 Tamaño Máximo.	39
2.1.4.2.3.5 Tamaño Máximo Nominal.	39
2.1.4.2.4 Agregado Fino.	40
2.1.4.2.4.1 Definición.	40
2.1.4.2.4.2 Características.	40
2.1.4.2.4.3 Granulometría.	41
2.1.4.3 El Agua	42
2.1.4.3.1 Definición	42
2.1.4.3.2 Importancia del Agua.	42
2.1.4.4 Los Aditivos.	45
2.1.4.4.1 Definición.	45

	PÁG.
2.1.4.4.2 Clasificación.	47
2.1.5 Propiedades del Concreto.	51
2.1.5.1 Propiedades del Concreto en Estado Fresco.	51
2.1.5.1.1 Trabajabilidad.	51
2.1.5.1.2 Consistencia.	52
2.1.5.1.3 Segregación.	52
2.1.5.1.4 Exudación.	53
2.1.5.2 Propiedades del Concreto en Estado Endurecido.	53
2.1.5.2.1 Elasticidad.	53
2.1.5.2.2 Resistencia.	54
2.1.5.2.3 Extensibilidad.	55
2.2 Guía ACI 306 R-10 concreto en clima frío.	55
2.2.1 Definición de Clima Frío.	56
2.2.2 Consideraciones en Concretos en Clima Frío.	56
2.2.2.1 Objetivos.	56
2.2.2.2 Principios.	58
2.2.2.3 Economía.	58
2.2.3 Consideraciones Especiales en Clima Frío.	59
2.2.3.1 Planificación.	59
2.2.3.2 Protección.	60
2.2.3.3 Temperatura del Concreto.	60

	PÁG.
2.2.3.4 Registro de Temperaturas.	61
2.2.3.5 Exposición a la Congelación y Deshielo.	62
2.2.3.6 Asentamiento del Concreto.	63
2.3 Durabilidad del Concreto.	63
2.3.1 Durabilidad Deseada.	65
2.3.2 Vulnerabilidad Inherente al Concreto.	66
2.3.3 Costo de la Durabilidad.	68
2.3.4 Factores que afectan la Durabilidad del Concreto.	68
2.3.4.1 Congelamiento y descongelamiento.	69
2.3.4.2 Ambiente Químicamente Agresivo.	69
2.3.4.3 Abrasión.	70
2.3.4.4 Corrosión de Metales en el Concreto.	71
2.3.4.5 Reacciones Químicas en los Agregados.	72
2.3.5 Congelamiento y Descongelamiento.	72
2.3.6 Control de la Durabilidad frente al Congelamiento y Descongelamiento.	75
2.3.7 Reacción Álcali – Agregado.	77
2.3.7.1 Tipos de Reacción Álcali – Agregado.	77
2.3.7.2 Condiciones para el Desarrollo de la Reacción Álcali – Sílice.	79
2.3.7.3 Determinación de la Reactividad de un Agregado.	80
2.3.7.4 Control de la Reacción Álcali – Sílice.	82

	PÁG.
CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLAS	84
3.1 Introducción.	84
3.2 Definición.	85
3.3 Consideraciones y/o Criterios para Diseños de Mezcla.	85
3.4 Parámetros básicos para el Comportamiento del Concreto.	87
3.5 Pasos Básicos para realizar Diseños de Mezcla.	90
3.6 Método de Diseño.	93
CAPÍTULO IV: ENSAYOS Y SU APLICACIÓN EN EL CONCRETO	101
4.1 Ensayos en el Concreto en Estado Fresco.	101
4.1.1 Ensayo de Asentamiento o Slump.	101
4.1.2 Ensayo de Peso Unitario.	102
4.1.3 Ensayo de Contenido de Aire.	102
4.1.4 Ensayo de Tiempo de Fraguado.	103
4.2 Ensayos en el Concreto en Estado Endurecido.	103
4.2.1 Resistencia a la Compresión.	104
4.3 Análisis Físicos de los Agregados.	104
4.3.1 Agregado Grueso.	104
4.3.1.1 Análisis Granulométrico.	104
4.3.1.2 Peso Unitario Suelto y Compactado.	107
4.3.1.2.1 Peso Unitario Suelto.	107
4.3.1.2.2 Peso Unitario Compactado.	108
4.3.1.3 Peso Específico.	108

	PÁG.
4.3.1.4 Absorción.	109
4.3.1.5 Humedad.	110
4.3.2 Agregado Fino.	110
4.3.2.1 Análisis Granulométrico.	110
4.3.2.2 Peso Unitario Suelto y Compactado.	113
4.3.2.2.1 Peso Unitario Suelto.	113
4.3.2.2.2 Peso Unitario Compactado.	113
4.3.2.3 Peso Específico.	114
4.3.2.4 Absorción.	114
4.3.2.5 Humedad.	115
4.3.3 Agregado Global.	115
4.3.3.1 Peso Unitario Compactado del Agregado Global.	116
4.4 Análisis de Cemento, Agua, Agregados y Aditivos.	118
4.5 Pruebas de diseño en Laboratorio.	119
4.5.1 Secuencia de Diseño de Mezcla.	120
4.5.2 Diseño de Concreto Patrón para las relaciones a/c Indicadas.	125
4.6 Descripción de Diseños Finales Elaborados.	138
4.7 Resultados de Concreto en Estado Fresco de Diseños de Mezcla Elaborados.	145
4.8 Resultados de Concreto en Estado Endurecido de Diseños de Mezcla Elaborados.	176

	PÁG.
CAPÍTULO V: ANÁLISIS TÉCNICO Y COMPARATIVO DE DISEÑOS ELABORADOS.	185
5.1 Análisis de Costo de Diseños de Mezcla Elaborados.	185
5.1.1 Análisis de Costo de Diseños de Mezcla para concreto con Relación $a/c=0.55$.	186
5.1.2 Análisis de Costo de Diseños de Mezcla para concreto con Relación $a/c=0.50$.	188
5.1.3 Análisis de Costo de Diseños de Mezcla para concreto con Relación $a/c=0.45$.	190
5.1.4 Análisis de Costo de Diseños de Mezcla para concreto con Relación $a/c=0.40$.	192
5.2 Análisis Comparativo de Costos de Diseños de Mezcla Elaborados	193
5.2.1 Análisis Comparativo de Costo de Diseños de Mezcla Relación $a/c=0.55$.	193
5.2.2 Análisis Comparativo de Costo de Diseños de Mezcla Relación $a/c=0.50$.	194
5.2.3 Análisis Comparativo de Costo de Diseños de Mezcla Relación $a/c=0.45$.	195
5.2.4 Análisis Comparativo de Costo de Diseños de Mezcla Relación $a/c=0.40$	196
5.3 Análisis de Costo – Beneficio de Diseños de Mezcla Elaborados.	197
5.3.1 Análisis Costo - Beneficio para Diseños de Mezcla Relación $a/c=0.55$.	197

	PÁG.
5.3.2 Análisis Costo - Beneficio para Diseños de Mezcla	198
Relación $a/c=0.50$.	
5.3.3 Análisis Costo - Beneficio para Diseños de Mezcla	199
Relación $a/c=0.45$.	
5.3.4 Análisis Costo - Beneficio para Diseños de Mezcla	200
Relación $a/c=0.40$.	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	201
BIBLIOGRAFÍA.	209
ÍNDICE DE TABLAS.	211
ÍNDICE DE GUADROS.	212
ÍNDICE DE GRÁFICOS.	217
ANEXOS.	222
➤ ANEXO A.	222
➤ ANEXO B.	235

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-

En la actualidad se vienen construyendo diversas infraestructuras del sector público y privado en la provincia de Espinar, Departamento del Cusco a una altura de 3900 m.s.n.m. las cuales necesitan hacer uso del concreto para poder ejecutar sus obras.

En dicha zona se presenta un clima con bajas temperaturas (entre 11°C y 4°C), lluvias intensas y granizadas, que hacen imposible la elaboración de concretos convencionales ó normales, por lo que es necesario diseñar mezclas de concretos especiales que cumplan con los requerimientos del proyecto y trabaje de forma tal que, no cree problemas en las estructuras posteriormente, cumpliendo requisitos de resistencia, durabilidad y economía.

Para poder elaborar los diseños de mezcla de concreto haremos uso de la Guía ACI 306 R-10 Concreto en Clima Frío, la cual nos da parámetros y criterios de diseño para afrontar este tipo de clima. Con dicho documento tenemos fundamentos teóricos y pautas a considerar para obtener un diseño de mezcla óptimo que satisfaga las necesidades antes expuestas, para controlar cambios volumétricos y fisuraciones por variaciones térmicas (entre la temperatura ambiental y temperatura del concreto), ya que estos

problemas pueden comprometer la durabilidad, estabilidad y vida útil de las estructuras.

Por otro lado, para lograr obtener resultados satisfactorios es necesario el uso de aditivos como plastificante, incorporador de aire y acelerante de fragua que solos ó combinados entre sí, logren ayudar a contrarrestar los distintos inconvenientes mencionados.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.-

La no existencia de estudios de diseños de concreto por durabilidad en la sierra peruana, la cual posee condiciones climatológicas adversas (bajas temperaturas), pone en riesgo la construcción de obras civiles, donde se pueden ver afectadas la durabilidad, resistencia y vida de servicio de éstas.

1.3 JUSTIFICACIÓN.-

El complejo comportamiento del concreto es muy difícil de comprender y teniendo condiciones adversas como bajas temperaturas, hacen que sea mucho más difícil de entender, por lo que un estudio y análisis bajo estas condiciones nos brinda una mayor visión y entendimiento de éste para seguir estudiándolo, ya que en nuestro país no es muy frecuente realizar investigaciones de este tipo, es decir, sobre concretos bajo las condiciones anteriormente descritas. Esto conlleva a que si se realizan obras sin un análisis y estudio previo, éstas pueden tener un serio riesgo, trayendo consecuencias negativas. Por lo tanto el presente trabajo tiene como finalidad poder brindar una información más amplia y específica de las características en estado fresco y endurecido del concreto, para que sirva

como antecedente para futuros proyectos y para que los profesionales en la materia puedan enriquecer y reforzar más sus conocimientos.

1.4 OBJETIVOS.-

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.-

Realizar un estudio y análisis para lograr obtener diseños de concreto por durabilidad, según requisitos y condiciones especificadas (Asentamiento = $4'' \pm 1''$, Contenido de Aire = $5\% \pm 1\%$), para cumplirlos y demostrar que siguiendo un control de calidad, podemos elaborar diseños de esta clase.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.-

- Proponer diseños de mezcla de concreto por “Durabilidad” para lograr resistencias de $f'c = 210, 245, 280$ y 350 Kg/cm^2 , obteniendo resistencias a 28 días usando las relaciones agua/cemento de 0.55, 0.50, 0.45 y 0.40, bajo la Máxima Compactación de los Agregados por el Ensayo de Peso Unitario Compactado de Agregado Global, con Cemento Tipo IP (Yura S.A.), Agregado Grueso (piedra chancada) y Agregado Fino (arena) de la zona, incluyendo cantidades de aditivo incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua que cumpla con los requisitos propuestos, haciendo los diseños de mezcla con aditivos de la marca SIKA.

- Evaluar el desempeño de los aditivos de la marca SIKA a usar (incorporador de aire, plastificante y acelerante de fragua) para verificar si son beneficiosos en este tipo de concretos.
- Realizar un análisis sobre los porcentajes de uso de aditivo en los diseños de mezcla y compararlos con los porcentajes sugeridos por SIKA.
- Realizar un análisis comparativo técnico y económico entre los diseños realizados.
- Realizar un análisis del curado en laboratorio en comparación al curado en campo, para evaluar la evolución de la resistencia del concreto.

1.5 HIPÓTESIS.-

El presente trabajo de investigación propone utilizar cemento tipo IP y aditivos como incorporador de aire, plastificantes (reductor de agua) y acelerante de fragua, para diseñar concretos durables con características en estado fresco y endurecido que protejan al concreto del clima frío.

1.6 VARIABLES.-

1.6.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.-

Se define a las variables independientes como los factores que pueden ser manipulados por el investigador y que producen uno ó más resultados.

En nuestro caso, al realizar los diseños de mezcla de concreto, tenemos cuatro componentes que al modificarlos en su proporción,

muy a parte de sus características propias, nos darán diferentes resultados.

Estos componentes son:

- Cemento.
- Agua.
- Agregados (Piedra y Arena).
- Aditivos.

1.6.2 VARIABLES DEPENDIENTES.-

Son los resultados medibles de la manipulación de las variables independientes.

Para nuestra investigación las variables dependientes a considerar son las siguientes:

A) Características del Concreto en estado fresco:

- Asentamiento.
- Peso Unitario.
- Contenido de aire.
- Temperatura interna del concreto.
- Tiempo de fraguado.

B) Características del Concreto en estado endurecido:

- Resistencia a la compresión (7, 14 y 28 días).

C) Costos de los Diseños de Mezcla.

D) Costo-Beneficio de los Diseños de Mezcla.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CONCRETO – MATERIALES Y PROPIEDADES.

El concreto es un material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente muestra una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. Cabe resaltar que el cemento, agregados, agua y aditivos son considerados elementos activos, mientras que el aire como elemento pasivo.

CONCRETO = CEMENTO + AGREGADOS + AIRE + AGUA + ADITIVOS (*)

(*)La definición tradicional consideraba a los aditivos como un “elemento opcional”, pero en la actualidad y a nivel mundial, se constituye como un elemento normal, ya que científicamente se ha comprobado que su utilización aporta mejoras en la producción de concreto viéndose reflejado en mejorar la trabajabilidad, resistencia y durabilidad. Dichos aportes en las características del concreto, son a la larga una solución más económica, ya que:

- Reduce el uso del cemento en el diseño de mezclas.
- Ahorro en mano de obra y equipo de colocación y/o compactación.
- Menor costo en mantenimiento y reparaciones.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS.-

Para poder obtener un concreto de buena calidad debemos cumplir con ciertos requisitos los cuales son:

- Que sus elementos constituyentes cumplan con las normas N.T.P. ó ASTM correspondientes y estén distribuidos uniformemente en la mezcla.
- Que tenga las propiedades requeridas, tanto en estado fresco, como endurecido.
- Que sea impermeable al agua u otros líquidos, y resistente a las acciones del clima, desgaste y otros agentes destructores a los cuales pueda estar expuesto.
- Que no tenga contracción excesiva al enfriarse o secarse.
- Que tenga una apariencia ó acabado arquitectónico dados cuando ello sea requerido.
- Que tenga alta resistencia a la abrasión ó a productos químicos agresivos.
- Que sea resistente al fuego, ligero de peso, con un acabado superficial con la textura requerida en las especificaciones.

2.1.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.-

En el campo de la Ingeniería Civil, el concreto es un material de uso cotidiano por lo cual, los profesionales y/o personal ligado con esta carrera deben de “saber de concreto”, lo que significa no sólo como hacer las cosas, sino también el por qué de éstas. Por lo antes mencionado, la persona que entre en contacto directo con este material, deberá tener conocimientos básicos sobre Física, Química, Matemáticas e investigación experimental, ya que todas las ciencias señaladas son herramientas muy útiles, para la aplicación técnica, práctica y eficiente del concreto en la construcción.

Partiendo de la premisa anterior, podemos decir que a diferencia de otros campos de la ingeniería en que se puede ejercer un control amplio sobre los parámetros que participan en un fenómeno, en la Tecnología del Concreto, cada elemento que interviene (Cemento, Agregados, Agua y Aditivos) y las técnicas de producción, colocación, curado y mantenimiento, representan aspectos particulares a estudiar y controlar de modo que puedan trabajar eficientemente de manera conjunta en la aplicación práctica que deseamos.

Debido a la gran cantidad de limitaciones en cuanto a modificar, a nuestra voluntad, las características de los factores que intervienen en el diseño y producción del concreto, así como de factores externos como el clima (temperatura, viento, humedad relativa, etc), es en

donde la creatividad, experiencia e implementación de los profesionales sale a relucir, para poder usar los insumos de una manera adecuada y optimizada para lograr satisfacer los requisitos de trabajabilidad, colocación, compactación, resistencia, durabilidad y economía del caso que estemos enfrentando, por consiguiente el diseño y producción de un concreto de buena calidad no es una tarea simple.

NATURALEZA DEL CONCRETO.

Como se mencionó, el concreto convencional es una mezcla de cemento, agua y agregados fino y grueso, a los cuales puede incorporarse aditivos, adiciones y fibra. Al mezclarse estos componentes se introduce de manera simultánea un nuevo participante el “aire atrapado”, el cual está presente así el concreto haya sido compactado.

En el concreto recién mezclado todos los sólidos granulares están separados temporalmente por delgadas capas de agua. Esta separación de las partículas y el efecto lubricante de las capas de agua junto con las fuerzas actuantes entre ellas, hace que la mezcla sea manejable.

La mezcla íntima de los componentes del concreto produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad, pero gradualmente pierde esta característica y al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto,

comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

La representación común del concreto en estado fresco lo identifica como un conjunto de agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Ello significa que en este tipo de mezcla hay muy poco ó ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido. (NOTA: Pasta es la mezcla resultante del cemento con el agua).

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico del concreto y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

- a) Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento.
- b) La calidad de los agregados en el sentido más amplio (dureza, granulometría, perfil, textura superficial, módulo de finura, limpieza, etc.)
- c) La afinidad de la pasta con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

Para asegurar la calidad de la pasta se debe seleccionar un cemento apropiado, el empleo de una relación agua-cementante conveniente, el uso eventual de adiciones, aditivos y fibras, los agregados deben

adecuarse a las funciones que va a desempeñar la estructura para asegurar las condiciones de exposición y servicio a que está sometida.

2.1.3 COMPONENTES DEL CONCRETO.-

La tecnología del concreto moderna define como componentes del concreto a cuatro insumos: cemento, agua agregados y aditivos como elementos activos y al aire como elemento pasivo.

Como se mencionó en el punto 1.1, los aditivos son definidos como componentes esenciales por los diversos beneficios que generan en la elaboración de concreto.

Por otro lado se ha venido enfatizando en la necesidad de conocer a profundidad las propiedades del concreto, pero se debe puntualizar que de todos ellos, el que amerita un especial conocimiento es el cemento, ya que si analizamos en el Gráfico N°1, en la cual se esquematiza las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto,

Concluiremos que el cemento es el ingrediente activo que interviene en menor cantidad, pero sin embargo es el que define las tendencias de comportamiento, por lo que es obvio que necesitamos profundizar en este aspecto que está muy ligado a las reacciones químicas que se suceden al entrar en contacto con al agua y los aditivos.

AIRE = 1% a 3%
CEMENTO = 7% a 15%
AGUA = 15% a 22%
AGREGADOS = 60% a 75%

Cuadro N°1 Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.

2.1.4 COMPOSICIÓN DEL CONCRETO.-

2.1.4.1 EL CEMENTO.-

2.1.4.1.1 DEFINICIÓN.-

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

Los cementos pertenecen al grupo de los materiales de construcción denominados “aglomerados hidráulicos”, que comprende a aquellos que se endurecen mezclados con el agua y al mismo tiempo resisten a la acción de ésta.

CLINKER.- Es la combinación de una fuente de cal, tal como las calizas; una fuente de sílice y alúmina, como las arcillas y

una fuente de óxido de hierro, tal como el mineral de hierro, los cuales son triturados, mezclados y molidos hasta reducirlos en polvo fino. El polvo fino pasa a un horno rotatorio donde es calentado lentamente hasta el punto de clinkerización. En la etapa inicial del proceso de calentamiento, el agua y el anhídrido carbónico son expulsados. Al acercarse la mezcla a las regiones más calientes del horno (cerca de los 1500 °C) se producen las reacciones químicas entre los constituyentes de la mezcla cruda. Durante esas reacciones se forman nuevos compuestos, algunos de los cuales alcanzan el punto de fusión.

El producto resultante, conocido como **clinker**, cae a uno de los diversos tipos de enfriadores ó se deja enfriar al aire.

Al definir el clinker se indicó que el crudo del cual procede está constituido por mezclas de materias primas de naturaleza caliza y arcillosa. Las calizas, esencialmente silicatos cálcicos, y las arcillas principales aportadoras de sílice junto con sus intermedias las margas, aportadoras de alúmina y hierro, constituyen las que puede llamarse materias primas principales para la fabricación del cemento Portland.

Principales componentes del cemento:

- Cal (Óxido cálcico)CaO 61% al 67%.

- Sílice (Anhídrido silícico)..... SiO_2 20% al 27%.
- Alúmina (Óxido alúmino)..... Al_2O_3 4% al 7%.
- Óxido Férrico Fe_2O_3 2% al 4%.
- Trióxido de Azufre..... SO_3 1% al 3%.
- Oxido de Magnesio MgO 1% al 5%.
- Otros óxidos K_2O y Na_2O 0.25% al 1.5%

2.1.4.1.2 CEMENTO PORTLAND.-

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del clinker Portland con la adición de sulfato de calcio (yeso) cerca de un 6%, admitiéndose la adición de otros productos que no excedan el 1% en peso del total y que la norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante.

Luego del proceso de formación del clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que se pasara a detallar.

a) Silicato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S}$).-

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

b) Silicato Dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S}$).

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

c) Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$).

Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con éstos, produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas por lo que hay que limitar su contenido.

d) Alúmino – Ferrito Tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF}$).

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

e) Óxido de Magnesio (MgO).

Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

f) Óxidos de Potasio y Sodio (K_2O , Na_2O).-

Tiene importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.

g) Óxidos de Manganeso y Titanio (Mn_2O_3 , TiO_2).-

El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores del 3%. Se ha observado en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo.

El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores al 5%. Para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia.

2.1.4.1.3 TIPOS DE CEMENTO Y SUS APLICACIONES.-

a) CEMENTOS PORTLAND COMUNES.-

➤ **Tipo I.-**

De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.

➤ **Tipo II.-**

De moderada resistencia al ataque de sulfatos y moderado calor de hidratación, debe ser empleado en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.

➤ **Tipo III.-**

Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío ó en casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.

➤ **Tipo IV.-**

De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.

➤ **Tipo V.-**

Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

En nuestro país sólo se fabrican cementos tipo I, II y V.

b) CEMENTOS PORTLAND ADICIONADOS.-

➤ **Tipo IS.-**

Cemento al que se le ha añadido entre un 25% a 70% de escoria de altos hornos referido al peso total.

➤ **Tipo ISM.-**

Cemento al que se le ha añadido menos de un 25% de escoria de altos hornos referido al peso total.

➤ **Tipo IP.-**

Cemento al que se ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40% del peso total.

➤ **Tipo IPM.-**

Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje hasta el 15% del peso total.

Las puzolanas son materiales inertes silíceos y/o aluminosos, que individualmente tienen propiedades aglomerantes casi nulas, pero que finamente molidas y al reaccionar químicamente con hidróxidos de calcio y agua, adquieren propiedades cementantes.

2.1.4.2 LOS AGREGADOS.-

2.1.4.2.1 DEFINICIÓN.-

Agregado es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural ó artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma N.T.P. 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto.

El concreto está conformado por una pasta de cemento y agua, donde se encuentra embebido el agregado que ocupa

entre el 65% a 80% del volumen de 1.00 m³ de concreto, al tener tanta incidencia en el concreto, la calidad de éste es muy importante.

Desde 1923, con los estudios de Gilkey, se dejó de considerar al agregado como un material inerte de relleno cuya aplicación permitía disminuir el costo de la unidad cúbica de concreto. Hoy en día sabemos que el agregado tiene un papel determinante en las propiedades del concreto, interviene en las resistencias mecánicas, la durabilidad, comportamiento elástico, propiedades térmicas y acústicas. Tiene efecto no solo en el acabado y calidad final del concreto, sino también sobre la trabajabilidad y consistencia en estado plástico, la resistencia, propiedades térmicas, cambios de volumen y peso unitario del concreto en estado endurecido.

2.1.4.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.-

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, comúnmente llamada granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentra una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos ó para emplearlas en el diseño de mezcla.

Por lo tanto es necesario tener los conceptos relativos de las siguientes características físicas:

a) CONDICIONES DE SATURACIÓN.-

Que viene a ser las condiciones de saturación de una partícula de agregado, partiendo de la condición seca hasta cuando tiene humedad superficial.

b) PESO ESPECÍFICO.-

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas ASTM C-127 y C-128, establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio.

El valor para agregados normales oscila entre 2500 Kg/m³ a 2750 Kg/m³.

c) PESO UNITARIO.-

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre las partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan éstas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. La Norma ASTM C-29, definen el método estándar para evaluarlo. El valor del

peso unitario de agregados normales oscila entre 1500 a 1700 Kg/m³.

d) ABSORCIÓN.-

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

e) HUMEDAD.-

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

f) CARACTERÍSTICAS RESISTENTES.-

Están constituidas por aquellas propiedades que le confieren la capacidad de soportar esfuerzos o tensiones producidos por agentes externos.

Las principales son:

- **RESISTENCIA.-** Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte tracción y flexión. Normalmente se mide por la resistencia a la compresión.
- **TENACIDAD.-** Se denomina así en general a la resistencia al impacto. Está más relacionada con la sollicitación a flexión que en compresión.

- **DUREZA.-** Es la resistencia al desgaste por la acción de unas partículas sobre otras ó por agentes externos.

g) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.-

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Dicho análisis se logra tamizando por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total. Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada.

La serie de tamices estándar ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3" y el siguiente tienen una abertura igual a la mitad de la anterior, a partir de la malla de 3/8" se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de abertura por pulgada cuadrada.

h) MÓDULO DE FINURA.-

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie estándar hasta el tamiz N°100 y esa cantidad se divide entre 100.

El sustento matemático del Módulo de Finura, reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Este criterio es aplicado tanto a la piedra, como a la arena.

La base experimental que apoya el concepto del Módulo de Finura es que granulometrías que tengan igual **M.F.** independientemente de la gradación individual, requieren de la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia.

2.1.4.2.3 AGREGADO GRUESO.-

2.1.4.2.3.1 DEFINICIÓN.-

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz NTP 4.75 mm (N°4) y que cumple con límites establecidos en la norma N.T.P 400.037.

2.1.4.2.3.2 CARACTERÍSTICAS.-

El agregado grueso podrá consistir en partículas de roca partida, grava natural o triturada, o agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos.

La resistencia a la compresión del agregado grueso no deberá ser menor de 600 Kg/cm², ni del doble del f'_c de diseño, hasta valores de f'_c menores de 800 Kg/cm².

Para valores mayores la resistencia a la compresión del agregado grueso no será mayor de 1,25 veces el de la resistencia en compresión del concreto.

2.1.4.2.3.3 GRANULOMETRÍA.-

- Estar graduado dentro de los límites indicados en las normas NTP 400.037 o ASTM C-33.
- Tener una granulometría preferentemente continua.
- Permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- Si se emplea una combinación de dos o más tamaños de agregado grueso, cada uno de ellos, así como la combinación de los mismos, deberá cumplir con los requisitos de la granulometría indicados.

2.1.4.2.3.4 TAMAÑO MÁXIMO.-

Según la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de un agregado grueso.

2.1.4.2.3.5 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL.-

Según la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre las caras de encofrados.
- Un tercio del peralte de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de preesfuerzo.

2.1.4.2.4 AGREGADO FINO.-

2.1.4.2.4.1 DEFINICIÓN.-

Se define como agregado fino al material que pasa por la malla de 3/8" y queda retenido en la malla N°200, el cual cumple con los límites establecidos en las normas N.T.P. 400.037 ó ASTM C-33.

2.1.4.2.4.2 CARACTERÍSTICAS.-

El agregado fino estará compuesto por partículas limpias, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

2.1.4.2.4.3 GRANULOMETRÍA.-

- El agregado fino deberá tener una granulometría preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4 a N°100 de la serie Tyler.
- El agregado fino no deberá tener más del 45% retenido en dos tamices consecutivos y su módulo de Finura no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1. El módulo de Finura se mantendrá dentro de más o menos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones de concreto.
- Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los límites de la tabla N°1.

Tamiz	% que pasa
3/8" (9.50 mm)	100
N°4 (4.75 mm)	95 - 100
N°8 (2.36 mm)	80 - 100
N°16 (1.18 mm)	50 - 85
N°30 (600 µm)	25 - 60
N°50 (300 µm)	10 - 30
N°100 (150 µm)	2 - 10

Tabla N°1 Análisis Granulométrico del Agregado Fino.

2.1.4.3 EL AGUA.-

2.1.4.3.1 DEFINICIÓN.-

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto es un componente que debe cumplir con ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que puedan dañar al concreto.

2.1.4.3.2 IMPORTANCIA DEL AGUA.-

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

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

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son:

- Retardo en el endurecimiento.
- Reducción de las resistencias.
- Manchas en el concreto endurecido.
- Eflorescencias.
- Contribución a la corrosión del acero.
- Cambios volumétricos.

Debido a los efectos mostrados anteriormente es que por una iniciativa muy importante de la Norma Nacional ITINTEC 339.088 se han establecido requisitos para el agua de mezcla y curado, los cuales son algo conservadores, pero debido a experiencias de investigaciones y estudios realizados, dichos requisitos son relativamente fáciles de cumplir. Cabe resaltar que ni el ACI, ni las normas ASTM establecen requisitos para el agua de mezclado.

En la siguiente tabla se muestran los límites permisibles para agua de curado y mezclado.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE
1) Sólidos en suspensión	5000 p.p.m. máximo
2) Materia Orgánica	3 p.p.m. máximo
3) Alcalinidad (NaHCO_3)	1000 p.p.m. máximo
4) Sulfato (Ión SO_4)	600 p.p.m. máximo
5) Cloruros (Ión Cl^-)	1000 p.p.m. máximo
6) PH	5 a 8

Tabla N° 2 Límites permisibles para agua de mezcla y curado según norma ITINTEC 339.088

Según estudios realizados se pueden dar las siguientes pautas para tener en consideración para el diseño de mezclas de concreto, las cuales pasaremos a detallar:

- El empleo de aguas con cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5000 p.p.m, ocasionan la reducción de resistencias hasta le orden del 30% con relación a concretos elaborados con agua pura.
- Carbonatos y bicarbonatos de Sodio y Potasio, pueden acelerar o retardar el fraguado cuando la suma de sales disueltas tiene concentraciones sobre las 1000 p.p.m. por lo que es recomendable hacer pruebas de tiempos de fraguado.
- La materia orgánica sobre las 10000 p.p.m reduce la resistencia e incorpora aire.

- El uso de agua de mar para elaborar concreto, sólo servirá para preparar concreto simple, ya que con contenidos de sales disueltas hasta 35000 p.p.m. se puede esperar la aceleración del fraguado y probable reducción de resistencia a largo plazo, la cual puede compensarse reduciendo la relación Agua/Cemento, sin embargo pueden producirse eflorescencias y manchas. En concretos armados, debido a la alta cantidad de cloruros que contiene, no es propicio su uso por la corrosión que provocaría en el acero de refuerzo.

2.1.4.4 LOS ADITIVOS.-

2.1.4.4.1. DEFINICIÓN.-

Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto, con la finalidad de:

- Modificar una o algunas de las propiedades del concreto.
- Facilitar el proceso de colocación del concreto.
- Obtener economía en los costos de producción del concreto.
- Ahorrar energía.

Los aditivos deben cumplir con ciertas normas ASTM ó N.T.P. correspondientes.

El empleo de aditivos incorporadores de aire se recomienda como obligatorios en concretos que puedan estar expuestos a temperaturas ambientes menores de 0°C. en otros casos, el empleo de aditivos sólo es obligatorio cuando puede ser la única alternativa lograr los resultados deseados.

Además del incremento en la durabilidad y resistencia, puede haber otras razones para el empleo de aditivos, tales como incremento en la trabajabilidad, mayor facilidad de bombeo de la mezcla, facilidad de colocación y acabado, desarrollo de resistencias iniciales altas, reúso de encofrados, etc.

Entre las razones de empleo de aditivos para mejorar las características del concreto fresco, podemos mencionar:

- Reducir el contenido de agua en la mezcla.
- Incrementar la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua, y viceversa.
- Retardar ó acelerar el tiempo de fraguado inicial.
- Reducir ó prevenir la segregación.
- Modificar la magnitud, velocidad ó capacidad de exudación.
- Reducir, incrementar ó controlar el asentamiento.

- Mejorar la capacidad de colocación y/o bombeo de mezclas.

Y dentro de las principales razones de empleo de aditivos para modificar las propiedades de concretos en estado endurecidos, tenemos:

- Se reduzca o retarde la evolución del desarrollo del calor de hidratación durante el endurecimiento inicial.
- Se acelere la magnitud del desarrollo de resistencia a edades tempranas.
- Se incremente la resistencia en compresión, flexión y corte.
- Se incremente la durabilidad y o resistencia frente a condiciones severas de exposición.
- Se disminuya la permeabilidad del concreto.
- Se incremente la adherencia acero-concreto; así como la adherencia concreto antiguo-concreto fresco.
- Se mejore la resistencia del concreto al impacto y abrasión.
- Se inhiba la corrosión del acero embebido.

2.1.4.4.2 CLASIFICACIÓN.-

De acuerdo a las normas ASTM C.494, los aditivos se clasifican en:

- TIPO A Reductores de agua.

- TIPO B Retardadores de Fragua.
- TIPO C Acelerantes.
- TIPO D Reductores de Agua – Retardadores de Fragua.
- TIPO E Reductores de Agua – Acelerantes.
- TIPO F Súper reductores de Agua.
- TIPO G Súper reductores de Agua – Acelerantes.

Existen otros tipos de clasificaciones de aditivos de acuerdo a los efectos de su empleo o a los tipos de materiales constituyentes.

La recomendación ACI 212 clasifica a los aditivos de la siguiente manera:

a) ADITIVOS ACELERANTES.-

Sustancias que reducen el tiempo normal de endurecimiento de la pasta de cemento y/o aceleran el tiempo normal del desarrollo de resistencia.

Ventajas:

- Desencofrado en menor tiempo del usual.
- Reducción del tiempo de curado.
- Adelanto de puesta en servicio de las estructuras.
- Reducción de presiones sobre encofrados posibilitando mayores alturas de vaciado.

- Contrarrestar el efecto de las bajas temperaturas en clima frío, desarrollando con mayor velocidad el calor de hidratación, incrementando la temperatura del concreto y consecuentemente la resistencia.

En general los acelerantes reducen los tiempos de fragua inicial y final de concreto medidos con métodos estándar como las agujas proctor definidas en la Norma ASTM C-403, que permiten cuantificar el endurecimiento en función de la resistencia de penetración.

b) ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE.-

La función de estos aditivos es la de controlar y minimizar las tensiones o agrietamientos paulatinos en la estructura interna del concreto producidos por los ciclos de congelación y deshielo, los cuales crean fisuraciones. Al incorporar aire al concreto lo que se logra es crear estructuras adicionales de vacíos.

Existen dos tipos de aditivos incorporadores de aire.

- Líquidos o en polvo soluble en agua.
- Partículas sólidas.

c) ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA – PLASTIFICANTES.-

Son compuestos orgánicos e inorgánicos que permiten emplear menor agua de la que se usaría en condiciones normales en el concreto, produciendo mejores características de trabajabilidad y también de resistencia al reducirse la relación Agua / Cemento.

Trabajan en base al llamado efecto de superficie, en donde crean una interfase entre el cemento y el agua en la pasta, reduciendo las fuerzas de atracción entre las partículas, con los que se mejora el proceso de hidratación.

Usualmente reducen el contenido de agua por lo menos en un 5% al 10 %.

Ventajas:

- Economía, reduciendo la cantidad de cemento.
- Facilidad en los procesos productivos, al tener mayor trabajabilidad, hay mejor dificultad en la colocación y compactación, ahorro de tiempo y mano de obra.
- Trabajo con asentamientos mayores sin modificar la relación Agua / Cemento.

- Posibilidad de bombear mezclas a mayores distancias sin problemas de atoros, ya que actúan como lubricantes, reduciendo la segregación.

2.1.5 PROPIEDADES DEL CONCRETO.-

2.1.5.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.-

2.1.5.1.1 TRABAJABILIDAD.-

Es la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto y luego éste puede ser (para condiciones dadas de obra) manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad. La resistencia, apariencia, permeabilidad y condiciones generales de servicio de concreto dependen de una colocación y consolidación efectivas del concreto fresco, sin vacíos y cangrejeras indeseables.

El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para un encofrado dado, un espaciamiento del refuerzo, un determinado procedimiento de colocación y técnicas de consolidación, que permitan llenar alrededor del acero de refuerzo y fluir a la mezcla en las esquinas y contra la superficie de los encofrados, a fin de producir una masa razonablemente homogénea sin una separación

inconveniente de los ingredientes o del aire atrapado o de los bolsones de agua en el concreto.

2.1.5.1.2 CONSISTENCIA.-

Es una propiedad del concreto fresco que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma, entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia está relacionada pero no es sinónima de la trabajabilidad.

2.1.5.1.3 SEGREGACIÓN.-

Es la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

Esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior del mismo, fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación.

2.1.5.1.4 EXUDACIÓN.-

Es la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos.

La exudación de la mezcla de concreto está influenciada por las proporciones de mezcla y por las características de los materiales, contenido de aire, empleo de aditivos y adiciones, y especialmente por la angularidad y granulometría del agregado fino.

El proceso de exudación inicia momentos después de que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de los sólidos, o se produce la ligazón de las partículas.

2.1.5.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

2.1.5.2.1 ELASTICIDAD.-

Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico (estrictamente hablando), ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama Carga VS Deformación en compresión, sin embargo se define un “Módulo de

Elasticidad Estático” mediante una recta tangente en la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un porcentaje de la tensión ultima.

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250000 Kg/cm² a 350000 Kg/cm² y están en relación directa con la resistencia a la compresión del concreto y en relación inversa con la relación agua cemento.

2.1.5.2.2 RESISTENCIA.-

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

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra a expresar en términos de relación Agua/Cemento en peso.

Otros factores que afectan de manera directa la resistencia de la pasta, son la temperatura, el tiempo, tipo de cemento y calidad de los agregados.

Por otro lado un factor indirecto, pero no menos importante es el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación del cemento, sin el cual no se llega a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

2.1.5.2.3 EXTENSIBILIDAD.-

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse.

Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

2.2 Guía ACI 306R-10 concreto en clima frío.-

La guía ACI 306 R-10, concreto en clima frío es una información establecida por el ACI (American Concrete Institute) en donde podemos conocer los procedimientos constructivos necesarios para poder producir concretos en climas fríos ó de relativa severidad ante este factor climatológico, con lo cual, al cumplirlos de manera rigurosa y profesional podremos cumplir con requerimientos establecidos y sobre todo con la resistencia y durabilidad del concreto que son las características de mayor predominio en estos tipos de concreto.

Los concretos en clima frío pueden desarrollar las cualidades antes señaladas si son producidos, colocados y protegidos de manera cuidadosa.

Una recomendación muy importante que se señala es que el grado de protección se incrementará a medida que la temperatura del medio ambiente disminuya.

2.2.1 DEFINICIÓN DE CLIMA FRÍO.-

El clima frío está definido por la guía ACI 306 R-10, como el período, en donde por tres días consecutivos existen las siguientes condiciones:

- A. La temperatura promedio diaria del ambiente es menor de 5 °C.
- B. La temperatura del ambiente no es mayor de 10 °C para más de la mitad de un periodo de 24 horas.

Cabe resaltar que la temperatura promedio diaria del ambiente es el promedio de la más alta y más baja temperatura ocurrida durante el período de medianoche a medianoche.

2.2.2 CONSIDERACIONES EN CONCRETOS EN CLIMA FRÍO.-

La guía ACI 306 R-10 nos muestra objetivos y principios que debemos tener en consideración para la elaboración de concreto en clima frío los cuales pasaremos a detallar.

2.2.2.1 OBJETIVOS.-

- 1) Evitar daños al concreto debido a la congelación a edades tempranas.
- 2) Asegurar que el concreto desarrolle la resistencia requerida para remover de manera segura el encofrado, apuntalamientos y para

que la estructura soporte las cargas durante y después de la construcción.

- 3) Mantener condiciones de curado que produzcan un desarrollo normal de la resistencia del concreto sin usar excesivo calor y sin causar una saturación crítica del concreto al final del periodo de protección.
- 4) Controlar los cambios bruscos de temperatura, sobretodo antes de que el concreto haya desarrollado la suficiente resistencia para soportar las tensiones térmicas inducidas.
- 5) Controlar los cambios de temperatura del exterior y del interior del concreto en la superficie de éste, para evitar los agrietamientos que pudiesen provocar estos cambios afectando la resistencia y durabilidad de la estructura.
- 6) Proveer una protección a la estructura de acuerdo al grado de servicio que tendrá esta, ya que las estructuras son diseñadas para una vida útil de varios años. Como recomendación se cita que de nada vale tener probetas de muestra que alcancen la resistencia a 28 días, las cuales han tenido una adecuada protección, si es que en la estructura se presentan áreas dañadas por congelación, áreas deshidratadas, fisuras por calentamiento por una inadecuada protección, inadecuado curado o descuido de parte de la mano de obra.

2.2.2.2 PRINCIPIOS.-

- 1) El concreto que es protegido desde la congelación hasta que haya alcanzado una resistencia a la compresión de al menos 35 Kg/cm² no será dañado por exposición a ciclos de congelación.
- 2) Cuando se deban alcanzar resistencias de concreto en pocos días o semanas, es requerida la protección a temperaturas por encima de los 10°C.
- 3) Excepto dentro de sitios protegidos con calefacción, poco ó ningún suministro externo de humedad es requerido para el curado durante el tiempo frío.
- 4) Bajo ciertas condiciones el cloruro de calcio no debe ser usado para acelerar el fraguado y endurecimiento del concreto, porque se corre el riesgo de que el acero dentro del concreto se pueda corroer ó se presente efectos adversos.

2.2.2.3 ECONOMÍA.-

La experiencia ha demostrado que los costos de una adecuada protección del concreto en climas fríos no son excesivos, considerando que es requerido y los resultados son beneficiosos.

Los profesionales de construcción deben analizar y decidir si los costos extras involucrados en las operaciones de concreto en clima frío son una inversión rentable ó si es un mejor costo esperar un clima templado.

El descuido de no proteger al concreto contra la congelación temprana puede causar la destrucción inmediata o permanente del concreto. Por lo tanto si se desea elaborar concreto en clima frío, una adecuada protección y curado son fundamentales.

2.2.3 CONSIDERACIONES ESPECIALES EN CLIMA FRÍO.-

La guía ACI 306 R-10, sugiere requerimientos generales, los cuales asegurarán la producción de un concreto de calidad en clima frío.

2.2.3.1 PLANIFICACIÓN.-

Se recomienda que los involucrados en la ejecución del proyecto se reúnan previamente a la realización de éste para que en primera instancia se determine el método que se usará para la elaboración, colocación y curado del concreto en clima frío, para poder satisfacer los requerimientos mínimos.

Los planes para proteger al concreto fresco de la congelación y mantener temperaturas por encima de los valores mínimos establecidos, deben realizarse antes de que las temperaturas bajo cero esperadas ocurran.

Los equipos y materiales necesarios deben estar en el área de trabajo antes de que el clima frío esperado ocurra, no después de que el concreto haya sido colocado y su temperatura empiece a acercarse al punto de congelación.

2.2.3.2 PROTECCIÓN.-

Cuando se dan condiciones de fuertes heladas ó congelamientos en las zonas de construcción de una obra, todas las superficies del concreto deben ser protegidas del congelamiento por lo menos las primeras 24 horas después de haber sido colocado.

El concreto protegido de esta manera estará seguro de daños causados por el congelamiento a edades tempranas. Si el concreto está con aire incorporado y curado adecuado, la resistencia final y durabilidad del concreto estará sin defectos. La protección a la congelación durante las primeras 24 horas no asegura un satisfactorio índice de desarrollo de la resistencia, sobre todo cuando las condiciones del clima frio continúan, por lo que la protección y curado deben realizarse por un periodo mucho más largo y a una temperatura por encima del punto de congelación, para alcanzar la resistencia requerida y obtener una estructura segura.

2.2.3.3 TEMPERATURA DEL CONCRETO.-

Durante el clima frio, la temperatura del concreto en el momento de colocación no debe estar debajo de los siguientes valores dados:

TEMPERATURA AMBIENTE	TAMAÑO DE LA SECCIÓN, MINIMA DIMENSION (cm)			
	Menor de 30 cm	De 30 a 90 cm	De 90 a 180 cm	Mayor a 180 cm
Temperatura Mínima del Concreto Colocado				
-----	13°C	10°C	7°C	5°C
Temperatura Mínima del Concreto Mezclado para Temperaturas Ambiente Indicadas				
Por encima de -1°C	16°C	13°C	10°C	7°C
Entre -18°C a -1°C	18°C	16°C	13°C	10°C
Por debajo de -18°C	21°C	18°C	16°C	13°C
Descenso gradual de la temperatura máxima admisible en las primeras 24 horas despues del fin de la protección				
-----	28°C	22°C	17°C	11°C

Tabla N°3 Temperaturas mínimas de concreto según temperatura ambiente.

La temperatura del concreto en el momento de la colocación siempre debe estar cerca de las temperaturas mínimas dadas en la tabla anterior. Las temperaturas de colocación no deben ser más altas que los valores mínimos dados por más de 11 °C.

Se debe aprovechar la oportunidad ofrecida por el clima frio para poder colocar concreto a bajas temperaturas, ya que el concreto colocado a temperaturas entre 5°C a 13°C está protegido contra endurecimientos y recibe un curado de largo periodo, desarrollando altas resistencias finales y gran durabilidad. Por lo antes señalado los agrietamientos por cambios térmicos tienen mucha menor posibilidad de suceder que en concretos colocados a altas temperaturas.

2.2.3.4 REGISTRO DE TEMPERATURAS.-

La temperatura real de la superficie del concreto determina la efectividad de la protección, independientemente de la temperatura ambiente, por lo que es necesario el monitoreo y registro de la

temperatura del concreto, para lo cual se deben considerar los siguientes puntos:

- Las esquinas y bordes del concreto son más vulnerables a congelarse y usualmente son más difíciles para mantener la temperatura requerida, por lo que la temperatura de éstas debe ser monitoreada, evaluada y verificar la efectividad de la protección ofrecida.
- El personal encargado del monitoreo deberá mantener el registro de la fecha, hora, temperatura ambiente externa, temperatura del concreto colocado y anotar las condiciones climáticas (si está calmado, si hay viento, si está nublado, etc.). Las temperaturas del concreto y del ambiente exterior deben ser registradas en intervalos regulares de tiempo, pero no menos de dos veces en un periodo de 24 horas. El registro debe incluir temperaturas de varios puntos dentro del recinto y superficie de concreto, esquinas y bordes.
- Lecturas de temperaturas máximas y mínimas en cada periodo de 24 horas deben ser registradas.

2.2.3.5 EXPOSICIÓN A LA CONGELACIÓN Y DESHIELO.-

Durante la construcción, es probable que el concreto esté expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, por lo que deberá tener aire incorporado así no esté expuesto a estos fenómenos en servicio.

El concreto no admitirá ciclos de congelamiento y deshielo antes de que obtenga como mínimo una resistencia a la compresión de 240 Kg/cm^2 , por lo que se deberá añadir aire incorporado y protegerlo debidamente de la congelación para que no se susciten problemas.

2.2.3.6 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.-

Los concretos con asentamientos menores a 4", son deseables en climas fríos, por la trabajabilidad, exudación mínima y las tempranas fraguas iniciales.

