

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DEL ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE PLASTOL
200 EXT EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AREA DE INVESTIGACIÓN: ESTRUCTURAS

AUTORES: Br. MOLINA SEGURA, CARLOS JOEL

Br. SALDAÑA PACHECO, SAUL OMAR

ASESOR : Ing. MORAN GUERRERO VICTOR MANUEL

TRUJILLO – PERÚ
2014

Nro. REGISTRO _____

**Tesis: “INFLUENCIA DEL ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE PLASTOL
200 EXT EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO AUTO
COMPACTANTE EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO”**

Por: Br. MOLINA SEGURA CARLOS JOEL

Br. SALDAÑA PACHECO SAUL OMAR

Jurado evaluador

Presidente:

Ing. ROLANDO OCHOA ZEVALLOS

Secretario:

Ing. WILLIAM C. GALICIA GUARNIZ

Vocal:

Ing. JUAN PAUL HENRIQUEZ ULLOA

Asesor:

Ing. VICTOR MANUEL MORAN GUERRERO



PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a vuestra consideración, el presente trabajo de investigación titulado: “Influencia Del Aditivo Hiperplastificante Plastol 200 Ext En Las Propiedades Del Concreto Autocompactante En Estado Fresco Y Endurecido.”, con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El contenido de la presente tesis ha sido desarrollado considerando las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, normas técnicas según la línea de investigación, aplicación de conocimientos adquiridos durante la formación profesional en la universidad, consulta de fuentes bibliográficas especializadas y con la experiencia del asesor.

Br. Molina Segura Carlos Joel

Br. Saldaña Pacheco, Saúl Omar



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación representa el epilogo de una etapa muy importante durante de mi vida académica, que con mucho esfuerzo y sacrificio pude lograr, quiero dedicar y agradecer este logro en primer lugar a Dios todo poderoso, por iluminarme siempre en mi camino, darme fuerzas para lograr con éxito esta y muchas otras metas en mi vida.

A mis padres: María Segura Rodríguez y Carlos Molina Ríos, por su amor y apoyo incondicional en los momentos felices y difíciles de mi vida. Sin ellos no hubiera sido posible esta meta.

A mis Hermanos Johana, Luis y Paul por estar siempre a mi lado y darme el aliento a seguir adelante.

A mi enamorada, compañera y amiga, Leyla Rengifo Burgos, por brindarme su comprensión y darme momentos de felicidad.

A mis abuelos maternos Eulogia y Erasmo que desde niño me motivaron e inculcaron el sacrificio y perseverancia para el logro de una meta. Sé que desde el cielo ellos estarán orgullosos.

Finalmente quisiera dedicar este trabajo a mis Amigos Cae, Alama, Ticia, Johan, Peláez, Alender, Martin, Alex, Warren, Bryan, Albert, Baricyto y a todos mis compañeros de la UPAO, por brindarme su apoyo y amistad durante mi estancia en la Universidad.

Br. Carlos Joel Molina Segura



DEDICATORIA

Este Trabajo de Graduación quiero dedicarlo y agradecerlo principalmente a Dios todopoderoso porque ha sido Él quien ha hecho posible su finalización y me ha dado muchísimas bendiciones en mi vida, me ha guiado y protegido durante estos años de estudio y principalmente, ha sido Él quien me ha brindado la sabiduría para conducirme por la vida.

También dedico este trabajo a mis padres: Donatilda Pacheco Peralta y Enrique Saldaña Pacheco, porque han estado a mi lado a lo largo de mi vida y han sido mi apoyo y la luz en mi vida, porque nunca perdieron su confianza en mí, porque me han apoyado y educado en todo momento, porque se gozaron en mis triunfos y se entristecieron en mis fracasos y me dieron fuerzas para continuar cada día gracias.

A mis hermanos: Noelia, Arturo y Andy por su ayuda y apoyo incondicional durante toda mi vida, por compartir conmigo momentos bueno y malos, demostrándome que siempre cuento con ustedes sin importar las circunstancias.

A mis sobrinos a quien los quiero mucho Mathias, Joseth y Adrian porque le dieron a mi vida la razón de dar un paso cada día y el impulso para no desfallecer.