En climas fríos, si la exudación que se presentara permanece por largo tiempo en la superficie del concreto y ésta es remezclada para dar el acabado, puede que dicha superficie tenga una resistencia más baja lo cual ocasionaría que sea más propensa a exponerla a ciclos de congelamiento-deshielo, perjudiciales para el concreto.

Por lo tanto en la elaboración de concreto en climas fríos se debe tener un control de la exudación del concreto, para tratar de minimizarla al máximo.

2.3 DURABILIDAD DEL CONCRETO.-

El comité 201 del ACI, define la durabilidad como la habilidad de resistir el intemperismo, ataque químico, abrasión y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzcan deterioro en la estructura.

Analizando la definición anterior, podemos concluir que la durabilidad del concreto no sólo se logra realizando un diseño de mezcla óptimo, sino que debemos tener en cuenta otros factores externos como el medio ambiente y las condiciones de trabajo, que pueden modificar sus características proyectadas.

Con el análisis mostrado no existe un “concreto durable” por sí mismo, ya que sus características físicas, químicas y resistentes pueden ser adecuadas para ciertas circunstancias y no necesariamente lo habilitan para seguir siendo “durable” bajo condiciones diferentes.

Antiguamente se asoció a la durabilidad del concreto con las características resistentes de éste (resistencia a la compresión), pero con los recientes estudios realizados se ha comprobado que si bien la resistencia es un aspecto importante, no es el único, ya que existen condiciones como el medio ambiente y condiciones de servicio, que ameritan que se den especificaciones o requerimientos para los diseños de mezcla, materiales, técnicas de producción y procesos constructivos especiales.

Por lo tanto, a manera de concientizar a los profesionales, debemos de desterrar de nuestro medio la “práctica común” de repetir, copiar ó “adaptar” especificaciones técnicas y foráneas para proyectos y situaciones que muestran similitudes aparentes, pero si es que son analizados desde el punto de la Tecnología del Concreto y durabilidad, requieren de una evaluación y criterios particulares. Por otro lado, arrastrar

errores conceptuales y prácticas constructivas inadecuadas en lo que compete al concreto, son normales en nuestro medio, muchas veces las personas involucradas en la construcción, creen que el concreto es un material “noble” que puede asimilar deficiencias y que es antieconómico trabajar con técnicas modernas avanzadas.

2.3.1 DURABILIDAD DESEADA.-

La durabilidad de una estructura de concreto es la capacidad de ésta de mantener sus características estructurales y funcionales durante toda la vida de servicio esperada, bajo las condiciones de exposición para las que fue diseñada.

Ella no necesariamente debe coincidir con la resistencia del concreto, siendo esta última la capacidad del material en sí mismo para mantener las propiedades originales seleccionadas para un determinado periodo.

Hay disponibles recomendaciones para la durabilidad de concreto expuestos a diferentes tipos ambientes agresivos, incluyendo aire húmedo, agua de mar, congelación y deshielo, sales, etc. cuando se requiere una vida de servicio del orden de los 50 años. A este tipo de obras se les denomina “obras de durabilidad ordinaria”, si se le compara con la durabilidad a largo plazo, la cual se refiere a una larga vida de servicio, con un mínimo de 50 y 200 años y aún más.

La durabilidad en el largo plazo es necesaria, por ejemplo, en trabajos de infraestructura de interés social los cuales requieren una inversión

importante como son túneles bajo el agua, puentes de grandes luces, pavimentos, obras sanitarias, o en estructuras arquitectónicas de interés especial como trabajos de monumentos, iglesias, edificios estatales, etc.

En las construcciones de concreto existen dos problemas fundamentales:

- a) Negligencia en adoptar los conocimientos derivados de la experiencia disponible sobre la durabilidad de los concretos ordinarios.
- b) Vulnerabilidad inherente a los sistemas concreto-acero para la durabilidad a largo plazo.

2.3.2 VULNERABILIDAD INHERENTE AL CONCRETO.-

Toda edificación ó estructura está sometida a cargas estáticas o dinámicas, que van deteriorando a través de los años a ésta, además de soportar el ataque de agentes externos según las condiciones dadas, por lo que el concreto no es ajeno a esto y tiene ciertas limitaciones inherentes a él por su misma naturaleza, lo cual crea cierta vulnerabilidad.

A continuación, se mostrarán los puntos débiles que hacen vulnerable al concreto:

- Baja resistencia a la tensión.

- Alto módulo de elasticidad, el cual es el responsable de la transformación de la contracción restringida, ya sea termal ó por secado, a altos esfuerzos de tensión relativos.
- Microgrietas formadas por las dos anteriores consecuencias.

Las grietas representan los caminos para la penetración de agentes ambientales agresivos tales como el agua, el aire, iones de sulfato, cloruros, álcalis. Estos ataques favorecen a la corrosión del acero de refuerzo, caracterizada por una expansión destructiva que está acompañada del cambio del acero en óxido. Cuando este proceso se inicia, el microagrietamiento en el concreto crece tendiendo a convertirse en macroagrietamiento y entonces, después de un periodo inicial de inducción, la duración del cual depende de la agresividad del ambiente, el proceso de degradación se incrementa muy rápidamente.

Para que una estructura sea durable se debe poner mayor atención en:

- Mejorar el comportamiento frente a la corrosión del refuerzo metálico.
- Empleo de refuerzos no metálicos.
- Alta resistencia a la tensión y/o más ductilidad de las mezclas de concreto especiales.
- Revestimiento superficial adecuado para la protección del concreto.

2.3.3 COSTO DE LA DURABILIDAD.-

En el análisis de una obra no se puede y no se debe dejar de analizar el llamado costo de durabilidad, el cual se puede asociar con el ahorro a largo plazo. Si volcamos las premisas enunciadas al análisis del concreto, se ve que la situación ideal sería lograr un material que, con el menor costo posible, nos permita satisfacer las condiciones de servicio, durante toda la vida útil de la estructura.

Este concepto teórico no siempre se cumple y lo fundamental para evitar problemas es tener una clara idea de qué y para qué se construye la obra. Ello es fundamental para predecir el funcionamiento de la estructura durante toda su vida útil de servicio.

Por ello es necesario el que las Normas Peruanas de Diseño Estructural, al lado de la resistencia del concreto, den la importancia necesaria a la durabilidad, introduciéndola como elemento primario de evaluación para el cálculo de estructuras de Concreto Armado.

2.3.4 FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO.-

Los factores que influyen en el deterioro del concreto y consecuentemente en la durabilidad de éste, se les puede clasificar en cinco grupos, ya que muchos son los agentes externos que pueden afectar directa o indirectamente al concreto.

2.3.4.1 CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO.-

Este ataque al concreto se produce en lugares con temperaturas bajas (menores a 0°C) en donde el concreto se vuelve vulnerable a daños, debido a la congelación del agua que es absorbida dentro de sus poros capilares, ya que ésta incrementa su volumen en un 9% generando presiones. Si los esfuerzos producidos por estas presiones internas exceden la resistencia a la tensión de la pasta ó agregado, generan agrietamiento y deterioro de la pasta, en un proceso que puede, por ciclos sucesivos, tornarse dañino por renovación del medio agresivo, pudiendo llegar a la destrucción parcial o total del concreto.

El control de dichos esfuerzos se logra creando en la mezcla espacios en los cuales el agua pueda congelarse y aumentar de volumen sin causar daños. El control del mecanismo que conlleva a daños por congelación en el concreto puede lograrse mediante la reducción en el tamaño y número de polos capilares, la impermeabilidad, la reducción en el contenido de agua ó la presencia de adiciones formadoras de gel.

2.3.4.2 AMBIENTE QUÍMICAMENTE AGRESIVO.-

El concreto es un material que en general, tiene un comportamiento satisfactorio ante diversos ambientes químicamente agresivos.

El concreto, desde un punto de vista químico es inalterable al ataque de agentes químicos cuando se hallan en estado sólido, para que exista alguna posibilidad de agresión, el agente químico debe estar en solución y cierta concentración, además de tener la opción de ingresar en la estructura de la pasta durante un tiempo considerable para que se produzca la reacción.

Los ambientes agresivos usuales están constituidos por aire, agua y suelos contaminados que entran en contacto con las estructuras de concreto. Se puede decir que el concreto es uno de los materiales que demuestra mayor durabilidad frente a ambientes químicamente agresivos, ya que si se compara estadísticamente los casos de deterioro con aquellos en que mantiene sus condiciones iniciales pese a la agresividad, se concluye en que estos casos son excepcionales.

Comúnmente los agentes químicos que pueden atacar el concreto son los cloruros y sulfatos.

2.3.4.3 ABRASIÓN.-

Se define la resistencia a la abrasión como la habilidad de una superficie de concreto a ser desgastada por roce o fricción. Este fenómeno se origina de varias maneras, siendo las más comunes las atribuidas a las condiciones de servicio, como son el tránsito de peatones y vehículos sobre veredas y losas, el efecto del viento

cargado de partículas sólidas y el desgaste producido por el flujo continuo de agua.

En la mayoría de los casos, el desgaste por abrasión no ocasiona problemas estructurales, sin embargo puede traer consecuencias en el comportamiento bajo las condiciones de servicio o indirectamente propiciando el ataque de algún otro factor (como por ejemplo agresión química, corrosión, etc.).

2.3.4.4 CORROSIÓN DE METALES EN EL CONCRETO.-

El concreto por ser un material con una alcalinidad muy elevada ($\text{pH} > 12.5$) y alta resistividad eléctrica constituye uno de los medios ideales para proteger metales introducidos en su estructura, al representar una barrera protectora contra la corrosión. Pero si por circunstancias internas ó externas se cambian estas condiciones de protección, se produce el proceso electroquímico de la corrosión generándose compuestos de óxidos de hierro que llegan a triplicar el volumen original del hierro, destruyendo el concreto al hincharse.

En el concreto pueden incluirse una serie de metales dependiendo de la utilidad que queramos darle, pero lo real es que el acero es el metal de mayor uso desde que se desarrolló el concreto reforzado y sus múltiples aplicaciones.

2.3.4.5 REACCIONES QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS.-

Las reacciones químicas en los agregados, que pueden producir desintegración han sido y continúan siendo investigadas a nivel mundial en relación con su repercusión en el concreto.

En nuestro país no se tienen experiencias comprobadas debido a este tipo de ataque al concreto, ya que este tema al ser sumamente especializado, escapa de las prácticas convencionales en nuestro medio, siendo factible que los problemas ocasionados por este tipo de reacciones se atribuyan a otras causas por falta de conocimiento del tema.

Las canteras para la obtención de agregados para concreto en nuestro país abarcan una clasificación mineralógica muy amplia, dentro de la cual se podrían encontrar una serie de minerales potencialmente reactivos al emplearse en el concreto, por lo que es necesario desarrollar tecnología propia en este campo, pues no está lejano el día en que empiecen a detectarse problemas por el uso de estos agregados. Las reacciones químicas que se presentan en los agregados están constituidas por la Reacción Álcali-Sílice y la Reacción Álcali-Carbonato.

2.3.5 CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO.-

El congelamiento y descongelamiento constituyen un agente de deterioro que ocurre en los climas en que la temperatura desciende hasta provocar el congelamiento del agua contenida en los poros

capilares del concreto. Este fenómeno induce esfuerzos internos en la estructura del concreto que pueden provocar su fisuración reiterada y la desintegración de éste.

Este problema se da tanto a nivel de la pasta de cemento, como en los agregados de manera independiente, así como en la interacción entre ambos, por lo que su evaluación debe abordar cada uno de estos aspectos.

a) EFECTO EN LA PASTA DE CEMENTO.-

Existen dos teorías que explican el efecto en el cemento. La primera se denomina de “Presión Hidráulica” que considera que dependiendo del grado de saturación de los poros capilares y poros de gel, la velocidad de congelamiento y la permeabilidad de la pasta, al congelarse el agua en los poros ésta aumenta de volumen y ejerce presión sobre el agua aún en estado líquido, ocasionando tensiones en la estructura resistente. Si estas tensiones superan los esfuerzos últimos de la pasta, se produce la rotura.

La segunda teoría llamada de “*Presión osmótica*” asume las mismas consideraciones iniciales que la anterior pero supone que al congelarse el agua en los poros cambia la alcalinidad del agua aún en estado líquido, por lo que tiende a dirigirse hacia zonas congeladas de alcalinidad menor para entrar en solución, lo que genera una presión osmótica del agua líquida sobre la sólida

ocasionando presiones internas en la estructura resistente de la pasta con consecuencias similares al caso anterior.

Bajo ambas teorías, al producirse el descongelamiento se liberan las tensiones y al repetirse este ciclo muchas veces se produce la rotura por fatiga de la estructura de la pasta, si es que no se produjo al inicio.

b) EFECTO EN LOS AGREGADOS.-

En los agregados existe la evidencia de que por los tamaños mayores de los poros capilares se producen generalmente presiones hidráulicas y no osmóticas, con esfuerzos similares a los que ocurren en la pasta de cemento, existiendo indicios que el Tamaño Máximo tiene una influencia importante, estimándose que para cada tipo de material existe un tamaño máximo por debajo del cual se puede producir el congelamiento confinado dentro del concreto sin daño interno en los agregados.

Por otro lado, cuanto menor sea la capacidad del agregado para absorber agua, menor será el efecto del congelamiento interno de la misma.

c) EFECTO ENTRE LA PASTA Y LOS AGREGADOS.-

Existe la denominada "*Teoría Elástica*" que considera un efecto mixto de los agregados sobre la pasta, ya que al congelarse el agua dentro de ellos, se deforman elásticamente sin romperse por tener una estructura más resistente que la del cemento y ejercen

presión directa sobre la pasta generando tensiones adicionales a las ocasionadas en el cemento independientemente.

2.3.6 CONTROL DE LA DURABILIDAD FRENTE AL CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO.-

Como se mencionó anteriormente el problema del ataque al concreto por ciclos de congelamiento y descongelamiento es un tema crítico cuando se tienen las condiciones necesarias para que se presenten estos inconvenientes, por lo que a continuación se presentan algunas posibles soluciones, para tratar estos impases.

a) ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE.-

Son aditivos desarrollados a fines de la década de los años cuarenta, cuyo principio es el de introducir una estructura adicional de vacíos no interconectados que permiten asimilar los desplazamientos generados por el congelamiento eliminando las tensiones.

Se ha establecido el denominado “*Factor de Espaciamiento*” ($e < 0.2 \text{ mm}$) que representa la distancia máxima que debe existir entre las partículas de la pasta y los vacíos introducidos por el incorporador de aire para que sea realmente efectivo en cuanto a controlar el efecto del congelamiento y descongelamiento.

Los porcentajes de aire incorporado que se recomiendan en función del Tamaño Máximo Nominal de los agregados son los que se indican en la siguiente tabla:

Tamaño Máximo Nominal	Contenido de Aire Total, en %		
	Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8"	4.5	6.0	7.5
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.0
1"	3.0	4.5	6.0
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2.0	4.0	5.0
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1.0	3.0	4.0

Tabla N° 4 Contenido de Aire Total según el Tamaño Máximo Nominal del Agregado y Grado de Exposición Ambiental.

b) CURADO.-

No se puede pensar que sólo los incorporadores de aire solucionarán el problema antes descrito, pues si no se le da al concreto la posibilidad de desarrollar resistencia, de nada servirá la precaución anterior ante los esfuerzos internos por ciclos de congelamiento y descongelamiento.

Para un desarrollo normal de resistencia en el tiempo, el concreto debe curarse por los menos 13 °C para un elemento de 0.30m de espesor y 5°C para espesores del orden de 1.80m. por lo que se debe procurar mantener la temperatura adecuada mediante elementos aislantes que impidan que pierda calor y/o se evapore el agua, ó se congele hasta que haya desarrollado al menos 35 Kg/cm².

Debemos recordar y comprender que el mecanismo de hidratación del cemento, consiste en que la reacción química necesita de agua,

espacio para desarrollar los productos de hidratación, cierta temperatura y tiempo. Mientras se controlen estos factores mediante el curado, aseguraremos el desarrollo completo de las propiedades del concreto y favoreceremos la durabilidad.

c) DISEÑOS DE MEZCLA.-

Ante las inclemencias por las condiciones ambientales, en donde se producen ciclos de congelamiento y descongelamiento se recomienda elaborar diseños de mezcla con alta impermeabilidad, lo cual se consigue reduciendo la relación Agua/Cemento (a/c) al mínimo compatible con la trabajabilidad para lo cual el ACI recomienda relaciones entre 0.45 y 0.50.

2.3.7 REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO.-

Es un fenómeno que ataca al concreto endurecido fabricado con ciertos agregados sensibles, donde luego de varios años de exposición al medio ambiente y ante la presencia de óxidos de Sodio y Potasio (llamados comúnmente álcalis) provenientes principalmente del cemento, más humedad y temperatura, se origina un gel alrededor de las partículas gruesas, que va hinchándose cada vez más, rompiendo la estructura interna del concreto, ocasionando fisuración y desintegración de la estructura.

2.3.7.1 TIPOS DE REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO.-

Hasta la fecha se han detectado dos tipos de reacción álcali-agregado. La primera detectada a fines de 1930 por el profesor

Thomas E. Stanton (Director de California State Highway Division) al Sur de California – Estados Unidos, quien vió una serie de estructuras con problemas de fisuración debido a las reacciones de los álcalis de cemento y ciertas formas de sílice en los agregados que producían expansiones y agrietamiento, denominando a este fenómeno **Reacción Álcali-Sílice** ó **ASR** por sus siglas en inglés **Alkali Silica Reactivity**. El segundo tipo de reacción se suscitó en el año 1957 por el profesor E. G. Swenson del National Research Council – Canadá, quien encontró que en ciertos agregados dolomíticos, el gel expansivo se originaba entre los álcalis y algunos carbonatos reactivos, denominando a este fenómeno **Reacción Álcali-Carbonato** o **ACR** por sus siglas en inglés **Alkali Carbonate Reactivity**.

De ambos fenómenos el primero es el más difundido a nivel mundial por la variedad de minerales que lo pueden ocasionar es muy amplia y en el segundo caso, su ocurrencia es muy rara debido a que los agregados potencialmente reactivos en estos casos, normalmente no se emplean para producir concreto por no tener propiedades de resistencia y dureza adecuadas.

Para el caso de nuestro país, debido a que en él se asienta la Cordillera de los Andes con una serie de montañas que contienen innumerables variedades de minerales, los cuales podrían ocasionar este tipo de problema, es necesario conocer y profundizar en estos casos los conceptos relativos a este

fenómeno, por lo cual se pasa a mostrar una tabla en la cual encontramos materiales pueden ser potencialmente reactivos con los álcalis de cemento.

REACCIÓN ÁLCALI - SÍLICE	REACCIÓN ÁLCALI - CARBONATO
Andesitas, Argillitas, Calcedonia, Ciertas Calizas, Ciertas Dolomitas, Cristobalita, Cuarzita, Cuarzosa, Dacitas, Esquistos, Filita, Gneiss Granítico, Ópalo, Pizarras Opalinas, Pizarras Silíceas, Riolitas, Trdimita, Vidrio Silíceo, Vidrio Sintético Calizas Dolomíticas, Dolomitas Calcíficas, Dolomitas de Grano Fino.	Calizas Dolomíticas, Dolomitas Calcíficas, Dolomitas de Grano Fino.

Cuadro N°2 Minerales, rocas y materiales sintéticos que pueden ser potencialmente reactivos con los álcalis del cemento.

2.3.7.2 CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DE LA REACCIÓN ÁLCALI-SÍLICE.-

Se requiere de cuatro condiciones que deben darse simultáneamente para que exista la reacción:

- Agregado sensiblemente reactivo a los álcalis.
- Suficiente cantidad de álcalis para activar la reacción.
- Humedad necesaria para que los álcalis entren en solución y generen la reacción química.
- Mantenimiento de la reacción química en el tiempo requerido para originar el gel y que se expanda provocando fisuración.

Si alguna de estas condiciones está ausente, es imposible que se produzca la reacción.

2.3.7.3 DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD DE UN AGREGADO.-

Para determinar si un agregado es altamente potencial a crear una ASR, el primer paso es el de realizar un Ensayo Petrográfico, es decir recurrir donde un profesional experto para verificar con un microscopio de luz polarizada y metodología estandarizada si el agregado tiene en su composición alguno ó varios de los minerales y/ rocas que pudieran causar la reacción, si la petrografía no detecta ninguno de estos elementos, se considera agregado inocuo.

De hallarse alguno de los minerales descritos anteriormente (Ver Cuadro N°2) se debe recurrir a varios ensayos desarrollados en varios países y que están basados en varias simulaciones aceleradas del fenómeno, por lo cual se mostrara una tabla de los ensayos que se pueden realizar normados por ASTM International.

Ensayo ASTM	Parámetros que evalúa	Tipo de Especimen	Condición de Ensayo	Duración Usual	Pros	Contras
C 289	Sílice disuelta y reducción en alcalinidad en Agregados	Agregado Pulverizado	Inmersión en NaOH a 80 °C	24 Horas	Rápido, detecta agregados con elevada reactividad	Falla con agregados de reacción lenta, no usa gradación real
C 227	Expansión en combinaciones de cemento y agregado	Prismas de mortero de 25mm x 25 mm x 285 mm	Inmersión en H ₂ O a 38 °C	90 días y 180 días	Detecta agregados con reactividad rápida, permite comparar cementos	Demora mucho, falla con agregados de reacción lenta, no usa gradación real
C 1260 C 1567	Expansión en combinaciones de cemento y agregado, Efectividad de Adiciones	Prismas de mortero de 25mm x 25 mm x 285 mm	Inmersión en NaOH a 80 °C	16 días	Relativamente rápido, detecta agregados con reactividad lenta, permite comparar cementos	Muy severo, puede mostrar como reactivos agregados inocuos, no usa gradación real
C 1293	Expansión en combinaciones de cemento y agregado, Efectividad de Adiciones	Prismas de concreto de 75mm x 75 mm x 285 mm	Inmersión en H ₂ O a 38 °C	1 año a 2 años	Más realista, se acerca a la condición de obra	Demora mucho, el resultado se afecta mucho por las condiciones de almacenaje
C 441 (*)	Efectividad de Adiciones, usando cemento con alto contenido de álcalis y pyrex	Prismas de mortero de 25mm x 25 mm x 285 mm	Inmersión en H ₂ O a 38 °C	14 días y 56 días	Permite determinar la efectividad de adiciones minerales vs la dosis empleada	No es muy rápido, sólo estima resultados comparativos pero no absolutos

(*) No sirve para calificar agregados pero se incluye como información práctica relevante.

Cuadro N°3 Ensayos ASTM empleados para evaluar ASR en agregados.

Cada ensayo establece un valor límite para cada edad de prueba, que de superarse indicaría que el agregado puede traer problemas de reactividad, siendo lo recomendable cuando varios de los ensayos más rápidos nos arrojan tendencias de comportamiento potencialmente peligroso, el proceder a efectuar

los ensayos lentos si se dispone del tiempo y la anticipación para ello, de manera de poder ser más concluyente.

2.3.7.4 CONTROL DE LA REACCIÓN ÁLCALI-SÍLICE.-

Para el control de la reacción Álcali-Sílice, se han planteado posibles soluciones a nivel de aseguramiento de los insumos, control frente a condiciones ambientales y tratamientos a nivel ingenieril.

Desde el punto de vista del aseguramiento de los insumos para la producción de concreto, se recomienda usar cementos con contenidos de álcalis no mayores a 0.60%, denominados de bajo contenido de álcalis (usualmente Cementos Tipo II y V), lo cual ayuda mucho a mitigar este problema pero sin embargo se han encontrado casos en que esto no ha sido suficiente, por lo que se recomienda limitar el contenido total de álcalis en las mezclas de concreto entre 1.80 Kg/m³ a 3.00 Kg/m³ dependiendo de la exposición al medio ambiente. Otra sugerencia es la del uso de las adiciones minerales como puzolanas, cenizas volantes, escorias, microsilice, etc. que permiten reemplazos de cemento entre el 10% al 50%, reduciendo la permeabilidad y actuando como neutralizante en la reacción química. Finalmente una opción viable es la de emplear como aditivo químico las sales de Litio, que han demostrado ser muy efectivas en neutralizar la acción de los álcalis formando un gel no expansivo.

Referente a las condiciones ambientales, humedad es un factor muy importante que afecta al concreto de manera externa debido a la exposición al medio ambiente en donde hay humedad relativa elevada, lluvia, flujo de agua si se trata de estructuras hidráulicas, ambiente marino, riego, etc. e internamente cuando las estructuras son de grandes dimensiones y nunca llegan a eliminar totalmente su humedad, caso característico en las represas, hidroeléctricas, puentes, etc.

Para combatir estos problemas una solución externa es colocar una barrera superficial impermeable que contribuya a esto (usar pinturas, bitúmenes, láminas plásticas, etc.). Desde el punto de vista interno es recomendable reducir la porosidad y en consecuencia su permeabilidad limitando la relación Agua/Cementante a valores no mayores a 0.50 y empleando adiciones minerales ya que reducen la permeabilidad.

Finalmente cuando algún tipo de estructura es atacada por ASR se debe hacer la evaluación para mitigar la propagación de la expansión mediante técnicas de drenaje y secado de las estructuras, membranas superficiales, aplicación de productos en base a sales de litio por inundación, rociado, inyección a presión, refuerzo de las estructuras mediante confinamiento con concreto armado adicional, postensado, liberación de esfuerzos mediante corte de juntas, etc.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE MEZCLAS

3.1. INTRODUCCIÓN.-

El diseño de mezclas, es conceptualmente la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

Normalmente uno supone que el diseño de mezclas consiste en la aplicación de tablas ó proporciones ya establecidas, las cuales al cumplirlas, van a satisfacer cualquier requerimiento de todo tipo de obra; pero eso no es tan cierto, ya que cada proyecto posee distintas condiciones ya sean de diseño estructural, ambientales, de mano de obra, de materiales, de equipo, etc. las cuales le van a dar características propias y específicas, por lo cual el concreto que es un material que tiene gran incidencia en la construcción de un proyecto, debe tener la misma importancia para poder cumplir con los requerimientos establecidos, para de esta forma lograr ser compatible con los procesos constructivos que se adopten y así se logre la realización del proyecto según lo planificado.

3.2 DEFINICIÓN.-

El diseño de mezcla es definido como el proceso de selección de los ingredientes y combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en estado fresco tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada, y que en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador ó indicados en planos y/o especificaciones de obra.

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

- Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, especificadas por el ingeniero estructuralista, plasmado en planos y especificaciones de obra.
- Las propiedades del concreto en estado no endurecido, especificadas por el ingeniero constructor, en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto.
- El costo de la unidad cubica de concreto.

3.3 CONSIDERACIONES Y/O CRITERIOS PARA DISEÑOS DE MEZCLA.-

- El concreto debe cumplir con la calidad especificada y con todas las características y propiedades indicadas en los planos y especificaciones de obra.
- El proyectista debe considerar que el proceso de selección de las proporciones de la mezcla no es un procedimiento empírico, sino que

responde a reglas, procedimientos matemáticos, empleo de tablas y gráficos y a la experiencia del diseñador. El diseño de mezcla es un proceso que empieza con el análisis y lectura de planos, para saber las características que deberá tener el concreto y termina con la producción de concreto con la calidad requerida.

- Para el diseño de mezcla se considerarán dos etapas importantes:
- Estimación preliminar de las proporciones de la unidad cúbica de concreto más convenientes. Se podrá emplear información previa proveniente de obras anteriores, tablas y gráficos, requisitos de las especificaciones de obra, Normas y Reglamentos, resultados de laboratorio de los ensayos realizados en los materiales a ser utilizados y condiciones de utilización del concreto.
- Comprobación, por medio de ensayo de muestras elaboradas en el laboratorio y en obra, de las propiedades del concreto que se ha preparado con los materiales a ser utilizados en obra y las proporciones seleccionadas en el gabinete.
- Las proporciones seleccionadas deberán permitir que:
 - ❖ La mezcla sea fácilmente trabajable en los encofrados y especialmente en sus esquinas y ángulos, así como alrededor del acero de refuerzo y elementos embebidos, utilizando los procedimientos de colocación y consolidación disponibles en obra; sin que se presente segregación, exudación excesiva y pérdida de la uniformidad de la mezcla.

- ❖ El concreto en estado endurecido debe cumplir con los requisitos establecidos en planos y especificaciones de obra.
- ❖ La mezcla sea económica.
- La selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto deberá permitir que éste alcance a los 28 días, o la edad seleccionada, la resistencia en compresión promedio elegida.

3.4 PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO.-

a) El principio de los volúmenes absolutos.-

Todos los métodos de diseño de mezclas exactos, se basan en el principio de considerar en el cálculo, los volúmenes de los componentes sin incluir los vacíos entre ellos, de manera que sumados conjuntamente con el aire que atrapa el concreto, suministren la unidad de medida que se esté adoptando, que usualmente es 1.00 m³.

En consecuencia, se trabaja en los cálculos con el peso específico de los sólidos, también llamado gravedad específica o peso específico de masa, sea en condición seca o saturada superficialmente seca, para obtener los volúmenes sólidos de los componentes de modo de dosificarlos adecuadamente para lograr la unidad volumétrica de medida.

b) La Resistencia en compresión y la relación Agua/Cemento(a/c).-

Como sabemos en todo proyecto la resistencia a la compresión del concreto es un requisito fundamental, por lo que la relación Agua/Cementante (a/c) es un parámetro ineludible en el diseño de mezclas, ya que éste es quien va a regular el comportamiento de la resistencia requerida, por lo que se debe encontrar la relación a/c más adecuada, económica y que cubra todos los requerimientos de calidad, por lo que es necesario la optimización y control de diseños de mezcla continuamente.

Por otro lado, debido a condiciones de durabilidad de la estructuras de concreto por circunstancias de exposición y agresividad extrema al medio ambiente y características de operatividad ó uso, motivan que independientemente de lograr alcanzar una resistencia promedio, se deba asumir una relación a/c muy baja que optimice la impermeabilidad, la resistencia a la abrasión y el desgaste, resistencia a la agresión química, resistencia a ciclos de congelamiento y descongelamiento, etc. y que estará asociada consecuentemente a una resistencia en compresión generalmente superior a la necesaria por requerimientos estructurales.

c) La granulometría de los agregados y su Tamaño Máximo.-

Para realizar un diseño de mezcla de concreto, como criterio fundamental es el de utilizar granulometrías o gradaciones de

agregado que provean el mejor acomodo entre las partículas creando una estructura muy densa, resistente e impermeable, que otorguen una gran trabajabilidad.

La incidencia de los agregados en el diseño de mezcla, dependen de la mayor o menor confiabilidad que se le asigne al sustento técnico de cada una, por lo que esta etapa es la que diferencia un método de diseño de otro.

Otro factor importante es el Tamaño Máximo del Agregado, ya que científicamente está comprobado que este factor influye en la cantidad de agua que requiere la mezcla para satisfacer condiciones de trabajabilidad, y así cuanto mayor sea el tamaño del agregado y más redondeado, menor será el requerimiento de ésta. El sustento teórico para afirmar este criterio, es el concepto de la Superficie Especifica, que representa el área superficial promedio de las partículas de agregado. Cuanto más fino y anguloso es el agregado supone mayor cantidad de partículas y una mayor área a ser cubierta por el agua para fines de trabajabilidad, y cuanto más grueso y redondeado, se reduce la cantidad de partículas y el área involucrada.

Como información adicional, se ha demostrado que el criterio tradicional referido a que las mezclas con el mayor tamaño máximo de agregado grueso, producían los diseños más resistentes, sólo es válido para mezclas de resistencia media y tamaños máximos

entre $3/4"$ a $1\ 1/2"$. Pero para mezclas ricas, las mayores resistencias se logran con tamaños máximos entre $1/2"$ a $3/8"$, concluyéndose en que el agregado grueso mayor a $1\ 1/2"$ solo contribuirá a mejorar resistencias de concretos pobres.

d) La trabajabilidad y su trascendencia.-

La trabajabilidad constituye el parámetro más manejado por los que diseñan, producen y colocan concreto, sin embargo es el más difícil de definir, evaluar y cuantificar en términos absolutos.

Es definida como el mayor o menor trabajo que hay que aportar al concreto en estado fresco en los diferentes procesos de fabricación, transporte, colocación, compactación y curado.

Usualmente recurrimos al asentamiento (slump) como evaluación de esta característica, pero la experiencia demuestra que es una manera sumamente limitada de evaluarla pues solo resulta un indicador de la cantidad de agua en la mezcla.

3.5 PASOS BÁSICOS PARA REALIZAR DISEÑOS DE MEZCLA.-

Los siguientes pasos se consideran fundamentales en el proceso de selección de las proporciones de la mezcla para alcanzar las propiedades deseadas en el concreto.

- 1) Estudiar cuidadosamente los requisitos indicados en los planos y especificaciones de obra.

- 2) Seleccionar la resistencia promedio requerida para obtener en obra la resistencia de diseño especificada por el proyectista.
- 3) Seleccionar en función de las características del elemento estructural y del sistema de colocación del concreto, el tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- 4) Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma. Se tendrá en consideración, entre otros factores la trabajabilidad deseada, la característica de los elementos estructurales y las facilidades de colocación y compactación del concreto.
- 5) Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto, considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire, incorporado o atrapado en la mezcla.
- 6) Determinar el porcentaje de aire atrapado o el de aire total, según se trate de concretos normales o de concretos en los que expresamente, por razones de durabilidad, se ha incorporado aire, mediante el empleo de un aditivo.
- 7) Seleccionar la relación Agua/Cemento requerida para obtener la resistencia deseada en el elemento estructural. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada y la presencia ó ausencia de aire incorporado.

- 8) Seleccionar la relación Agua/Cemento requerida por condición de durabilidad. Se tendrá en consideración los diferentes agentes externos e internos que podrían atentar contra la vida de la estructura.
- 9) Seleccionar la menor de las relaciones Agua/Cemento elegidas por resistencia y durabilidad, garantizando con ello que se obtendrá en la estructura la resistencia en compresión necesaria y la durabilidad requerida
- 10) Determinar el factor cemento por unidad cubica de concreto, en función del volumen unitario de agua y de la relación Agua/Cemento seleccionada.
- 11) Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso. La selección de la cantidad de cada uno de ellos en la unidad cubica de concreto está condicionada al procedimiento de diseño seleccionado.
- 12) Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado
- 13) Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.
- 14) Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en laboratorio.

15) Ajustar las proporciones finales de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados bajo condiciones de obra.

3.6 MÉTODO DE DISEÑO.-

Para el presente trabajo de investigación, nos basaremos en la secuencia de diseño propuesta por el Comité ACI 211.1-91/02, con la diferencia que para la selección de las proporciones de los agregados, se usará una selección de proporciones basadas en la Máxima Compactación de los Agregados por el Ensayo de Peso Unitario Compactado de Agregado Global, para buscar la mejor combinación de los agregados, según las características de cada uno de ellos.

Cabe resaltar que por tener condiciones ambientales específicas, se realizará diseños de mezcla de concreto por **Durabilidad**, por lo cual las relaciones Agua/Cemento serán bajas, obteniendo resistencias a la compresión altas.

Por otro lado si bien el Comité ACI 211 nos define tablas y gráficos con los cuales podemos realizar mezclas de concreto, muchas veces estos datos base, no llegan a cumplir con los resultados que uno espera, ya que dichas especificaciones son de estudios realizados en laboratorios extranjeros, por lo que las condiciones que se presentan son diferentes a las de nuestro entorno y actualidad, y es ahí donde uno debe involucrarse para definir qué parámetros modificar, en base a su conocimiento, experiencia e ingenio, para poder lograr mezclas satisfactorias y optimizadas.

➤ **DEFINICIÓN DE REQUISITOS.-**

❖ **Resistencias:** $f'c=210\text{Kg/cm}^2$, $f'c=245\text{ Kg/cm}^2$, $f'c=280\text{ Kg/cm}^2$
y $f'c=350\text{ Kg/cm}^2$.

❖ **Relaciones Agua/Cemento:** 0.55, 0.50, 0.45 y 0.40. (Por Durabilidad).

❖ **Asentamiento:** $4'' \pm 1''$.

❖ **Contenido de aire:** $5\% \pm 1\%$.

➤ **SECUENCIA TEÓRICA DE DISEÑO DE MEZCLA.-**

Debido a que el presente trabajo de investigación, tiene por finalidad establecer diseños de mezcla por durabilidad, un parámetro establecido será la relación agua/cemento, basándonos en las referencias de condiciones especiales de exposición (Ver cuadro adjunto), para de esta manera obtener la cantidad de cemento a utilizar en cada diseño.

Condiciones de Exposición	Relación a/c máxima, en concretos con agregado de peso normal	Resistencia a la Compresión mínima en concretos con agregados livianos
Concretos de Baja Permeabilidad (A) Expuesto a agua Dulce. (B) Expuesto a agua de mar ó aguas solubles. (C) Expuesto a la acción de aguas cloacales.	0.50 0.45 0.45	260 Kg/cm ²
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda (A) Sardineles, cunetas, secciones delgadas (B) Otros elementos.	0.45 0.50	300 Kg/cm ²
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de aguas. Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.40 0.45	325 Kg/cm ² 300 kg/cm ²

Cuadro N°4. Condiciones Especiales de Exposición.

Como vimos anteriormente, una vez definidos los requisitos solicitados, empezaremos a seleccionar los valores de acuerdo a los parámetros de nuestras materias primas las cuales obtendremos de los ensayos realizados.

- Como primer paso obtendremos el Tamaño Máximo Nominal del Agregado y seleccionaremos el asentamiento requerido para poder obtener el volumen de agua con el cual realizaremos el diseño del concreto patrón, se utilizará la siguiente tabla.

Asentamiento	Agua, en L/m ³ , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO 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	...
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Tabla N° 5 Volumen Unitario de Agua.

- El segundo paso es seleccionar la cantidad de aire atrapado en la mezcla en función del Tamaño Máximo Nominal del Agregado, para lo cual se utilizará la siguiente tabla.

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Tabla N° 6 Contenido de Aire Atrapado.

- Seguidamente, se calculará el contenido de cemento, para ello se utilizará la cantidad de agua calculada en el primer paso y la

relación agua/cemento para determinar la cantidad de cemento,
por ejemplo:

- T.M.N. = 3/4"
- Asentamiento = 3" a 4"
- De tabla se obtiene la cantidad de agua 205 Litros.
- $a/c = 0.50$

Por lo tanto:

$$\text{Cemento} = 205/0.50$$

$$\text{Cemento} = 410 \text{ Kg.}$$

- Posteriormente se calcularán los volúmenes de los agregados, para ello debemos convertir todos los materiales encontrados a unidad de volumen.

- **Volumen de cemento.-**

$$V_c = \frac{W_c}{\gamma_c}$$

W_c : Peso del Cemento.

γ_c : Peso Especifico del Cemento.

- **Volumen del agua.-**

$$V_a = \frac{W_a}{\gamma_a}$$

W_a : Peso del Agua.

γ_a : Peso Especifico del Agua.

○ **Volumen de aire atrapado.-**

$$V_{aa} = \frac{\%aireatrapado}{100\%}$$

○ **Volumen de los agregados.-**

$$V_{agr} = 1 - (V_c + V_a + V_{aa})$$

Para calcular el volumen de arena, utilizaremos las siguientes fórmulas y principios físicos:

- $V_{agregados} = V_{arena} + V_{piedra} \dots\dots\dots (1)$

- $\gamma = \frac{W}{V}$, despejado tenemos que:

- $W = \gamma \cdot V \dots\dots\dots (2)$

γ : Peso específico

W: peso

V: Volumen

- $W_{agr} = W_{arena} + W_{piedra} \dots\dots\dots (3)$

W_{ar} : Peso de la arena.

W_{agr} : Peso Total de los Agregados.

W_{pi} : Peso de la piedra

Ahora, para calcular la incidencia de la arena, sabemos que:

$$\%Arena = \frac{W_{ar}}{W_{agr}} = \frac{W_{ar}}{W_{ar} + W_{pi}} \dots\dots\dots (4)$$

Si reemplazamos la fórmula (2) en (4), tenemos lo siguiente:

$$\%Arena = \frac{\gamma_{ar} \cdot V_{ar}}{\gamma_{ar} \cdot V_{ar} + \gamma_{pi} \cdot V_{pi}}$$

Despejando tenemos:

$$\begin{aligned}\gamma_{ar} \cdot V_{ar} &= \%Ar \cdot \gamma_{ar} \cdot V_{ar} + \%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot V_{pi} \\ \gamma_{ar} \cdot V_{ar} &= \%Ar \cdot \gamma_{ar} \cdot V_{ar} + \%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot (V_{agr} - V_{ar}) \\ \gamma_{ar} \cdot V_{ar} &= \%Ar \cdot \gamma_{ar} \cdot V_{ar} + \%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot V_{agr} - \%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot V_{ar} \\ \gamma_{ar} \cdot V_{ar} - \%Ar \cdot \gamma_{ar} \cdot V_{ar} + \%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot V_{ar} &= \%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot V_{agr} \\ \gamma_{ar} \cdot V_{ar} + \%Ar \cdot V_{ar} (\gamma_{pi} - \gamma_{ar}) &= \%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot V_{agr} \\ V_{ar} (\gamma_{ar} + \%Ar (\gamma_{pi} - \gamma_{ar})) &= \%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot V_{agr} \\ V_{ar} &= \frac{\%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot V_{agr}}{\gamma_{ar} + \%Ar (\gamma_{pi} - \gamma_{ar})}\end{aligned}$$

Donde:

- V_{ar} : Volumen de Arena (m3).
- $\%Ar$: Incidencia de la Arena (%)
- γ_{pi} : Peso específico de la piedra (Kg/m3).
- V_{agr} : Volumen total de los agregados (m3)
- γ_{ar} : Peso específico de la arena (Kg/m3).

Ahora para poder saber cuál es el porcentaje de incidencia óptimo de la arena en el concreto, se realizará el Ensayo de Peso Unitario Compactado de Agregado Global, en donde se varían

los porcentajes de incidencia de la arena y piedra; y al final mediante un gráfico se obtienen cuales son los porcentajes óptimos de combinación de arena y piedra, los cuales tendrán los pesos unitarios más altos, concluyéndose que ellos aportaran el mejor acomodo y densidad de los agregados en el concreto. En el capítulo VI, se detallará con mayor precisión el procedimiento y método para elegir el mejor porcentaje de incidencia del material a utilizar.

- Finalmente, al obtener el Volumen de arena, para saber la cantidad de arena que usaremos en el diseño de mezcla, usamos la siguiente fórmula.

$$W_{ar} = \gamma_{ar} \cdot V_{ar}$$

- W_{ar} : Peso de Arena (Kg).
- γ_{ar} : Peso específico de la arena (Kg/m³).
- V_{ar} : Volumen de Arena (m³).

Para saber la cantidad de piedra que usaremos en el diseño de mezcla, usaremos las siguientes dos fórmulas:

$$V_{pi} = V_{agr} - V_{ar}$$

- V_{pi} : Volumen de piedra (m³).
- V_{agr} : Volumen total de los agregados (m³).
- V_{ar} : Volumen de Arena (m³).

$$W_{pi} = \gamma_{pi} \cdot V_{pi}$$

- W_{pi} : Peso de Arena (Kg).
- γ_{pi} : Peso específico de la arena (Kg/m³).
- V_{pi} : Volumen de Arena (m³)-

CAPÍTULO IV

ENSAYOS Y SU APLICACIÓN EN EL CONCRETO

4.1 ENSAYOS EN EL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.-

Los ensayos del concreto en estado fresco, son necesarios ya que de esta manera podemos saber las características que posee el concreto, y así ajustarlas de acuerdo a nuestros requerimientos.

Las propiedades del concreto en estado fresco varían por distintos factores, entre ellos encontramos a la variación de la granulometría de los agregados, del Tamaño Máximo Nominal de agregado grueso, del Módulo de Finura de los agregados, del tipo de cemento a emplear, de la temperatura de los materiales a emplear, de la temperatura del ambiente, de las características y buena dosificación de los aditivos a emplear, del método de mezclado de materiales, etc.

Los ensayos a utilizar son los siguientes:

4.1.1 Ensayo de Asentamiento ó Slump.-

Es el ensayo mayor empleado con el cual podemos medir la consistencia de la mezcla de concreto, y de esta manera determinar la trabajabilidad de la mezcla.

Se mide mediante el cono de Abrams y su unidad de medida es la pulgada.

Este ensayo se encuentra en la norma NTP 339.035:2009 (Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland).

4.1.2 Ensayo de Peso Unitario.-

Mediante este ensayo podemos cuantificar el peso compactado del concreto fresco que ocupa un volumen unitario. El ensayo de Peso Unitario del concreto fresco se encuentra en la norma NTP 339.046:2008 (Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto).

4.1.3 Ensayo de Contenido de Aire.-

El ensayo de contenido de aire nos permite medir el volumen de aire que existe entre las partículas de los agregados.

El contenido de aire depende de factores especialmente de:

- Tamaño Máximo del agregado.
- Granulometría.
- Condiciones de Operación
- Tiempo de mezclado.

Para nuestro caso usaremos el método de presiones que se encuentra normada por NTP 339.080:2011 (Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco Método de presión).

4.1.4 Ensayo de Tiempo de Fraguado.-

Mediante el ensayo de tiempo de fraguado, podemos determinar el tiempo de endurecimiento del concreto en estado fresco, este ensayo consta de de dos periodos: uno es el fraguado inicial y el otro es el fraguado final.

La norma establece el tiempo de fraguado del concreto con asentamientos superiores a cero por medio de las agujas de penetración sobre la muestra tamizada.

La fragua inicial se produce cuando la presión por penetración es de 500 lbf/plg² y la fragua final cuando es de 4000 lbf/plg².

Este ensayo se realiza según la norma NTP 339.082:2011 (Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración).

4.2 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.-

Los ensayos al concreto en estado endurecido, tienen por finalidad, el poder apreciar las propiedades mecánicas y físicas de éste, para lograr estimar la durabilidad del concreto.

El concreto en estado endurecido es una consecuencia de cómo se desarrollo la etapa plástica.

El ensayo a utilizar es el siguiente:

4.2.1 Resistencia a la Compresión.-

Este ensayo mide la resistencia mecánica del concreto frente a una carga en compresión.

Para realizar el ensayo se empleará moldes cilíndricos estándar de 6" x 12", una barra compactadora de acero, recta y lisa de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud, terminada en punta roma.

Las probetas se llenarán en tres capas compactadas, con 25 golpes distribuidos uniformemente en toda la superficie. El curado y elaboración de las probetas se realizarán bajo la norma NTP 339.033:2009 (Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo).

A las 24 horas de fraguado son desmoldadas y llevadas a una poza de curado donde se extraerán un día antes de ser ensayadas.

Para realizar el ensayo de resistencia a la compresión, nos basamos en la norma NTP 339.034:2008 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.).

4.3. ANÁLISIS FÍSICOS DE LOS AGREGADOS.-

4.3.1 AGREGADO GRUESO.-

4.3.1.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.-

Establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas de agregado grueso.

TAMIZ	D(mm)	AGREGADO GRUESO				HUSO 56	
		P. RET (g)	%RET	%RET ACUM	%PAS ACUM	LIM. SUP.	LIM. INF.
1 1/2"	38.100		0.00	0.00	100.00	100%	100%
1"	25.400	2510.00	21.40	21.40	78.60	100%	90%
3/4"	19.000	3085.60	26.31	47.71	52.29	85%	40%
1/2"	12.700	3170.00	27.03	74.73	25.27	40%	10%
3/8"	9.510	1685.30	14.37	89.10	10.90	15%	0%
1/4"	6.350	906.70	7.73	96.83	3.17		
N° 4	4.750	118.80	1.01	97.85	2.15	5%	0%
FONDO		252.70	2.15	100.00	0.00		
SUMA		11729.10					

- **TAMAÑO MÁXIMO (T.M.).-**

$$T.M.=1\frac{1}{2}"$$

- **TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (T.M.N.).-**

$$T.M.N.=1"$$

- **MÓDULO DE FINEZA(M.F.).-**

Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados de las mallas 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, todo esto dividido entre 100.

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

$$M.F.=\frac{\sum \%ret.acum.(0+47.71+89.10+97.85+100+100+100+100+100)}{100}$$

$$M.F. = 7.34$$

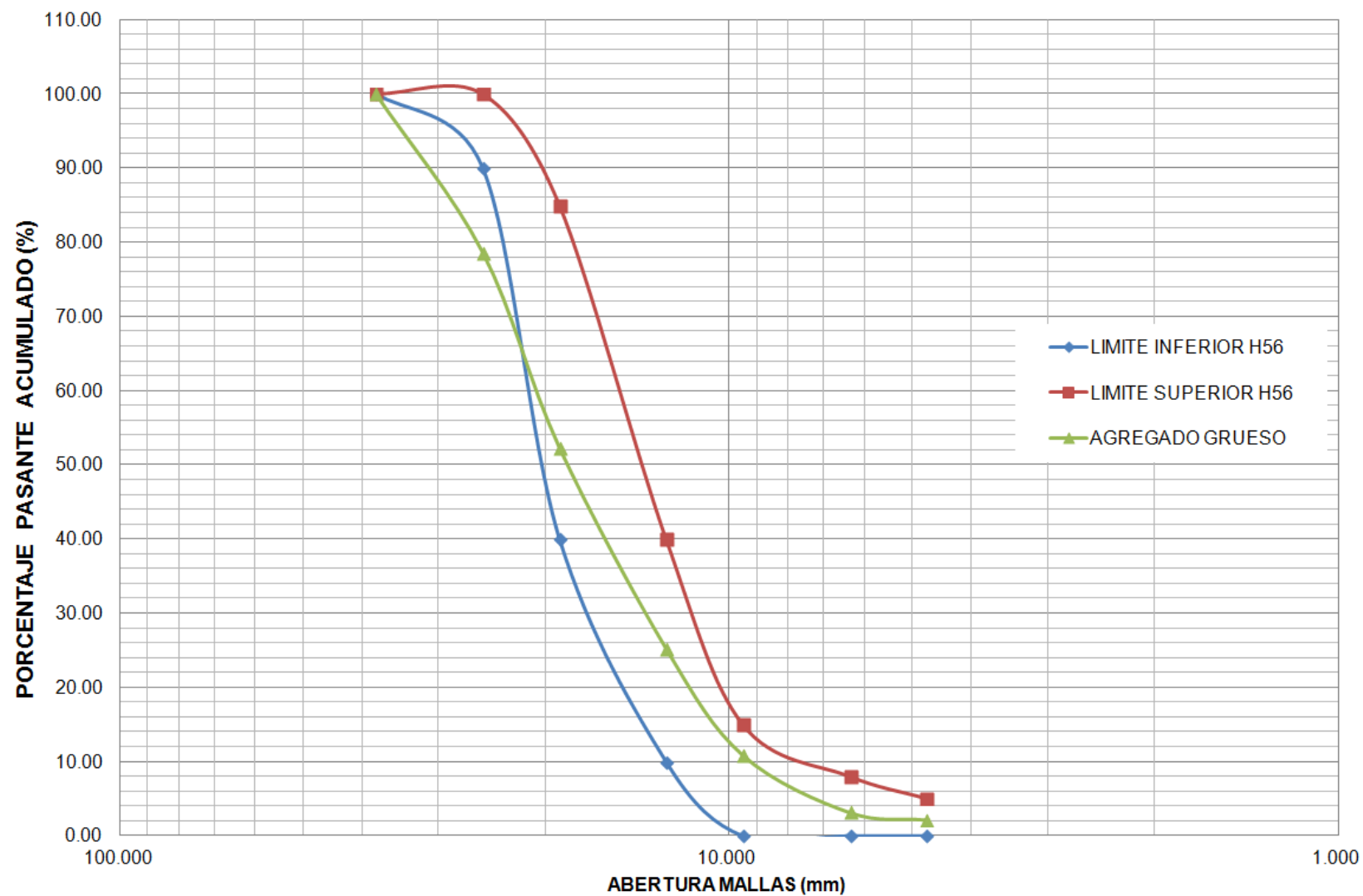


Gráfico N°1 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

4.3.1.2 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO.-

Se denomina peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en Kg/m³ de material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros ó pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

4.3.1.2.1 PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.).-

VOLUMEN DE MOLDE	0.01445	m³
PESO DE MOLDE	5.424	Kg
	PESO	UND.
MUESTRA 1 (molde + muestra)	25.388	Kg
MUESTRA 2 (molde + muestra)	25.490	Kg
MUESTRA 3 (molde + muestra)	25.396	Kg
	PESO	UND.
MUESTRA 1	19.964	Kg
MUESTRA 2	20.066	Kg
MUESTRA 3	19.972	Kg
PROMEDIO	20.001	Kg
P.U.S. (Ag. Grueso)	1384	Kg/m³

4.3.1.2 PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.).-

VOLUMEN DE MOLDE	0.01445	m3
PESO DE MOLDE	5.424	Kg
	PESO	UND.
MUESTRA 1 (molde + muestra)	27.560	Kg
MUESTRA 2 (molde + muestra)	27.690	Kg
MUESTRA 3 (molde + muestra)	27.510	Kg
	PESO	UND.
MUESTRA 1	22.136	Kg
MUESTRA 2	22.266	Kg
MUESTRA 3	22.086	Kg
PROMEDIO	22.163	Kg
P.U.C. (Ag. Grueso)	1534	Kg/m3

4.3.1.3 PESO ESPECÍFICO.-

Este parámetro, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además es un indicador de calidad, ya que los agregados que poseen valores altos corresponden a materiales que tendrán buen comportamiento, mientras que los que posean bajos valores, corresponden a agregados absorbentes y débiles, por lo que se deben efectuar otros ensayos para determinar su uso.

$$\gamma_{\text{piedra}} = \frac{W_{ss}}{W_{ss} - (W_1 - W_2)}$$

- **W_{ss}**: Peso superficialmente seco de la muestra.
- **W₁** : Peso de la canastilla sumergida + material.
- **W₂** : Peso de la canastilla sumergida.

➤ γ_{piedra} : Peso específico de la piedra

	PESO	UNID
Wss	3706	g
W1	3152	g
W2	910	g

$$\gamma_{\text{piedra}} = 2.531 \text{ g} / \text{cm}^3$$

4.3.1.4 ABSORCIÓN.-

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas.

$$A_{\text{piedra}} = \frac{(W_{ss} - W_s)}{W_s} * 100$$

- **Wss**: Peso superficialmente seco de la muestra.
- **Ws** : Peso seco de la muestra (llevado al horno 24 horas).
- **A** : Absorción (%).

	PESO	UNID
Wss	2000	g
Ws	1937	g

$$A_{\text{piedra}} = 3.25\%$$

4.3.1.5 HUMEDAD.-

Es la humedad natural contenida en los agregados al momento de usarlo en el concreto.

Este parámetro varía día a día, por lo que es necesario determinarlo antes de realizar un diseño de mezcla.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

4.3.2 AGREGADO FINO.-

4.3.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.-

TAMIZ	D(mm)	AGREGADO FINO				LIM. SUP.	LIM. INF.
		P. RET	%RET	%RET ACUM	%PAS ACUM		
3/8"	9.510	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	100%
N° 4	4.750	112.00	6.80	6.80	93.20	100%	95%
N° 8	2.380	484.00	29.39	36.19	63.81	100%	80%
N° 16	1.190	460.00	27.93	64.12	35.88	85%	50%
N° 30	0.595	340.00	20.64	84.76	15.24	60%	25%
N° 50	0.297	160.00	9.71	94.47	5.53	30%	10%
N° 100	0.147	59.00	3.58	98.06	1.94	10%	2%
N° 200	0.074	26.00	1.58	99.64	0.36		
FONDO	0.000	6.00	0.36	100.00	0.00		
SUMA		1647.00					

- **MÓDULO DE FINEZA (M.F.).-**

Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados de las mallas 3", 1½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, todo esto dividido entre 100.

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

$$M.F. = \frac{\sum \%ret.acum.(0 + 6.80 + 36.19 + 64.12 + 84.76 + 94.47 + 98.06)}{100}$$

$$M.F. = 3.84$$

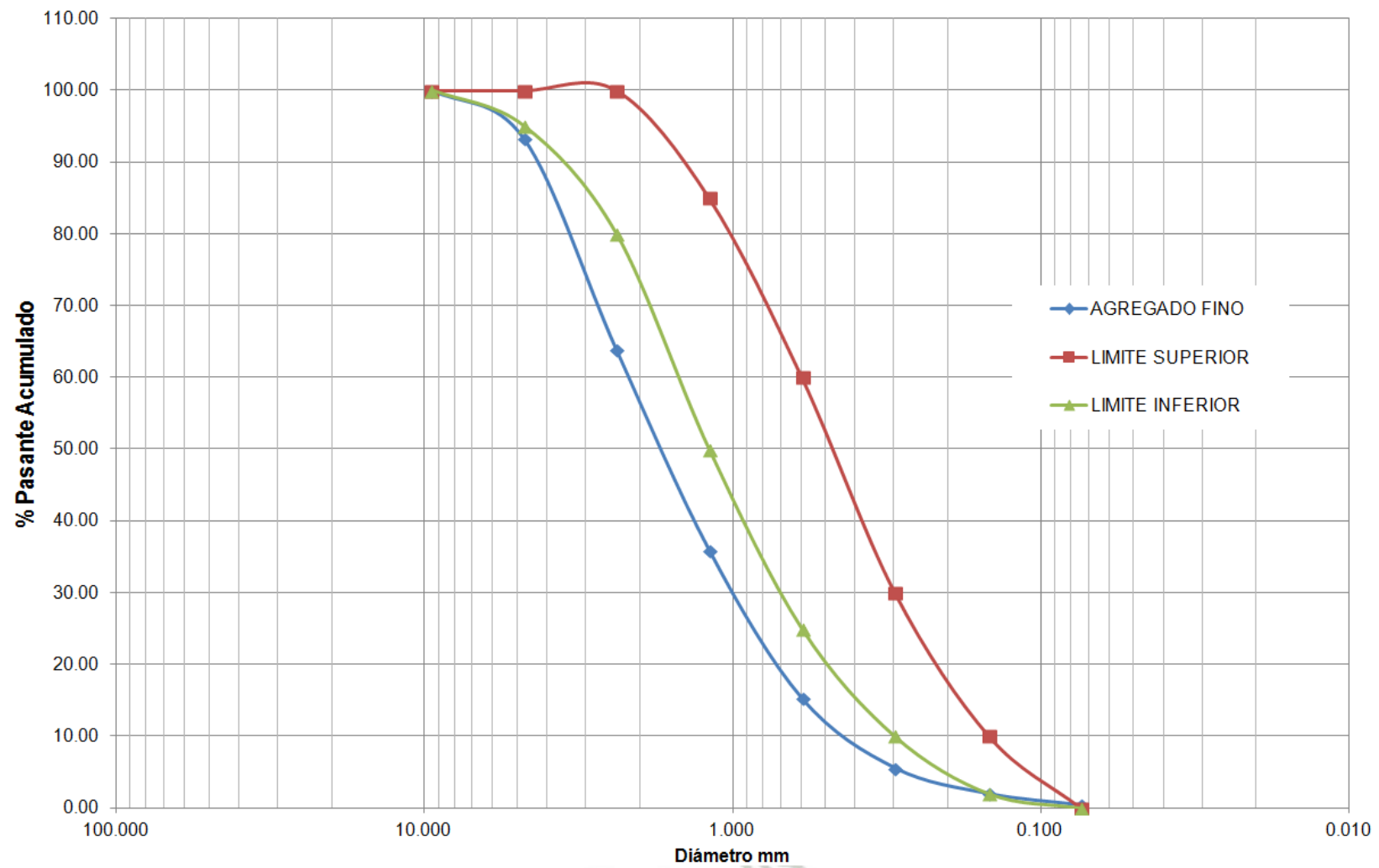


Gráfico N°2 Análisis Granulométrico del Agregado Fino.

4.3.2.2 PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO.-

4.3.2.2.1 PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.).-

VOLUMEN DE MOLDE	0.01445	m3
PESO DE MOLDE	5.424	Kg
	PESO	UND.
MUESTRA 1 (molde + muestra)	26.300	Kg
MUESTRA 2 (molde + muestra)	26.430	Kg
MUESTRA3 (molde + muestra)	26.600	Kg
	PESO	UND.
MUESTRA 1	20.876	Kg
MUESTRA 2	21.006	Kg
MUESTRA 3	21.176	Kg
PROMEDIO	21.019	Kg
P.U.S. (Ag. Fino)	1455	Kg/m3

4.3.2.2.2 PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.).-

VOLUMEN DE MOLDE	0.01445	m3
PESO DE MOLDE	5.424	Kg
	PESO	UNID
MUESTRA 1 (molde + muestra)	28.354	Kg
MUESTRA 2 (molde + muestra)	28.576	Kg
MUESTRA3 (molde + muestra)	28.795	Kg
	PESO	UNID.
MUESTRA 1	22.930	Kg
MUESTRA 2	23.152	Kg
MUESTRA 3	23.371	Kg
PROMEDIO	23.151	Kg
P.U.C. (Ag. Fino)	1602	Kg/m3

4.3.2.3 PESO ESPECÍFICO.-

$$\gamma_{arena} = \frac{W_{ss}}{W_{ss} - (W_1 - W_2)}$$

- **W_{ss}**: Peso superficialmente seco de la muestra.
- **W₁** : Peso de la fiola + agua + material.
- **W₂** : Peso de la fiola + material.
- γ_{arena} : Peso específico de la arena

	PESO	UNID
W_{ss}	500.00	g
W₁	956.00	g
W₂	661.80	g

$$\gamma_{arena} = 2.430 \text{ g} / \text{cm}^3$$

4.3.2.4 ABSORCIÓN.-

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas.

$$A_{arena} = \frac{(W_{ss} - W_s)}{W_s} * 100$$

- **W_{ss}**: Peso superficialmente seco de la muestra.
- **W_s** : Peso seco de la muestra (llevado al horno 24 horas)
- **A** : Absorción (%)

	PESO	UNID
Wss	500.00	g
Ws	482.80	g

$$A_{arena} = 3.56\%$$

4.3.2.5 HUMEDAD.-

Es la humedad natural contenida en los agregados al momento de usarlo en el concreto.

Este parámetro varía día a día, por lo que es necesario determinarlo antes de realizar un diseño de mezcla.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

4.3.3 AGREGADO GLOBAL.-

El agregado global es la combinación del agregado fino y grueso en porcentajes adecuados, para lograr obtener un concreto con las mejores características finales.

Estos porcentajes nos darán el mejor acomodo de las partículas de los agregados y consecuentemente una mejor resistencia, durabilidad e impermeabilidad.

4.3.3.1 PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL.-

La finalidad de este ensayo es la de encontrar los porcentajes de los agregados adecuados para que nos aproximen a realizar nuestros diseños.

VOLUMEN DEL MOLDE	14450.00	cm³
PESO DEL MOLDE	5424.00	g

Incidencia del Agregado Fino (rf)	Muestra	Peso Muestra + Peso molde (g)	Peso de la Muestra (g)	Promedio del peso de las muestras (g)	P.U.C. de la combinación de los agregados (g/cm³)
34%	M - 1	31942.00	26518.00	26516.33	1.835
	M - 2	31935.00	26511.00		
	M - 3	31944.00	26520.00		
36%	M - 4	32109.00	26685.00	26678.67	1.846
	M - 5	32104.00	26680.00		
	M - 6	32095.00	26671.00		
38%	M - 7	32460.00	27036.00	27028.00	1.870
	M - 8	32446.00	27022.00		
	M - 9	32450.00	27026.00		
40%	M - 10	32433.00	27009.00	27014.00	1.869
	M - 11	32445.00	27021.00		
	M - 12	32436.00	27012.00		
42%	M - 13	32150.00	26726.00	26721.67	1.849
	M - 14	32140.00	26716.00		
	M - 15	32147.00	26723.00		
44%	M - 16	31968.00	26544.00	26547.67	1.837
	M - 17	31970.00	26546.00		
	M - 18	31977.00	26553.00		

Incidencia del Agregado Fino (rf)	Muestra	Peso Muestra + Peso molde (g)	Peso de la Muestra (g)	Promedio del peso de las muestras (g)	P.U.C. de la combinación de los agregados (g/cm ³)
46%	M - 19	31842.00	26418.00	26421.33	1.828
	M - 20	31850.00	26426.00		
	M - 21	31844.00	26420.00		
48%	M - 22	31672.00	26248.00	26241.67	1.816
	M - 23	31665.00	26241.00		
	M - 24	31660.00	26236.00		

P.U.C. COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS.

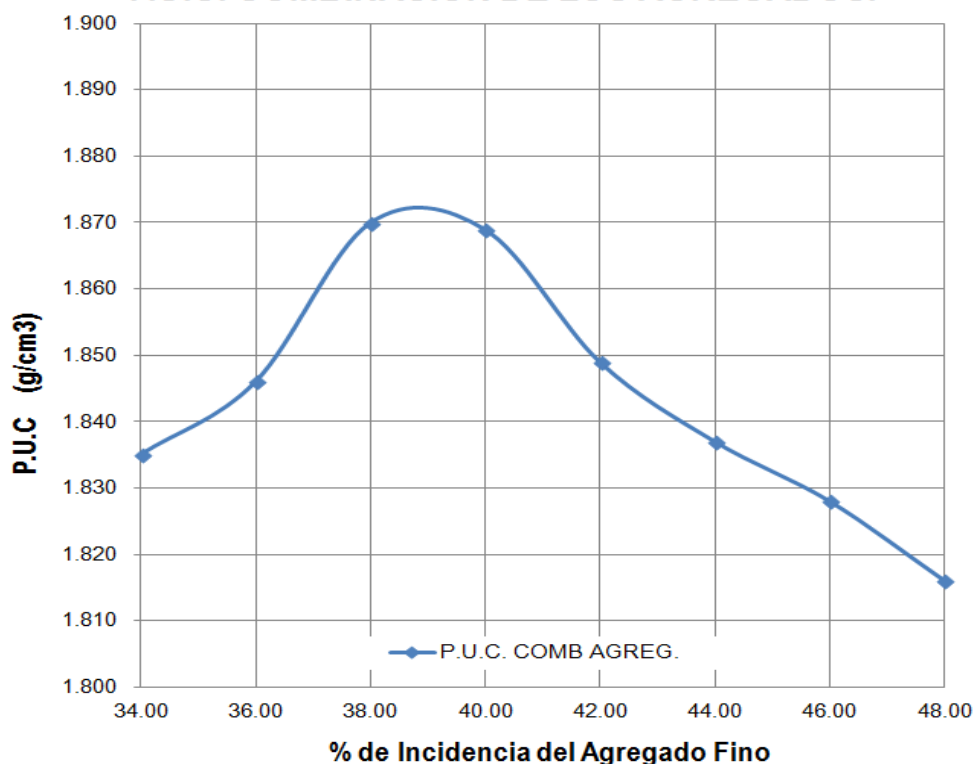


Gráfico N°3 Peso Unitario Compactado de la Combinación de los Agregados.

% ARENA	34%	36%	38%	40%	42%	44%	46%	48%
% PIEDRA	66%	64%	62%	60%	58%	56%	54%	52%
P.U.C. (g/cm ³)	1.835	1.846	1.870	1.869	1.849	1.837	1.828	1.816

De esta manera podemos apreciar que la mejor combinación resulta con 38% de arena y 62 %de piedra, en donde los agregados presentan el mejor acomodo entre ellos, de aquí deducimos que es la primera aproximación para realizar nuestro diseño de mezcla, pero se tendrá que comprobar que con estas incidencias lograremos tener un buen concreto, además de verificar si con los demás porcentajes que muestran los siguientes pesos unitarios altos existe la posibilidad de obtener un concreto mucho mejor que con las incidencias óptima.

4.4 ANÁLISIS CEMENTO, AGUA, AGREGADOS Y ADITIVOS.-

Los resultados de las propiedades de los componentes del concreto como cemento, agregados, agua y aditivos serán mostrados en el Anexo A de la tesis.

4.5 PRUEBAS DE DISEÑO EN EL LABORATORIO.-

Concluidos con los ensayos a los agregados y haber revisado las características del cemento, agua y aditivos se procederá a realizar diseños con las relaciones agua/cemento 0.55, 0.50, 0.45 y 0.40. Para ello se realizarán pruebas de diseños patrones para encontrar la incidencia óptima de los agregados y la cantidad de agua necesaria para poder obtener los asentamientos solicitados, todo ello usando cemento, agua, piedra y arena, para de esta manera, encontrar el diseño base con cada tipo de relación a/c, y así ir aplicándole los aditivos a investigar para ver si son beneficiosos o no, para las mezclas de concreto y determinar si ayudan a modificar algunas propiedades del concreto, con la finalidad de mejorar la calidad de éste.

A continuación se mostrará el cuadro resumen de las propiedades de los materiales a utilizar:

PROPIEDADES	Piedra 1"	Arena	Cemento IP YURA
Peso Específico (Kg/m ³)	2531	2430	2840
Peso Unitario Compactado (P.U.C.) (Kg/m ³)	1534	1602	
Peso Unitario Suelto (P.U.S.) (Kg/m ³)	1384	1455	
Absorción (%)	3.25	3.56	
Módulo de Finura	7.34	3.84	
Tamaño Máximo Nominal (T.M.N.) (plg.)	1"	----	
Tamaño Máximo (T.M.) (plg.)	1 1/2"	----	

4.5.1 SECUENCIA DE DISEÑO DE MEZCLA.-

Diseño de mezcla para concreto $a/c=0.55$

1. Asentamiento: 3" a 5"
2. T.M.N. = 1"
3. Agua = 193 litros.
4. Aire atrapado = 1.5%
5. $a/c=0.55$
6. Arena= 38% y piedra=62%
7. Humedad. Arena = 6.81%; Piedra = 3.27%
8. Cálculo del cemento.-

$$\frac{a}{c} = 0.55$$

$$c = \frac{193}{0.55} = 351Kg$$

9. Cálculo de los volúmenes de los agregados

Volumen del cemento:

$$V_c = \frac{351}{2840} = 0.124m^3$$

Volumen de agua:

$$V_a = \frac{193}{1000} = 0.193m^3$$

Volumen de aire atrapado:

$$V_{aa} = \frac{1.5}{100} = 0.015m^3$$

Volumen de los agregados:

$$V_{agr} = 1 - (V_c + V_a + V_{aa})$$

$$V_{agr} = 1 - (0.124 + 0.193 + 0.015)$$

$$V_{agr} = 0.668m^3$$

10. Cálculo del Volumen de Arena.-

$$V_{ar} = \frac{\%Ar \cdot \gamma_{pi} \cdot V_{agr}}{\gamma_{ar} + \%Ar(\gamma_{pi} - \gamma_{ar})}$$

$$V_{ar} = \frac{0.38 \cdot 2531 \cdot 0.668}{2430 + 0.38(2531 - 2430)}$$

$$V_{ar} = 0.260m^3$$

$$W_{ar} = 0.260m^3(2430 \text{ Kg/m}^3)$$

$$\mathbf{W_{ar} = 632 \text{ Kg.}}$$

11. Cálculo del Volumen de Piedra.-

$$V_{pi} = V_{agr} - V_{ar}$$

$$V_{pi} = 0.668 - 0.260$$

$$V_{pi} = 0.408m^3$$

$$W_{pi} = 0.408m^3(2531 \text{ Kg/m}^3)$$

$$\mathbf{W_{pi} = 1033 \text{ Kg.}}$$

12. Corrección de Humedades de los Agregados.-

De la Arena.-

$$W_{corregidoarena} = W_{arena} \left(1 + \left(\frac{\omega - A}{100\%} \right) \right)$$

$$W_{corregidoarena} = 632 \left(1 + \left(\frac{6.81\% - 3.56\%}{100\%} \right) \right)$$

$$W_{corregidoarena} = 653Kg$$

Donde:

W_{arena} : Peso del diseño de la Arena

ω : Humedad de la Arena.

A : Absorción de la Arena

Al existir mayor porcentaje de humedad que absorción de la arena, en este caso dicho material estaría aportando agua al diseño de mezcla, por lo que el agua de aporte debería restarse del agua de diseño inicial.

$$Aportedeagua = W_{arena} \left(\frac{(\omega - A)}{100\%} \right)$$

$$Aportedeagua = 632 \left(\frac{(6.81 - 3.56)}{100\%} \right)$$

$$Aportedeagua = 21L$$

De la Piedra.-

$$W_{corregidopiedra} = W_{piedra} \left(1 + \left(\frac{\omega - A}{100\%} \right) \right)$$

$$W_{corregidopiedra} = 1033 \left(1 + \left(\frac{3.27\% - 3.25\%}{100\%} \right) \right)$$

$$W_{corregidopiedra} = 1033.21Kg \approx 1033Kg$$

Donde:

W_{piedra} : Peso del diseño de la Piedra

ω : Humedad de la Piedra.

A : Absorción de la Piedra.

Al existir un pequeño mayor porcentaje de humedad que absorción de la piedra, en este caso dicho material estaría aportando un mínimo de

agua al diseño de mezcla, por lo que el agua de aporte no afecta al agua de diseño inicial.

$$Aportedeagua = W_{\text{piedra}} \left(\frac{(\omega - A)}{100\%} \right)$$

$$Aportedeagua = 1033 \left(\frac{(3.27 - 3.25)}{100\%} \right)$$

$$Aportedeagua = 0.21L \approx 0L$$

Por lo tanto, al realizar la corrección de la humedad de los agregados, tenemos que, el aporte de estos es:

$$\text{Corrección Agua Diseño} = 193 \text{ L} - (21L + 0L)$$

$$\text{Corrección Agua Diseño} = 172 \text{ L}$$

Al final Nuestro diseño quedaría de la siguiente manera:

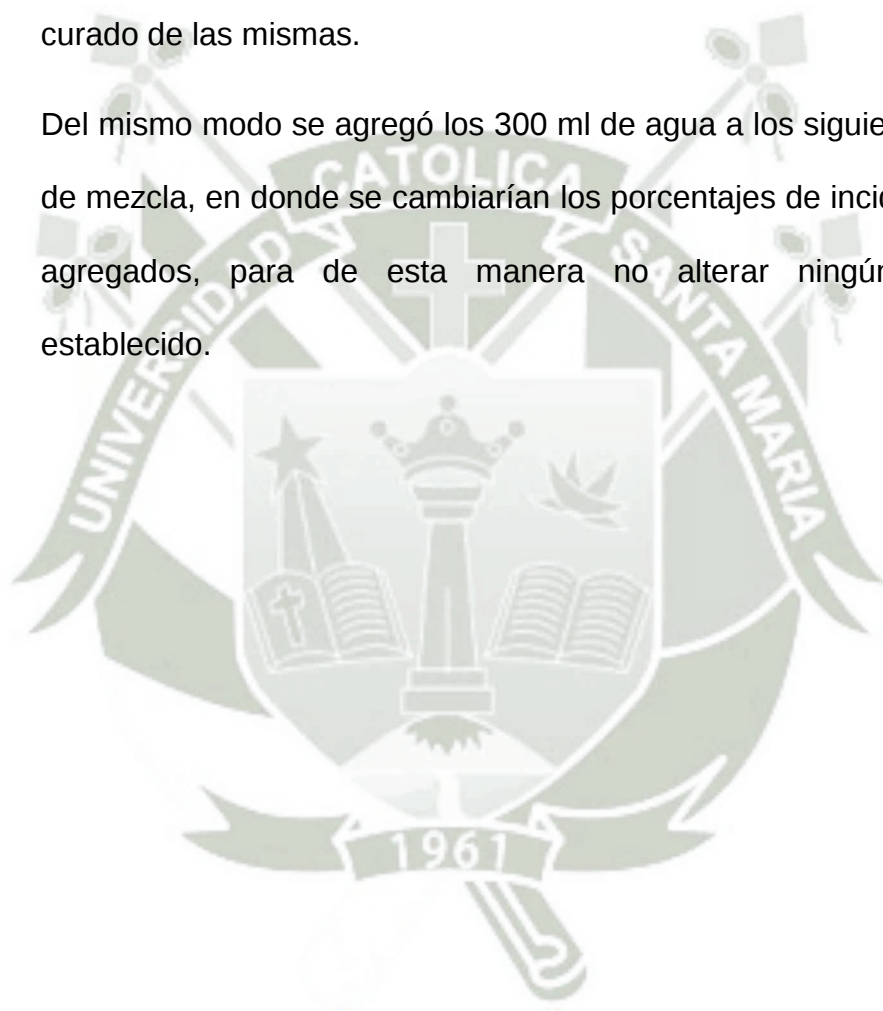
	Peso SSS (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Diseño corregido (Kg)	Tanda para 0.072 m3	Und
Cemento	351				351	25.272	Kg
Agua	193				172	12.384	L
Arena	632	6.81	3.56	21.00	653	47.016	Kg
Piedra 1"	1033	3.27	3.25	0.00	1033	74.376	Kg
	2209				2209	159.048	

Al dosificar los materiales para producir la tanda de 0.06m3 de concreto, siguiendo las tablas de ACI y utilizando las incidencias óptimas, obtuvimos un asentamiento de 3 1/2", estando dentro de los requerimientos solicitados, pero se debe alcanzar un asentamiento más elevado para tener una mayor duración de la consistencia y

trabajabilidad de la mezcla por lo que se agregó 300 ml de agua a la tanda obteniendo un asentamiento de 4 3/4".

Se muestreo dicho concreto, obteniendo doce probetas del mismo, de las cuales seis fueron curadas en la poza y seis fueron curadas al medio ambiente, para ver la reducción de resistencia en la forma de curado de las mismas.

Del mismo modo se agregó los 300 ml de agua a los siguientes diseños de mezcla, en donde se cambiarían los porcentajes de incidencia de los agregados, para de esta manera no alterar ningún parámetro establecido.



4.5.2 DISEÑOS DE CONCRETO PATRÓN PARA LAS RELACIONES A/C INDICADAS.-

A. DISEÑOS DE CONCRETO RELACIÓN $a/c=0.55$

Diseño	D1- $a/c=0.55$	D2- $a/c=0.55$	D3- $a/c=0.55$
Relación a/c	0.55	0.55	0.55
r_f (%)	38	40	42
r_g (%)	62	60	58
Agua (L)	193.00	193.00	193.00
Cemento (Kg)	351.00	351.00	351.00
Arena (Kg)	632.00	666.00	697.00
Piedra 1" (Kg)	1033.00	997.00	964.00
Σ	2209.00	2207.00	2205.00
Hora	10:40	11:20	12:00
Asentamiento (plg.)	4 1/2	4 3/4	4 3/4
Peso Unitario (Kg/m ³)	2214.96	2214.05	2212.17
Contenido de aire atrapado (%)	1.70%	1.20%	2.00%
Temperatura Concreto (°C)	18.40	18.20	19.70
Temperatura Ambiente (°C)	18.80	18.50	21.00

Cuadro N°5 Diseños de concreto patrón con relaciones $a/c=0.55$

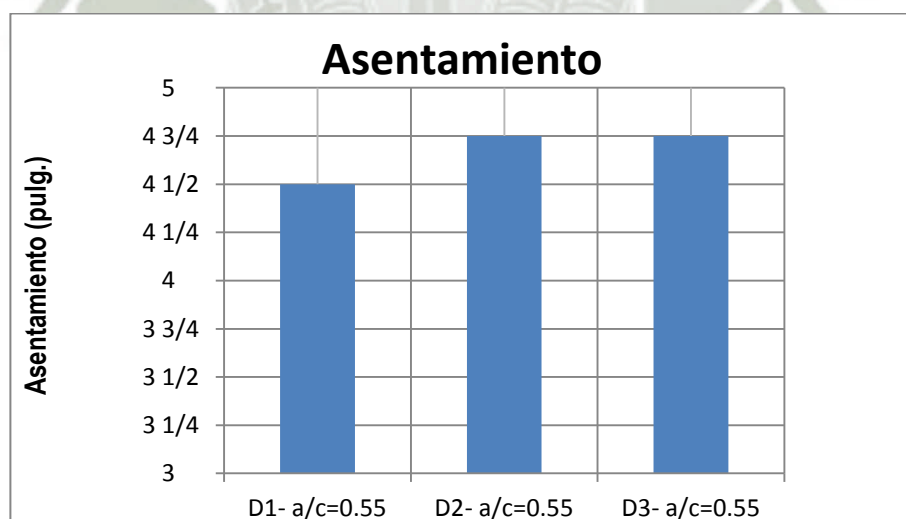


Gráfico N° 4 Asentamiento de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.

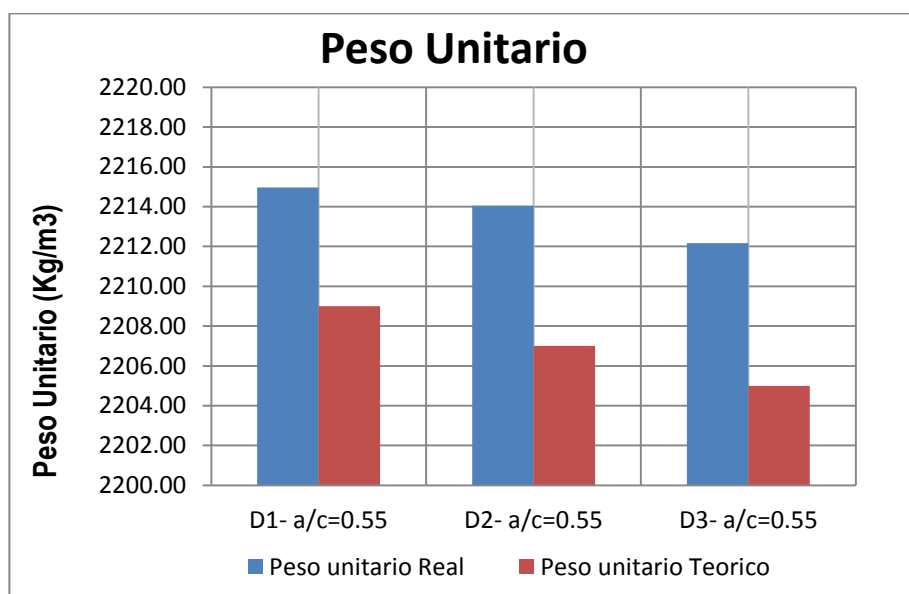


Gráfico N°5 Peso Unitario de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.

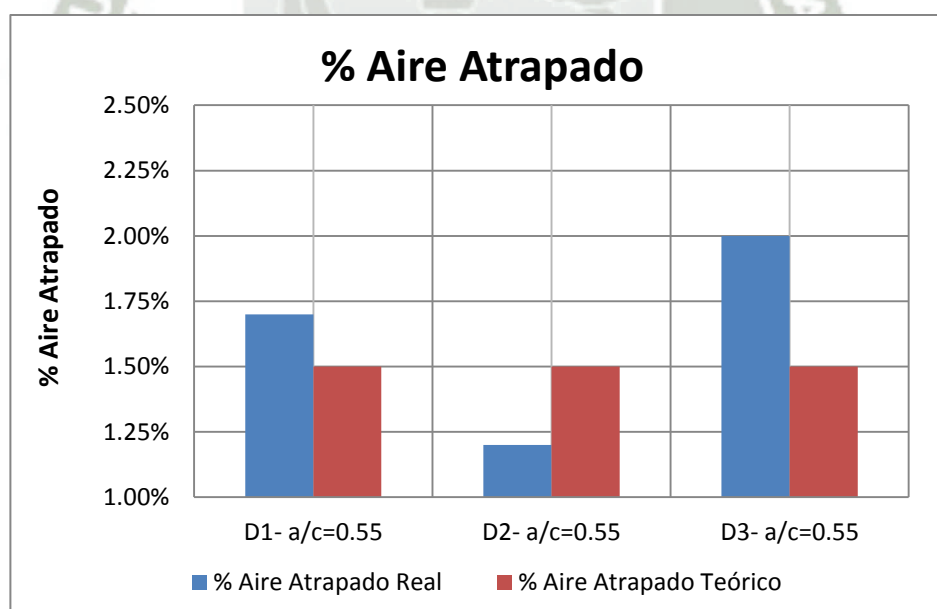


Gráfico N°6 Contenido de Aire de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.

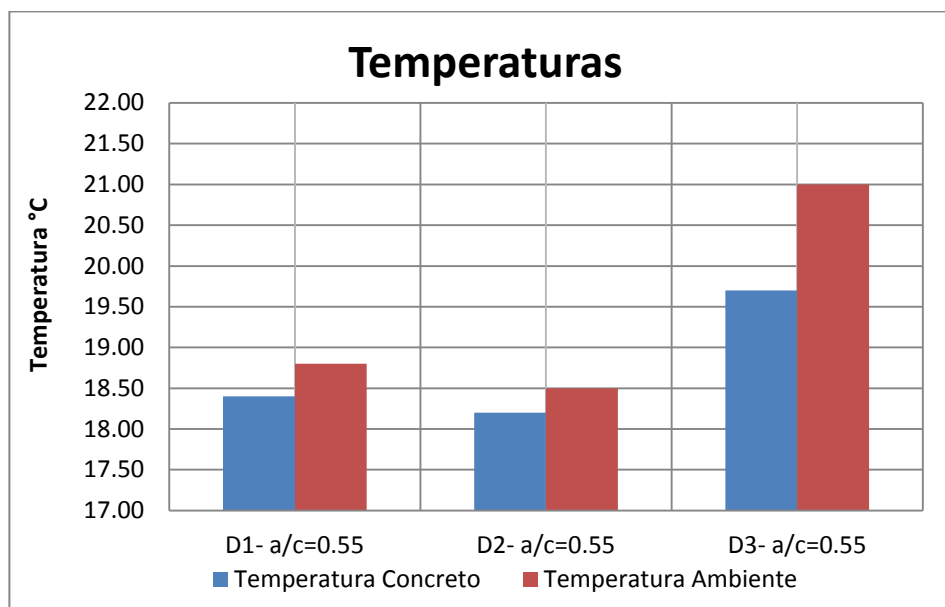


Gráfico N°7 Temperatura de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.

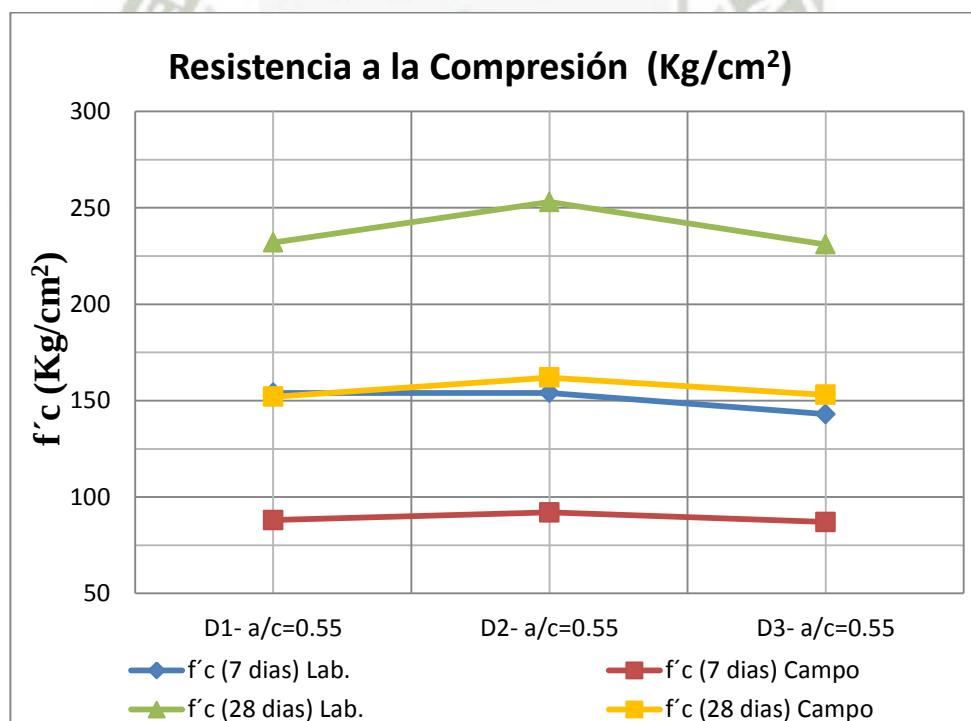


Gráfico N°8 Resistencia a la Compresión de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.

Análisis.-Ante los resultados mostrados anteriormente se optó por elegir el diseño D2- $a/c=0.55$ como diseño patrón, pues éste cumplió con el asentamiento de $4 \frac{3}{4}$ ", contenido de aire atrapado 1.20%, peso unitario de 2214.05 Kg/m^3 , la mezcla se notaba con una textura equilibrada, ni pedregosa ni pastosa, indicándonos que las proporciones de los agregados eran adecuadas para optimizar el diseño de mezcla, teniendo una incidencia de 40% de arena y 60% de piedra de 1".

Por otro lado se obtuvo una resistencia a la compresión a 7 días de $f'c=154 \text{ Kg/cm}^2$, siendo el 73.33% de la resistencia requerida y finalmente se obtuvo una resistencia a la compresión a 28 días de $f'c=253 \text{ Kg/cm}^2$, siendo el 120.48% de la resistencia requerida.

B.- DISEÑOS DE CONCRETO RELACIÓN $a/c=0.50$

Diseño	D4- $a/c=0.50$	D5- $a/c=0.50$	D6- $a/c=0.50$
Relación a/c	0.50	0.50	0.50
rf (%)	38	40	42
rg (%)	62	60	58
Agua (L)	200.00	200.00	200.00
Cemento (Kg)	400.00	400.00	400.00
Arena (Kg)	610.00	642.00	673.00
Piedra 1" (Kg)	997.00	964.00	932.00
Σ	2207.00	2206.00	2205.00
Hora	11:50	12:15	12:45
Asentamiento (plg.)	4	4 1/2	4 3/4
Peso Unitario (Kg/m ³)	2215.93	2214.20	2212.89
Contenido de aire atrapado (%)	1.40%	1.70%	1.70%
Temperatura Concreto (°C)	19.50	19.80	20.20
Temperatura Ambiente (°C)	23.00	23.50	23.60

Cuadro N°6 Diseños de concreto patrón con relaciones $a/c=0.50$

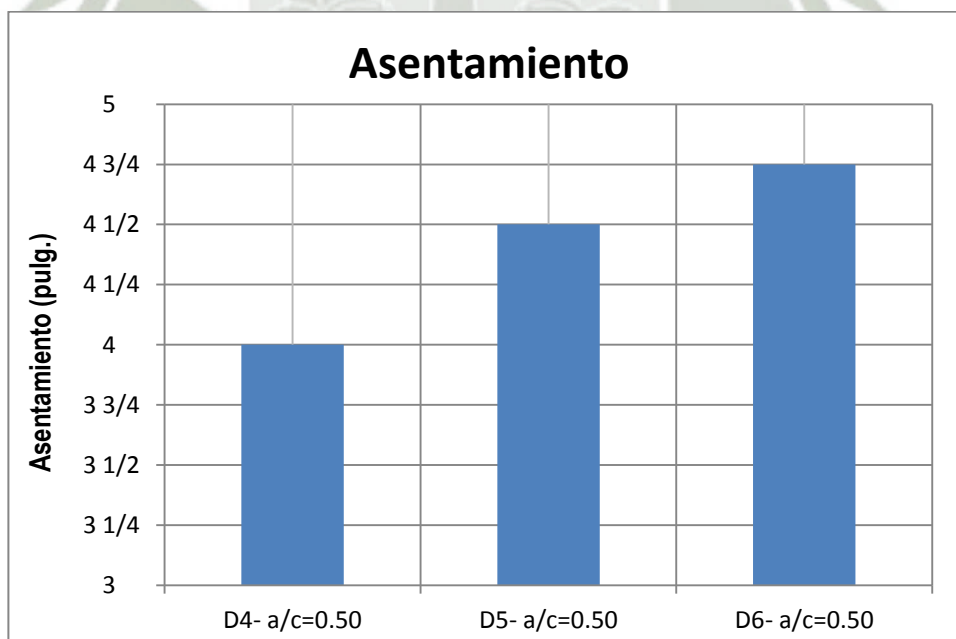


Gráfico N°9 Asentamiento de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.50$.

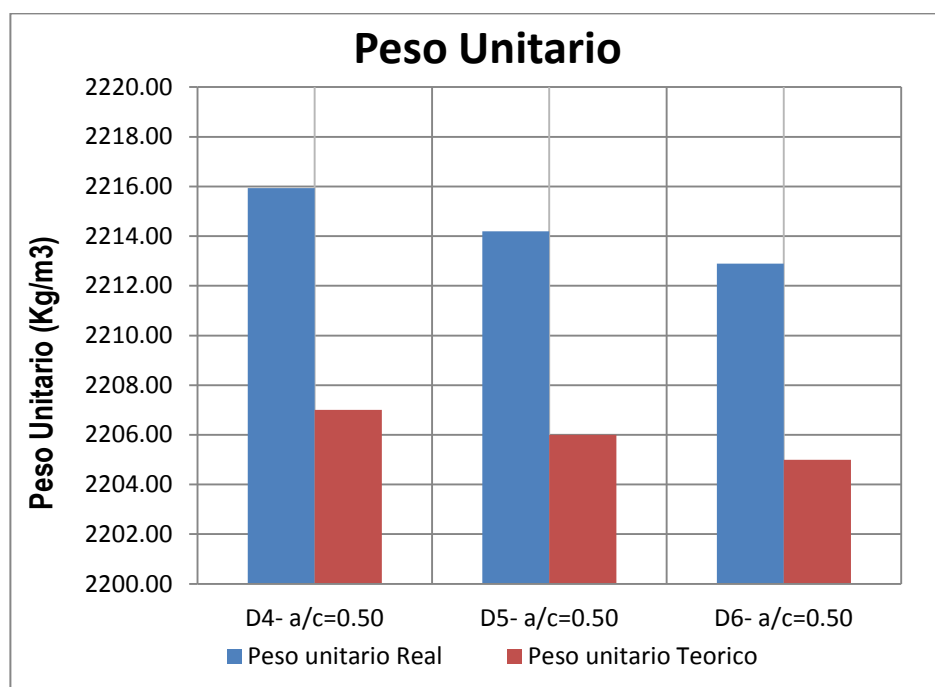


Gráfico N°10 Peso Unitario de diseños de concreto patrón relación a/c=0.50.