Finalmente quisiera dedicar este trabajo a mis amigos Marlon Oribe Rodríguez, Leonardo Solsol Ibañez, Héctor Rodríguez Alva y Paul Excamillo Rodriguez por su tolerancia, ayuda y apoyo durante la carrera universitaria.

Br. Saúl Omar Saldaña Pacheco



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a nuestros padres, y hermanos por su amor, paciencia, comprensión y apoyo constante en todo momento de nuestras vidas.

Agradecemos a nuestro asesor de tesis Ing. Víctor Manuel Moran Guerrero por su apoyo profesional, metodológico para la orientación en el desarrollo de nuestra tesis.

Agradecemos a Don Víctor Escobar por abrirnos las puertas de la empresa UNIBLOCK y brindarnos su apoyo incondicional y orientación profesional para el desarrollo de nuestra investigación.

A Juan Medina, jefe de Investigación de Química Suiza Industrial por brindarnos su amistad y ser en gran parte el artífice de esta investigación y apoyarnos con la logística en la obtención del aditivo.

A la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por el apoyo brindado en la etapa de nuestra titulación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que a lo largo de la formación académica nos inculcaron la dedicación al estudio y la constante superación personal.



INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 Delimitación del Problema.....	01
1.2 Antecedentes de la Investigación	03
1.3 Formulación del Problema.....	05
1.4 Hipótesis.....	05
1.5 Objetivos de Estudio.....	06
1.6 Justificación de Estudio	07

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Concreto Autocompactante.....	08
2.1.1 Definición	08
2.1.2 Evolución y Desarrollo	09
2.1.3 Características	11
2.1.4 Aplicaciones.....	13
2.1.5 Ventajas y Limitaciones	15
2.2 Componente del Concreto Autocompactante	16
2.2.1 Cemento	16
2.2.2 Agregado Grueso.....	18
2.2.3 Agregado Fino	20
2.2.4 Agua.....	21
2.2.5 Aditivos	23
2.2.6 Aditivos Hiperplastificantes	24
2.3 Concreto Autocompactante en estado fresco	29
2.3.1 Reología del Concreto	30
2.3.2 Trabajabilidad del Concreto	31



2.3.3 Ensayos de Concreto Autocompactante	35
2.3.3.1 Ensayo de Extensión de Flujo.....	35
2.3.3.2 Ensayo caja L	38
2.3.3.3 Ensayo Embudo en V	42
2.3.3.4 Ensayo Anillo J.....	45
2.3.3.5 Ensayo de Estabilidad GTM.....	48
2.4 Antecedentes sobre el Diseño de mezcla	48
2.4.1 Método de Dosificación de Okamura	48
2.4.2 Método de Dosificación por JSCE	49
2.4.3 Método de HAC Tipo Finos.....	50
2.4.4 Modificación del método para otros Tipos de HAC	51
2.5 Ensayos de Concreto Endurecido.....	52
2.5.1 Resistencia A la Compresión	53

CAPITULO III: MATERIAL Y METODO

3.1 Materiales	55
3.1.1 Cemento	55
3.1.2 Agregados.....	55
3.1.2.1 Agregado Fino	55
3.1.2.2 Agregado Grueso.....	57
3.1.3 Agua.....	59
3.1.4 Aditivo	59
3.2 Métodos	61
3.2.1 Introducción	61
3.2.2 Diseño de la Investigación	62
3.2.3 Variables de Estudio y Operacionalización	63
3.2.3.1 Variables	63
3.2.3.1.1 Las Variable Independiente.....	63



3.2.3.1.2 Las Variables Dependientes	63
3.2.3.2 variables Fijo	64
3.2.4 Operacionalizacion de las Variables	64
3.2.5 Instrumentos de recolección de Datos	65
3.2.6 Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos	65

CAPITULO IV: DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1 Introducción	66
4.2 Caracterización del CAC en estado Fresco	67
4.2.1 Diseño de Mezcla del CAC	67
4.2.2 Ensayo de Trabajabilidad del CAC	68
4.2.2.1 Ensayo de Extensibilidad	68
4.2.2.2 Ensayo de Anillo Japonés.....	69
4.2.2.3 Ensayo del Embudo V.....	70
4.2.2.4 Ensayo de Estabilidad de Tamiz GTM.....	71
4.2.2.5 Ensayo de la Caja L.....	71
4.3 Caracterización del CAC en estado Endurecido	72
4.3.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	72