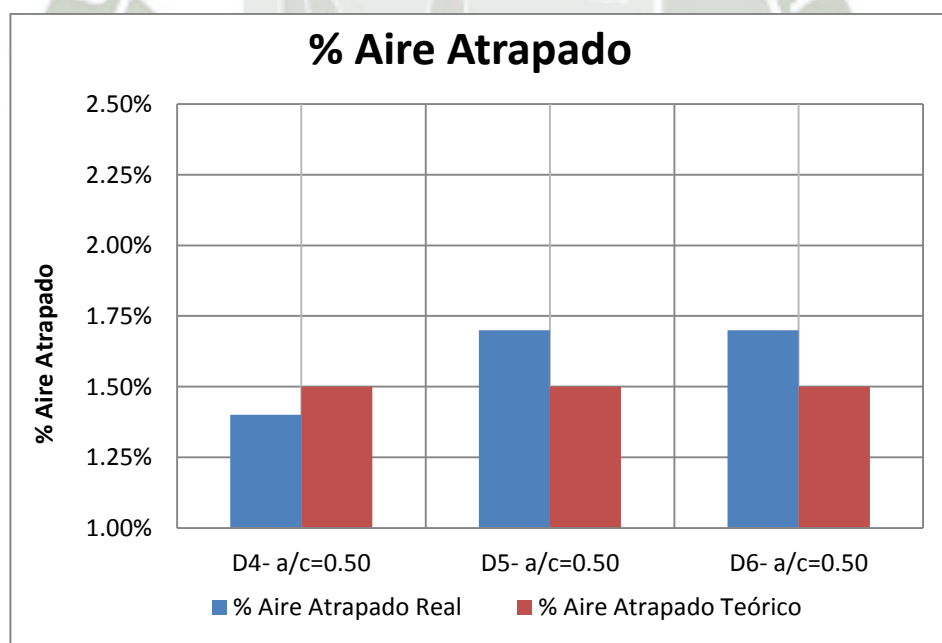


Gráfico N°11 Contenido de Aire de diseños de concreto patrón relación a/c=0.50.

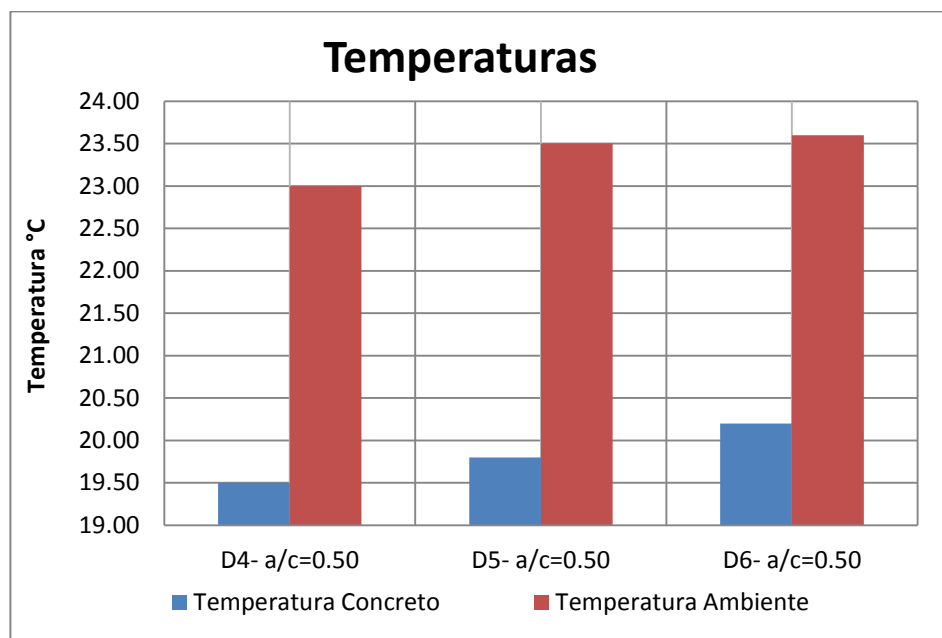


Gráfico N°12 Temperatura de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.50$.

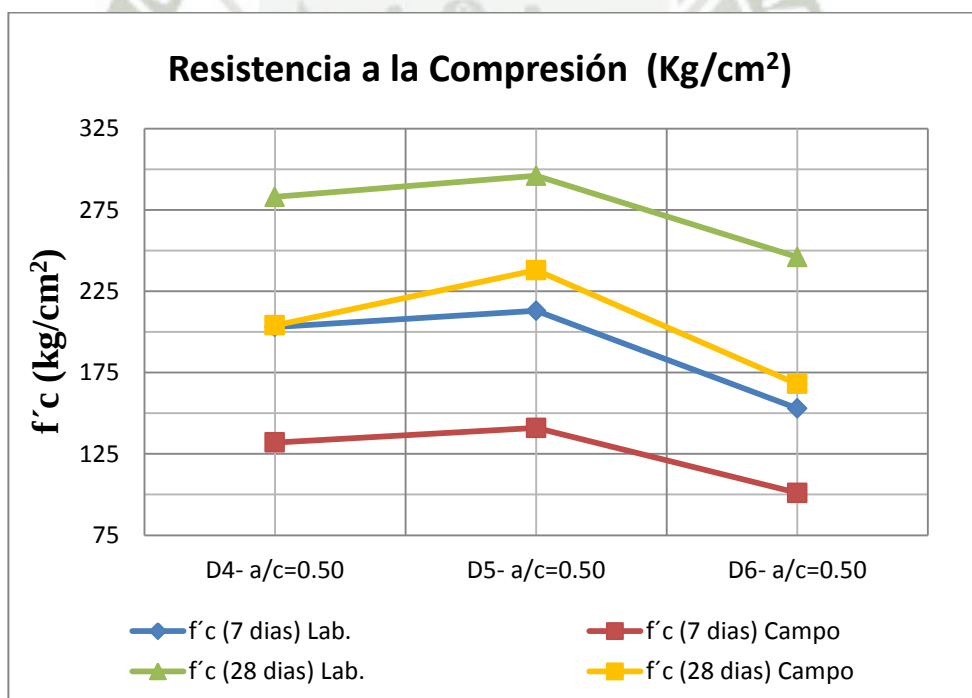


Gráfico N°13 Resistencia a la Compresión de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.50$.

Análisis.- Ante los resultados mostrados anteriormente se optó por elegir el diseño D5-a/c=0.50 como diseño patrón, pues éste cumplió con el asentamiento de 4 1/2", contenido de aire atrapado 1.70%, peso unitario de 2214.20 Kg/m³, la mezcla se notaba con una textura equilibrada, ni pedregosa ni pastosa, indicándonos que las proporciones de los agregados eran adecuadas para optimizar el diseño de mezcla, teniendo una incidencia de 40% de arena y 60% de piedra de 1".

Por otro lado se obtuvo una resistencia a la compresión a 7 días de $f'c=213$ Kg/cm², siendo el 86.94% de la resistencia requerida y finalmente se obtuvo una resistencia a la compresión a 28 días de $f'c=296$ Kg/cm², siendo el 120.82% de la resistencia requerida.

C.- DISEÑOS DE CONCRETO RELACIÓN $a/c=0.45$.-

Diseño	D7- $a/c=0.45$	D8- $a/c=0.45$	D9- $a/c=0.45$
Relación a/c	0.45	0.45	0.45
r_f (%)	40	38	36
r_g (%)	60	62	64
Agua (L)	207.00	207.00	207.00
Cemento (Kg)	460.00	460.00	460.00
Arena (Kg)	612.00	583.00	554.00
Piedra 1" (Kg)	921.00	952.00	982.00
Σ	2200.00	2202.00	2203.00
Hora	15:30	16:00	16:30
Slump (plg.)	4 1/2	4 3/4	4 3/4
Peso Unitario (Kg/m ³)	2207.45	2208.89	2209.13
Contenido de aire atrapado (%)	1.50%	1.60%	1.60%
Temperatura Concreto (°C)	23.10	22.90	23.50
Temperatura Ambiente (°C)	20.00	19.70	19.20

Cuadro N°7 Diseños de concreto patrón con relaciones $a/c=0.45$

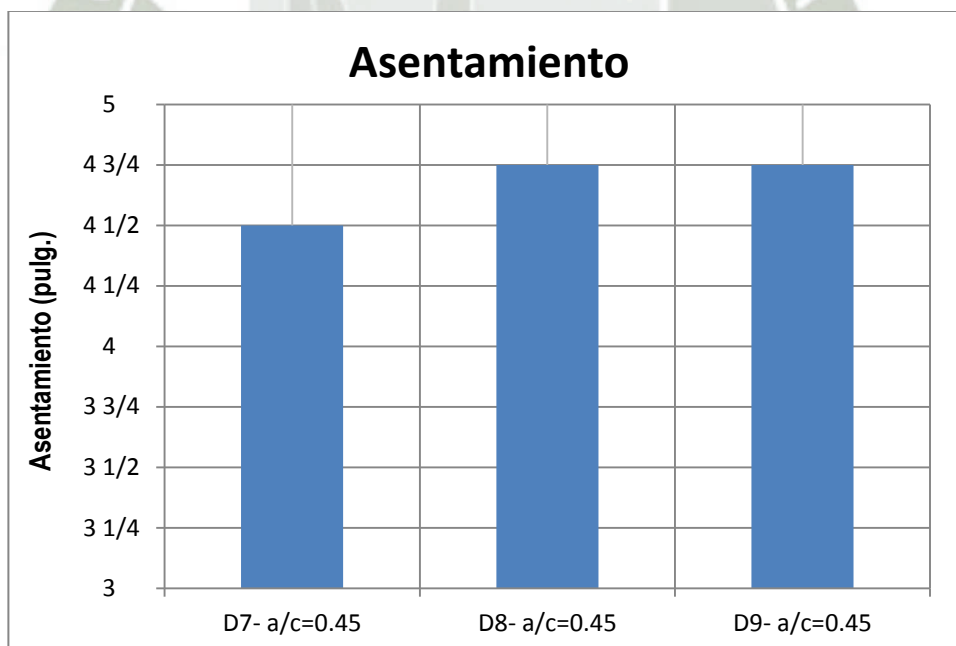


Gráfico N°14 Asentamiento de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.45$.

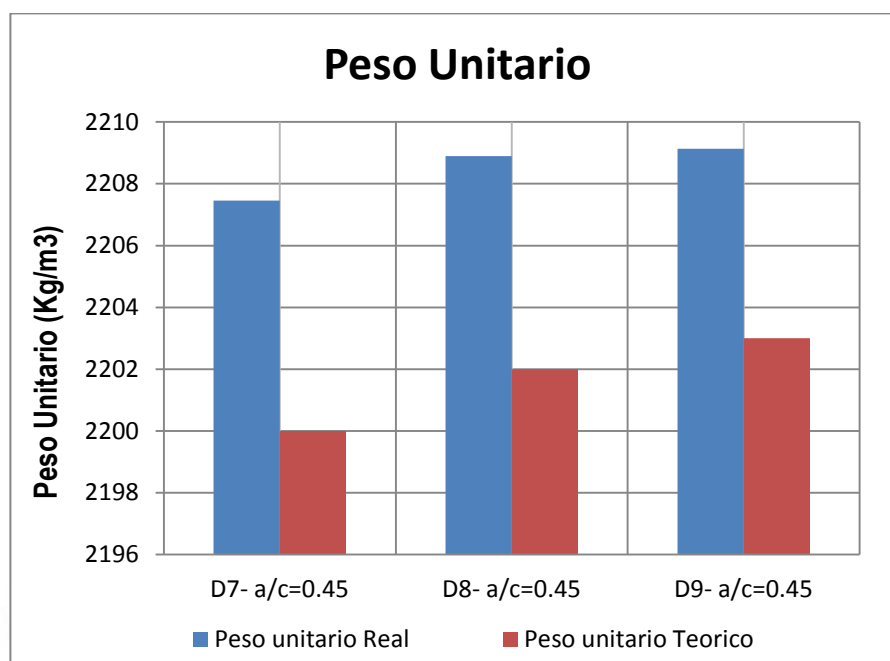


Gráfico N°15 Peso Unitario de diseños de concreto patrón relación a/c=0.45.

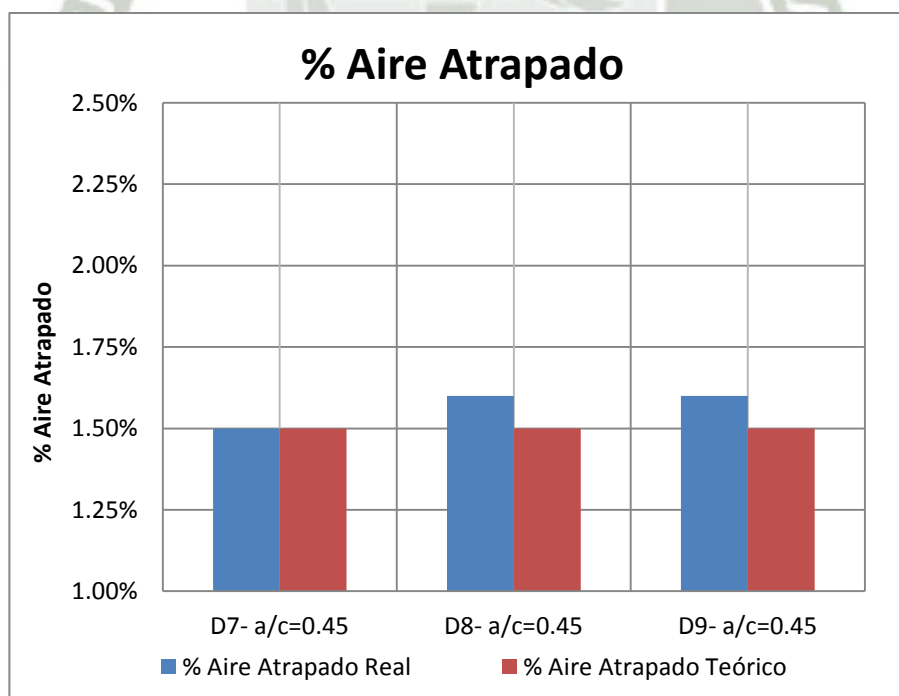


Gráfico N°16 Contenido de Aire de diseños de concreto patrón relación a/c=0.45.

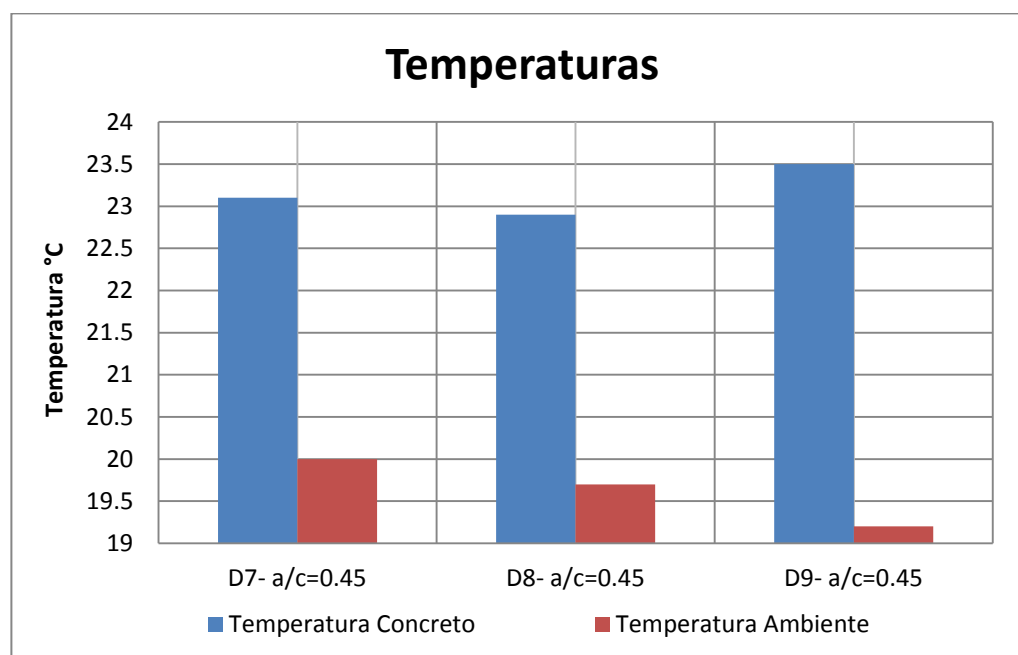


Gráfico N°17 Temperatura de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.45$.

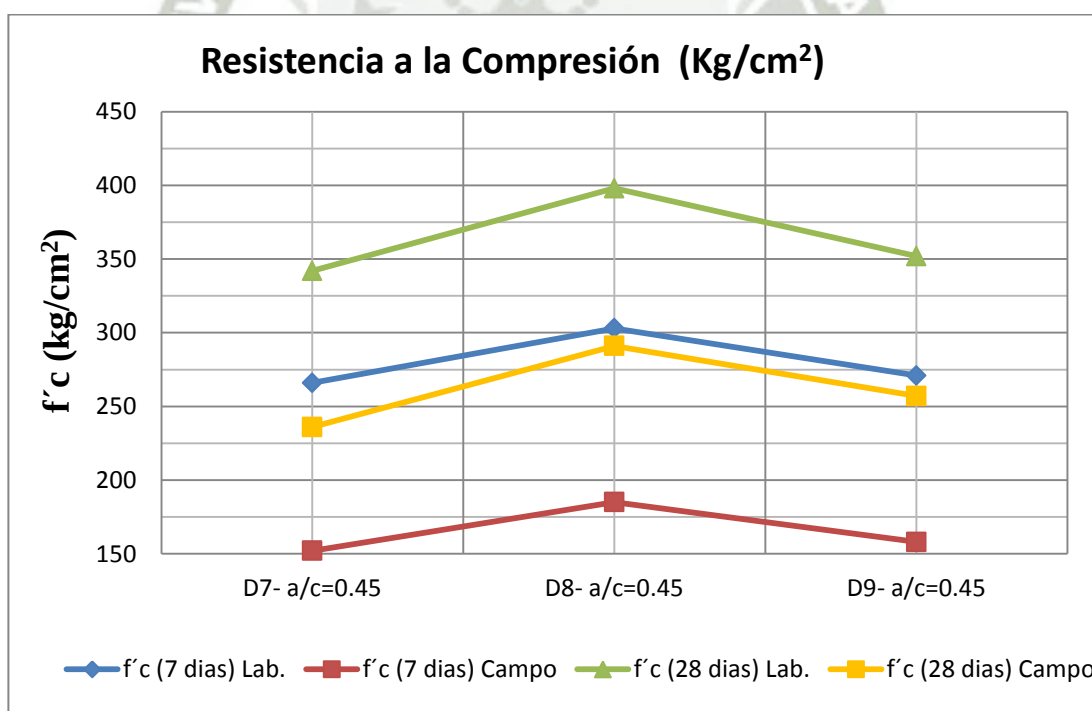


Gráfico N°18 Resistencia a la Compresión de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.45$.

Análisis.- Ante los resultados mostrados anteriormente se optó por elegir el diseño D8-a/c=0.45 como diseño patrón, pues éste cumplió con el asentamiento de $4 \frac{3}{4}$ ", contenido de aire atrapado 1.60%, peso unitario de 2209.13 Kg/m³, la mezcla se notaba con una textura equilibrada, ni pedregosa ni pastosa, indicándonos que las proporciones de los agregados eran adecuadas para optimizar el diseño de mezcla, teniendo una incidencia de 38% de arena y 62% de piedra de 1".

Por otro lado se obtuvo una resistencia a la compresión a 7 días de $f'c=303$ Kg/cm², siendo el 108.21% de la resistencia requerida y finalmente se obtuvo una resistencia a la compresión a 28 días de $f'c=398$ Kg/cm², siendo el 142.14% de la resistencia requerida.

D.- DISEÑOS DE CONCRETO RELACIÓN $a/c=0.40$.-

Diseño	D10 - $a/c=0.40$	D11 - $a/c=0.40$	D12 - $a/c=0.40$
Relación a/c	0.40	0.40	0.40
rf (%)	40	38	36
rg (%)	60	62	64
Agua (L)	215	215	215
Cemento (Kg)	538	538	538
Arena (Kg)	578	549	520
Piedra 1" (Kg)	868	899	929
Σ	2199	2201	2202
Hora	11:00	11:30	12:00
Slump (plg.)	Sin Resultado	Sin Resultado	Sin Resultado
Peso Unitario (Kg/m ³)	Sin Resultado	Sin Resultado	Sin Resultado
Contenido de aire atrapado (%)	Sin Resultado	Sin Resultado	Sin Resultado
Temperatura Concreto (°C)	Sin Resultado	Sin Resultado	Sin Resultado
Temperatura Ambiente (°C)	18.50	18.90	19.30

Cuadro N°8 Diseños de concreto patrón con relaciones $a/c=0.40$

Análisis.- En los diseños con relaciones agua/cemento 0.40, no se pudieron obtener ningún tipo de diseño de mezcla, ya que el agua del diseño no alcanzaba para poder homogenizar todo el material, teniendo gran cantidad de cemento sin hidratar, por lo que es necesario el uso de aditivos para poder realizar estos diseños de mezcla con a/c bajos.

4.6 DESCRIPCIÓN DE DISEÑOS FINALES ELABORADOS.-

A continuación, se detallarán los diseños finales elaborados, de acuerdo a las relaciones $a/c=0.55$, 0.50, 0.45, 0.40, para de esta manera poder realizar posteriormente el análisis de los resultados.

DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CON $a/c=0.55$.-

- Incidencia Arena = 40%.
- Incidencia Piedra = 60%.

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN $a/c=0.55$ (SIN ADITIVO).-

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	360				360
Agua	198				186
Arena	656	5.80	3.56	15.00	671
Piedra	987	3.00	3.25	-3.00	984
	2201.00				2201.00

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE $a/c=0.55$.-

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	360				360
Agua	198				185
Arena	656	6.00	3.56	16.00	672
Piedra	987	3.00	3.25	-3.00	984
Sika AER (0.04%)	0.14				0.14
	2201.14				2201.14

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE $a/c=0.55$.-**

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	340				340
Agua	186				175
Arena	639	5.70	3.56	14.00	653
Piedra	959	3.00	3.25	-3.00	956
Sika AER (0.038%)	0.13				0.13
Sika 306 (0.80%)	2.72				2.72
	2126.85				2126.85

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA
 $a/c=0.55$.-**

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	340				340
Agua	186				135
Arena	634	9.40	3.56	37.00	671
Piedra	954	4.70	3.25	14.00	968
Sika AER (0.038%)	0.13				0.13
Sika 306 (0.80%)	2.72				2.72
Sika Rapid 1 (1.50%)	5.10				5.10
	2121.95				2121.95

DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CON $a/c=0.50$.-

- Incidencia Arena = 40%.
- Incidencia Piedra = 60%.

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN $a/c=0.50$ (SIN ADITIVO).-

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	410				410
Agua	205				192
Arena	632	6.00	3.56	15.00	647
Piedra	952	3.00	3.25	-2.00	950
	2199				2199

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE $a/c=0.50$.-

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	410				410
Agua	205				192
Arena	632	6.00	3.56	15.00	647
Piedra	952	3.00	3.25	-2.00	950
Sika AER (0.06%)	0.24				0.24
	2199.24				2199.24

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE $a/c=0.50$.-**

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	370				370
Agua	184				113
Arena	632	10.90	3.56	46.00	678
Piedra	947	5.80	3.25	25.00	972
Sika AER (0.058%)	0.21				0.21
Sika 306 (0.80%)	2.96				2.96
	2136.17				2136.17

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA
 $a/c=0.50$.-**

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	370				370
Agua	184				133
Arena	627	9.40	3.56	37.00	664
Piedra	942	4.70	3.25	14.00	956
Sika AER (0.055%)	0.20				0.20
Sika 306 (0.80%)	2.96				2.96
Sika Rapid 1 (1.50%)	5.55				5.55
	2131.71				2131.713

DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CON $a/c=0.45$.-

- Incidencia Arena = 38%.
- Incidencia Piedra = 62%.

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN $a/c=0.45$ (SIN ADITIVO).-

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	471				471
Agua	212				201
Arena	574	5.80	3.56	13.00	587
Piedra	939	3.00	3.25	-2.00	937
	2196.00				2196.00

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE $a/c=0.45$.-

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	471				471
Agua	212				197
Arena	574	6.20	3.56	15.00	589
Piedra	939	3.23	3.25	0.00	939
Sika AER (0.06%)	0.28				0.28
	2196.28				2196.28

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE $a/c=0.45$.-**

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	410				410
Agua	184				118
Arena	586	10.65	3.56	42.00	628
Piedra	957	5.70	3.25	24.00	981
Sika AER (0.056%)	0.23				0.23
Sika 306 (1.00%)	4.10				4.10
	2141.33				2141.33

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA
 $a/c=0.45$.-**

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	410				410
Agua	184				136
Arena	581	9.40	3.56	34.00	615
Piedra	947	4.70	3.25	14.00	961
Sika AER (0.056%)	0.23				0.230
Sika 306 (1.00%)	4.10				4.100
Sika Rapid 1 (1.80%)	7.38				7.380
	2133.71				2133.71

DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CON $a/c=0.40$.-

- Incidencia Arena = 38%.
- Incidencia Piedra = 62%.
- **DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE $a/c=0.40$.-**

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	450				450
Agua	180				116
Arena	578	10.65	3.56	41.00	619
Piedra	947	5.70	3.25	23.00	970
Sika AER (0.057%)	0.26				0.26
Sika 306 (1.00%)	4.50				4.50
	2159.76				2159.76

- **DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA $a/c=0.40$.-**

Material	P.S.S. (Kg)	Hum. (%)	Abs. (%)	Aporte de agua (L)	Corrección (Kg)
Cemento	450				450
Agua	180				132
Arena	569	9.45	3.56	34.00	603
Piedra	931	4.65	3.25	14.00	945
Sika AER (0.057%)	0.26				0.26
Sika 306 (1.00%)	4.50				4.50
Sika Rapid 1 (1.80%)	8.10				8.10
	2142.86				2142.86

4.7 RESULTADOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO DE DISEÑOS DE MEZCLA ELABORADOS.-

Los cuadros y gráficos que se presentarán a continuación son los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de Yura S.A. – División Concretos (actualmente Concretos Supermix S.A.), instalada en la ciudad de Espinar – Cuzco.

En dichos gráficos se observará los resultados de los ensayos realizados al concreto en estado fresco como son:

- Asentamiento (Slump).
- Peso Unitario.
- Contenido de Aire
- Tiempo de Fraguado.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.55$

ASENTAMIENTO

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	Asent. (plg)	Reducción de Agua (%)
$a/c = 0.55$	Sin Aditivo	Sin Aditivo	Sin Aditivo	5	0.00
$a/c = 0.55$ SA	0.040%	Sin Aditivo	Sin Aditivo	5	0.00
$a/c = 0.55$ SA+S306	0.038%	0.80%	Sin Aditivo	5	6.06
$a/c = 0.55$ SA+S306+SR	0.038%	0.80%	1.50%	5	6.06

Cuadro N° 9 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.55$.

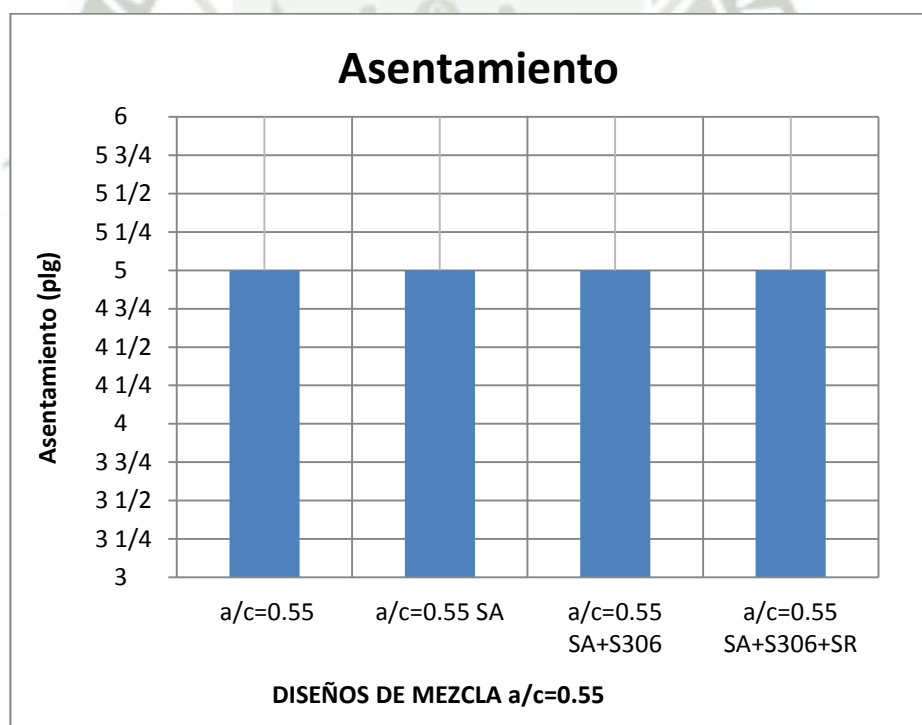


Gráfico N° 19 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.55$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.55$

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	a/c	Peso Unitario (Kg/m ³)
$a/c = 0.55$	Sin Aditivo	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.55	2214
$a/c = 0.55$ SA	0.040%	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.55	2171
$a/c = 0.55$ SA+S306	0.038%	0.80%	Sin Aditivo	0.55	2196
$a/c = 0.55$ SA+S306+SR	0.038%	0.80%	1.50%	0.55	2188

Cuadro N°10 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.55$.

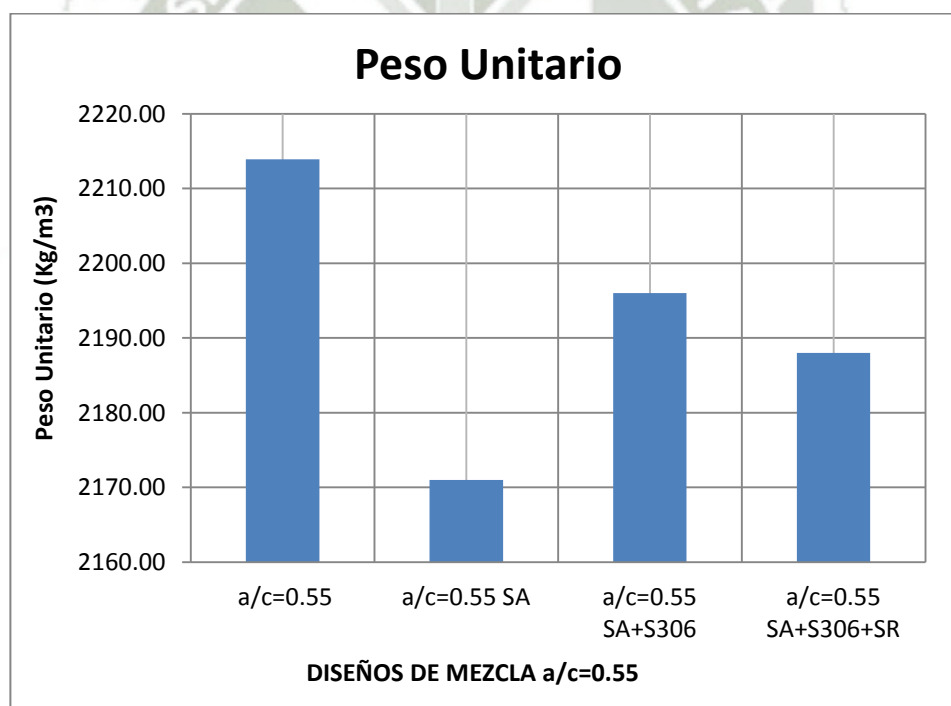


Gráfico N°20 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.55$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.55$

CONTENIDO DE AIRE

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	a/c	CONT. AIRE (%)
$a/c = 0.55$	Sin Aditivo	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.55	1.40%
$a/c = 0.55$ SA	0.040%	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.55	5.50%
$a/c = 0.55$ SA+S306	0.038%	0.80%	Sin Aditivo	0.55	4.90%
$a/c = 0.55$ SA+S306+SR	0.038%	0.80%	1.50%	0.55	4.80%

Cuadro N°11 Contenido de aire de diseños de concreto $a/c=0.55$.

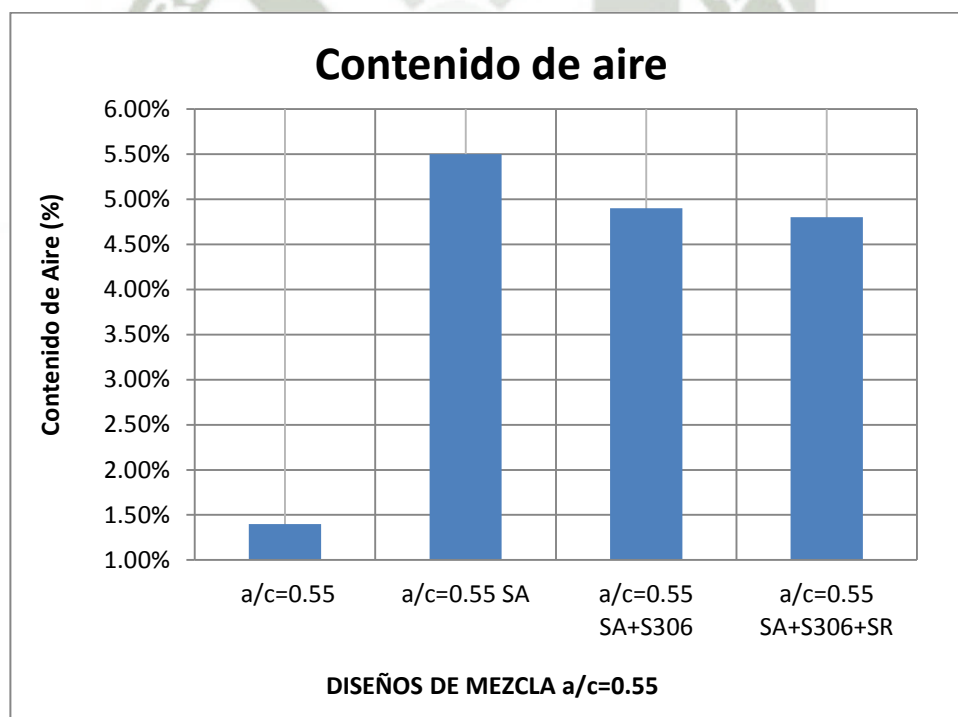


Gráfico N°21 Contenido de aire de diseños de concreto $a/c=0.55$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.55$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	$a/c=0.55$
Hora Inicio:	09:00:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	$a/c=0.55$								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	14:30	5.50	95	85	90.00	0.994	91	17.10	12.50
13/16"	15:30	6.50	170	154	162.00	0.518	312	18.60	14.00
9/16"	16:30	7.50	200	200	200.00	0.248	805	20.20	10.40
5/16"	17:30	8.50	200	200	200.00	0.077	2608	18.40	9.10
4/16"	18:00	9.00	170	164	167.00	0.049	3402	19.90	8.70
3/16"	19:00	10.00	140	130	135.00	0.028	4889	18.50	7.70

Tiempo Inicial de Fragua
Tiempo Final de fragua

6 Horas 50 Min
 9 Horas 24 Min

Cuadro N°12 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.55$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.55$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.55 SA
Hora Inicio:	10:00:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.55 SA								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	15:00	5.00	75	85	80.00	0.994	80	17.90	11.20
13/16"	16:00	6.00	100	112	106.00	0.518	204	19.10	12.40
9/16"	17:00	7.00	200	200	200.00	0.248	805	20.20	9.50
5/16"	17:30	7.50	120	125	122.50	0.077	1597	18.40	9.10
4/16"	18:30	8.50	140	143	141.50	0.049	2883	18.60	8.50
3/16"	19:30	9.50	120	124	122.00	0.028	4419	18.30	7.20

Tiempo Inicial de fragua 6 Horas 30 Min
Tiempo Final de fragua 9 Horas 12 Min

Cuadro N°13 Tiempo de Fraguado de diseño a/c=0.55 SA

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.55$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.55 SA + S306
Hora Inicio:	09:00:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.55 SA + S306								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	14:30	5.50	145	135	140.00	0.994	141	17.80	17.80
13/16"	15:00	6.00	150	130	140.00	0.518	270	18.10	12.70
9/16"	15:30	6.50	114	106	110.00	0.248	443	18.30	6.30
5/16"	16:00	7.00	95	85	90.00	0.077	1173	18.50	7.50
4/16"	16:30	7.50	98	90	94.00	0.049	1915	18.40	7.30
3/16"	17:30	8.50	128	120	124.00	0.028	4491	17.90	6.90

Tiempo Inicial de fragua

6 Horas 30 Min

Tiempo Final de fragua

8 Horas 18 Min

Cuadro N°14 Tiempo de Fraguado de diseño a/c=0.55 SA + S306

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.55$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.55 SA + S306 + SR
Hora Inicio:	09:30:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.55 SA + S306 + SR								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	14:00	4.50	120	114	117.00	0.994	118	23.20	15.30
13/16"	14:30	5.00	196	192	194.00	0.518	374	23.65	14.00
9/16"	15:00	5.50	180	170	175.00	0.248	704	23.90	12.60
5/16"	15:30	6.00	200	200	200.00	0.077	2608	22.50	10.60
4/16"	16:00	6.50	200	200	200.00	0.049	4074	21.00	7.50
3/16"	16:30	7.00	190	188	189.00	0.028	6845	20.00	4.50

Tiempo Inicial de fragua
Tiempo Final de fragua

5 Horas 10 Min
6 Horas 30 Min

Cuadro N°15 Tiempo de Fraguado de diseño a/c=0.55 SA + S306 + SR

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.55$

TIEMPO DE FRAGUADO

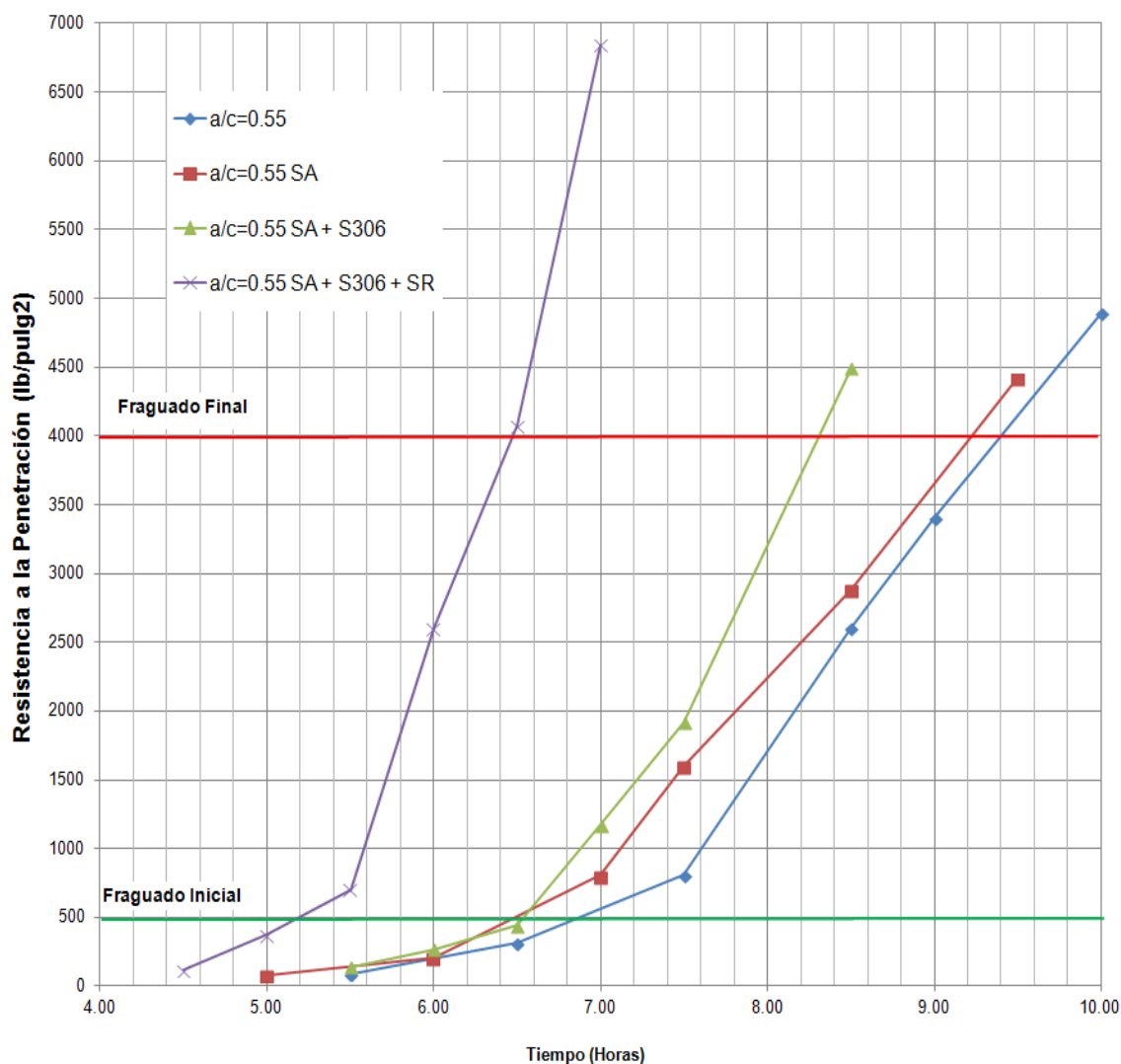


Gráfico N°22 Tiempos de Fraguado de diseños $a/c=0.55$.

DISEÑO	$a/c=0.55$	$a/c=0.55$ SA	$a/c=0.55$ SA+S306	$a/c=0.55$ SA+S306+SR
Tiempo de Fragua Inicial	06:50	06:30	06:30	05:10
Tiempo de Fragua Final	09:24	09:12	08:18	06:30

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.50$

ASENTAMIENTO

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	Asent. (plg)	Reducción de Agua (%)
$a/c = 0.50$	Sin Aditivo	Sin Aditivo	Sin Aditivo	5	0
$a/c = 0.50$ SA	0.060%	Sin Aditivo	Sin Aditivo	5	0
$a/c = 0.50$ SA+S306	0.058%	0.80%	Sin Aditivo	5	10.24
$a/c = 0.50$ SA+S306+SR	0.055%	0.80%	1.50%	5	10.24

Cuadro N°16 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.50$.

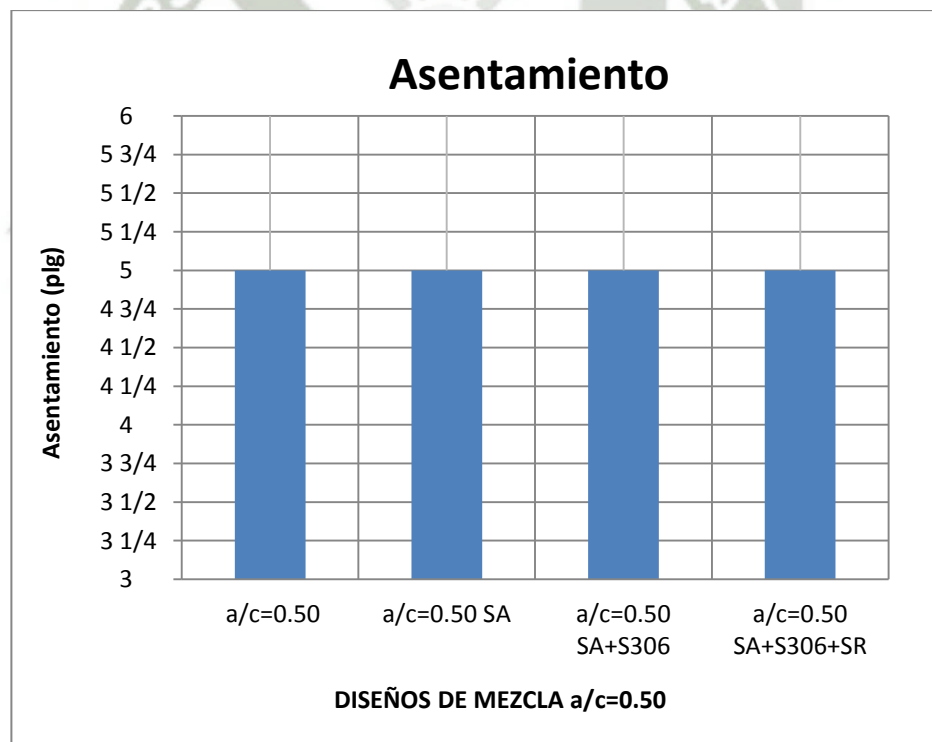


Gráfico N°23 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.50$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.50$

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	a/c	Peso Unitario (Kg/m ³)
$a/c = 0.50$	Sin Aditivo	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.50	2213
$a/c = 0.50$ SA	0.060%	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.50	2147
$a/c = 0.50$ SA+S306	0.058%	0.80%	Sin Aditivo	0.50	2155
$a/c = 0.50$ SA+S306+SR	0.055%	0.80%	1.50%	0.50	2184

Cuadro N°17 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.50$.

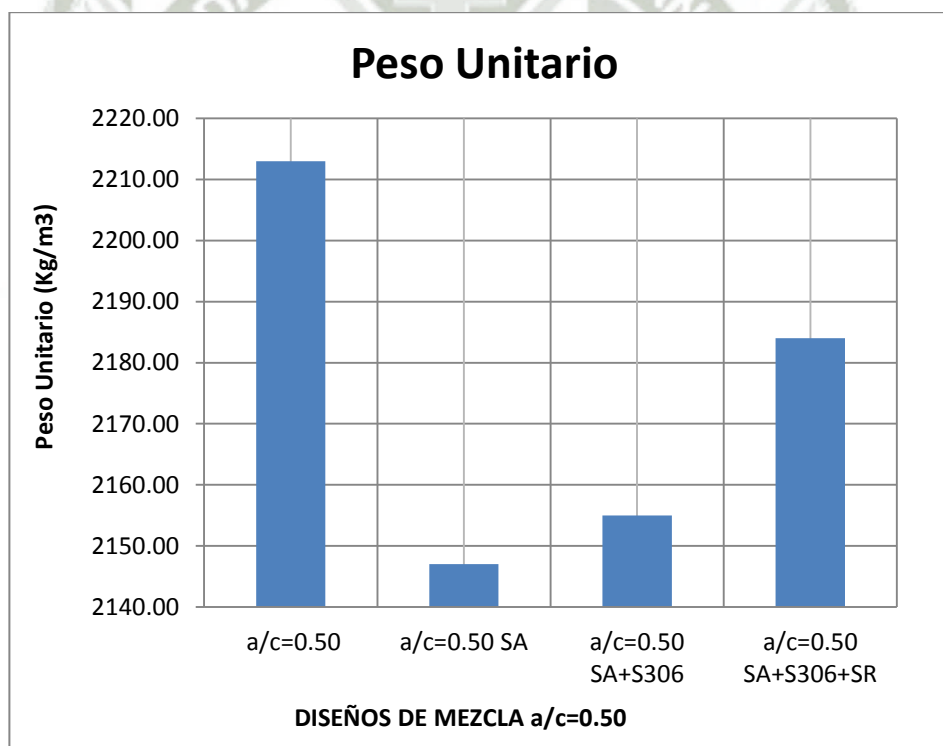


Gráfico N°24 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.50$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.50$

CONTENIDO DE AIRE

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	a/c	CONT. AIRE (%)
$a/c = 0.50$	Sin Aditivo	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.50	1.50%
$a/c = 0.50$ SA	0.060%	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.50	5.30%
$a/c = 0.50$ SA+S306	0.058%	0.80%	Sin Aditivo	0.50	5.50%
$a/c = 0.50$ SA+S306+SR	0.055%	0.80%	1.50%	0.50	5.20%

Cuadro N°18 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.50$.

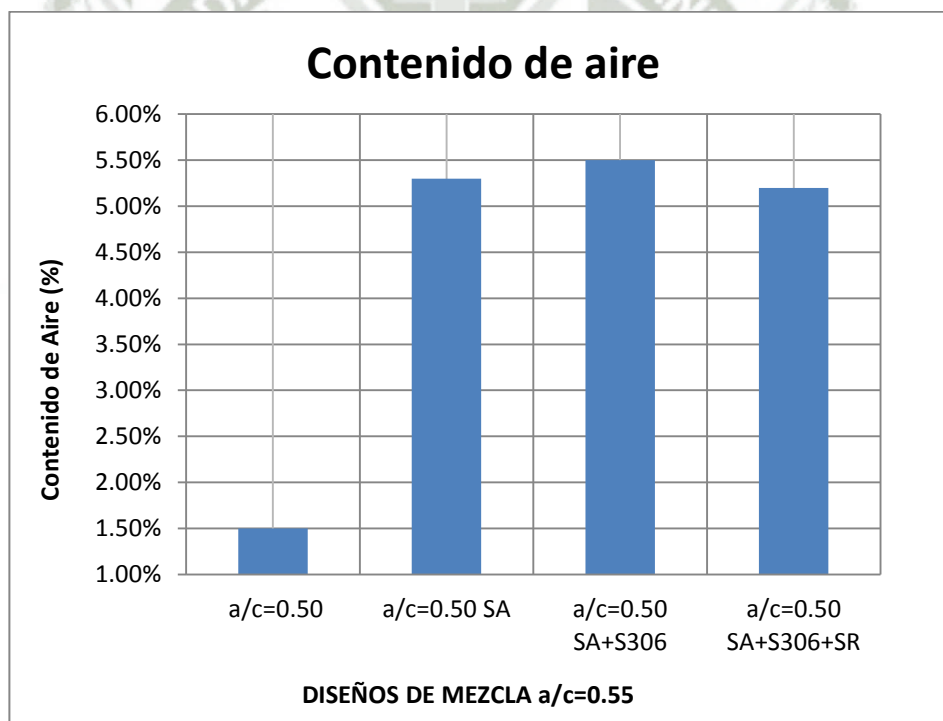


Gráfico N°25 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.50$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.50$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	$a/c=0.50$
Hora Inicio:	08:30:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	$a/c=0.50$								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	14:30	6.00	200	200	200.00	0.994	201	18.20	17.10
13/16"	15:00	6.50	190	178	184.00	0.518	355	18.40	13.80
9/16"	15:30	7.00	192	180	186.00	0.248	748	18.20	13.20
5/16"	16:00	7.50	135	142	138.50	0.077	1806	18.70	13.20
4/16"	16:30	8.00	138	126	132.00	0.049	2689	18.40	12.90
3/16"	17:30	9.00	134	122	128.00	0.028	4636	17.80	10.90

Tiempo Inicial de fragua
Tiempo Final de fragua

6 Horas 42 Min
8 Horas 40 Min

Cuadro N°19 Tiempo de Fraguado de diseño patrón $a/c=0.50$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.50$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.50 SA
Hora Inicio:	09:00:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.50 SA								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	15:00	6.00	160	146	153.00	0.994	154	15.90	13.90
13/16"	15:30	6.50	158	150	154.00	0.518	297	16.60	13.20
9/16"	16:00	7.00	126	118	122.00	0.248	491	17.70	13.20
5/16"	16:30	7.50	98	90	94.00	0.077	1226	17.40	12.90
4/16"	17:30	8.50	114	108	111.00	0.049	2261	16.80	11.70
3/16"	18:30	9.50	120	112	116.00	0.028	4201	16.90	11.50

Tiempo Inicial de fragua
Tiempo Final de fragua

7 Horas 00 Min
9 Horas 24 Min

Cuadro N°20 Tiempo de Fraguado de diseño a/c=0.50 SA.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.50$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.50 SA + S306
Hora Inicio:	09:30:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.50 SA + S306								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	15:00	5.50	124	120	122.00	0.994	123	17.90	16.40
13/16"	15:30	6.00	114	106	110.00	0.518	212	18.40	7.50
9/16"	16:00	6.50	102	98	100.00	0.248	402	18.60	6.40
5/16"	16:30	7.00	75	61	68.00	0.077	887	18.20	7.90
4/16"	17:30	8.00	100	96	98.00	0.049	1996	18.00	7.60
3/16"	18:30	9.00	124	121	122.50	0.028	4437	17.60	7.30

Tiempo Inicial de fragua

6 Horas 36 Min

Tiempo Final de fragua

8 Horas 48 Min

Cuadro N°21 Tiempo de Fraguado de diseño a/c=0.50 SA + S306.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.50$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.50 SA + S306 + SR
Hora Inicio:	10:00:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.50 SA + S306 + SR								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	14:30	4.50	118	126	122.00	0.994	123	22.60	15.30
13/16"	15:00	5.00	150	158	154.00	0.518	297	23.00	14.00
9/16"	15:30	5.50	124	130	127.00	0.248	511	23.35	12.60
5/16"	16:00	6.00	118	124	121.00	0.077	1578	22.45	10.60
4/16"	16:30	6.50	134	140	137.00	0.049	2791	20.75	7.50
3/16"	17:00	7.00	138	150	144.00	0.028	5215	19.50	4.50

Tiempo Inicial de fragua
Tiempo Final de fragua

5 horas 30 Min
6 Horas 42 Min

Cuadro N°22 Tiempo de Fraguado de diseño a/c=0.50 SA + S306 + SR.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.50$

TIEMPO DE FRAGUADO

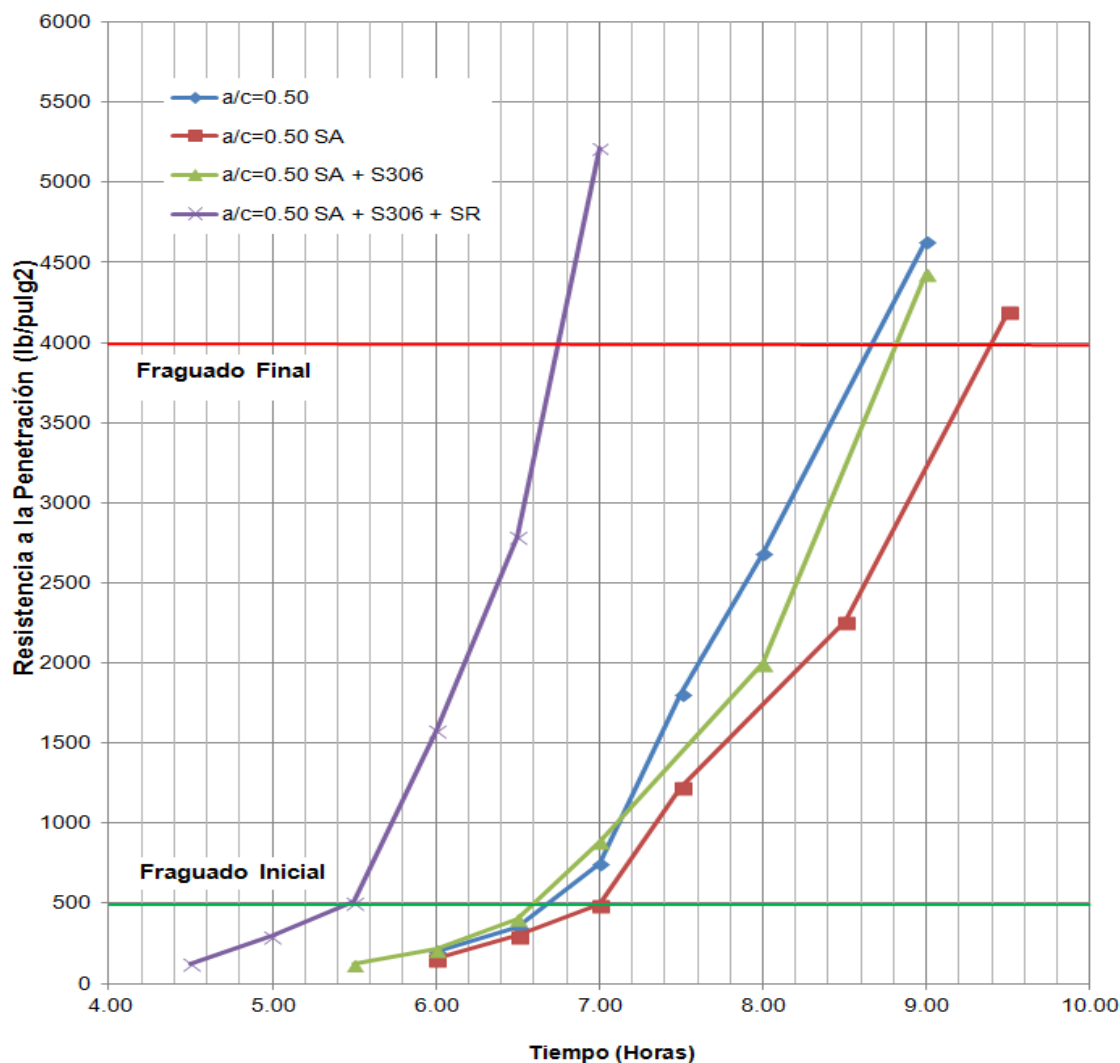


Gráfico N°26 Tiempos de Fraguado de diseños $a/c=0.50$.

DISEÑO	$a/c=0.50$	$a/c=0.50$ SA	$a/c=0.50$ SA+S306	$a/c=0.50$ SA+S306+SR
Tiempo de Fragua Inicial	06:42	07:00	06:36	05:30
Tiempo de Fragua Final	08:40	09:24	08:48	06:42

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.45$

ASENTAMIENTO

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	Asent. (plg)	Reducción de Agua (%)
$a/c = 0.45$	Sin Aditivo	Sin Aditivo	Sin Aditivo	5	0.00
$a/c = 0.45$ SA	0.060%	Sin Aditivo	Sin Aditivo	5	0.00
$a/c = 0.45$ SA+S306	0.056%	1.00%	Sin Aditivo	5	13.21
$a/c = 0.45$ SA+S306+SR	0.056%	1.00%	1.80%	5	13.21

Cuadro N°23 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.45$.

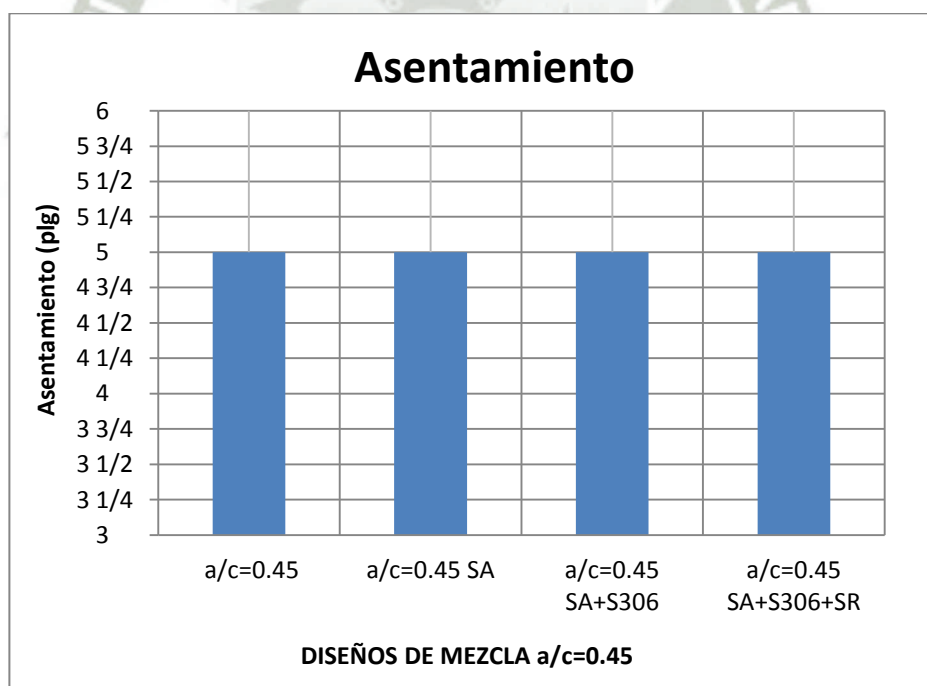


Gráfico N°27 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.45$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.45$

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	a/c	Peso Unitario (Kg/m ³)
$a/c = 0.45$	Sin Aditivo	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.45	2210
$a/c = 0.45$ SA	0.060%	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.45	2095
$a/c = 0.45$ SA+S306	0.056%	1.00%	Sin Aditivo	0.45	2194
$a/c = 0.45$ SA+S306+SR	0.056%	1.00%	1.80%	0.45	2202

Cuadro N°24 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.45$.

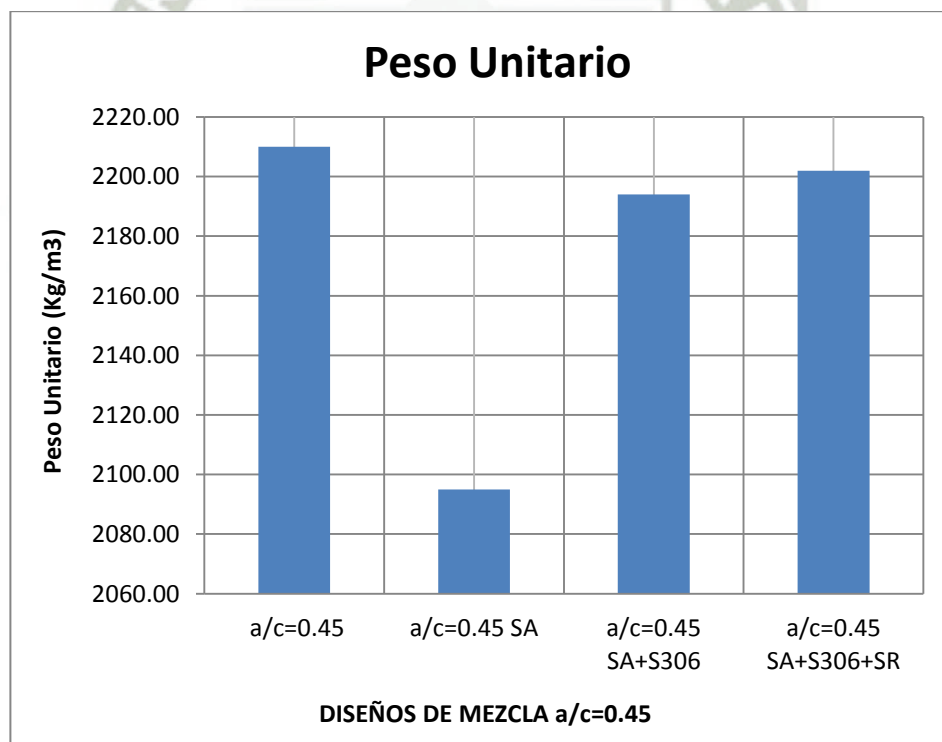


Gráfico N°28 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.45$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.45$

CONTENIDO DE AIRE

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	a/c	CONT. AIRE (%)
$a/c = 0.45$	Sin Aditivo	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.45	1.40%
$a/c = 0.45$ SA	0.060%	Sin Aditivo	Sin Aditivo	0.45	5.40%
$a/c = 0.45$ SA+S306	0.056%	1.00%	Sin Aditivo	0.45	4.90%
$a/c = 0.45$ SA+S306+SR	0.056%	1.00%	1.80%	0.45	5.60%

Cuadro N°25 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.45$.

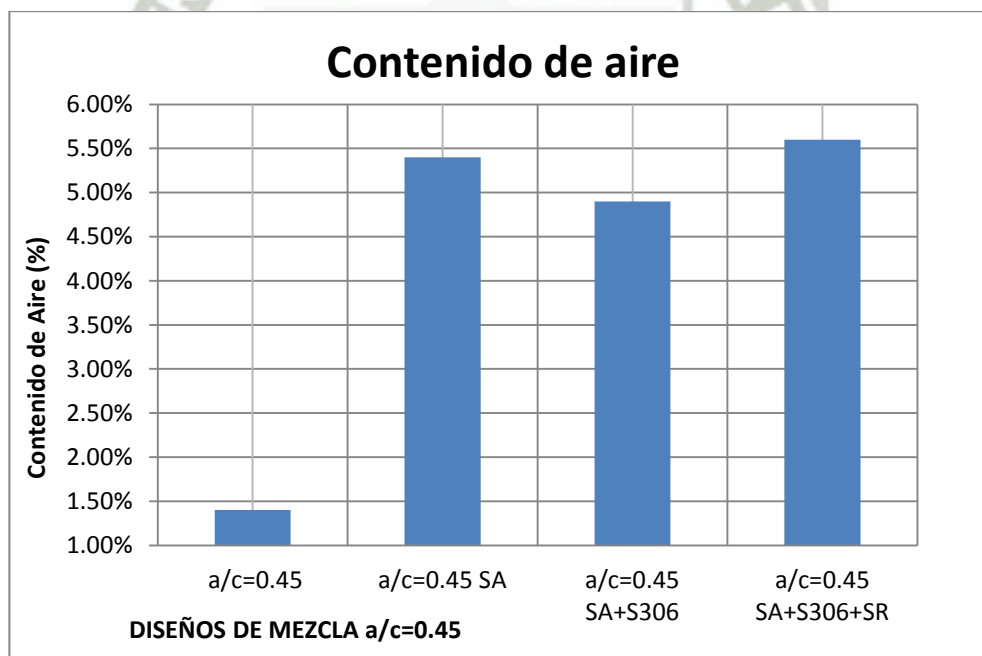


Gráfico N°29 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.45$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.45$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	$a/c=0.45$
Hora inicio:	08:30:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	$a/c=0.45$								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	13:30	5.00	200	200	200.00	0.994	201	18.90	9.30
13/16"	14:00	5.50	200	200	200.00	0.518	386	21.90	7.50
9/16"	14:30	6.00	200	200	200.00	0.248	805	21.40	9.30
5/16"	15:00	6.50	185	175	180.00	0.077	2347	21.10	10.10
4/16"	15:30	7.00	180	186	183.00	0.049	3728	20.10	10.40
3/16"	16:00	7.50	154	146	150.00	0.028	5433	20.70	11.00

Tiempo Inicial de fragua

5 Horas 40 Min

Tiempo Final de fragua

7 Horas 06 Min

Cuadro N°26 Tiempo de Fraguado de diseño patrón $a/c=0.45$

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.45$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.45 SA
Hora inicio:	09:00:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.45 SA								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	14:30	5.50	200	200	200.00	0.994	201	18.90	9.3
13/16"	15:00	6.00	200	200	200.00	0.518	386	21.40	7.7
9/16"	15:30	6.50	200	200	200.00	0.248	805	20.50	9.3
5/16"	16:00	7.00	165	162	163.50	0.077	2132	20.10	10.1
4/16"	16:30	7.50	156	152	154.00	0.049	3137	19.10	10.4
3/16"	17:00	8.00	148	136	142.00	0.028	5143	20.10	11.0

Tiempo Inicial de fragua

6 Horas 10 Min

Tiempo Final de fragua

7 Horas 42 Min

Cuadro N°27 Tiempo de Fraguado de diseño a/c=0.45 SA

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.45$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.45 SA + S306
Hora inicio:	09:30:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.45 SA + S306								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	14:30	5.00	182	162	172.00	0.994	173	22.50	15.0
13/16"	15:00	5.50	190	184	187.00	0.518	361	21.50	14.2
9/16"	15:30	6.00	184	176	180.00	0.248	724	21.80	12.5
5/16"	16:00	6.50	130	126	128.00	0.077	1669	21.70	11.0
4/16"	16:30	7.00	115	111	113.00	0.049	2302	20.60	10.0
3/16"	17:30	8.00	154	148	151.00	0.028	5469	20.00	8.3

Tiempo Inicial de fragua
Tiempo Final de fragua

5 Horas 42 Min
 7 Horas 30 Min

Cuadro N°28 Tiempo de Fraguado de diseño a/c=0.45 SA + S306

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.45$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.45 SA + S306 + SR
Hora inicio:	10:30:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.45 SA + S306 + SR								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	14:30	4.00	90	85	87.50	0.994	88	21.00	12.8
13/16"	15:00	4.50	110	108	109.00	0.518	210	21.60	8.6
9/16"	15:30	5.00	140	128	134.00	0.248	539	21.20	7.8
5/16"	16:00	5.50	120	118	119.00	0.077	1552	21.30	6.7
4/16"	16:30	6.00	132	126	129.00	0.049	2628	21.55	7.5
3/16"	17:00	6.50	128	133	130.50	0.028	4726	20.80	6.3

Tiempo Inicial de fragua

4 Horas 55 Min

Tiempo Final de fragua

6 Horas 18 Min

Cuadro N°29 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.45$ SA + S306 + SR.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.45$

TIEMPO DE FRAGUADO

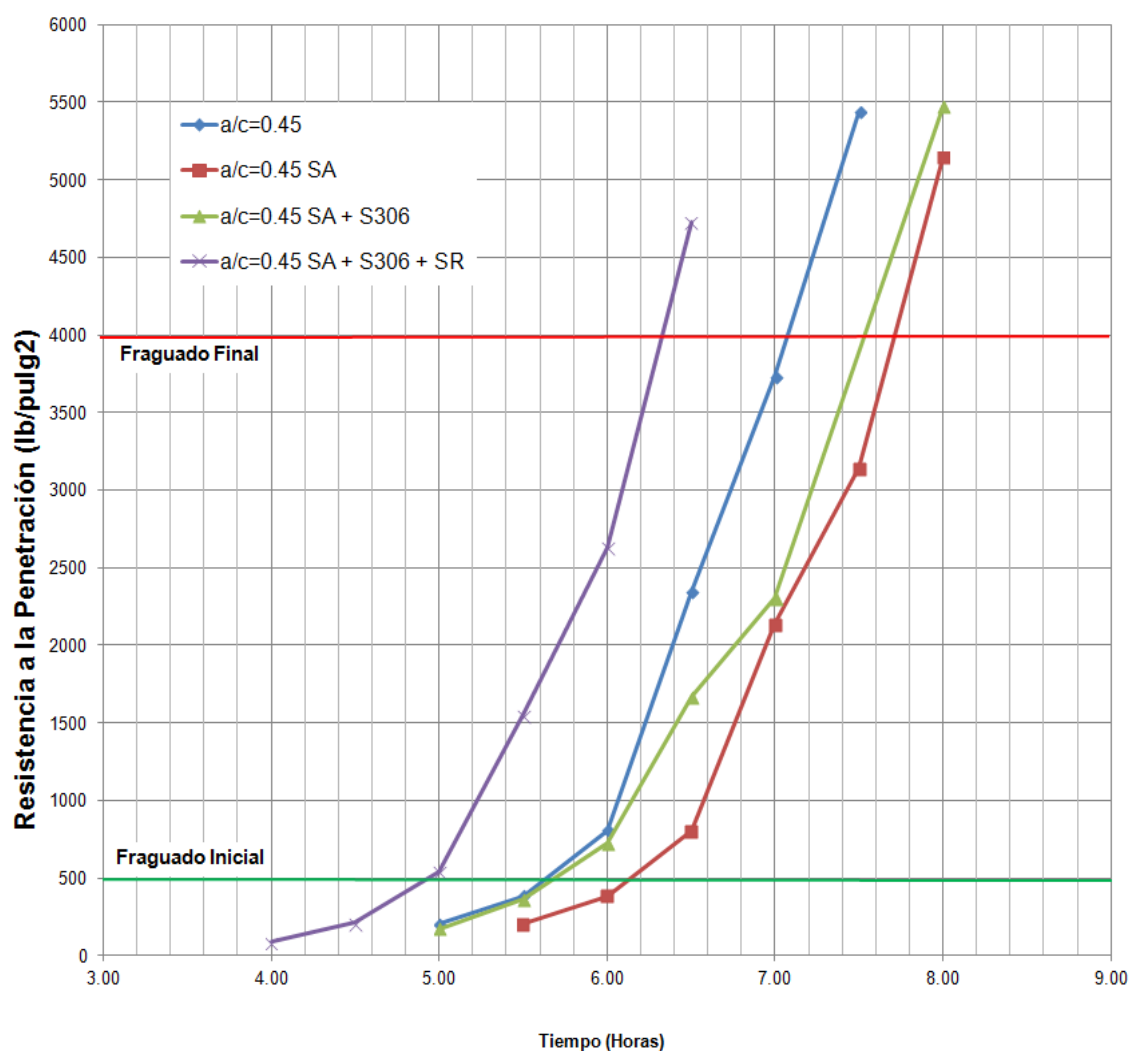


Gráfico N°30 Tiempos de Fraguado de diseños $a/c=0.45$.

DISEÑO	$a/c=0.45$	$a/c=0.45$ SA	$a/c=0.45$ SA+S306	$a/c=0.45$ SA+S306+SR
Tiempo de Fragua Inicial	05:40	06:10	05:42	04:55
Tiempo de Fragua Final	07:06	07:42	07:30	06:18

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.40$

ASENTAMIENTO

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	a/c	Asentamiento (plg)
$a/c=0.45$ SA+S306	0.057%	1.00%	Sin Aditivo	0.40	4.5
$a/c=0.45$ SA+S306+SR	0.057%	1.00%	1.80%	0.40	5.0

Cuadro N°30 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.40$.

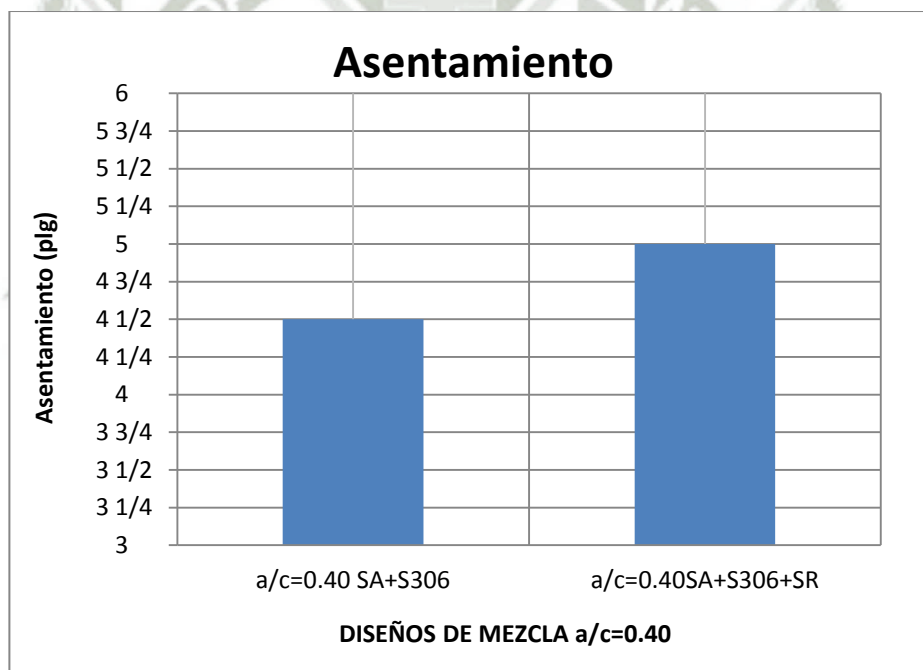


Gráfico N°31 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.40$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.40$

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	a/c	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
$a/c=0.45$ SA+S306	0.056%	1.00%	Sin Aditivo	0.40	2174
$a/c=0.45$ SA+S306+SR	0.056%	1.00%	1.80%	0.40	2156

Cuadro N°31 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.40$.

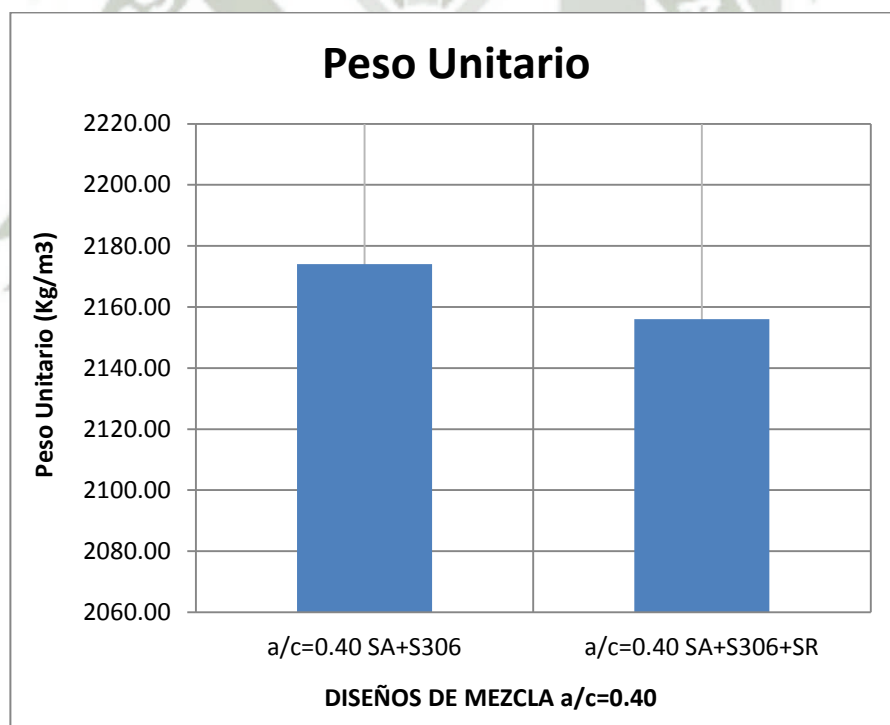


Gráfico N°32 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.40$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.40$

CONTENIDO DE AIRE

DISEÑO	SIKA AER	SIKAMENT 306	SIKA RAPID 1	a/c	CONT. AIRE (%)
$a/c=0.45$ SA+S306	0.056%	1.00%	Sin Aditivo	0.40	4.80%
$a/c=0.45$ SA+S306+SR	0.056%	1.00%	1.80%	0.40	5.40%

Cuadro N°32 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.40$.

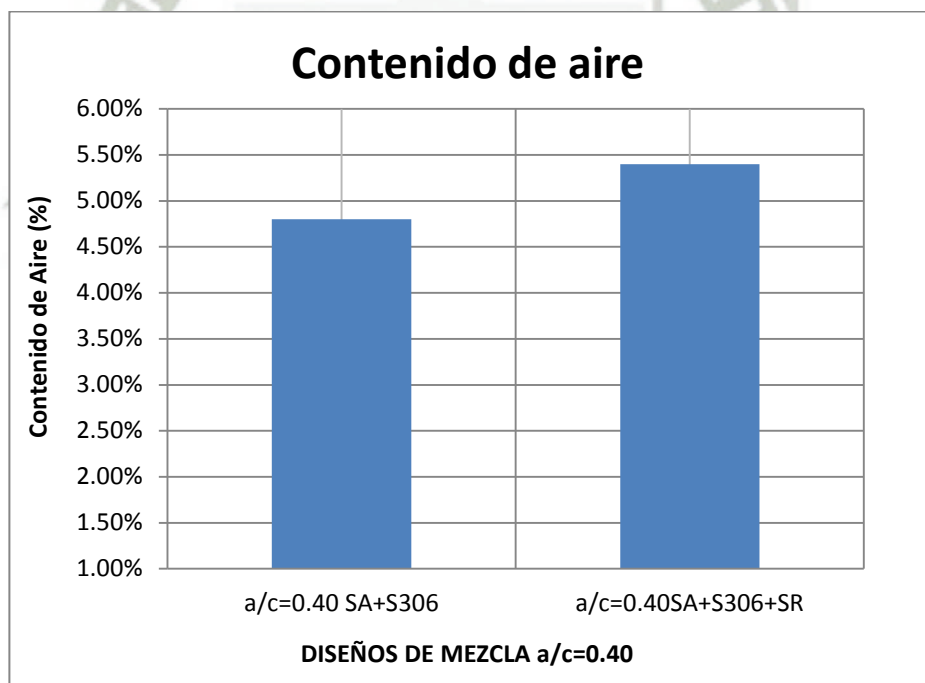


Gráfico N°33 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.40$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.40$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	$a/c=0.40$ SA + S306
Hora de Inicio:	10:00:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	$a/c=0.40$ SA + S306								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	15:00	5.00	200	200	200.00	0.994	201	21.60	14.20
13/16"	15:30	5.50	200	200	200.00	0.518	386	22.00	12.50
9/16"	16:00	6.00	200	200	200.00	0.248	805	20.10	11.00
5/16"	16:30	6.50	178	188	183.00	0.077	2386	20.40	10.00
4/16"	17:00	7.00	160	165	162.50	0.049	3311	20.70	8.30
3/16"	18:00	8.00	155	165	160.00	0.028	5795	19.20	7.90

Tiempo Inicial de fragua
Tiempo Final de fragua

5 Horas 36 Min
 7 Horas 18 Min

Cuadro N°33 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.40$ SA + S306

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.40$

TIEMPO DE FRAGUADO

Diseño:	a/c=0.40 SA + S306 + SR
Hora de Inicio:	11:00:00 a.m.

Diámetro de Aguja (Pulg)	a/c=0.40 SA + S306 + SR								
	Hora de Ensayo	Tiempo Transcurrido (Horas)	Dial 1 (lb)	Dial 2 (lb)	Promedio	Área aguja (pulg ²)	PSI (Lb/pulg ²)	T° Concreto (°C)	T° Ambiente (°C)
1 1/8"	15:00	4.00	86	78	82.00	0.994	82	21.40	8.60
13/16"	15:30	4.50	116	114	115.00	0.518	222	21.25	7.80
9/16"	16:00	5.00	136	130	133.00	0.248	535	21.30	6.70
5/16"	16:30	5.50	118	117	117.50	0.077	1532	21.00	7.50
4/16"	17:00	6.00	150	144	147.00	0.049	2995	20.75	6.30
3/16"	17:30	6.50	120	114	117.00	0.028	4237	20.50	5.80

Tiempo Inicial de fragua

4 Horas 54 Min

Tiempo Final de fragua

6 Horas 24 Min

Cuadro N°34 Tiempo de Fraguado de diseño a/c=0.40 SA + S306 + SR

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.40$

TIEMPO DE FRAGUADO

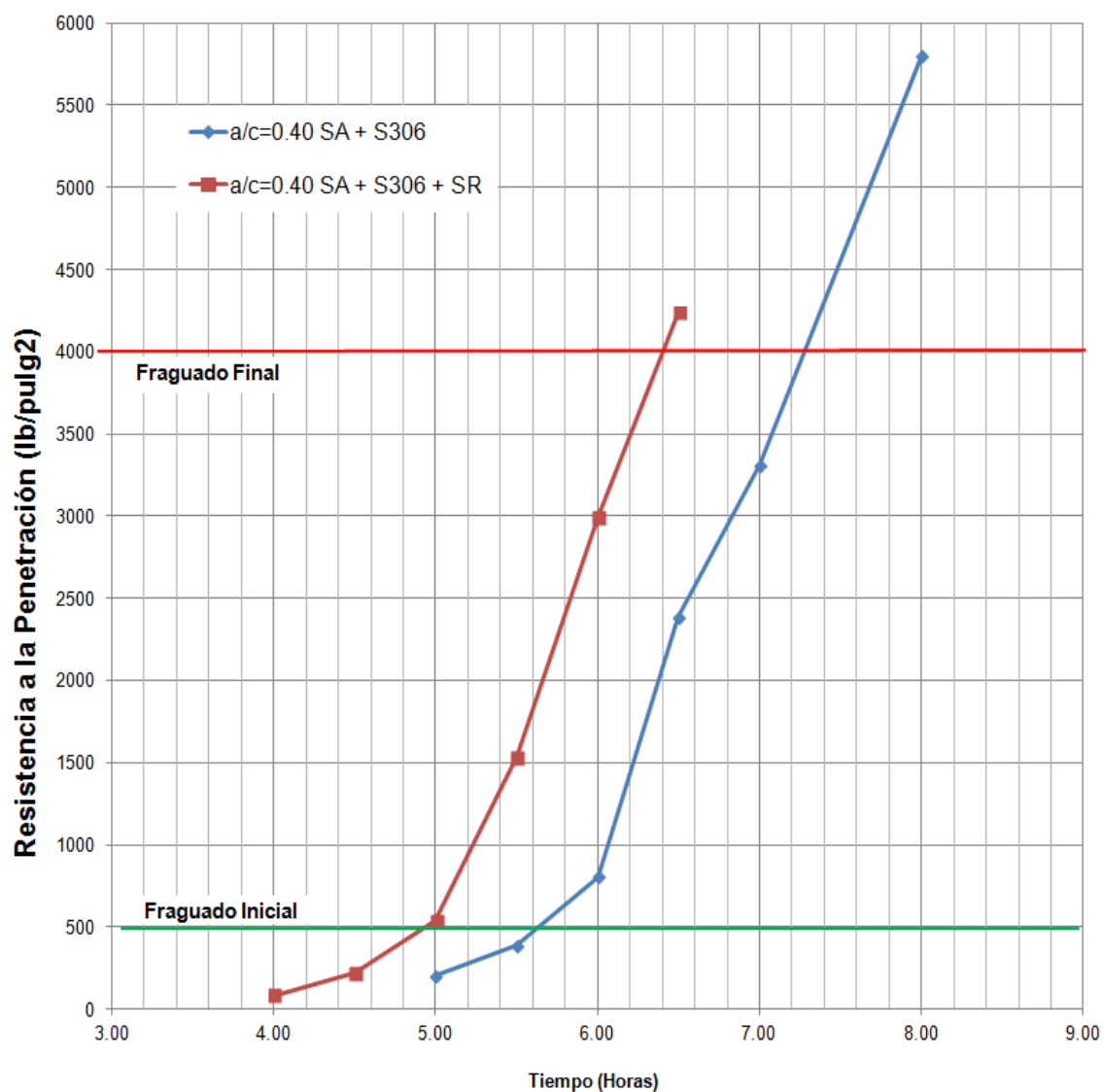


Gráfico N°34 Tiempos de Fraguado de diseños $a/c=0.40$.

DISEÑO	$a/c=0.40$ SA+S306	$a/c=0.40$ SA+S306+SR
Tiempo de Fragua Inicial	05:36	04:54
Tiempo de Fragua Final	07:18	06:24

4.8 RESULTADO DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO DE DISEÑOS DE MEZCLA ELABORADOS.-

A continuación se presentará los cuadros y gráficos de los resultados de los ensayos de Resistencia a la Compresión del concreto de los diseños elaborados con las respectivas relaciones $a/c = 0.55, 0.50, 0.45$ y 0.40 .



DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.55$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – CURADO EN LABORATORIO

DISEÑO	a/c	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)		
		7 Días	14 Días	28 Días
$a/c=0.55$	0.55	194	232	271
$a/c=0.55$ SA	0.55	167	209	260
$a/c=0.55$ SA+S306	0.55	181	225	289
$a/c=0.55$ SA+S306+SR	0.55	192	242	295

Cuadro N°35 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Laboratorio - $a/c=0.55$.

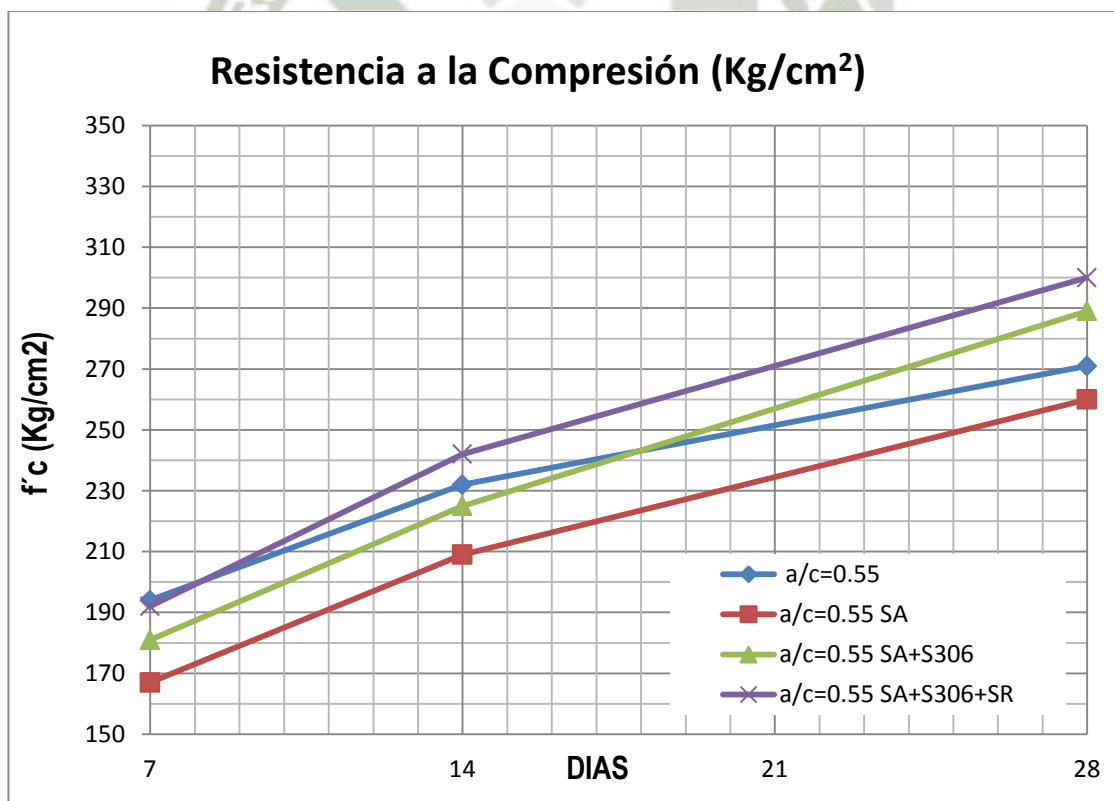


Gráfico N°35 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Laboratorio - $a/c=0.55$

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.55$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CURADO EN CAMPO

CODIGO	a/c	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)		
		7 Dias	14 Dias	28 Dias
a/c=0.55	0.55	124	162	205
a/c=0.55 SA	0.55	115	155	178
a/c=0.55 SA+S306	0.55	108	149	188
a/c=0.55 SA+S306+SR	0.55	146	189	223

Cuadro N°36 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Campo - $a/c=0.55$

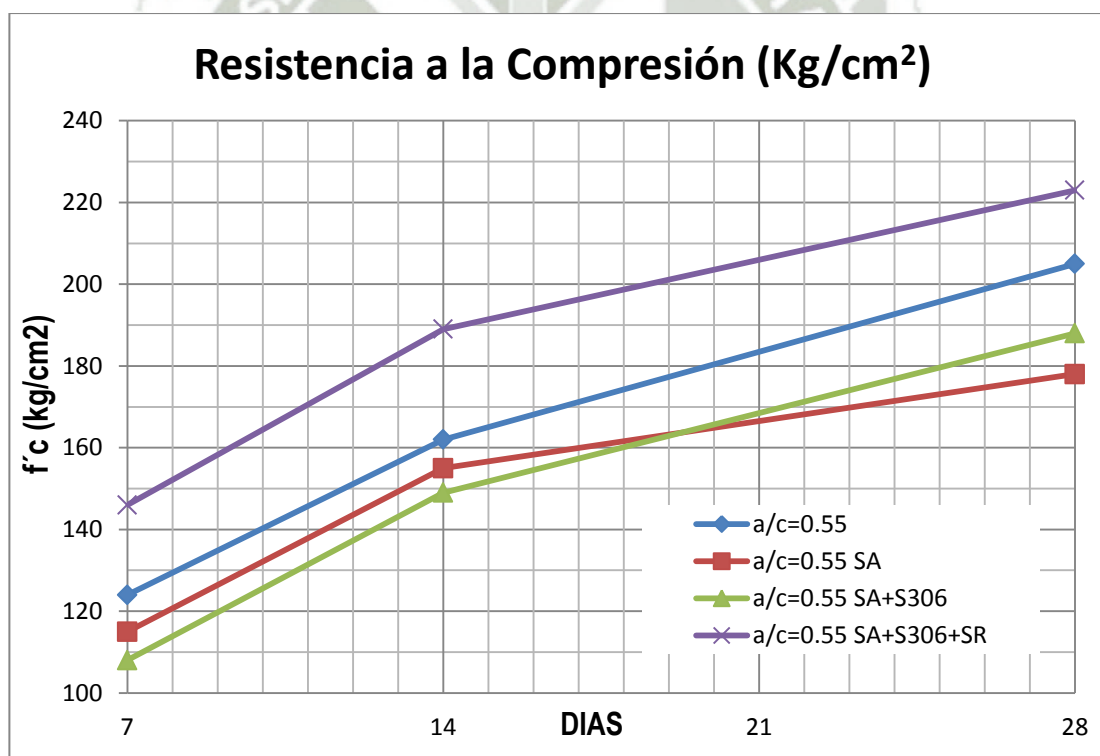


Gráfico N°36 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Campo - $a/c=0.55$

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.50$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CURADO EN LABORATORIO

DISEÑO	a/c	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)		
		7 Días	14 Días	28 Días
a/c=0.50	0.50	212	251	293
a/c=0.50 SA	0.50	171	214	256
a/c=0.50 SA+S306	0.50	208	257	301
a/c=0.50 SA+S306+SR	0.50	229	273	315

Cuadro N°37 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Laboratorio - $a/c=0.50$.

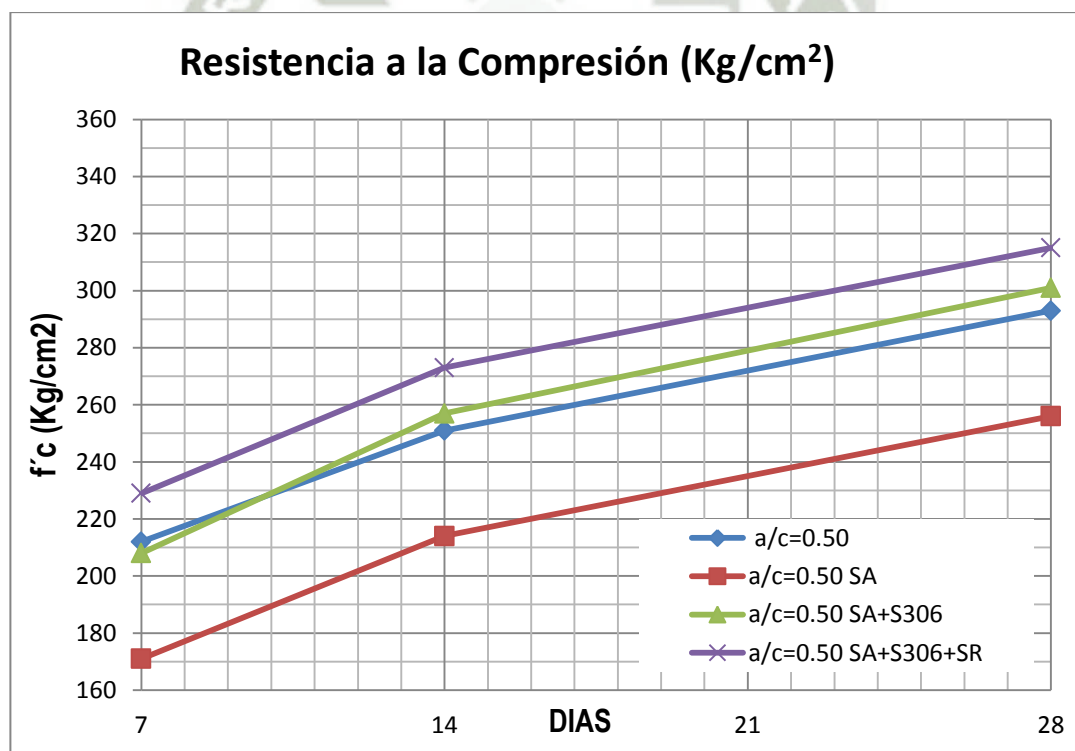


Gráfico N°37 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Laboratorio - $a/c=0.50$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.50$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CURADO EN CAMPO

DISEÑO	a/c	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)		
		7 Días	14 Días	28 Días
a/c=0.50	0.50	144	184	226
a/c=0.50 SA	0.50	121	153	173
a/c=0.50 SA+S306	0.50	165	210	246
a/c=0.50 SA+S306+SR	0.50	192	230	263

Cuadro N°38 Resistencia a la Compresión a 28 Días – Curado Campo - $a/c=0.50$.

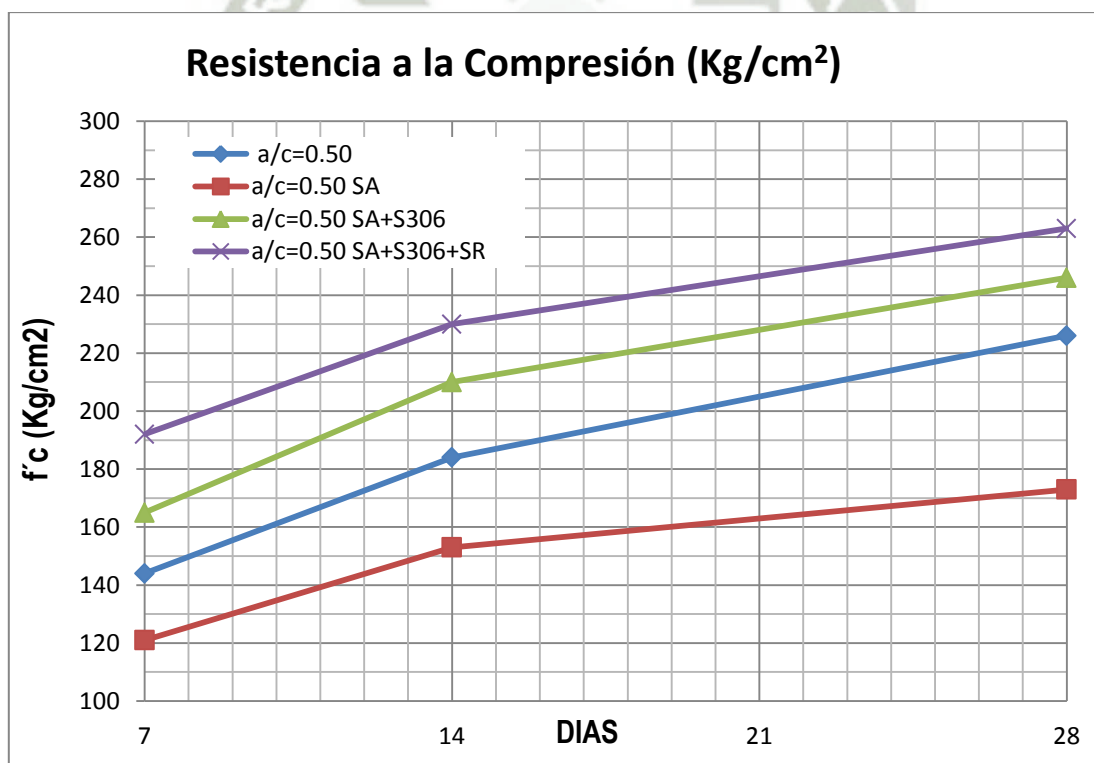


Gráfico N°38 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Campo - $a/c=0.50$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.45$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CURADO EN LABORATORIO

DISEÑO	a/c	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)		
		7 Días	14 Días	28 Días
a/c=0.45	0.45	235	278	316
a/c=0.45 SA	0.45	192	223	255
a/c=0.45 SA+S306	0.45	251	305	351
a/c=0.45 SA+S306+SR	0.45	282	331	366

Cuadro N°39 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Laboratorio - $a/c=0.45$.

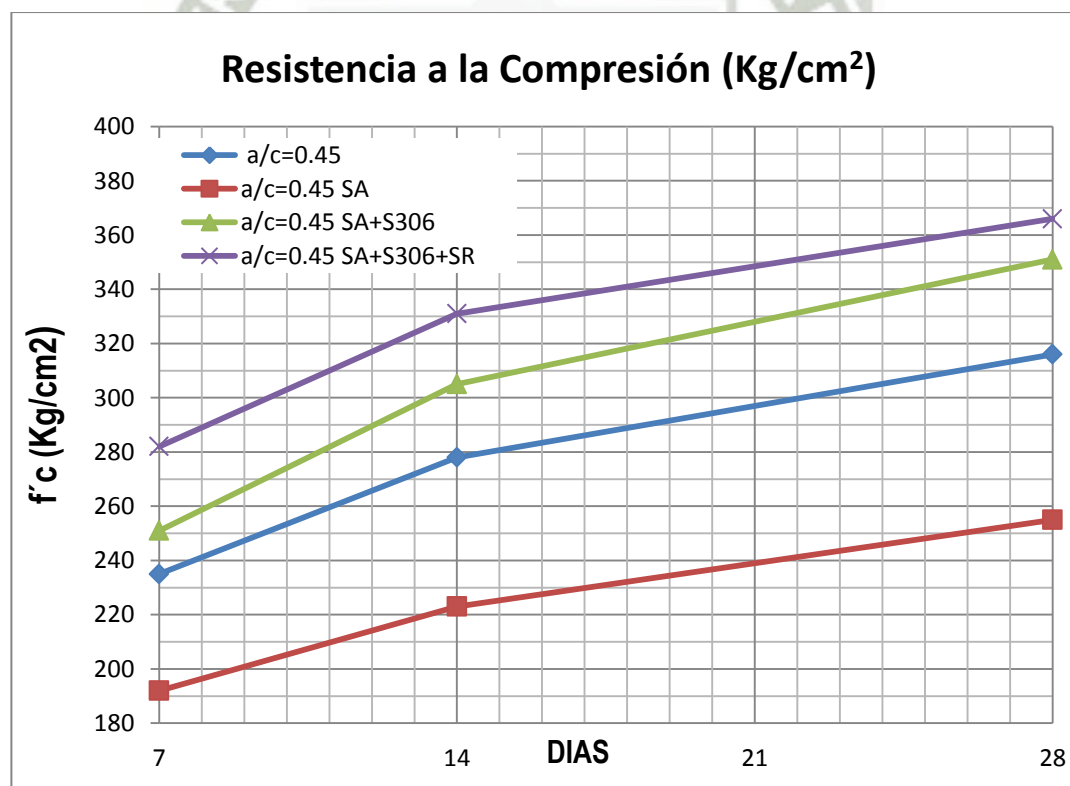


Gráfico N°39 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Laboratorio - $a/c=0.45$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.45$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CURADO EN CAMPO

DISEÑO	a/c	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)		
		7 Días	14 Días	28 Días
a/c=0.45	0.45	157	196	231
a/c=0.45 SA	0.45	136	161	193
a/c=0.45 SA+S306	0.45	181	230	265
a/c=0.45 SA+S306+SR	0.45	221	258	283

Cuadro N°40 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Campo - $a/c=0.45$.

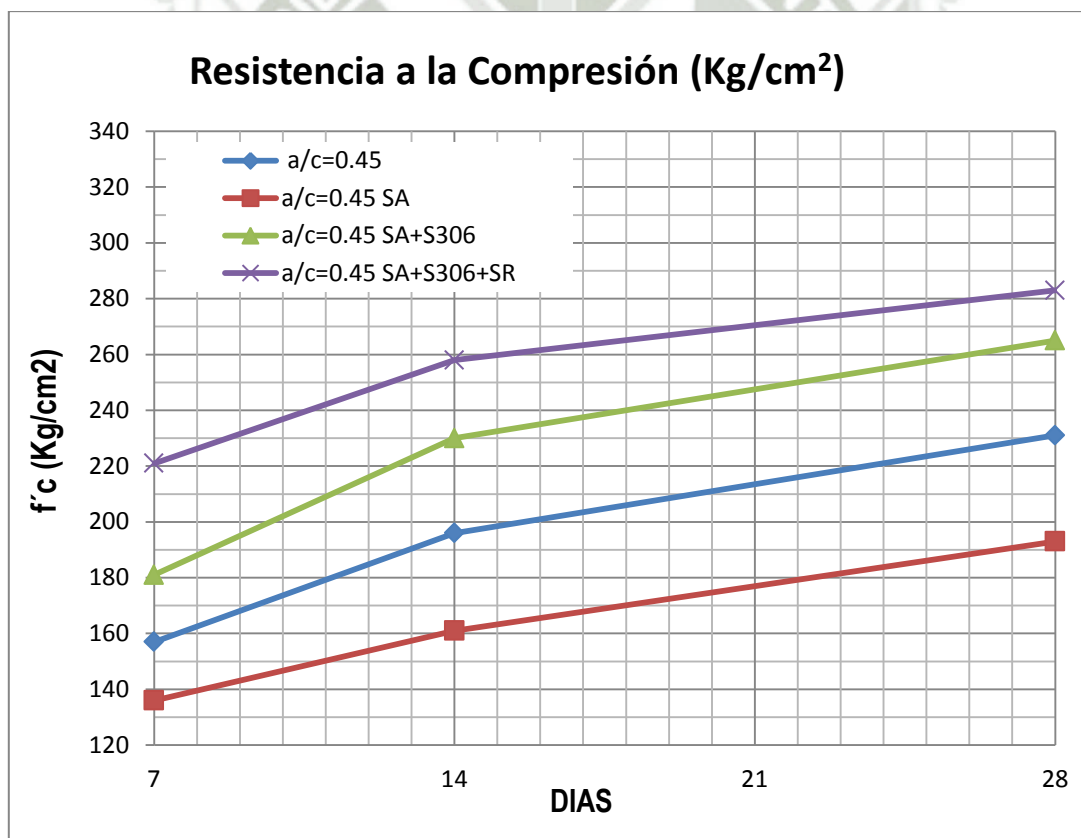


Gráfico N°40 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Campo - $a/c=0.45$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.40$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CURADO EN LABORATORIO

DISEÑO	a/c	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)		
		7 Días	14 Días	28 Días
a/c=0.40 SA+S306	0.40	279	335	374
a/c=0.40 SA+S306+SR	0.40	311	358	391

Cuadro N°41 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Laboratorio - $a/c=0.40$.

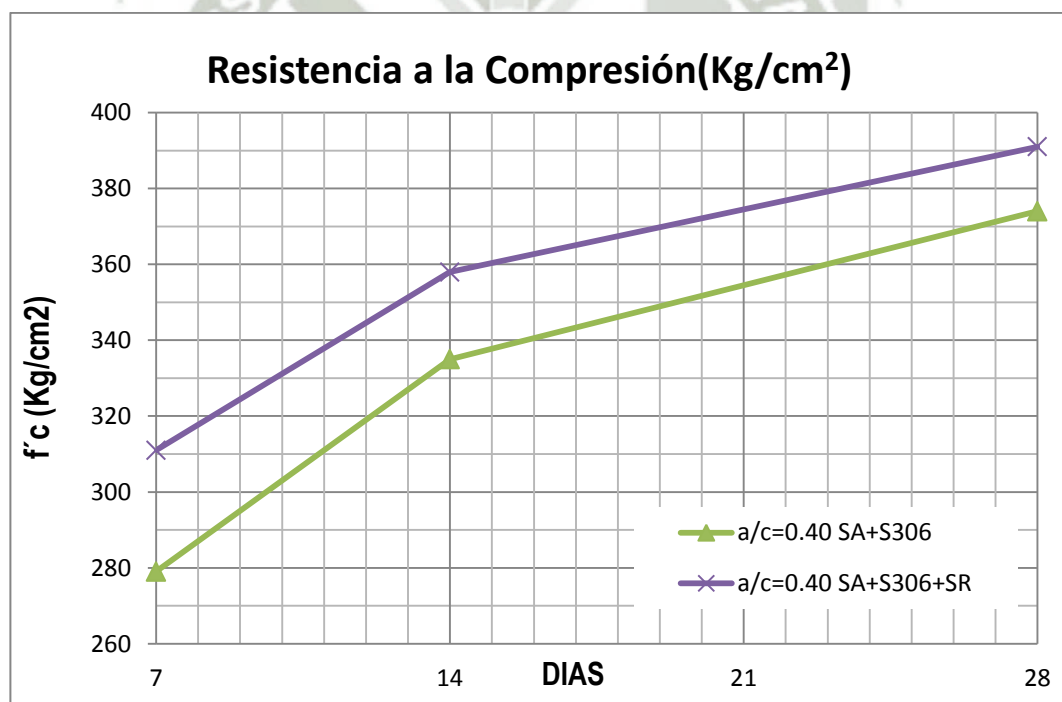


Gráfico N°41 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Laboratorio - $a/c=0.40$.

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.40$

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CURADO EN CAMPO

DISEÑO	a/c	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)		
		7 Dias	14 Dias	28 Dias
$a/c=0.40$ SA+S306	0.40	201	239	283
$a/c=0.40$ SA+S306+SR	0.40	228	274	304

Cuadro N°42 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Campo - $a/c=0.40$.

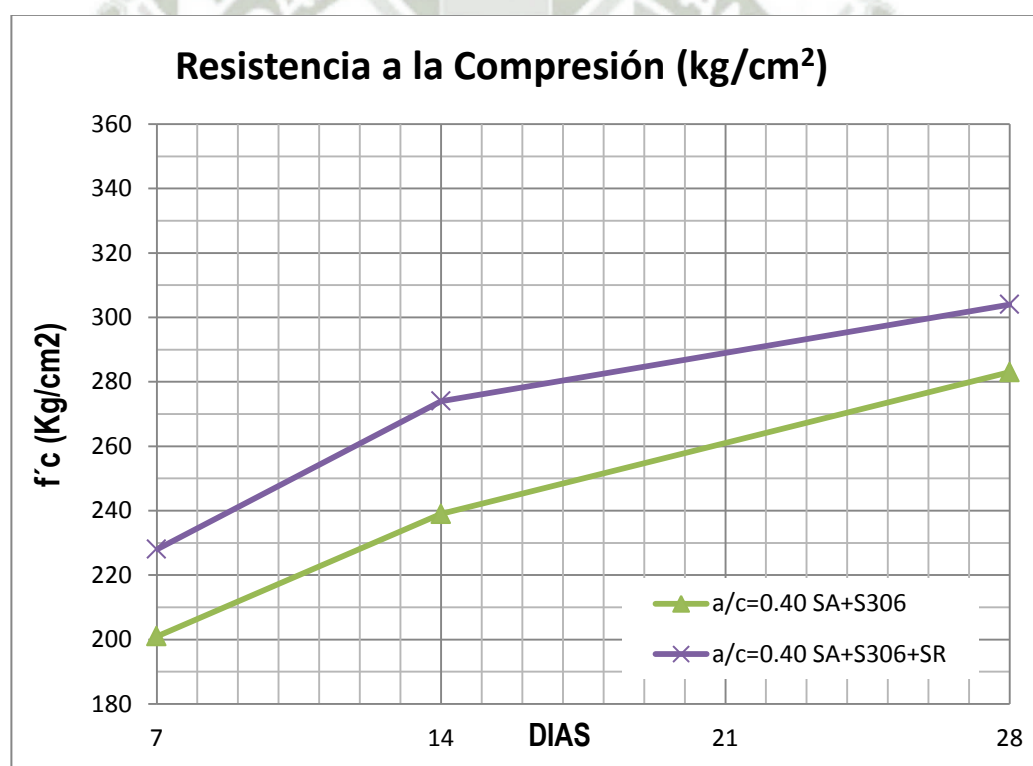


Gráfico N°42 Resistencia a la Compresión a 28 Días - Curado Campo - $a/c=0.40$.

CAPITULO V

ANÁLISIS TÉCNICO Y COMPARATIVO DE DISEÑOS ELABORADOS

5.1 ANÁLISIS DE COSTO DE DISEÑOS DE MEZCLA ELABORADOS.-

La producción de concreto, no sólo debe enfocarse en obtener resistencias favorables, sino que debemos obtener un diseño de mezcla que nos permita muchas ventajas del concreto en su estado fresco, como en el endurecido.

Por ello, se debe de erradicar la idea de que el uso de aditivo aumenta el costo del concreto, ya que el uso de los aditivos ayudan a controlar y mejorar parámetros que muchas veces pueden ocasionarnos pérdidas cuantiosas a largo plazo.

Finalmente se plasmará mediante cuadros los análisis de costo del concreto de los diseños elaborados, materia de investigación del presente trabajo.

Para realizar el análisis de costo se utilizó una tabla de precios de materiales, la cual pasaremos a detallar:

Material	Unidad	P.U. (\$/.)
Cemento	Bol	21.50
Agua	m3	0.75
Arena Cañipia	m3	50.00
Piedra Cañipia	m3	38.00
SIKA AER	Kg	4.76
SIKAMENT 306	Kg	3.92
SIKA RAPID 1	Kg	4.54

5.1.1 ANÁLISIS DE COSTO DE DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CON RELACIÓN $a/c=0.55$.-

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN $a/c=0.55$ (SIN ADITIVO).-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.55$				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	8.471	Bol	21.50	182.13
Agua	0.198	m3	0.75	0.15
Arena	0.270	m3	50.00	13.50
Piedra	0.390	m3	38.00	14.82
			Total (S/.)	210.60

Cuadro N°43 Análisis de costo de concreto $a/c=0.55$.

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE $a/c=0.55$.-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.55$ SA				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	8.471	Bol	21.50	182.13
Agua	0.198	m3	0.75	0.15
Arena	0.270	m3	50.00	13.50
Piedra	0.390	m3	38.00	14.82
Sika AER (0.04%)	0.144	Kg	4.76	0.69
			Total (S/.)	211.29

Cuadro N°44 Análisis de costo de concreto $a/c=0.55$ SA.

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE $a/c=0.55$.-**

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.55$ SA+S306				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	8.000	Bol	21.50	172.00
Agua	0.186	m3	0.75	0.14
Arena	0.263	m3	50.00	13.15
Piedra	0.379	m3	38.00	14.40
Sika AER (0.038%)	0.129	Kg	4.76	0.61
Sika 306 (0.8%)	2.720	Kg	3.92	10.66
			Total (S/.)	210.96

Cuadro N°45 Análisis de costo de concreto $a/c=0.55$ SA+ S306.

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA
 $a/c=0.55$.-**

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.55$ SA+S306+SR				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	8.000	Bol	21.50	172.00
Agua	0.186	m3	0.75	0.14
Arena	0.261	m3	50.00	13.05
Piedra	0.377	m3	38.00	14.33
Sika AER (0.038%)	0.129	Kg	4.76	0.61
Sika 306 (0.8%)	2.720	Kg	3.92	10.66
Sika Rapid 1 (1.5%)	5.100	Kg	4.54	23.15
			Total (S/.)	233.94

Cuadro N°46 Análisis de costo de concreto $a/c=0.55$ SA+ S306 + SR.

5.1.2 ANÁLISIS DE COSTO DE DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CON RELACIÓN $a/c=0.50$.-

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN $a/c=0.50$ (SIN ADITIVO).-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.50$				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	9.647	Bol	21.50	207.41
Agua	0.205	m3	0.75	0.15
Arena	0.260	m3	50.00	13.00
Piedra	0.376	m3	38.00	14.29
			Total (S/.)	234.85

Cuadro N°47 Análisis de costo de concreto $a/c=0.50$.

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE $a/c=0.50$.-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.50$ SA				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	9.647	Bol	21.50	207.41
Agua	0.205	m3	0.75	0.15
Arena	0.260	m3	50.00	13.00
Piedra	0.376	m3	38.00	14.29
Sika AER (0.06%)	0.246	Kg	4.76	1.17
			Total (S/.)	236.02

Cuadro N°48 Análisis de costo de concreto $a/c=0.50$ SA.

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE $a/c=0.50$.-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.50$ SA + S306				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	8.706	Bol	21.50	187.18
Agua	0.184	m3	0.75	0.14
Arena	0.260	m3	50.00	13.00
Piedra	0.374	m3	38.00	14.21
Sika AER (0.058%)	0.215	Kg	4.76	1.02
Sika 306 (0.8%)	2.960	Kg	3.92	11.60
			Total (S/.)	227.15

Cuadro N°49 Análisis de costo de concreto $a/c=0.50$ SA + S306.

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA $a/c=0.50$.-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.50$ SA + S306 + SR				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	8.706	Bol	21.50	187.18
Agua	0.184	m3	0.75	0.14
Arena	0.258	m3	50.00	12.90
Piedra	0.372	m3	38.00	14.14
Sika AER (0.055%)	0.203	Kg	4.76	0.97
Sika 306 (0.8%)	2.960	Kg	3.92	11.60
Sika Rapid 1 (1.5%)	5.550	Kg	4.54	25.20
			Total (S/.)	252.13

Cuadro N°50 Análisis de costo de concreto $a/c=0.50$ SA + S306 + SR.

5.1.3 ANÁLISIS DE COSTO DE DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CON RELACIÓN $a/c=0.45$.-

DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN $a/c=0.45$ (SIN ADITIVO).-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.45$				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	11.082	Bol	21.50	238.26
Agua	0.212	m3	0.75	0.16
Arena	0.236	m3	50.00	11.80
Piedra	0.371	m3	38.00	14.10
			Total (S/.)	264.32

Cuadro N°51 Análisis de costo de concreto $a/c=0.45$.

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE $a/c=0.45$.-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.45$ SA				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	11.082	Bol	21.50	238.26
Agua	0.212	m3	0.75	0.16
Arena	0.236	m3	50.00	11.8
Piedra	0.371	m3	38.00	14.1
Sika AER (0.06%)	0.283	Kg	4.76	1.35
			Total (S/.)	265.67

Cuadro N°52 Análisis de costo de concreto $a/c=0.45$ SA.

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE $a/c=0.45$.-**

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.45$ SA + S306				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	9.647	Bol	21.50	207.41
Agua	0.184	m3	0.75	0.14
Arena	0.241	m3	50.00	12.05
Piedra	0.378	m3	38.00	14.36
Sika AER (0.056%)	0.230	Kg	4.76	1.09
Sika 306 (1.0%)	4.100	Kg	3.92	16.07
Total (S/.)				251.12

Cuadro N°53 Análisis de costo de concreto $a/c=0.45$ SA + S306.

**DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE +
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA
 $a/c=0.45$.-**

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.45$ SA + S306 + SR				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	9.647	Bol	21.50	207.41
Agua	0.184	m3	0.75	0.14
Arena	0.239	m3	50.00	11.95
Piedra	0.374	m3	38.00	14.21
Sika AER (0.056%)	0.230	Kg	4.76	1.09
Sika 306 (1.0%)	4.100	Kg	3.92	16.07
Sika Rapid 1 (1.8%)	7.380	Kg	4.54	33.51
Total (S/.)				284.38

Cuadro N°54 Análisis de costo de concreto $a/c=0.45$ SA + S306 + SR.

5.1.4 ANÁLISIS DE COSTO DE DISEÑOS DE MEZCLA PARA CONCRETOS CON RELACIÓN $a/c=0.40$.-

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE $a/c=0.40$.-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.40$ SA + S306				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	10.580	Bol	21.50	227.47
Agua	0.180	m3	0.75	0.14
Arena	0.238	m3	50.00	11.90
Piedra	0.374	m3	38.00	14.21
Sika AER (0.057%)	0.256	Kg	4.76	1.22
Sika 306 (1.0%)	4.500	Kg	3.92	17.64
Total (S/.)				272.58

Cuadro N°55 Análisis de costo de concreto $a/c=0.40$ SA + S306.

DISEÑO DE MEZCLA CON ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA $a/c=0.40$.-

ANÁLISIS DE COSTO

DISEÑO $a/c=0.40$ SA + S306 + SR				
Material	Cantidad	Unidad	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento	10.580	Bol	21.50	227.47
Agua	0.180	m3	0.75	0.14
Arena	0.234	m3	50.00	11.70
Piedra	0.367	m3	38.00	13.95
Sika AER (0.057%)	0.256	Kg	4.76	1.22
Sika 306 (1.0%)	4.500	Kg	3.92	17.64
Sika Rapid 1 (1.8%)	8.100	Kg	4.54	36.77
Total (S/.)				308.89

Cuadro N°56 Análisis de costo de concreto $a/c=0.40$ SA + S306 + SR.

5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE DISEÑOS DE MEZCLA ELABORADOS.-

5.2.1 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO DE DISEÑOS DE MEZCLA CON RELACIÓN $a/c=0.55$.-

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

DISEÑO	$f'c$ (Kg/cm ²) 28 días	Costo (S/.)
$a/c=0.55$	271	210.60
$a/c=0.55$ SA	260	211.29
$a/c=0.55$ SA+S306	289	210.96
$a/c=0.55$ SA+S306+SR	295	233.94

Cuadro N°57 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.55$.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

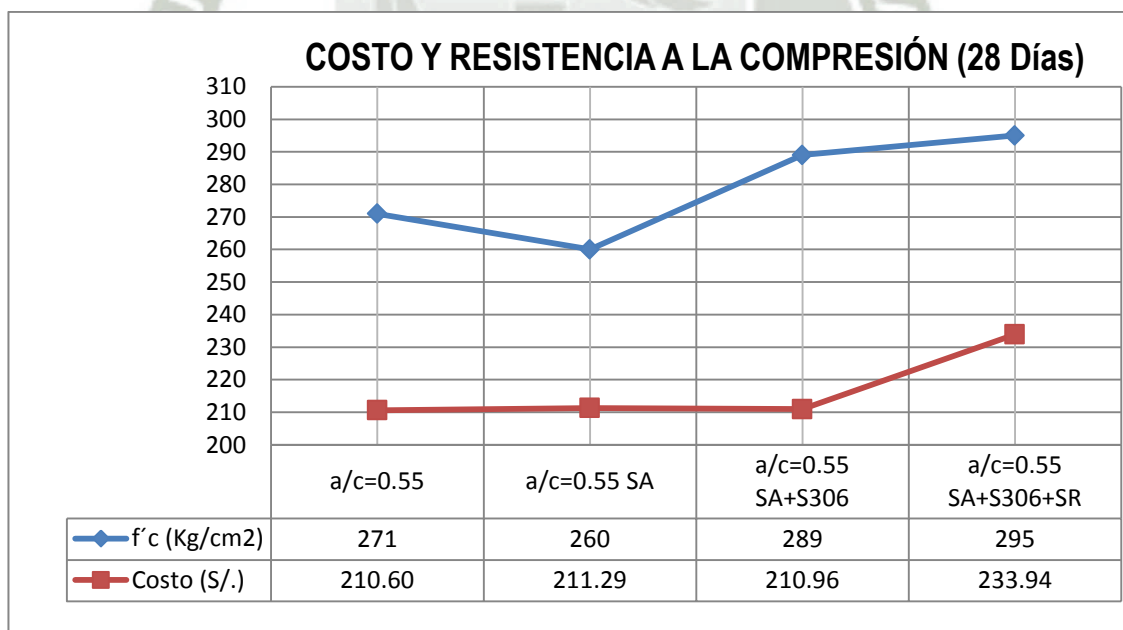


Gráfico N°43 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.55$.

5.2.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO DE DISEÑOS DE MEZCLA CON RELACIÓN $a/c=0.50$.-

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

DISEÑO	$f'c$ (Kg/cm ²) 28 días	Costo (S/.)
$a/c=0.50$	293	234.85
$a/c=0.50$ SA	256	236.02
$a/c=0.50$ SA+S306	301	227.15
$a/c=0.50$ SA+S306+SR	315	252.13

Cuadro N°58 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.50$.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

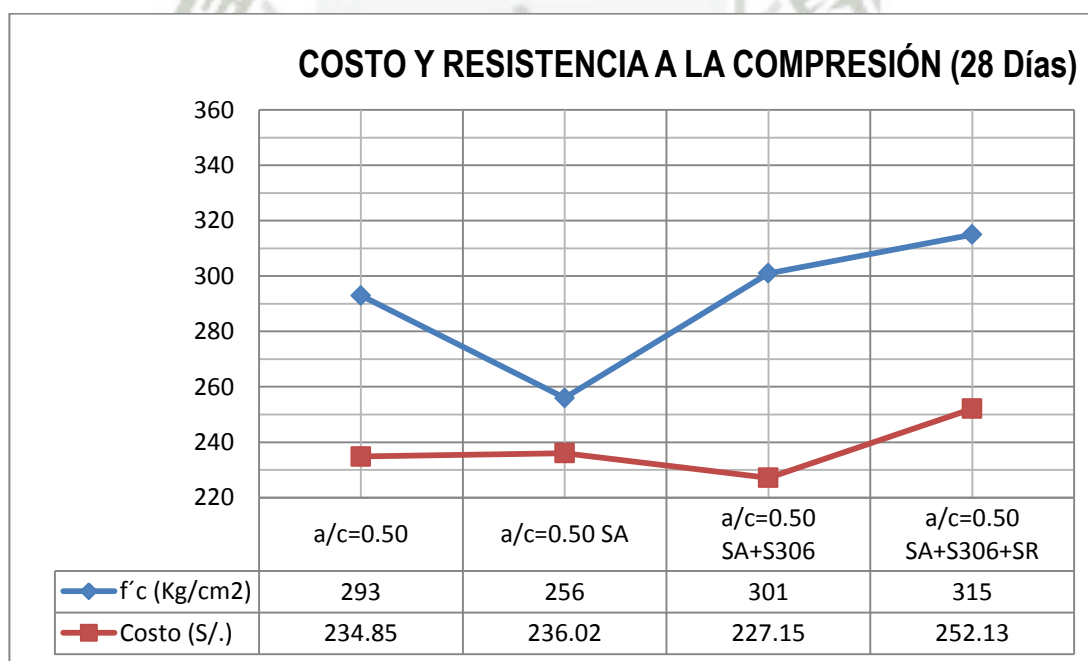


Gráfico N°44 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.50$.

5.2.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO DE DISEÑOS DE MEZCLA CON RELACIÓN $a/c=0.45$.-

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

DISEÑO	$f'c$ (Kg/cm ²) 28 días	Costo (S/.)
$a/c=0.45$	316	264.32
$a/c=0.45$ SA	255	265.67
$a/c=0.45$ SA+S306	351	251.12
$a/c=0.45$ SA+S306+SR	366	284.38

Cuadro N°59 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.45$.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

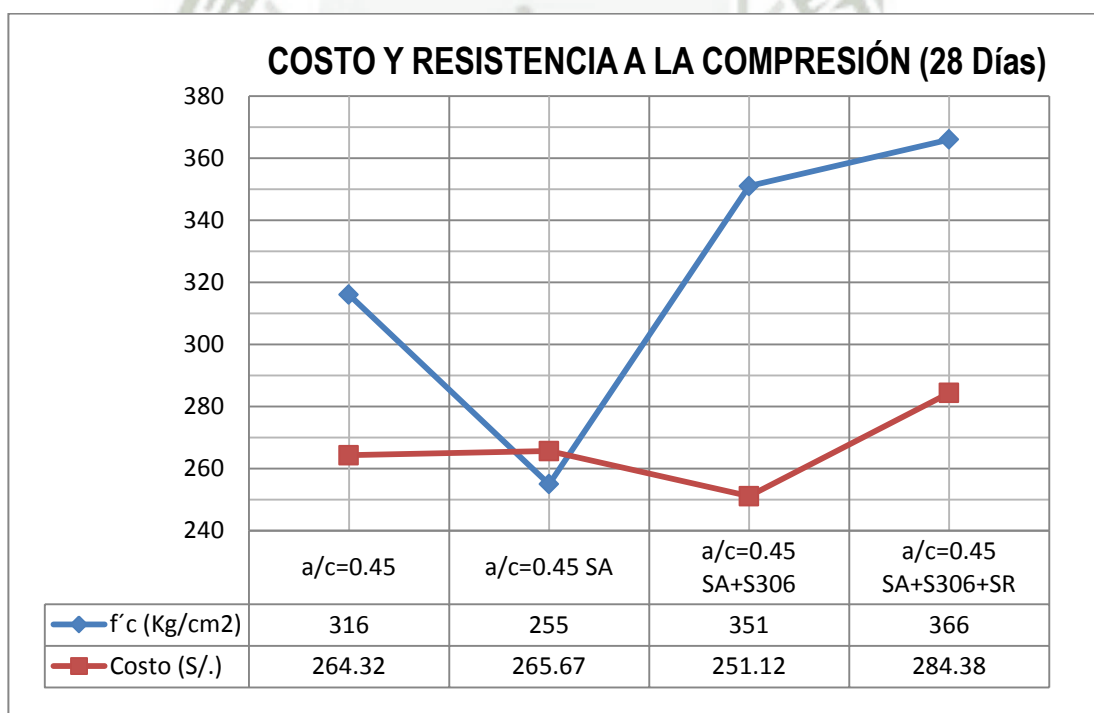


Gráfico N°45 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.45$.

5.2.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO DE DISEÑOS DE MEZCLA CON RELACIÓN $a/c=0.40$.-

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS

DISEÑO	$f'c$ (Kg/cm ²) 28 días	Costo (S/.)
$a/c=0.40$ SA+S306	374	272.58
$a/c=0.40$ SA+S306+SR	391	308.89

Cuadro N°60 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.40$.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN

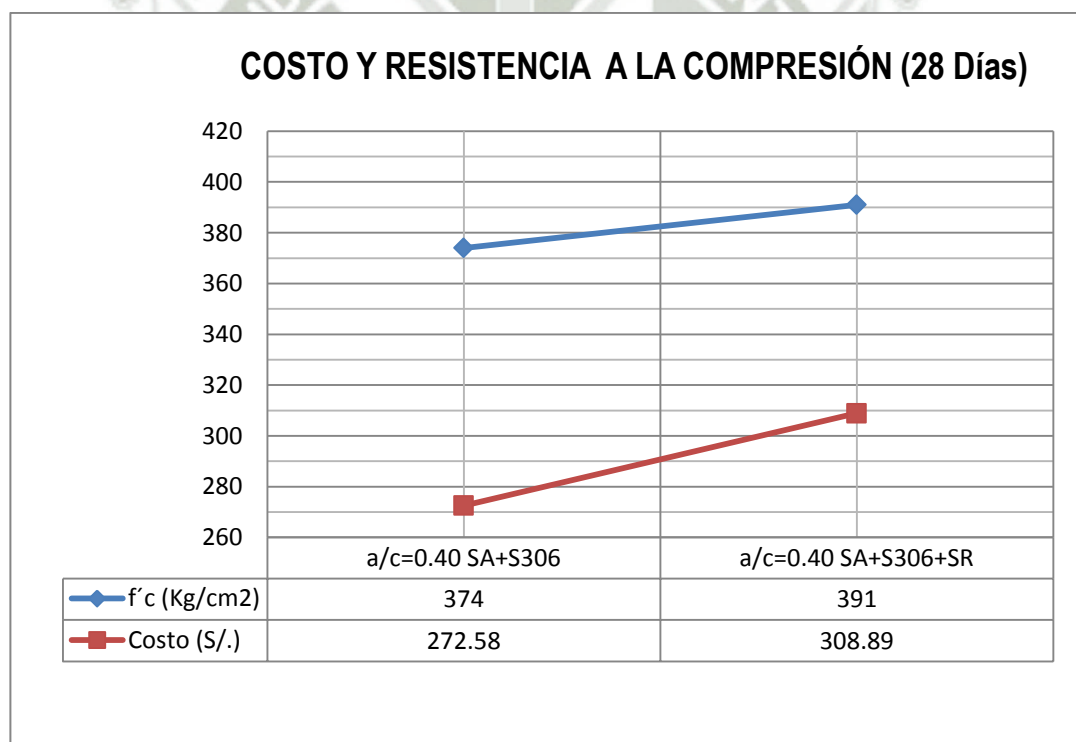


Gráfico N°46 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.40$.

5.3 ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO DE DISEÑOS DE MEZCLA ELABORADOS.-

5.3.1 ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO PARA DISEÑOS DE MEZCLA CON RELACIÓN $a/c=0.55$.-

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

DISEÑO	$f'c$ (Kg/cm ²) 28 días	Costo (S/.)	(S/.)/(Kg/cm ²)
$a/c=0.55$	271	210.60	0.78
$a/c=0.55$ SA	260	211.29	0.81
$a/c=0.55$ SA+S306	289	210.96	0.73
$a/c=0.55$ SA+S306+SR	295	233.94	0.79

Cuadro N°61 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.55$.

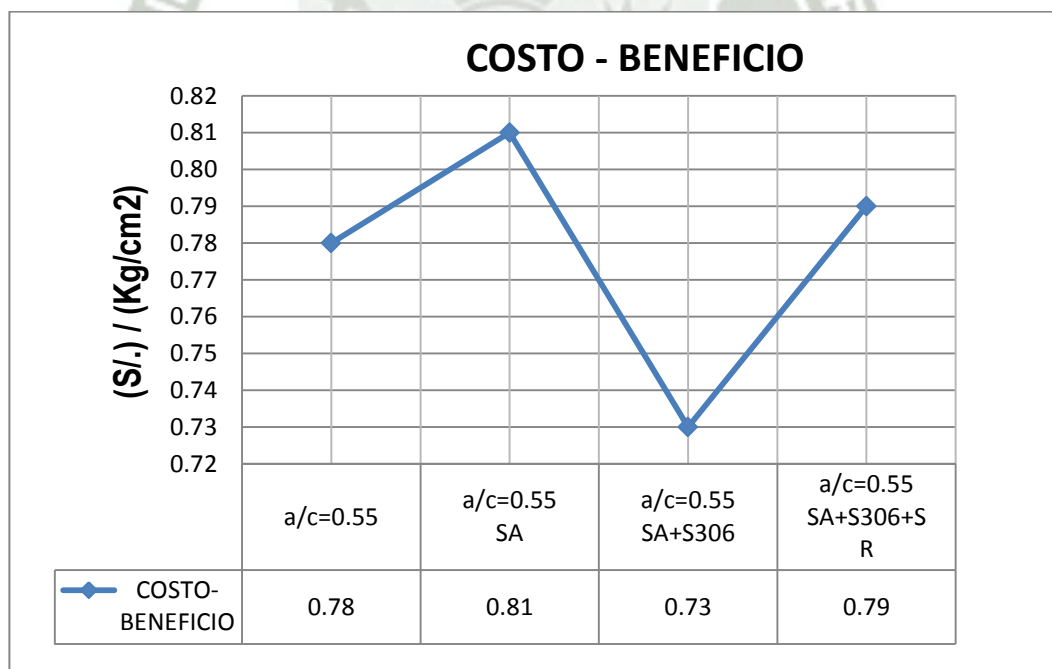


Gráfico N°47 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.55$.

5.3.2 ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO PARA DISEÑOS DE MEZCLA CON RELACIÓN $a/c=0.50$.-

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

DISEÑO	$f'c$ (Kg/cm ²) 28 días	Costo (S/.)	(S/.)/(Kg/cm ²)
$a/c=0.50$	293	234.85	0.80
$a/c=0.50$ SA	256	236.02	0.92
$a/c=0.50$ SA+S306	301	227.15	0.75
$a/c=0.50$ SA+S306+SR	315	252.13	0.80

Cuadro N°62 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.50$.

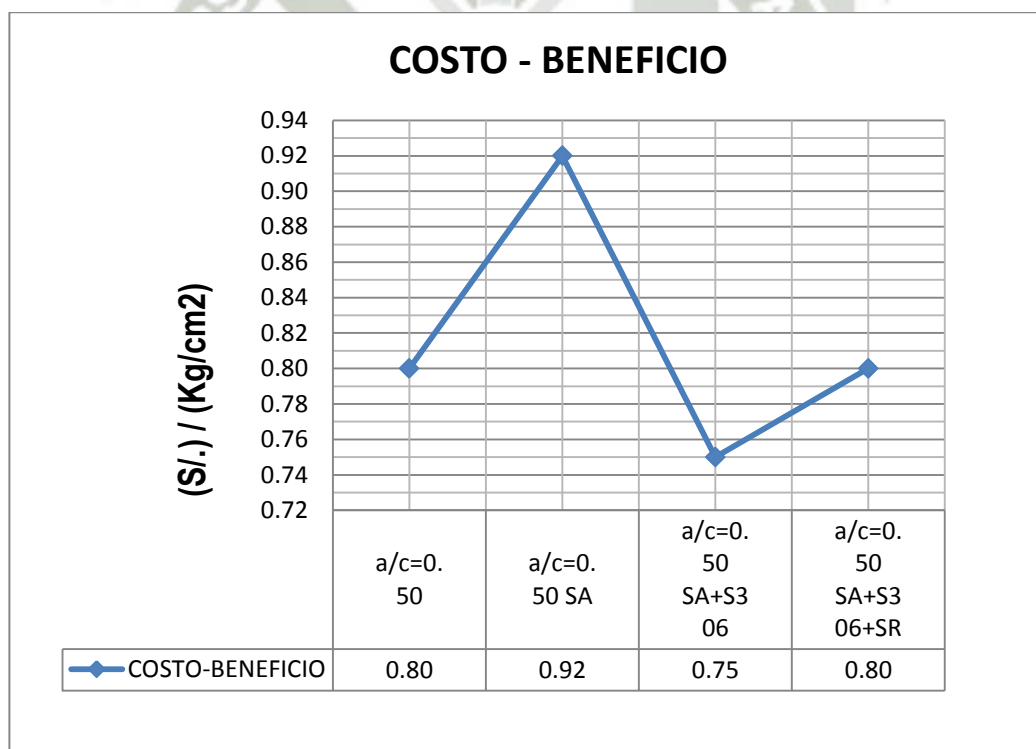


Gráfico N°48 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.50$.

5.3.3 ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO PARA DISEÑOS DE MEZCLA CON RELACIÓN $a/c=0.45$.-

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

DISEÑO	$f'c$ (Kg/cm ²) 28 días	Costo (S/.)	(S/.)/(Kg/cm ²)
$a/c=0.45$	316	264.32	0.84
$a/c=0.45$ SA	255	265.67	1.04
$a/c=0.45$ SA+S306	351	251.12	0.72
$a/c=0.45$ SA+S306+SR	366	284.38	0.78

Cuadro N°63 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.45$.

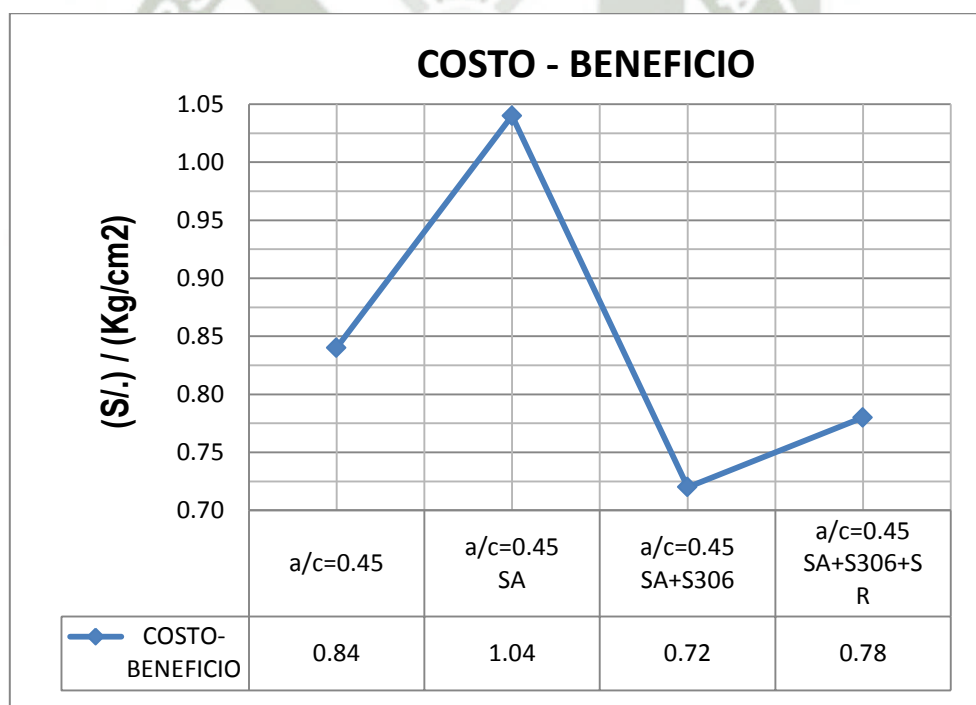


Gráfico N°49 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.45$.

5.3.4 ANÁLISIS DE COSTO – BENEFICIO PARA DISEÑOS DE MEZCLA CON RELACIÓN $a/c=0.40$.-

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

DISEÑO	$f'c$ (Kg/cm ²) 28 días	Costo (S/.)	(S/.)/(Kg/cm ²)
$a/c=0.40$ SA+S306	374	272.58	0.73
$a/c=0.40$ SA+S306+SR	391	308.89	0.79

Cuadro N°64 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.40$.

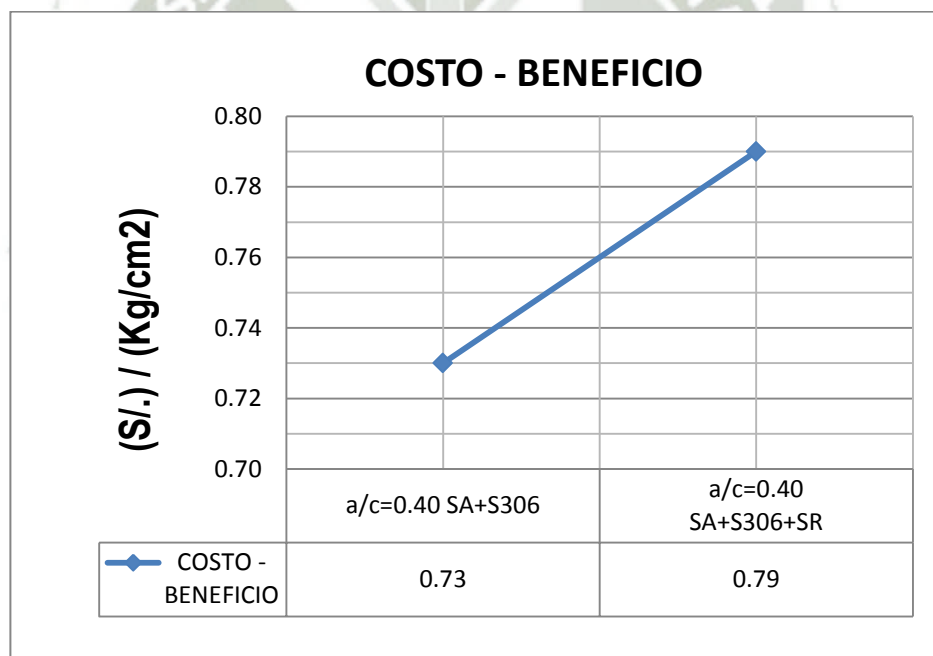


Gráfico N°50 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.40$.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

GENERALIDADES

La presente tesis de investigación tiene por finalidad elaborar diseños de mezcla que cumplan las siguientes características (Asentamiento = $4'' \pm 1''$, Contenido de Aire = $5\% \pm 1\%$) usando las relaciones agua-cemento, $a/c=0.55, 0.50, 0.45$ y 0.40 . para determinar sus características en concreto fresco y endurecido en la ciudad de Espinar en Cusco (Sierra del Perú).

Los materiales usados en el presente estudio fueron agregados de la Cantera Cañipia en Espinar, los cuales fueron procesados por chancado, obteniendo piedra de $1''$ y arena gruesa que pasó por un proceso de lavado. El agua para la elaboración fue de la ciudad de Espinar.

El cemento utilizado fue el Cemento Portland Puzolánico Tipo IP fabricado por la empresa YURA S.A.

Los aditivos usados fueron de la marca SIKA, donde elegimos trabajar con el incorporador de aire Sika Aer, el superplastificante Sikament 306 y el acelerante de fragua Sika Rapid 1.

Los diseños de mezcla elaborados se realizaron en el laboratorio de Yura S.A. – División Concretos (actualmente Concretos Supermix S.A.) donde se trabajó con temperaturas ambiente durante el día entre 24°C y 17°C y por las tardes entre

11°C y 4°C, resultando el clima un factor importante a considerar para la realización del estudio.

Los ensayos en el concreto fresco fueron: Asentamiento, Peso Unitario, Contenido de Aire y Tiempo de Fraguado. El ensayo en el concreto endurecido fue el de Resistencia a la Compresión.

Finalmente como se mencionó inicialmente se trabajaron con las relaciones $a/c=0.55$, 0.50 , 0.45 y 0.40 en donde se establecieron concretos patrones sin adición de aditivos, para modelar un concreto realizado a pie de obra como se haría normalmente, luego al diseño patrón se le agregó aditivo incorporador de aire para combatir los ciclos de congelamiento y deshielo, después el concreto con incorporador de aire, se le optimizó al adicionarle un superplastificante y por último se realizó un diseño de concreto optimizado con incorporador de aire, superplastificante y acelerante de fragua para ver su desempeño.

En el trabajo de investigación se muestran 14 diseños de concreto, con sus respectivos ensayos, pero cabe mencionar que en total se realizaron 10 diseños de prueba por cada relación agua-cemento, a excepción de la relación $a/c=0.40$ donde no se pudo realizar los diseños de prueba de concreto patrón por motivos que detallaremos en las conclusiones, haciendo solo 4 diseños de prueba.

CONCLUSIONES

1. Se pudo comprobar que haciendo uso del cemento tipo IP y aditivos incorporadores de aire, plastificantes y acelerantes de fragua, se pueden obtener concretos diseñados por durabilidad, cumpliendo con los requisitos propuestos.
2. El uso de aditivos en la elaboración de concreto es utilizado en cantidades mínimas, asegurando de esta manera poder mejorarlo y brindarle características especiales, pues en este estudio utilizamos lo siguiente:

Aditivo	Sugerencias de uso por Sika		Dosis usadas según relaciones Agua- Cemento			
	Dosis Mínima (*)	Dosis Máxima (*)	a/c=0.55	a/c=0.50	a/c=0.45	a/c=0.40
Sika Aer	0.015%	0.120%	0.038%	0.058%	0.056%	0.057%
Sikament 306	0.50%	1.00%	0.80%	0.80%	1.00%	1.00%
Sika Rapid 1	0.50%	3.00%	1.50%	1.50%	1.80%	1.80%

(*) Dosis en relación al Peso del Cemento

3. El uso de aditivo superplastificante disminuye la cantidad de agua y cemento en nuestros diseños para lograr optimizarlos, pues así se logró reducir en el diseño con a/c=0.55 cemento (-5.56%) y agua (-6.06%), en el diseño con a/c=0.50 cemento (-9.76%) y agua (-10.24%) y en el diseño con a/c=0.45 cemento (-12.95%) y agua (-13.21%).
4. El Peso Unitario del concreto con el uso exclusivo de incorporador de aire tiende a reducirse con referencia al concreto patrón en un 3.5%.

5. El contenido de aire con el aditivo incorporador de aire logra aumentarse en un 250%, dándole las características necesarias para contrarrestar los ciclos de congelamiento y deshielo, pero es necesario combinarlo con un superplastificante para no perder resistencia a la compresión ya que sin este aditivo, ésta se puede reducir en un promedio de 16% a los 28 días.
6. La temperatura interna del concreto con el uso de aditivo acelerante de fragua se incrementa en un 28% con respecto al concreto patrón. Por otro lado los diseños de concreto con superplastificante incrementan la temperatura interna del concreto en un 8% con referencia al concreto patrón.
7. El tiempo de fraguado inicial en los concretos con incorporador de aire y superplastificante disminuye en 10 minutos con respecto al concreto patrón y para el caso de los concretos con incorporador de aire, superplastificante y acelerante de fragua disminuye en 1 hora con 15 minutos con respecto al concreto patrón.
8. El tiempo de fraguado final en los concretos con incorporador de aire y superplastificante disminuye en 20 minutos con respecto al concreto patrón y para el caso de los concretos con incorporador de aire, superplastificante y acelerante de fragua disminuye en 1 hora con 50 minutos con respecto al concreto patrón.
9. La Resistencia a la Compresión a 28 días del concreto con aditivo incorporador de aire disminuye en 16%, el concreto con incorporador de aire y

superplastificante aumenta en 8% y el concreto con incorporador de aire, superplastificante y acelerante de fragua aumenta en 12%, todos ellos con respecto a los concretos patrones.

- 10.** La Resistencia a la Compresión a 7 días en los concretos con incorporador de aire, superplastificante y acelerante de fragua tenemos que, con $a/c=0.55$ no existe un aumento de resistencia, con $a/c=0.50$ tenemos un incremento de resistencia del 8% y con la relación $a/c=0.45$ tenemos un incremento de resistencia del 20%, todos ellos con respecto a los concretos patrones.
- 11.** Los resultados sobre el análisis de la comparación entre las formas de curado estudiadas, nos muestran que al curar en campo (sin tener consideraciones) la resistencia a la compresión a 7 días disminuye en 28.43% y a 28 días disminuye en 25%, con respecto al curado en laboratorio (siguiendo un control de calidad).
- 12.** El análisis de costo nos muestra que los concretos con incorporador de aire y superplastificante son más económicos que los concretos patrones, teniendo una reducción de costo de 4.13% por metro cúbico de concreto.
- 13.** En el caso del análisis de costo del concreto con incorporador de aire, superplastificante y acelerante de fragua, observamos que el costo se incrementa en 8.68%, debido a que el aditivo Sika Rapid 1 tiene incidencia mayor que los demás aditivos lo que encarece el costo del concreto.

14. En el análisis de costo-beneficio, notamos que los concretos con aditivo incorporador de aire y superplastificante y concretos con aditivo incorporador de aire, superplastificante y acelerante de fragua, resultan más ventajosos que los concretos patrones ya que obtenemos mayores resistencias a la compresión con menores costos de concreto.

15. El uso del Cemento Portland Pozolánico Tipo IP se debió a los siguientes motivos:

- Al querer usar cementos de tipos I ó II, que serían más adecuados para el desarrollo de concretos ante climas fríos, los análisis demostraron que se provocaría un ASR (Reactividad Alkali-Sílice), ya que los agregados reaccionarían con este tipo de cemento, por lo que al realizar ensayos con cemento tipo IP, no se encontró ningún tipo de reacción (Ver Anexo A - Agregados).
- El cemento tipo IP al tener entre un 15% a 40% de adición de puzolana en su composición en el peso total, ayuda a aportar finos a nuestras mezclas de concreto, para de esta manera crear un mortero más equilibrado y fino, ya que la arena se nota muy gruesa al tener un M.F=3.84.
- El cemento tipo IP, posee un menor calor de hidratación, lo cual es conveniente para poder controlar el desarrollo de la temperatura del concreto y no tener cambios bruscos entre ésta y la temperatura del

ambiente en climas de baja temperatura, ya que podrían ocasionar problemas como fisuraciones, ya que el concreto no ha desarrollado suficiente resistencia para esfuerzos inducidos por gradientes térmicos.

- 16.** Para relaciones $a/c=0.40$ ó menores la elaboración de concreto convencional es imposible, ya que el agua calculada no es la suficiente para amasar el cemento y los agregados, teniendo que aumentar más agua a la mezcla, variando la relación a/c estipulada.
- 17.** Es necesario el uso de aditivos de última generación para lograr obtener concretos con medianas ó altas resistencias a la compresión (para relaciones $a/c=0.40$ ó menores), los cuales bajarán la cantidad de agua y cemento en la mezcla y conseguirán asentamientos que sean trabajables. Por otro lado para tener altas resistencias el sólo uso de cemento no logrará este propósito.
- 18.** En el presente trabajo se logró comprobar que es factible realizar diseños de mezcla con relación $a/c=0.55$, ante ciclos de congelación y deshielo, para ello es necesario realizar un control de calidad riguroso.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio detallado de los materiales a utilizar para la elaboración de concreto, ya que el aseguramiento de la calidad es un procedimiento importante para el éxito de un concreto de alta calidad.
2. El curado de los testigos de concreto en laboratorio es necesario e importante para poder tener resultados reales acerca del comportamiento y desarrollo de nuestro diseño de mezcla, es necesario seguir la normatividad actual.
3. Realizar estudios sobre las reacciones Álcali-Agregado, ya que este problema no es muy conocido en nuestro medio y la información sobre éste sería de mucha ayuda para la realización de proyectos.
4. Realizar investigaciones acerca de la elaboración de concretos de alta resistencia en la sierra peruana con diferentes tipos de cemento con la adición de cenizas volantes, microsilice, nanosílice, etc.
5. Realizar investigaciones acerca del uso de aditivos de otras marcas comerciales de nuestro medio para visualizar su comportamiento ante condiciones ambientales como la de la presente tesis.

BIBLIOGRAFÍA.-

1. **Autor:** Ing. Enrique Pasquel Carbajal.

Título: “Tópicos de Tecnología del Concreto”.

Edición: Segunda Edición – (1998-1999).

2. **Autor:** Ing. Enrique Rivva López.

Título: “Materiales para el concreto”.

Edición: Segunda Edición – Julio 2010.

3. **Autor:** Ing. Enrique Rivva López.

Título: “Diseño de Mezclas”.

Edición: Primera Edición – Diciembre 2010.

4. **Autor:** Ing. Enrique Rivva López.

Título: “Ataques al Concreto”.

Edición: Primera Edición – Junio 2010.

5. **Autor:** ACI Committee 306.

Título: “306R-10 Guide to Cold Weather Concreting”.

Edición: Publicado en el 2010.

6. **Autor:** Ing. Enrique Pasquel Carbajal.

Título: “Reacción Álcali-Agregado EL VIH DEL CONCRETO”.

Edición: Publicación en CITEDEC – Agosto 2009.

7. **Autor:** Ing. Carlos Arcila López.

Título: “Concreto en Clima Frío”.

Edición: Ponencia Proyecto Antapaccay – Cusco – Febrero del 2011.

8. **Autor:** Ing. Carlos Arcila López.

Título: “Contracción del Concreto y su Control”.

Edición: Presentación Lima octubre del 2009.

9. **Autor:** Nancy Ruiz Panduro.

Tesis: “Características del concreto fresco y endurecido fabricado en la ciudad de Arequipa utilizando cemento IP y aditivo incorporador de aire y acelerante de fraguado” – Universidad Nacional de ingenierías - Lima 2008.

10. **Normas Peruanas ITINTEC.**

11. **Normas ASTM (American Society for Testing and Materials).**

12. **Revista Costos del grupo S10 – Edición Agosto del 2014.**

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II	PÁG
Tabla N°1 Análisis Granulométrico del Agregado Fino.	41
Tabla N°2 Límites permisibles para agua de mezcla y curado según Norma ITINTEC 339.088.	44
Tabla N°3 Temperaturas mínimas de concreto según temperatura ambiente.	61
Tabla N°4 Contenido de Aire Total según el Tamaño Máximo Nominal del Agregado y Grado de Exposición Ambiental.	76
CAPÍTULO III	
Tabla N°5 Volumen Unitario de Agua.	96
Tabla N°6 Contenido de Aire Atrapado.	96

ÍNDICE DE CUADROS

CAPITULO II	PÁG.
Cuadro N°1 Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.	27
Cuadro N°2 Minerales, rocas y materiales sintéticos que pueden ser potencialmente reactivos con los álcalis del cemento.	79
Cuadro N°3 Ensayos ASTM empleados para evaluar ASR en agregados.	81
CAPÍTULO III	
Cuadro N°4. Condiciones Especiales de Exposición.	95
CAPÍTULO IV	
Cuadro N°5 Diseños de concreto patrón con relaciones $a/c=0.55$	125
Cuadro N°6 Diseños de concreto patrón con relaciones $a/c=0.50$	129
Cuadro N°7 Diseños de concreto patrón con relaciones $a/c=0.45$	133
Cuadro N°8 Diseños de concreto patrón con relaciones $a/c=0.40$	137
Cuadro N° 9 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.55$.	146
Cuadro N°10 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.55$.	147
Cuadro N°11 Contenido de aire de diseños de concreto $a/c=0.55$.	148
Cuadro N°12 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.55$.	149
Cuadro N°13 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.55$ SA	150

	PÁG.
Cuadro N°14 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.55$ SA+S306	151
Cuadro N°15 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.55$ SA+S306+SR.	152
Cuadro N°16 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.50$.	154
Cuadro N°17 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.50$.	155
Cuadro N°18 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.50$.	156
Cuadro N°19 Tiempo de Fraguado de diseño patrón $a/c=0.50$.	157
Cuadro N°20 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.50$ SA.	158
Cuadro N°21 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.50$ SA+S306.	159
Cuadro N°22 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.50$ SA+S306+SR.	160
Cuadro N°23 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.45$.	162
Cuadro N°24 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.45$.	163
Cuadro N°25 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.45$.	164
Cuadro N°26 Tiempo de Fraguado de diseño patrón $a/c=0.45$	165
Cuadro N°27 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.45$ SA	166
Cuadro N°28 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.45$ SA+S306	167
Cuadro N°29 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.45$ SA+S306+SR.	168
Cuadro N°30 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.40$.	170
Cuadro N°31 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.40$.	171

	PÁG.
Cuadro N°32 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.40$.	172
Cuadro N°33 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.40$ SA+S306	173
Cuadro N°34 Tiempo de Fraguado de diseño $a/c=0.40$ SA+S306+SR	174
Cuadro N°35 Resistencia a la Compresión a 28 Días Curado Laboratorio - $a/c=0.55$	177
Cuadro N°36 Resistencia a la Compresión a 28 Días Curado Campo - $a/c=0.55$	178
Cuadro N°37 Resistencia a la Compresión a 28 Días Curado Laboratorio - $a/c=0.50$.	179
Cuadro N°38 Resistencia a la Compresión a 28 Días Curado Campo - $a/c=0.50$.	180
Cuadro N°39 Resistencia a la Compresión a 28 Días Curado Laboratorio - $a/c=0.45$.	181
Cuadro N°40 Resistencia a la Compresión a 28 Días Curado Campo - $a/c=0.45$.	182
Cuadro N°41 Resistencia a la Compresión a 28 Días Curado Laboratorio - $a/c=0.40$.	183
Cuadro N°42 Resistencia a la Compresión a 28 Días	184

Curado Campo - $a/c=0.40$.

CAPÍTULO V	PÁG.
Cuadro N°43 Análisis de costo de concreto $a/c=0.55$.	186
Cuadro N°44 Análisis de costo de concreto $a/c=0.55$ SA	186
Cuadro N°45 Análisis de costo de concreto $a/c=0.55$ SA+S306.	187
Cuadro N°46 Análisis de costo de concreto $a/c=0.55$ SA+S306+SR.	187
Cuadro N°47 Análisis de costo de concreto $a/c=0.50$.	188
Cuadro N°48 Análisis de costo de concreto $a/c=0.50$ SA.	188
Cuadro N°49 Análisis de costo de concreto $a/c=0.50$ SA+S306.	189
Cuadro N°50 Análisis de costo de concreto $a/c=0.50$ SA+S306+SR.	189
Cuadro N°51 Análisis de costo de concreto $a/c=0.45$.	190
Cuadro N°52 Análisis de costo de concreto $a/c=0.45$ SA.	190
Cuadro N°53 Análisis de costo de concreto $a/c=0.45$ SA+S306.	191
Cuadro N°54 Análisis de costo de concreto $a/c=0.45$ SA+S306+SR.	191
Cuadro N°55 Análisis de costo de concreto $a/c=0.40$ SA+S306.	192
Cuadro N°56 Análisis de costo de concreto $a/c=0.40$ SA+S306+SR.	192
Cuadro N°57 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.55$.	193
Cuadro N°58 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.50$.	194
Cuadro N°59 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.45$.	195

	PÁG.
Cuadro N°60 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.40$.	196
Cuadro N°61 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.55$.	197
Cuadro N°62 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.50$.	198
Cuadro N°63 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.45$.	199
Cuadro N°64 Análisis comparativo Costo – Beneficio concreto $a/c=0.40$.	200

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPITULO IV	PÁG.
Gráfico N°1 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.	106
Gráfico N°2 Análisis Granulométrico del Agregado Fino.	112
Gráfico N°3 Peso Unitario Compactado de la Combinación de los Agregados.	117
Gráfico N° 4 Asentamiento de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.	125
Gráfico N°5 Peso Unitario de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.	126
Gráfico N°6 Contenido de Aire de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.	126
Gráfico N°7 Temperatura de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.	127
Gráfico N°8 Resistencia a la Compresión de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.55$.	127
Gráfico N°9 Asentamiento de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.50$.	129
Gráfico N°10 Peso Unitario de diseños de concreto patrón	130

relación $a/c=0.50$.	PÁG.
Gráfico N°11 Contenido de Aire de diseños de concreto patrón	130
relación $a/c=0.50$.	
Gráfico N°12 Temperatura de diseños de concreto patrón	131
relación $a/c=0.50$.	
Gráfico N°13 Resistencia a la Compresión de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.50$.	131
Gráfico N°14 Asentamiento de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.45$.	133
Gráfico N°15 Peso Unitario de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.45$.	134
Gráfico N°16 Contenido de Aire de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.45$.	134
Gráfico N°17 Temperatura de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.45$.	135
Gráfico N°18 Resistencia a la Compresión de diseños de concreto patrón relación $a/c=0.45$.	135
Gráfico N° 19 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.55$.	146
Gráfico N°20 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.55$.	147

	PÁG.
Gráfico N°21 Contenido de aire de diseños de concreto $a/c=0.55$.	148
Gráfico N°22 Tiempos de Fraguado de diseños $a/c=0.55$.	153
Gráfico N°23 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.50$.	154
Gráfico N°24 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.50$.	155
Gráfico N°25 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.50$.	156
Gráfico N°26 Tiempos de Fraguado de diseños $a/c=0.50$.	161
Gráfico N°27 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.45$.	162
Gráfico N°28 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.45$.	163
Gráfico N°29 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.45$.	164
Gráfico N°30 Tiempos de Fraguado de diseños $a/c=0.45$.	169
Gráfico N°31 Asentamiento de diseños de concreto $a/c=0.40$.	170
Gráfico N°32 Peso Unitario de diseños de concreto $a/c=0.40$.	171
Gráfico N°33 Contenido de Aire de diseños de concreto $a/c=0.40$.	172
Gráfico N°34 Tiempos de Fraguado de diseños $a/c=0.40$.	175
Gráfico N°35 Resistencia a la Compresión a 28 Días	177
Curado Laboratorio - $a/c=0.55$	
Gráfico N°36 Resistencia a la Compresión a 28 Días	178
Curado Campo - $a/c=0.55$	

	PÁG.
Gráfico N°37 Resistencia a la Compresión a 28 Días	179
Curado Laboratorio - $a/c=0.50$.	
Gráfico N°38 Resistencia a la Compresión a 28 Días	180
Curado Campo - $a/c=0.50$.	
Gráfico N°39 Resistencia a la Compresión a 28 Días	181
Curado Laboratorio - $a/c=0.45$.	
Gráfico N°40 Resistencia a la Compresión a 28 Días	182
Curado Campo - $a/c=0.45$.	
Gráfico N°41 Resistencia a la Compresión a 28 Días	183
Curado Laboratorio - $a/c=0.40$.	
Gráfico N°42 Resistencia a la Compresión a 28 Días	184
Curado Campo - $a/c=0.40$.	

CAPÍTULO V

Gráfico N°43 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.55$.	193
Gráfico N°44 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.50$.	194
Gráfico N°45 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.45$.	195
Gráfico N°46 Análisis comparativo de costo de concreto $a/c=0.40$.	196

PÁG.

Gráfico N°47 Análisis comparativo Costo–Beneficio concreto $a/c=0.55$.	197
Gráfico N°48 Análisis comparativo Costo–Beneficio concreto $a/c=0.50$.	198
Gráfico N°49 Análisis comparativo Costo–Beneficio concreto $a/c=0.45$.	199
Gráfico N°50 Análisis comparativo Costo–Beneficio concreto $a/c=0.40$.	200



ANEXO A
CEMENTO, AGUA, AGREGADOS Y ADITIVO

1.- CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTOURA TIPO IP.-



CEMENTO PORTLAND TIPO IP

Mes de Febrero 2013

YURA ASTM C 595/595M-10
NTP 334.090

REQUERIMIENTOS QUIMICOS:

Óxido de Magnesio, MgO, %	2.07	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	1.79	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	1.28	5.00 Máximo

REQUERIMIENTOS FISICOS:

Peso Específico (g/cm ³)	2.84	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	0.000	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	185	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	223	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	3.67	12.00 Máximo
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm ²)		Mínimo :
01 día	14.21 (145)	No Especifica -
03 días	18.72 (191)	12.99 (132.56)
07 días	24.30 (248)	19.99 (203.94)
28 días	35.67 (364)	24.98 (254.93)

Arequipa, 05 Febrero 2013

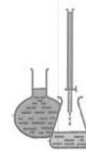


Ing. Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jeje de Control de Calidad
Yura S.A

2.- INFORME DE ENSAYO FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA.-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y FORMALES
Unidad de Producción de Bienes y Prestación de Servicios
Laboratorio SERVILAB



INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Nº DE REPORTE : 9649-11

NOMBRE DEL CLIENTE	: YURA S.A.
DIRECCIÓN	:
ASUNTO	: ANÁLISIS FISICO QUIMICO
PRODUCTO	: AGUA
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 01
LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN	: AREQUIPA, 2011-05-13
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES	: ENVASE DE PLASTICO
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS	: 2011-05-16
REFERENCIA	: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
OBRA	: PROYECTO ANTAPACCAY
PROCEDENCIA	: ANTAPACCAY
CODIGO DE REGISTRO DE MUESTRA	: 13254

- LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
- ESTE FORMATO NO SERA PRODUCIDO SIN AUTORIZACION DEL LABORATORIO SERVILAB

INFORME DE ENSAYO FÍSICO-QUIMICO DEL AGUA.-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y FORMALES
Unidad de Producción de Bienes y Prestación de Servicios
Laboratorio SERVILAB



INFORME DE ENSAYO

N° DE REPORTE: 9649-11

DETERMINACIÓN DE :					
pH		7,77			
Cloruros	mg/L	23,98			
Sulfatos	mg/L	230,00			
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	211,43			
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	666,00			
Sólidos Suspendidos	mg/L	50,00			
Materia Orgánica	mg/L	35,08			
OBSERVACIONES:					

METODO DE ENSAYO	
DETERMINACIÓN	METODO DE ENSAYO APLICADO
	NORMA /REFERENCIA / NOMBRE
pH	Método de la AOAC
Cloruros	Método Mercurimétrico
Sulfatos	Método Turbidimétrico
Alcalinidad	Método Volumétrico
Sólidos Disueltos Totales	Método Gravimétrico
Sólidos Suspendidos	Método Gravimétrico
Materia Orgánica	Método Consumo del Permanganato de Potasio

PAGINA 2 DE 2

Emitido en Arequipa (Perú), el 16 de Mayo del 2011


Dra. Gloria Rossi Salinas
Jefe de Laboratorio
RCQP - 438




Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén.
Químico Responsable

3.- ENSAYO DE REACTIVIDAD ÁLCALI-SÍLICE CON CEMENTO TIPO I.-


ARPL Tecnología Industrial S.A.

INFORME DE ENSAYOS N°001-EN/11

Formato: AD01
Revisión: 1-11

N° DE SOLICITUD : 442/10
TIPO DE MUESTRAS : Agregado
PRESENTACIÓN : grueso
SOLICITADO POR : Yura S.A.
DIRECCIÓN : Carretera Km 26. Estación Yura Arequipa
CARTA / CORREO : N° 4600500823
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/12/2010
FECHA DE ENSAYO : 14/12/10-05/01/2011
FECHA DE EMISIÓN : 05/01/2011

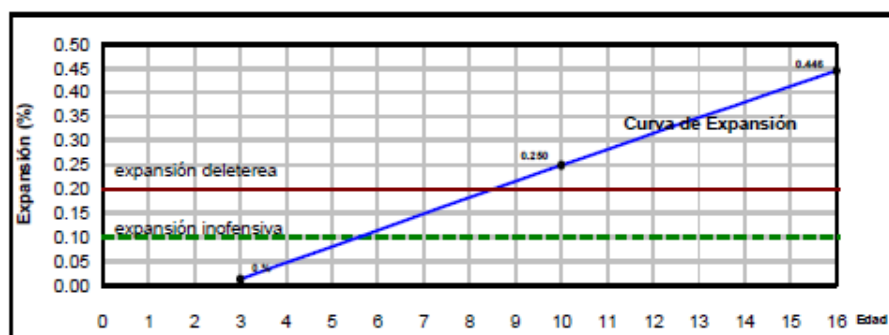
RESULTADOS:

Pág. 1 de 3

ENSAYO	Cañipia 50% fino-50% grueso	MÉTODO
--------	--------------------------------	--------

Potencial de Reactividad Alcalina

Expansión Barr, 3 días	%	0.01	ASTM C1260-07
Expansión Barr, 10 días	%	0.25	"
Expansión Barr, 16 días	%	0.45	"


Observaciones :

* Preparado con Cemento Yura tipo I, suministrado por el cliente.

comportamiento inocuo del agregado; si la expansión es mayor a 0.20% a 16 días se le considera potencialmente deletéreo.

Las muestras, la identificación y los datos de referencia fueron proporcionados por el cliente

El Informe no puede ser utilizado como un certificado del producto

4.- ENSAYO DE REACTIVIDAD ÁLCALI-SÍLICE CON CEMENTO TIPO II.-


ARPL Tecnología Industrial S.A.

INFORME DE ENSAYOS N° 001-EN/11

Formato: AD01
Revisión: 1-11

N° DE SOLICITUD : 442/10
TIPO DE MUESTRAS : Agregado
PRESENTACIÓN : grueso
SOLICITADO POR : Yura S.A.
DIRECCIÓN : Carretera Km 26. Estación Yura Arequipa
CARTA / CORREO : N° 4600500823
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/12/2010
FECHA DE ENSAYO : 14/12/10-05/01/2011
FECHA DE EMISIÓN : 05/01/2011

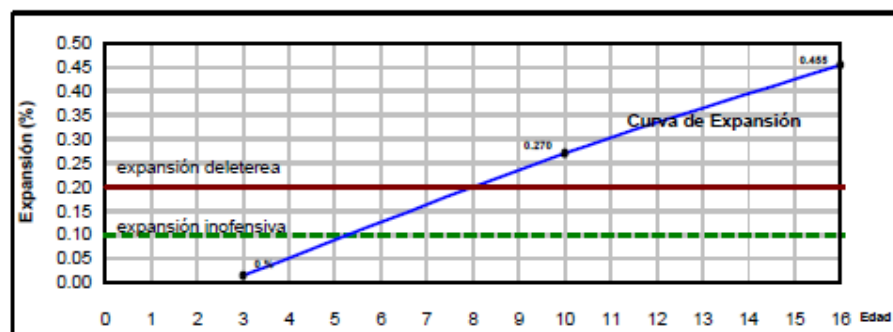
RESULTADOS:

Pág. 2 de 3

ENSAYO	Cañipia 50% fino-50% grueso	MÉTODO
--------	--------------------------------	--------

Potencial de Reactividad Alcalina

Expansión Barr, 3 días	%	0.01	ASTM C1260-07
Expansión Barr, 10 días	%	0.27	"
Expansión Barr, 16 días	%	0.46	"


Observaciones :

* Preparado con Cemento Yura tipo II suministrado por el cliente
comportamiento inocuo del agregado; si la expansión es mayor a 0.20% a 16 días se le considera potencialmente deletéreo.

Las muestras, la identificación y los datos de referencia fueron proporcionados por el cliente

El Informe no puede ser utilizado como un certificado del producto

5.- ENSAYO DE REACTIVIDAD ÁLCALI-SÍLICE CON CEMENTO TIPO IP.-


ARPL Tecnología Industrial S.A.

INFORME DE ENSAYOS N° 001-EN/11

Formato: AD01
Revisión: 1-11

N° DE SOLICITUD : 442/10
TIPO DE MUESTRAS : Agregado
PRESENTACIÓN : grueso
SOLICITADO POR : Yura S.A.
DIRECCIÓN : Carretera Km 26. Estación Yura Arequipa
CARTA / CORREO : N° 4600500823
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/12/2010
FECHA DE ENSAYO : 14/12/10-05/01/2011
FECHA DE EMISIÓN : 05/01/2011

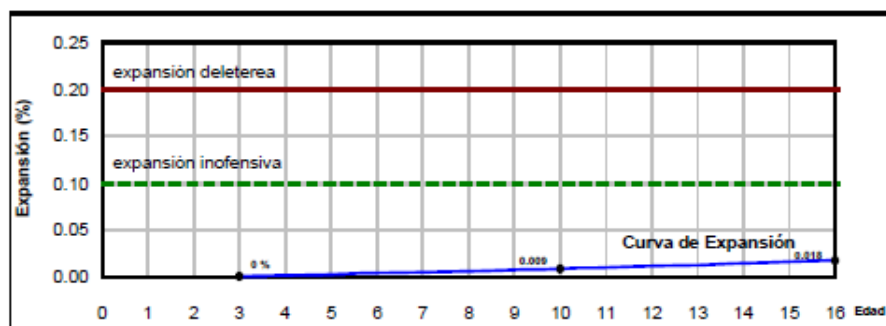
RESULTADOS:

Pág. 3 de 3

ENSAYO	Cañipia 50% fino-50% grueso	MÉTODO
--------	--------------------------------	--------

Potencial de Reactividad Alcalina

Expansión Barr, 3 días	%	0.00	ASTM C1567-07
Expansión Barr, 10 días	%	0.01	"
Expansión Barr, 16 días	%	0.02	"


Observaciones :

* Preparado con Cemento Yura IP suministrado por el cliente

Interpretación de resultados, ASTM C1260 apéndice XI: expansiones menores a 0.10 % en 16 días indican un comportamiento inocuo del agregado; si la expansión es mayor a 0.20% a 16 días se le considera potencialmente deletéreo.

Las muestras, la identificación y los datos de referencia fueron proporcionados por el cliente

El Informe no puede ser utilizado como un certificado del producto

6.- HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO SIK A AER (INCORPORADOR DE AIRE).-

Hoja Técnica
Edición 10, 16/01/12, JA
SikaAer®

SikaAer®

Aditivo Incorporador de Aire

Descripción

General

SikaAer® es un aditivo elaborado a base de agentes tensoactivos que adicionado al concreto genera microburbujas que se reparten uniformemente en la masa del concreto.
No contiene cloruros.

Campos de aplicación

- Concreto sometido a bajas temperaturas.
- Concreto de subterráneos, cimientos, sobrecimientos, obras hidráulicas en general (represas, canales, etc).
- Concreto en carreteras, aeropuertos, entre otros.
- Transporte del concreto en camión tolva.
- Concreto a la vista, concreto bombeado.

Ventajas

Concreto fresco:

- Permite un aumento en la trabajabilidad y/o una disminución en el agua de amasado.
- Reduce la segregación en el concreto, especialmente en las faenas de transporte.
- Reduce la exudación en el concreto.
- Incrementa la cohesión interna de la masa del concreto.
- Permite reducir el tiempo de vibración y colocación.
- Mejora el aspecto superficial del concreto.
- Incremento de la impermeabilidad.

Concreto endurecido:

- Aumento de las resistencias a la acción de aguas agresivas.
- Incremento de las resistencias a ciclos de hielo y deshielo.
- Rompe la capilaridad.

Datos Básicos

Aspecto

Líquido.

Color

Café.

Presentación

- Paquete de 4 envases PET x 4 Litros.
- Balde x 20 Litros.
- Cilindro x 200 Litros.

Almacenamiento

SikaAer® se puede almacenar durante 1 año en su envase original cerrado, sin deterioro y en lugar fresco y bajo techo. A temperaturas bajo 5 °C se puede producir turbidez en el aditivo, lo cual no altera su efectividad.

Datos Técnicos

Densidad

1.01 - 1.02 kg/L

■ Norma

Cumple con la Norma ASTM C 260.

■ Aplicación

■ Consumo

0.15 a 1.18 cm³ por kilogramo de cemento.

HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO SIK AER (INCORPORADOR DE AIRE).-

Método de aplicación	Se utiliza diluido en el agua de amasado en una dosis variable comprendida entre un 0,15 y 1,18 por kilogramo de cemento. Mayores dosis pueden ser utilizadas si así se determina en ensayos previos con los materiales a usar en la obra. La incorporación de aire en un concreto depende principalmente de: ■ Los agregados pétreos (granulometría y forma de los granos). ■ Razón a/c.. ■ Dosis de cemento por m³ de concreto elaborado. ■ Finura del cemento. ■ Relación áridos finos/gruesos. ■ Tipo de mezcladora y tiempo de mezclado. ■ Temperatura, etc. ■ La plasticidad, a menor asentamiento se necesita mayor esfuerzo para lograr la cantidad de aire deseado.
Instrucciones de Seguridad	
Precauciones de manipulación	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
Observaciones	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe
Nota Legal	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°9
la misma que deberá ser destruida"**

Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurin "

S/N, MZ "B" Lote 5 y 6 Lurin, Lima – Perú

Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070

E-mail: construccion@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe



7.- HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO SIKAMENT306 (PLASTIFICANTE).-

Hoja Técnica
Edición 12, 03/09/14 JA
Sikament® 306

Sikament® 306

Superplastificante reductor de agua de alto rango que mantiene la trabajabilidad

Descripción General	Superplastificante, reductor de agua de alto rango, economizador de cemento. En climas templados y fríos mantiene la manejabilidad del concreto. No contiene cloruros.
Campos de aplicación	Sikament® 306 tiene 3 usos básicos: Como superplastificante. Adicionado a una mezcla con consistencia normal se consigue fluidificar el concreto o mortero, facilitando su colocación, haciéndolo apto para el bombeo. Especialmente indicado para fundiciones de concreto por el sistema tremie. Como reductor de agua de alto poder. Adicionado en el agua de amasado, permite reducir hasta el 30% del agua de la mezcla consiguiéndose la misma manejabilidad con incremento notable en las resistencias mecánicas a todas las edades. La impermeabilidad y durabilidad del concreto se ven incrementadas. Como economizador de cemento. Se puede aprovechar el incremento de resistencias logrado al reducir agua con el aditivo, para disminuir el contenido de cemento y hacer más económico el diseño.
Ventajas	■ Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando la segregación y formación de cangrejas. Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas. ■ Permite doblar los tiempos de manejabilidad de la mezcla en climas medios y fríos. ■ Aumenta notablemente la resistencia inicial del concreto. ■ Permite reducir hasta el 30% del agua de la mezcla. ■ Incrementa la resistencia final del concreto en más de un 40% ■ Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto. ■ Densifica el concreto.
Datos Básicos	
Aspecto	Líquido.
Color	Pardo oscuro.
Presentación	■ Cilindro x 200 L. ■ Dispenser x 1000 L.
Almacenamiento	Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
Datos Técnicos	
Densidad	1,18 – 1.23 kg/L
Norma	Cumple con los requerimientos para superplastificantes según la norma ASTM C 494, tipo G.
Aplicación Consumo	■ Como plastificante del 0,5 % - 1 % del peso del cemento. ■ Como superplastificante del 1 % - 2 % del peso del cemento.

HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO SIKAMENT306 (PLASTIFICANTE).-

Método de aplicación	Como plastificante: Adicionarlo a la mezcla de concreto o mortero ya preparado y remezclar por lo menos durante 5 minutos hasta obtener una mezcla fluida. Como superplastificante: Adicionar disuelto en la última porción del agua de amasado durante la preparación de la mezcla.
Importante	■ En la elaboración de concretos o morteros fluidos se exige una buena distribución granulométrica. Se debe garantizar un suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluido. ■ En caso de deficiencia de finos, dosificar SikaAer® para incorporar el aire en forma controlada a la mezcla. ■ El uso de concreto fluido demanda un especial cuidado en el sellado de los encofrados para evitar la pérdida de la pasta de cemento. ■ La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de obra. ■ Dosificación superiores a las recomendadas pueden ocasionar retardos en el fraguado del concreto. ■ Cuando se presenten dificultades en el proceso de bombeo y altas presiones, debido a las características de la mezcla (granulometría discontinua, carencia de finos, mezcla áspera) o cuando las condiciones del bombeo lo dificulten (longitud, altura, cambio de dirección), es aconsejable usar un aditivo que ayude al bombeo (SikaAer®).
Instrucciones de Seguridad	
Precauciones de manipulación	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
Observaciones	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe
Nota Legal	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de las Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°11
la misma que deberá ser destruida"**

Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurin"
S/N, MZ "B" Lote 5 y 6 Lurin, Lima - Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070
E-mail: construccion@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe



SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL
CERTIFICADO
ISO 14001



SISTEMA DE CALIDAD
CERTIFICADO
ISO 9001

Sikament® 306 2

8.- HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO SIKARAPID 1 (ACELERANTE DE FRAGUA)

Hoja Técnica
Edición 8, 07/02/12 GM
SikaRapid® 1

SikaRapid® 1

Acelerante de Resistencias Iniciales Libre de Cloruros

Descripción	
General	Es un aditivo líquido, acelerante de resistencias iniciales libre de cloruros para concretos y morteros. Acelera el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales aumentando las resistencias finales. SikaRapid® 1 cumple los requisitos de un aditivo acelerado de endurecimiento, sin efectos secundarios no deseados.
Campos de aplicación	■ Concreto para rápida puesta en servicio. ■ Concreto curado al vapor. ■ Concreto en tiempo frío. ■ Concreto prefabricado. ■ Desencofrado rápido.
Ventajas	■ Acelera el proceso de endurecimiento. ■ Alta resistencia temprana a temperaturas entre 5 °C y 30 °C en concreto. ■ No induce a corrosión de armaduras. ■ Compatible con los productos Plastiment®, Sikament®, Sika® ViscoCrete. ■ Permite tiempo suficiente para la colocación del concreto. ■ Estable a temperaturas entre -5 °C y 40 °C. ■ No tóxico para su manipulación ni para el ambiente.
Datos Básicos	
Aspecto	Líquido.
Color	Transparente a amarillo.
Presentación	■ Paquete de 4 envases PET x 4 Litros ■ Cilindro x 180 Litros
Almacenamiento	Al menos 1 año en sus envases originales bien cerrados y no deteriorados, al resguardo del sol y las heladas
Datos Técnicos	
Densidad	1.27 kg/L ± 0.01
Aplicación	
Consumo	SikaRapid® 1 es utilizado en un rango 3.9 cm ³ a 23.6 cm ³ por kilogramos de cemento. Para cementos con adiciones se deberá hacer pruebas.
Método de aplicación	SikaRapid® 1 se utiliza en dosis entre 3.9 cm ³ a 23.6 cm ³ por kilogramos de cemento. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la dosis exacta según el objetivo deseado, considerando el contenido de cemento, la temperatura y el efecto de otros aditivos incluidos en la dosificación. SikaRapid® 1 se agrega diluido en el agua de amasado de la mezcla. También puede añadirse al camión concreto en obra, en este caso, realizar obligatoriamente un amasado suplementario de 1 minuto por metro cúbico de concreto. Antes de su colocación, debe verificarse visualmente la consistencia correcta del concreto. Cuando utilice SikaRapid® 1 deben respetarse las reglas generales para la fabricación y colocación del concreto. Debe prestarse atención especial al curado del concreto, sobre todo a primeras edades y con bajas temperatura. Se recomienda que la temperatura de la masa del concreto no sea inferior a 5 °C al momento de colocar el molde o encofrado.

HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO SIKAPRO 1 (ACELERANTE DE FRAGUA).-

Importante	■ En caso de peligro de hielo, deben tomarse las precauciones correspondientes hasta que el concreto haya alcanzado una resistencia al congelamiento suficiente (100 kg/cm^2) ■ El efecto de SikaPro 1 puede variar en función del tipo de cemento y la temperatura del concreto fresco. ■ En el caso de que SikaPro 1 se hubiese congelado, puede volver a utilizarse, sin pérdidas de sus propiedades deshielándolo lentamente y agitándolo intensamente antes de su empleo. ■ SikaPro 1 se puede combinar con todos los fluidificantes y superplastificantes de Sika, si bien es recomendable la realización de ensayos previos. ■ Para cualquier información adicional consultar con nuestro departamento técnico.
-------------------	--

Instrucciones de Seguridad

Precauciones de manipulación

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protégase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

Observaciones

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

Nota Legal

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 7
la misma que deberá ser destruida"**

Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurín"
S/N, MZ "B" Lote 5 y 6 Lurín, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070

E-mail: construccion@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe



ANEXO B

ENSAYOS EN EL CONCRETO ENDURECIDO

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 7 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON a/c=0.55

Nº	CODIGO PROBETA	CURAD O	f'cr (Kg/cm 2)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia Promedio (Kg/cm2)	% f'cr
1	D1- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.14	180.02	27890	155	154	73%
2	D1- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.16	180.50	27650	153		
3	D1- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.16	180.50	15880	88	88	42%
4	D1- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.13	179.79	15640	87		
5	D2- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.14	180.02	27600	153	154	73%
6	D2- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.16	180.50	28010	155		
7	D2- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.11	179.31	16640	93	92	44%
8	D2- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.13	179.79	16240	90		
9	D3- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.12	179.55	25369	141	143	68%
10	D3- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.14	180.02	25840	144		
11	D3- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.14	180.02	15310	85	87	41%
12	D3- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	10/01/2013	7	15.12	179.55	15870	88		
13	D10- a/c=0.55 OPT.	Lab.	210	11/01/2013	18/01/2013	7	15.14	180.02	35120	195	194	92%
14	D10- a/c=0.55 OPT.	Lab.	210	11/01/2013	18/01/2013	7	15.11	179.31	34550	193		
15	D10- a/c=0.55 OPT.	Campo	210	11/01/2013	18/01/2013	7	15.10	179.07	22650	126	124	59%
16	D10- a/c=0.55 OPT.	Campo	210	11/01/2013	18/01/2013	7	15.14	180.02	22020	122		
17	D13- a/c=0.55 SA	Lab.	210	19/01/2013	26/01/2013	7	15.15	180.26	30120	167	167	80%
18	D13- a/c=0.55 SA	Lab.	210	19/01/2013	26/01/2013	7	15.12	179.55	29780	166		
19	D13- a/c=0.55 SA	Campo	210	19/01/2013	26/01/2013	7	15.13	179.79	20130	112	115	55%
20	D13- a/c=0.55 SA	Campo	210	19/01/2013	26/01/2013	7	15.12	179.55	21150	118		
21	D20- a/c=0.55 SA+S306	Lab.	210	27/01/2013	03/02/2013	7	15.10	179.07	31240	174	181	86%
22	D20- a/c=0.55 SA+S306	Lab.	210	27/01/2013	03/02/2013	7	15.15	180.26	33780	187		
23	D20- a/c=0.55 SA+S306	Campo	210	27/01/2013	03/02/2013	7	15.13	179.79	18650	104	108	51%
24	D20- a/c=0.55 SA+S306	Campo	210	27/01/2013	03/02/2013	7	15.14	180.02	19980	111		
25	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Lab.	210	04/02/2014	11/02/2014	7	15.12	179.55	34890	194	192	91%
26	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Lab.	210	04/02/2014	11/02/2014	7	15.14	180.02	34230	190		
27	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Campo	210	04/02/2014	11/02/2014	7	15.13	179.79	26350	147	146	70%
28	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Campo	210	04/02/2014	11/02/2014	7	15.11	179.31	26080	145		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 14 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON a/c=0.55

Nº	CODIGO PROBETA	CURADO	f'c (Kg/cm2)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia Promedio (Kg/cm2)	% f'cr
1	D1- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.13	179.79	33940	189	191	91%
2	D1- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.12	179.55	34540	192		
3	D1- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.15	180.26	21680	120	120	57%
4	D1- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.14	180.02	21590	120		
5	D2- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.16	180.50	35230	195	196	93%
6	D2- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.14	180.02	35470	197		
7	D2- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.17	180.74	24150	134	132	63%
8	D2- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.16	180.50	23370	129		
9	D3- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.13	179.79	32520	181	180	86%
10	D3- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.14	180.02	32080	178		
11	D3- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.18	180.98	22670	125	124	59%
12	D3- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	17/01/2013	14	15.14	180.02	21990	122		
13	D10- a/c=0.55 OPT.	Lab.	210	11/01/2013	25/01/2013	14	15.11	179.31	41890	234	232	110%
14	D10- a/c=0.55 OPT.	Lab.	210	11/01/2013	25/01/2013	14	15.14	180.02	41330	230		
15	D10- a/c=0.55 OPT.	Campo	210	11/01/2013	25/01/2013	14	15.16	180.50	29560	164	162	77%
16	D10- a/c=0.55 OPT.	Campo	210	11/01/2013	25/01/2013	14	15.15	180.26	28780	160		
17	D13- a/c=0.55 SA	Lab.	210	19/01/2013	02/02/2013	14	15.14	180.02	37710	209	209	100%
18	D13- a/c=0.55 SA	Lab.	210	19/01/2013	02/02/2013	14	15.13	179.79	37380	208		
19	D13- a/c=0.55 SA	Campo	210	19/01/2013	02/02/2013	14	15.13	179.79	28040	156	155	74%
20	D13- a/c=0.55 SA	Campo	210	19/01/2013	02/02/2013	14	15.15	180.26	27730	154		
21	D20- a/c=0.55 SA+S306	Lab.	210	27/01/2013	10/02/2013	14	15.17	180.74	40200	222	225	107%
22	D20- a/c=0.55 SA+S306	Lab.	210	27/01/2013	10/02/2013	14	15.16	180.50	41130	228		
23	D20- a/c=0.55 SA+S306	Campo	210	27/01/2013	10/02/2013	14	15.18	180.98	26840	148	149	71%
24	D20- a/c=0.55 SA+S306	Campo	210	27/01/2013	10/02/2013	14	15.16	180.50	27090	150		
25	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Lab.	210	04/02/2014	18/02/2014	14	15.18	180.98	43570	241	242	115%
26	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Lab.	210	04/02/2014	18/02/2014	14	15.20	181.45	44120	243		
27	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Campo	210	04/02/2014	18/02/2014	14	15.16	180.50	33540	186	189	90%
28	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Campo	210	04/02/2014	18/02/2014	14	15.14	180.02	34560	192		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON a/c=0.55

Nº	CODIGO PROBETA	CURADO	f'c (Kg/cm2)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia Promedio (Kg/cm2)	% f'cr
1	D1- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.13	179.79	41670	232	232	110%
2	D1- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.11	179.31	41490	231		
3	D1- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.12	179.55	28550	159	152	72%
4	D1- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.13	179.79	26000	145		
5	D2- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.15	180.26	46120	256	253	120%
6	D2- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.19	181.21	45230	250		
7	D2- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.18	180.98	29450	163	162	77%
8	D2- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.19	181.21	28910	160		
9	D3- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.16	180.50	41980	233	231	110%
10	D3- a/c=0.55	Lab.	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.17	180.74	41230	228		
11	D3- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.20	181.45	28270	156	153	73%
12	D3- a/c=0.55	Campo	210	03/01/2013	31/01/2013	28	15.19	181.21	26990	149		
13	D10- a/c=0.55 OPT.	Lab.	210	11/01/2013	08/02/2013	28	15.19	181.21	48980	270	271	129%
14	D10- a/c=0.55 OPT.	Lab.	210	11/01/2013	08/02/2013	28	15.17	180.74	49240	272		
15	D10- a/c=0.55 OPT.	Campo	210	11/01/2013	08/02/2013	28	15.18	180.98	36890	204	205	98%
16	D10- a/c=0.55 OPT.	Campo	210	11/01/2013	08/02/2013	28	15.16	180.50	37180	206		
17	D13- a/c=0.55 SA	Lab.	210	19/01/2013	16/02/2013	28	15.20	181.45	46870	258	260	124%
18	D13- a/c=0.55 SA	Lab.	210	19/01/2013	16/02/2013	28	15.18	180.98	47230	261		
19	D13- a/c=0.55 SA	Campo	210	19/01/2013	16/02/2013	28	15.18	180.98	32560	180	178	85%
20	D13- a/c=0.55 SA	Campo	210	19/01/2013	16/02/2013	28	15.19	181.21	31970	176		
21	D20- a/c=0.55 SA+S306	Lab.	210	27/01/2013	24/02/2013	28	15.15	180.26	52340	290	289	138%
22	D20- a/c=0.55 SA+S306	Lab.	210	27/01/2013	24/02/2013	28	15.17	180.74	52110	288		
23	D20- a/c=0.55 SA+S306	Campo	210	27/01/2013	24/02/2013	28	15.18	180.98	34560	191	188	90%
24	D20- a/c=0.55 SA+S306	Campo	210	27/01/2013	24/02/2013	28	15.14	180.02	33370	185		
25	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Lab.	210	04/02/2013	04/03/2013	28	15.12	179.55	52430	292	295	140%
26	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Lab.	210	04/02/2013	04/03/2013	28	15.13	179.79	53460	297		
27	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Campo	210	04/02/2013	04/03/2013	28	15.15	180.26	40040	222	223	106%
28	D25- a/c=0.55 SA+S306+SR	Campo	210	04/02/2013	04/03/2013	28	15.14	180.02	40300	224		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 7 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON a/c=0.50.

Nº	CODIGO PROBETA	CURA DO	f'cr (Kg/cm2)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia Promedio (Kg/cm2)	% f'cr
1	D4- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.11	179.31	36890	206	203	83%
2	D4- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.12	179.55	35980	200		
3	D4- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.14	180.02	23650	131	132	54%
4	D4- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.11	179.31	23870	133		
5	D5- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.16	180.50	38220	212	213	87%
6	D5- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.16	180.50	38620	214		
7	D5- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.11	179.31	25540	142	141	58%
8	D5- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.15	180.26	25270	140		
9	D6- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.15	180.26	28750	159	153	62%
10	D6- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.14	180.02	26340	146		
11	D6- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.12	179.55	17320	96	101	41%
12	D6- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	11/01/2013	7	15.13	179.79	18840	105		
13	D11- a/c=0.50 OPT.	Lab.	245	12/01/2013	19/01/2013	7	15.13	179.79	38180	212	212	87%
14	D11- a/c=0.50 OPT.	Lab.	245	12/01/2013	19/01/2013	7	15.12	179.55	38030	212		
15	D11- a/c=0.50 OPT.	Campo	245	12/01/2013	19/01/2013	7	15.17	180.74	25890	143	144	59%
16	D11- a/c=0.50 OPT.	Campo	245	12/01/2013	19/01/2013	7	15.16	180.50	26010	144		
17	D15- a/c=0.50 SA	Lab.	245	20/01/2013	27/01/2013	7	15.19	181.21	30650	169	171	70%
18	D15- a/c=0.50 SA	Lab.	245	20/01/2013	27/01/2013	7	15.13	179.79	31040	173		
19	D15- a/c=0.50 SA	Campo	245	20/01/2013	27/01/2013	7	15.14	180.02	21340	119	121	49%
20	D15- a/c=0.50 SA	Campo	245	20/01/2013	27/01/2013	7	15.16	180.50	22210	123		
21	D21- a/c=0.50 SA+S306	Lab.	245	28/01/2013	04/02/2013	7	15.17	180.74	36870	204	208	85%
22	D21- a/c=0.50 SA+S306	Lab.	245	28/01/2013	04/02/2013	7	15.14	180.02	37980	211		
23	D21- a/c=0.50 SA+S306	Campo	245	28/01/2013	04/02/2013	7	15.13	179.79	30780	171	165	67%
24	D21- a/c=0.50 SA+S306	Campo	245	28/01/2013	04/02/2013	7	15.18	180.98	28750	159		
25	D27- a/c=0.50 SA+S306+SR	Lab.	245	05/02/2013	12/02/2013	7	15.19	181.21	40950	226	229	93%
26	D27- a/c=0.50 SA+S306+SR	Lab.	245	05/02/2013	12/02/2013	7	15.12	179.55	41630	232		
27	D27- a/c=0.50 SA+S306+SR	Campo	245	05/02/2013	12/02/2013	7	15.16	180.50	35170	195	192	78%
28	D27- a/c=0.50 SA+S306+SR	Campo	245	05/02/2013	12/02/2013	7	15.17	180.74	34230	189		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 14 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON a/c=0.50.

Nº	CODIGO PROBETA	CURADO	f'cr (Kg/cm ²)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)	% f'cr
1	D4- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.11	179.31	43670	244	240	98%
2	D4- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.13	179.79	42340	235		
3	D4- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.14	180.02	29450	164	166	68%
4	D4- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.17	180.74	30130	167		
5	D5- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.18	180.98	45990	254	252	103%
6	D5- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.15	180.26	44970	249		
7	D5- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.16	180.50	33520	186	184	75%
8	D5- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.14	180.02	32760	182		
9	D6- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.13	179.79	35660	198	195	80%
10	D6- a/c=0.50	Lab.	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.12	179.55	34230	191		
11	D6- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.17	180.74	25010	138	136	56%
12	D6- a/c=0.50	Campo	245	04/01/2013	18/01/2013	14	15.15	180.26	24130	134		
13	D11- a/c=0.50 OPT.	Lab.	245	12/01/2013	26/01/2013	14	15.20	181.45	45670	252	251	102%
14	D11- a/c=0.50 OPT.	Lab.	245	12/01/2013	26/01/2013	14	15.16	180.50	45030	249		
15	D11- a/c=0.50 OPT.	Campo	245	12/01/2013	26/01/2013	14	15.21	181.69	32560	179	184	75%
16	D11- a/c=0.50 OPT.	Campo	245	12/01/2013	26/01/2013	14	15.19	181.21	34030	188		
17	D15- a/c=0.50 SA	Lab.	245	20/01/2013	03/02/2013	14	15.16	180.50	38120	211	214	87%
18	D15- a/c=0.50 SA	Lab.	245	20/01/2013	03/02/2013	14	15.14	180.02	39020	217		
19	D15- a/c=0.50 SA	Campo	245	20/01/2013	03/02/2013	14	15.14	180.02	27380	152	153	62%
20	D15- a/c=0.50 SA	Campo	245	20/01/2013	03/02/2013	14	15.15	180.26	27780	154		
21	D21- a/c=0.50 SA+S306	Lab.	245	28/01/2013	11/02/2013	14	15.14	180.02	46020	256	257	105%
22	D21- a/c=0.50 SA+S306	Lab.	245	28/01/2013	11/02/2013	14	15.16	180.50	46388	257		
23	D21- a/c=0.50 SA+S306	Campo	245	28/01/2013	11/02/2013	14	15.13	179.79	37450	208	210	86%
24	D21- a/c=0.50 SA+S306	Campo	245	28/01/2013	11/02/2013	14	15.12	179.55	38130	212		
25	D27- a/c=0.50 SA+S306+SR	Lab.	245	05/02/2013	19/02/2013	14	15.17	180.74	49760	275	273	111%
26	D27- a/c=0.50 SA+S306+SR	Lab.	245	05/02/2013	19/02/2013	14	15.18	180.98	48990	271		
27	D27- a/c=0.50 SA+S306+SR	Campo	245	05/02/2013	19/02/2013	14	15.16	180.50	41860	232	230	94%
28	D27- a/c=0.50 SA+S306+SR	Campo	245	05/02/2013	19/02/2013	14	15.14	180.02	40970	228		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON $a/c=0.50$.

Nº	CODIGO PROBETA	CURADO	f'_{cr} (Kg/cm ²)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)	% f'_{cr}
1	D4- $a/c=0.50$	Lab.	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.11	179.31	50590	282	283	116%
2	D4- $a/c=0.50$	Lab.	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.14	180.02	51150	284		
3	D4- $a/c=0.50$	Campo	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.12	179.55	36340	202	204	83%
4	D4- $a/c=0.50$	Campo	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.13	179.79	36770	205		
5	D5- $a/c=0.50$	Lab.	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.13	179.79	55310	308	296	121%
6	D5- $a/c=0.50$	Lab.	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.11	179.31	50820	283		
7	D5- $a/c=0.50$	Campo	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.12	179.55	42240	235	238	97%
8	D5- $a/c=0.50$	Campo	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.13	179.79	43090	240		
9	D6- $a/c=0.50$	Lab.	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.15	180.26	43250	240	246	100%
10	D6- $a/c=0.50$	Lab.	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.19	181.21	45440	251		
11	D6- $a/c=0.50$	Campo	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.18	180.98	31230	173	168	69%
12	D6- $a/c=0.50$	Campo	245	04/01/2013	01/02/2013	28	15.19	181.21	29290	162		
13	D11- $a/c=0.50$ OPT.	Lab.	245	12/01/2013	09/02/2013	28	15.19	181.21	53040	293	293	120%
14	D11- $a/c=0.50$ OPT.	Lab.	245	12/01/2013	09/02/2013	28	15.14	180.02	52560	292		
15	D11- $a/c=0.50$ OPT.	Campo	245	12/01/2013	09/02/2013	28	15.13	179.79	41340	230	226	92%
16	D11- $a/c=0.50$ OPT.	Campo	245	12/01/2013	09/02/2013	28	15.16	180.50	39870	221		
17	D15- $a/c=0.50$ SA	Lab.	245	20/01/2013	17/02/2013	28	15.12	179.55	46350	258	256	104%
18	D15- $a/c=0.50$ SA	Lab.	245	20/01/2013	17/02/2013	28	15.15	180.26	45870	254		
19	D15- $a/c=0.50$ SA	Campo	245	20/01/2013	17/02/2013	28	15.17	180.74	30230	167	173	71%
20	D15- $a/c=0.50$ SA	Campo	245	20/01/2013	17/02/2013	28	15.18	180.98	32340	179		
21	D21- $a/c=0.50$ SA+S306	Lab.	245	28/01/2013	25/02/2013	28	15.15	180.26	54560	303	301	123%
22	D21- $a/c=0.50$ SA+S306	Lab.	245	28/01/2013	25/02/2013	28	15.17	180.74	53780	298		
23	D21- $a/c=0.50$ SA+S306	Campo	245	28/01/2013	25/02/2013	28	15.15	180.26	43670	242	246	100%
24	D21- $a/c=0.50$ SA+S306	Campo	245	28/01/2013	25/02/2013	28	15.19	181.21	45230	250		
25	D27- $a/c=0.50$ SA+S306+SR	Lab.	245	05/02/2013	05/03/2013	28	15.14	180.02	57080	317	315	129%
26	D27- $a/c=0.50$ SA+S306+SR	Lab.	245	05/02/2013	05/03/2013	28	15.13	179.79	56170	312		
27	D27- $a/c=0.50$ SA+S306+SR	Campo	245	05/02/2013	05/03/2013	28	15.17	180.74	48020	266	263	107%
28	D27- $a/c=0.50$ SA+S306+SR	Campo	245	05/02/2013	05/03/2013	28	15.18	180.98	47140	260		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 7 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON a/c=0.45.

Nº	CODIGO PROBETA	CURA DO	f'cr (Kg/cm2)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm2)	CARGA MÁXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia Promedio (Kg/cm2)	% f'cr
1	D7- a/c=0.45	Lab.	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.12	179.55	47280	263	266	95%
2	D7- a/c=0.45	Lab.	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.13	179.79	48360	269		
3	D7- a/c=0.45	Campo	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.14	180.02	27540	153	152	54%
4	D7- a/c=0.45	Campo	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.11	179.31	27020	151		
5	D8- a/c=0.45	Lab.	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.13	179.79	54210	302	303	108%
6	D8- a/c=0.45	Lab.	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.11	179.31	54460	304		
7	D8- a/c=0.45	Campo	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.11	179.31	32790	183	185	66%
8	D8- a/c=0.45	Campo	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.13	179.79	33550	187		
9	D9- a/c=0.45	Lab.	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.14	180.02	49300	274	271	97%
10	D9- a/c=0.45	Lab.	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.12	179.55	48080	268		
11	D9- a/c=0.45	Campo	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.16	180.50	29680	164	158	56%
12	D9- a/c=0.45	Campo	280	05/01/2013	12/01/2013	7	15.15	180.26	27320	152		
13	D12- a/c=0.45 OPT.	Lab.	280	13/01/2013	20/01/2013	7	15.14	180.02	42670	237	235	84%
14	D12- a/c=0.45 OPT.	Lab.	280	13/01/2013	20/01/2013	7	15.18	180.98	41980	232		
15	D12- a/c=0.45 OPT.	Campo	280	13/01/2013	20/01/2013	7	15.16	180.50	27670	153	157	56%
16	D12- a/c=0.45 OPT.	Campo	280	13/01/2013	20/01/2013	7	15.17	180.74	29130	161		
17	D17- a/c=0.45 SA	Lab.	280	21/01/2013	28/01/2013	7	15.12	179.55	34230	191	192	69%
18	D17- a/c=0.45 SA	Lab.	280	21/01/2013	28/01/2013	7	15.16	180.50	34870	193		
19	D17- a/c=0.45 SA	Campo	280	21/01/2013	28/01/2013	7	15.19	181.21	24230	134	136	49%
20	D17- a/c=0.45 SA	Campo	280	21/01/2013	28/01/2013	7	15.20	181.45	25120	138		
21	D23- a/c=0.45 SA+S306	Lab.	280	29/01/2013	05/02/2013	7	15.16	180.50	45980	255	251	90%
22	D23- a/c=0.45 SA+S306	Lab.	280	29/01/2013	05/02/2013	7	15.17	180.74	44500	246		
23	D23- a/c=0.45 SA+S306	Campo	280	29/01/2013	05/02/2013	7	15.17	180.74	33540	186	181	65%
24	D23- a/c=0.45 SA+S306	Campo	280	29/01/2013	05/02/2013	7	15.20	181.45	31990	176		
25	D30- a/c=0.45 SA+S306+SR	Lab.	280	06/02/2013	13/02/2013	7	15.12	179.55	51230	285	282	101%
26	D30- a/c=0.45 SA+S306+SR	Lab.	280	06/02/2013	13/02/2013	7	15.18	180.98	50290	278		
27	D30- a/c=0.45 SA+S306+SR	Campo	280	06/02/2013	13/02/2013	7	15.17	180.74	39400	218	221	79%
28	D30- a/c=0.45 SA+S306+SR	Campo	280	06/02/2013	13/02/2013	7	15.19	181.21	40580	224		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 14 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON $a/c=0.45$.

Nº	CODIGO PROBETA	CURADO	f'_{cr} (Kg/cm ²)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)	% f'_{cr}
1	D7- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.16	180.50	54160	300	304	109%
2	D7- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.18	180.98	55760	308		
3	D7- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.19	181.21	36020	199	193	69%
4	D7- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.17	180.74	33630	186		
5	D8- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.11	179.31	63280	353	347	124%
6	D8- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.14	180.02	61330	341		
7	D8- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.15	180.26	41380	230	235	84%
8	D8- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.19	181.21	43540	240		
9	D9- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.18	180.98	55230	305	310	111%
10	D9- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.16	180.50	56690	314		
11	D9- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.17	180.74	37320	206	205	73%
12	D9- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	19/01/2013	14	15.20	181.45	37010	204		
13	D12- $a/c=0.45$ OPT.	Lab.	280	13/01/2013	27/01/2013	14	15.15	180.26	50890	282	278	99%
14	D12- $a/c=0.45$ OPT.	Lab.	280	13/01/2013	27/01/2013	14	15.13	179.79	49230	274		
15	D12- $a/c=0.45$ OPT.	Campo	280	13/01/2013	27/01/2013	14	15.14	180.02	34560	192	196	70%
16	D12- $a/c=0.45$ OPT.	Campo	280	13/01/2013	27/01/2013	14	15.18	180.98	36210	200		
17	D17- $a/c=0.45$ SA	Lab.	280	21/01/2013	04/02/2013	14	15.14	180.02	40780	227	223	80%
18	D17- $a/c=0.45$ SA	Lab.	280	21/01/2013	04/02/2013	14	15.17	180.74	39560	219		
19	D17- $a/c=0.45$ SA	Campo	280	21/01/2013	04/02/2013	14	15.18	180.98	29980	166	161	58%
20	D17- $a/c=0.45$ SA	Campo	280	21/01/2013	04/02/2013	14	15.20	181.45	28200	155		
21	D23- $a/c=0.45$ SA+S306	Lab.	280	29/01/2013	12/02/2013	14	15.16	180.50	55870	310	305	109%
22	D23- $a/c=0.45$ SA+S306	Lab.	280	29/01/2013	12/02/2013	14	15.14	180.02	53870	299		
23	D23- $a/c=0.45$ SA+S306	Campo	280	29/01/2013	12/02/2013	14	15.12	179.55	41690	232	230	82%
24	D23- $a/c=0.45$ SA+S306	Campo	280	29/01/2013	12/02/2013	14	15.19	181.21	41230	228		
25	D30- $a/c=0.45$ SA+S306+SR	Lab.	280	06/02/2013	20/02/2013	14	15.18	180.98	60030	332	331	118%
26	D30- $a/c=0.45$ SA+S306+SR	Lab.	280	06/02/2013	20/02/2013	14	15.17	180.74	59430	329		
27	D30- $a/c=0.45$ SA+S306+SR	Campo	280	06/02/2013	20/02/2013	14	15.20	181.45	46310	255	258	92%
28	D30- $a/c=0.45$ SA+S306+SR	Campo	280	06/02/2013	20/02/2013	14	15.12	179.55	46890	261		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON $a/c=0.45$.

Nº	CODIGO PROBETA	CURADO	f'_{cr} (Kg/cm ²)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)	% f'_{cr}
1	D7- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.16	180.50	61450	340	342	122%
2	D7- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.17	180.74	62050	343		
3	D7- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.20	181.45	42300	233	236	84%
4	D7- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.19	181.21	43150	238		
5	D8- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.19	181.21	71470	394	398	142%
6	D8- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.17	180.74	72520	401		
7	D8- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.18	180.98	52190	288	291	104%
8	D8- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.16	180.50	53020	294		
9	D9- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.20	181.45	63040	347	352	126%
10	D9- $a/c=0.45$	Lab.	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.18	180.98	64570	357		
11	D9- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.18	180.98	45030	249	257	92%
12	D9- $a/c=0.45$	Campo	280	05/01/2013	02/02/2013	28	15.19	181.21	47990	265		
13	D12- $a/c=0.45$ OPT.	Lab.	280	13/01/2013	10/02/2013	28	15.13	179.79	57430	319	316	113%
14	D12- $a/c=0.45$ OPT.	Lab.	280	13/01/2013	10/02/2013	28	15.15	180.26	56200	312		
15	D12- $a/c=0.45$ OPT.	Campo	280	13/01/2013	10/02/2013	28	15.15	180.26	42570	236	231	83%
16	D12- $a/c=0.45$ OPT.	Campo	280	13/01/2013	10/02/2013	28	15.10	179.07	40420	226		
17	D17- $a/c=0.45$ SA	Lab.	280	21/01/2013	18/02/2013	28	15.19	181.21	46860	259	255	91%
18	D17- $a/c=0.45$ SA	Lab.	280	21/01/2013	18/02/2013	28	15.18	180.98	45340	251		
19	D17- $a/c=0.45$ SA	Campo	280	21/01/2013	18/02/2013	28	15.20	181.45	34130	188	193	69%
20	D17- $a/c=0.45$ SA	Campo	280	21/01/2013	18/02/2013	28	15.14	180.02	35670	198		
21	D23- $a/c=0.45$ SA+S306	Lab.	280	29/01/2013	26/02/2013	28	15.14	180.02	64104	356	351	125%
22	D23- $a/c=0.45$ SA+S306	Lab.	280	29/01/2013	26/02/2013	28	15.16	180.50	62310	345		
23	D23- $a/c=0.45$ SA+S306	Campo	280	29/01/2013	26/02/2013	28	15.17	180.74	47370	262	265	95%
24	D23- $a/c=0.45$ SA+S306	Campo	280	29/01/2013	26/02/2013	28	15.18	180.98	48580	268		
25	D30- $a/c=0.45$ SA+S306+SR	Lab.	280	06/02/2013	06/03/2013	28	15.19	181.21	65460	361	366	131%
26	D30- $a/c=0.45$ SA+S306+SR	Lab.	280	06/02/2013	06/03/2013	28	15.14	180.02	66540	370		
27	D30- $a/c=0.45$ SA+S306+SR	Campo	280	06/02/2013	06/03/2013	28	15.19	181.21	51670	285	283	101%
28	D30- $a/c=0.45$ SA+S306+SR	Campo	280	06/02/2013	06/03/2013	28	15.18	180.98	50830	281		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 7 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON $a/c=0.40$.

Nº	CODIGO PROBETA	CURADO	f'cr (Kg/cm ²)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)	% f'cr
1	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Lab.	350	07/02/2013	14/02/2013	7	15.16	180.40	51030	283	279	80%
2	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Lab.	350	07/02/2013	14/02/2013	7	15.18	180.98	49750	275		
3	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Campo	350	07/02/2013	14/02/2013	7	15.15	180.26	35360	196	201	57%
4	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Campo	350	07/02/2013	14/02/2013	7	15.14	180.02	37130	206		
5	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Lab.	350	15/02/2013	22/02/2013	7	15.19	181.21	56850	314	311	89%
6	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Lab.	350	15/02/2013	22/02/2013	7	15.14	180.02	55480	308		
7	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Campo	350	15/02/2013	22/02/2013	7	15.10	179.07	41380	231	228	65%
8	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Campo	350	15/02/2013	22/02/2013	7	15.17	180.74	40460	224		

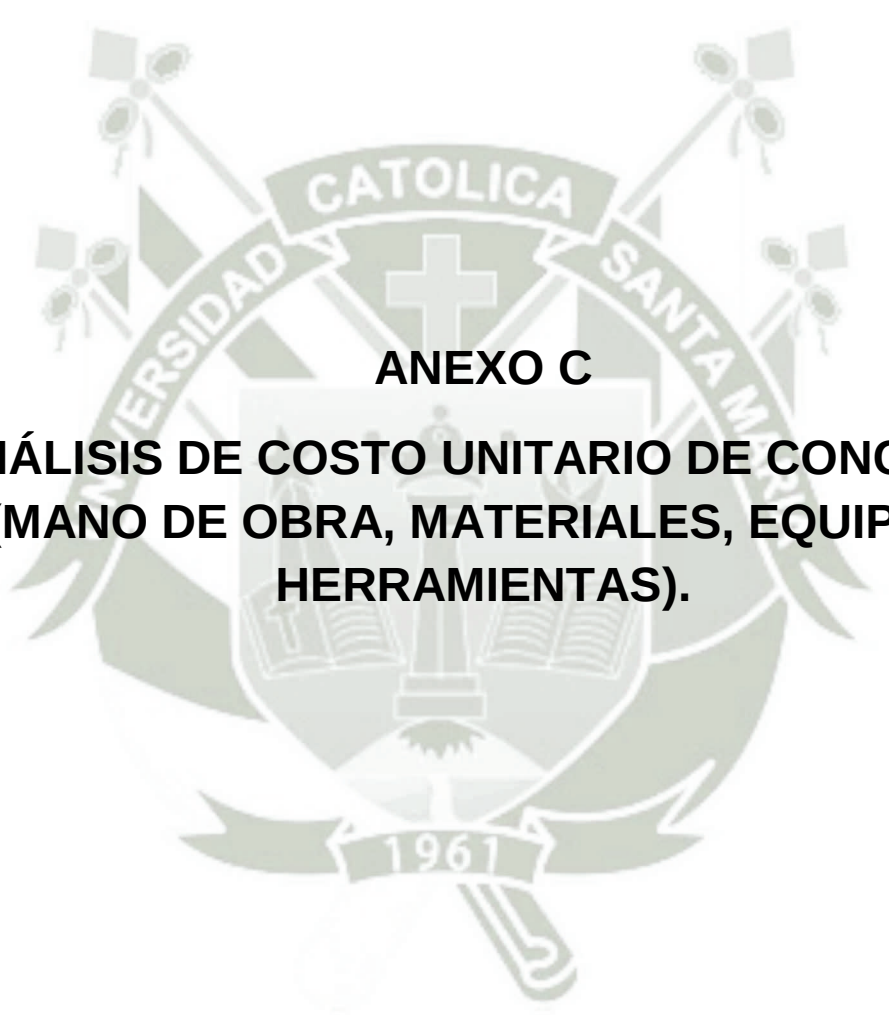
RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 14 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON $a/c=0.40$.

Nº	CODIGO PROBETA	CURADO	f'cr (Kg/cm ²)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)	% f'cr
1	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Lab.	350	07/02/2013	21/02/2013	14	15.18	180.98	60830	336	335	96%
2	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Lab.	350	07/02/2013	21/02/2013	14	15.19	181.21	60430	333		
3	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Campo	350	07/02/2013	21/02/2013	14	15.16	180.50	43800	243	239	68%
4	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Campo	350	07/02/2013	21/02/2013	14	15.15	180.26	42450	235		
5	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Lab.	350	15/02/2013	01/03/2013	14	15.16	180.50	63970	354	358	102%
6	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Lab.	350	15/02/2013	01/03/2013	14	15.17	180.74	65220	361		
7	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Campo	350	15/02/2013	01/03/2013	14	15.16	180.50	49010	272	274	78%
8	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Campo	350	15/02/2013	01/03/2013	14	15.14	180.02	49740	276		

RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS DE DISEÑOS DE CONCRETO CON $a/c=0.40$.

Nº	CODIGO PROBETA	CURADO	f'_{cr} (Kg/cm ²)	FECHA ENSAYO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)	% f'_{cr}
1	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Lab.	350	07/02/2013	07/03/2013	28	15.15	180.26	67890	377	374	107%
2	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Lab.	350	07/02/2013	07/03/2013	28	15.15	180.26	66780	370		
3	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Campo	350	07/02/2013	07/03/2013	28	15.13	179.79	52040	289	283	81%
4	D31- $a/c=0.40$ SA+S306	Campo	350	07/02/2013	07/03/2013	28	15.18	180.98	50120	277		
5	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Lab.	350	15/02/2013	15/03/2013	28	15.20	181.45	70120	386	391	112%
6	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Lab.	350	15/02/2013	15/03/2013	28	15.13	179.79	71230	396		
7	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Campo	350	15/02/2013	15/03/2013	28	15.17	180.74	55060	305	304	87%
8	D34- $a/c=0.40$ SA+S306+SR	Campo	350	15/02/2013	15/03/2013	28	15.19	181.21	54870	303		





ANEXO C

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO (MANO DE OBRA, MATERIALES, EQUIPO Y HERRAMIENTAS).

A. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DISEÑOS DE MEZCLA $a/c=0.55$.

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.55$.

PARTIDA:	Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ ($a/c=0.55$)			Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones			
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00	m3/día		
Descripción	UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00
Costo de Mano de Obra					78.54
MATERIALES					
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		8.471	21.50	182.13
Arena gruesa	m3		0.270	50.00	13.50
Piedra chancada de 1"	m3		0.390	38.00	14.82
Agua	m3		0.198	0.75	0.15
Costo de Materiales					210.60
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36
Costo de Equipo y Herramientas					15.96
TOTAL					305.095

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.55$ + INCORPORADOR DE AIRE.

PARTIDA:	Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ + aire incorporado ($a/c=0.55$)			Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones			
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00	m3/día		
Descripción	UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00
Costo de Mano de Obra					78.54
MATERIALES					
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		8.471	21.50	182.13
Arena gruesa	m3		0.270	50.00	13.50
Piedra chancada de 1"	m3		0.390	38.00	14.82
Agua	m3		0.198	0.75	0.15
Sika Aer	Kg		0.144	4.76	0.69
Costo de Materiales					211.28
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36
Costo de Equipo y Herramientas					15.96
TOTAL					305.781

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.55$ + INCORPORADOR DE AIRE + PLASTIFICANTE.

PARTIDA:	Concreto $f'c=210$ Kg/cm² + aire incorporado + plastificante ($a/c=0.55$)			Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4.8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones			
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00	m3/día		
Descripción	UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00
Costo de Mano de Obra					78.54
MATERIALES					
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		8.000	21.50	172.00
Arena gruesa	m3		0.263	50.00	13.15
Piedra chancada de 1"	m3		0.379	38.00	14.40
Agua	m3		0.186	0.75	0.14
Sika Aer	Kg		0.129	4.76	0.61
Sikament 306	Kg		2.720	3.92	10.66
Costo de Materiales					210.97
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36
Costo de Equipo y Herramientas					15.96
TOTAL					305.468

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.55$ + INCORPORADOR DE AIRE + PLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA.

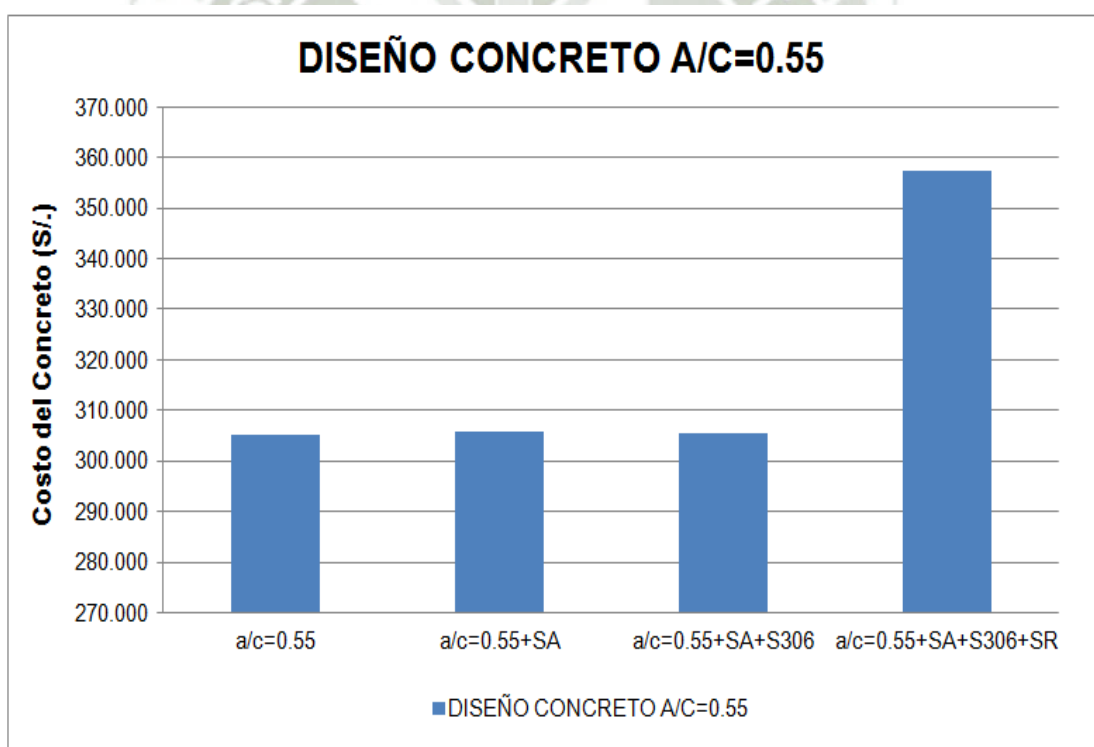
PARTIDA:	Concreto $f'c=210$ Kg/cm² + aire incorporado + plastificante + acelerante de fragua ($a/c=0.55$)			Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4.8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones			
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00	m3/día		
Descripción	UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00
Costo de Mano de Obra					78.54
MATERIALES					
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		8.000	21.50	172.00
Arena gruesa	m3		0.261	50.00	13.05
Piedra chancada de 1"	m3		0.377	38.00	14.33
Agua	m3		0.186	0.75	0.14
Sika Aer	Kg		0.129	4.76	0.61
Sikament 306	Kg		2.720	3.92	10.66
Sika Rapid 1	Kg		5.100	4.54	23.15
Costo de Materiales					233.95
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)			0.400	78.54	31.42
Costo de Equipo y Herramientas					45.02
TOTAL					357.508

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.55$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO

DISEÑO CONCRETO A/C=0.55	Costo (S/.)
$a/c=0.55$	305.095
$a/c=0.55+SA$	305.781
$a/c=0.55+SA+S306$	305.468
$a/c=0.55+SA+S306+SR$	357.508

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.55$



B. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DISEÑOS DE MEZCLA $a/c=0.50$.

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.50$.

PARTIDA:	Concreto $f'c=245 \text{ Kg/cm}^2$ ($a/c=0.50$)				Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.					
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones				
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00	m3/día			
Descripción		UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61	
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62	
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25	
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06	
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00	
Costo de Mano de Obra						78.54
MATERIALES						
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		9.647	21.50	207.41	
Arena gruesa	m3		0.260	50.00	13.00	
Piedra chancada de 1"	m3		0.376	38.00	14.29	
Agua	m3		0.205	0.75	0.15	
Costo de Materiales						234.85
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80	
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20	
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60	
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36	
Costo de Equipo y Herramientas						15.96
				TOTAL		329.353

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.50$ + INCORPORADOR DE AIRE.

PARTIDA:	Concreto $f'c=245 \text{ Kg/cm}^2$ + aire incorporado ($a/c=0.50$)				Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.					
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones				
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00	m3/día			
Descripción		UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61	
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62	
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25	
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06	
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00	
Costo de Mano de Obra						78.54
MATERIALES						
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		9.647	21.50	207.41	
Arena gruesa	m3		0.260	50.00	13.00	
Piedra chancada de 1"	m3		0.376	38.00	14.29	
Agua	m3		0.205	0.75	0.15	
Sika Aer	Kg		0.246	4.76	1.17	
Costo de Materiales						236.02
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80	
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20	
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60	
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36	
Costo de Equipo y Herramientas						15.96
				TOTAL		330.524

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.50$ + INCORPORADOR DE AIRE + PLASTIFICANTE.

PARTIDA:	Concreto $f'c=245$ Kg/cm ² + aire incorporado + plastificante (a/c=0.50)				Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.					
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones				
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00 m3/día				
Descripción		UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61	
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62	
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25	
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06	
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00	
Costo de Mano de Obra						78.54
MATERIALES						
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		8.706	21.50	187.18	
Arena gruesa	m3		0.260	50.00	13.00	
Piedra chancada de 1"	m3		0.374	38.00	14.21	
Agua	m3		0.184	0.75	0.14	
Sika Aer	Kg		0.215	4.76	1.02	
Sikament 306	Kg		2.960	3.92	11.60	
Costo de Materiales						227.16
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80	
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20	
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60	
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36	
Costo de Equipo y Herramientas						15.96
TOTAL						321.656

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.50$ + INCORPORADOR DE AIRE + PLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA.

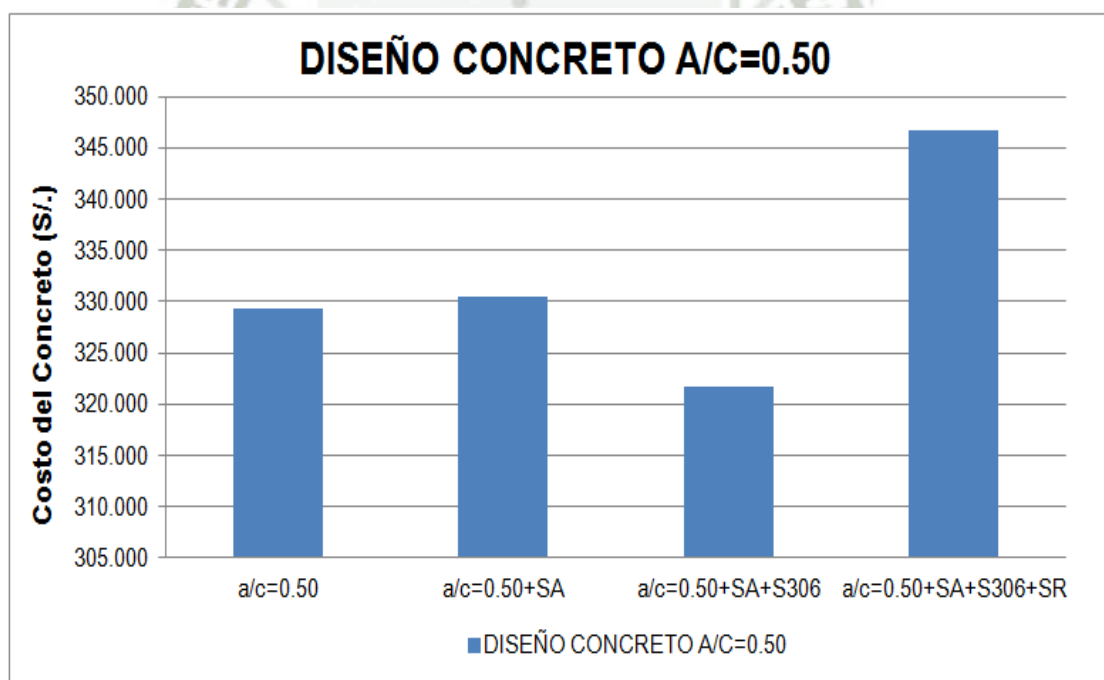
PARTIDA:	Concreto $f'c=245$ Kg/cm ² + aire incorporado + plastificante + acelerante de fragua (a/c=0.50)				Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.					
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones				
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00 m3/día				
Descripción		UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA						
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61	
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62	
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25	
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06	
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00	
Costo de Mano de Obra						78.54
MATERIALES						
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		8.706	21.50	187.18	
Arena gruesa	m3		0.258	50.00	12.90	
Piedra chancada de 1"	m3		0.372	38.00	14.14	
Agua	m3		0.184	0.75	0.14	
Sika Aer	Kg		0.203	4.76	0.97	
Sikament 306	Kg		2.960	3.92	11.60	
Sika Rapid 1	Kg		5.550	4.54	25.20	
Costo de Materiales						252.12
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80	
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20	
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60	
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36	
Costo de Equipo y Herramientas						15.96
TOTAL						346.620

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.50$.

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO

DISEÑO CONCRETO A/C=0.50	Costo (S/.)
$a/c=0.50$	329.353
$a/c=0.50+SA$	330.524
$a/c=0.50+SA+S306$	321.656
$a/c=0.50+SA+S306+SR$	346.620

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.50$.



C. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DISEÑOS DE MEZCLA $a/c=0.45$.

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.45$.

PARTIDA:	Concreto f'c=280 Kg/cm2 (a/c=0.45)			Unidad:	m3	
Especificaciones:		Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP,				
		winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones				
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00 m3/día				
Descripción		UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA						
Capataz		hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario		hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial		hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón		hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano		hh	1.00	0.400	15.00	6.00
Costo de Mano de Obra						78.54
MATERIALES						
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)		bls		11.082	21.50	238.26
Arena gruesa		m3		0.236	50.00	11.80
Piedra chancada de 1"		m3		0.371	38.00	14.10
Agua		m3		0.212	0.75	0.16
Costo de Materiales						264.32
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Mezcladora de 9-11 p3		hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP		hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores		hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)				0.030	78.54	2.36
Costo de Equipo y Herramientas						15.96
TOTAL					358.820	

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.45$ + INCORPORADOR DE AIRE.

PARTIDA:	Concreto f'c=280 Kg/cm2 + aire incorporado (a/c=0.45)			Unidad:	m3	
Especificaciones:		Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP,				
		winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones				
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00 m3/día				
Descripción		UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA						
Capataz		hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario		hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial		hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón		hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano		hh	1.00	0.400	15.00	6.00
Costo de Mano de Obra						78.54
MATERIALES						
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)		bls		11.082	21.50	238.26
Arena gruesa		m3		0.236	50.00	11.80
Piedra chancada de 1"		m3		0.371	38.00	14.10
Agua		m3		0.212	0.75	0.16
Sika Aer		Kg		0.283	4.76	1.35
Costo de Materiales						265.67
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Mezcladora de 9-11 p3		hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP		hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores		hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)				0.030	78.54	2.36
Costo de Equipo y Herramientas						15.96
TOTAL						360.167

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.45$ + INCORPORADOR DE AIRE + PLASTIFICANTE.

PARTIDA:	Concreto $f'c=280$ Kg/cm ² + aire incorporado + plastificante ($a/c=0.45$)			Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones			
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00 m3/día			
Descripción	UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00
Costo de Mano de Obra					78.54
MATERIALES					
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		9.647	21.50	207.41
Arena gruesa	m3		0.241	50.00	12.05
Piedra chancada de 1"	m3		0.378	38.00	14.36
Agua	m3		0.184	0.75	0.14
Sika Aer	Kg		0.230	4.76	1.09
Sikament 306	Kg		4.100	3.92	16.07
Costo de Materiales					251.13
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36
Costo de Equipo y Herramientas					15.96
TOTAL					345.630

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.45$ + INCORPORADOR DE AIRE + PLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA.

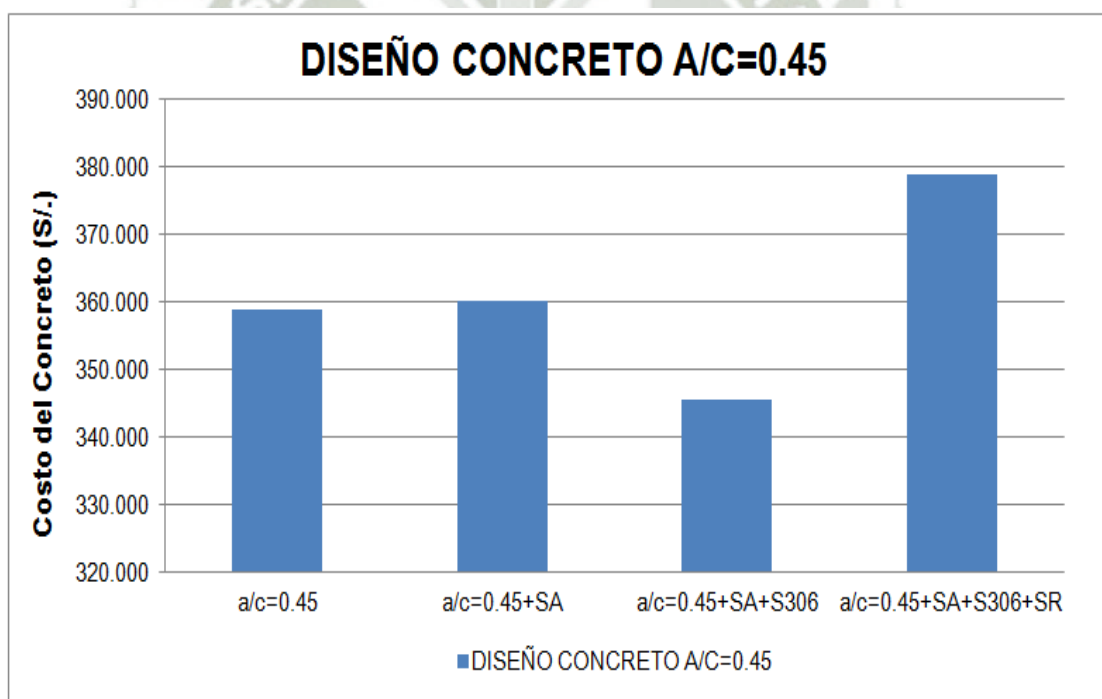
PARTIDA:	Concreto $f'c=280$ Kg/cm ² + aire incorporado + plastificante + acelerante de fragua ($a/c=0.45$)			Unidad:	m3
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m3/balde y 4,8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones			
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00 m3/día			
Descripción	UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00
Costo de Mano de Obra					78.54
MATERIALES					
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		9.647	21.50	207.41
Arena gruesa	m3		0.239	50.00	11.95
Piedra chancada de 1"	m3		0.374	38.00	14.21
Agua	m3		0.184	0.75	0.14
Sika Aer	Kg		0.230	4.76	1.09
Sikament 306	Kg		4.100	3.92	16.07
Sika Rapid 1	Kg		7.380	4.54	33.51
Costo de Materiales					284.38
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36
Costo de Equipo y Herramientas					15.96
TOTAL					378.883

DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.45$.

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO

DISEÑO CONCRETO A/C=0.45	Costo (S/.)
$a/c=0.45$	358.820
$a/c=0.45+SA$	360.167
$a/c=0.45+SA+S306$	345.630
$a/c=0.45+SA+S306+SR$	378.883

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.45$.



D. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DISEÑOS DE MEZCLA $a/c=0.40$.

DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.40$ + INCORPORADOR DE AIRE + PLASTIFICANTE.

PARTIDA:	Concreto $f'c=350$ Kg/cm ² + aire incorporado + plastificante ($a/c=0.45$)			Unidad:	m ³
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m ³ /balde y 4,8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones			
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00	m ³ /dia		
Descripción	UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit.	Parcial
MANO DE OBRA					
Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00
Costo de Mano de Obra					78.54
MATERIALES					
Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		10.580	21.50	227.47
Arena gruesa	m ³		0.238	50.00	11.90
Piedra chancada de 1"	m ³		0.374	38.00	14.21
Agua	m ³		0.180	0.75	0.14
Sika Aer	Kg		0.256	4.76	1.22
Sikament 306	Kg		4.500	3.92	17.64
Costo de Materiales					272.58
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36
Costo de Equipo y Herramientas					15.96
TOTAL					367.076



DISEÑO DE MEZCLA $a/c=0.45$ + INCORPORADOR DE AIRE + PLASTIFICANTE + ACELERANTE DE FRAGUA.

PARTIDA:	Concreto $f'c=350$ Kg/cm² + aire incorporado + plastificante + acelerante de fragua ($a/c=0.45$)			Unidad:	m ³
Especificaciones:	Preparado con mezcladora de 9-11 p3, vibrador a gasolina de 4HP, winche eléctrico cap. 0.15 m ³ /balde y 4,8 HP.				
Cuadrilla:	Preparación y vaciado:	0.2 Capataz + 2 Operarios + 2 Oficiales + 8 peones			
Rendimiento:	Preparación y vaciado:	20.00	m ³ /día		
Descripción		UND	Cuadrilla	Cantidad	P. Unit. Parcial

MANO DE OBRA

Capataz	hh	0.20	0.080	20.10	1.61
Operario	hh	2.00	0.800	18.28	14.62
Oficial	hh	2.00	0.800	15.31	12.25
Peón	hh	8.00	3.200	13.77	44.06
Operador de equipo liviano	hh	1.00	0.400	15.00	6.00

Costo de Mano de Obra

78.54

MATERIALES

Cemento portland tipo IP (42.5 Kg)	bls		10.580	21.50	227.47
Arena gruesa	m ³		0.234	50.00	11.70
Piedra chancada de 1"	m ³		0.367	38.00	13.95
Agua	m ³		0.180	0.75	0.14
Sika Aer	Kg		0.256	4.76	1.22
Sikament 306	Kg		4.500	3.92	17.64
Sika Rapid 1	Kg		8.100	4.54	36.77

Costo de Materiales

308.88

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

Mezcladora de 9-11 p3	hm		0.400	12.00	4.80
Vibrador de 4HP	hm		0.400	8.00	3.20
Winche eléctrico de 2 tambores	hm		0.400	14.00	5.60
Herramientas (3%MO)			0.030	78.54	2.36

Costo de Equipo y Herramientas

15.96

TOTAL 403.384



DISEÑOS DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c = 0.40$.

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO

DISEÑO CONCRETO $A/C=0.40$	Costo (S/.)
$a/c=0.40+SA+S306$	367.076
$a/c=0.40+SA+S306+SR$	403.384

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO UNITARIO DE CONCRETO CON RELACIONES $a/c=0.40$.