CAPITULO V: RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSION

5.1 Ensayo de Extensión de Flujo (Cono De Abrams).....	73
5.2 Ensayo de Capacidad de Flujo (Embudo V)	78
5.3 Ensayo de Resistencia Al Paso (Caja L)	83
5.4 Ensayo de Resistencia Al Paso (Anillo J)	88
5.5 Ensayo de Estabilidad Tamiz GTM(Resistencia a la Segregación) ...	90
5.6 Resistencia a la Compresión ASTM C 39-99.....	92



CAPITULO VI: CONCLUSIONES	95
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	96
CAPITULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS.	101

INDICE DE CUADROS

Tabla 2.1 Limites de Granulometría del Agregado Fino.....	20
Tabla 2.2 Contenido de Ión cloruro en el Agua.....	22
Tabla 2.3 Mecanismo de Acción de Aditivos Hiperplastificantes	27
Tabla 3.1 Características Físicas del Agregado fino.....	56
Tabla 3.2 Características Físicas del Agregado Grueso	58
Tabla 3.3 Operacionalización de Variables.....	64
Tabla 4.1 Especificaciones del diseño de Mezcla EFNARC	67
Tabla 5.1 Resultados del ensayo de extensión de flujo	73
Tabla 5.2 Resultados del ensayo de capacidad de flujo (embudo V)	78
Tabla 5.3 Resultados del ensayo de Resistencia Al paso (Caja en L).....	83
Tabla 5.4 Resultados del ensayo de Resistencia Al paso (Anillo J).....	88
Tabla 5.5 Resultados del ensayo resistencia a la Segregación GTM.....	90
Tabla 5.6 Resultados del ensayo a la Compresión 3,7 y 28 días	92



INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2.1 Vista de uno de los anclajes del puente colgante Kobe, Japón, construidos con hormigón autocompactante.....	14
Figura 2.2 Comportamiento interno de la Mezcla	34
Figura 2.3 Ensayo de extensión de Flujo.....	35
Figura 2.4 Equipo de Caja L	39
Figura 2.5 Equipo de Embudo en V	43
Figura 2.6 Equipo de Anillo J	46
Figura 2.7 Ensayo Resistencia a la Compresión	54
Figura 3.1 Ubicación de la cantera Agregados	56
Figura 3.2 Aditivo Plastol 200 Ext.....	60
Figura 3.3 Diseño de la Investigación	62
Figura 5.1. Diámetro Máximo (cm) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo de extensión de Flujo	74
Figura 5.2. T_{50cm} (Segundos) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo de extensión de Flujo	76
Figura 5.3. T_{10s} (Segundos) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo de embudo en V.....	79
Figura 5.4. T_{5min} (Segundos) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo de embudo en V.....	81
Figura 5.5. T_{20s} (Segundos) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo de Caja en L.....	84
Figura 5.6. T_{40s} (Segundos) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo de Caja en L.....	85
Figura 5.7. : H_2/H_1 vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo de Caja en L.....	87
Figura 5.8. : \varnothing_{max} (cm) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo Anillo Japonés.....	89
Figura 5.9. : Que pasa tamiz #4 (%) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo de Estabilidad GTM.....	91
Figura 5.10: Resistencia a la Compresión (Kg) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. Ensayo de Rotura.....	93



Resumen:

El presente trabajo de tesis de grado, titulado "Influencia del aditivo hiperplastificante Plastol 200 Ext en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido" tiene como objetivo fundamental determinar la influencia del aditivo Hiperplastificante a base de policarboxilatos en el concreto Autocompactante con agregados locales y determinar la influencia del aditivo, en las propiedades del concreto autocompactante en estado Freso y endurecido.

Para lo cual, en primer lugar realizaran los diseños de concreto, luego del cual se procederán a analizar la trabajabilidad de concreto autocompactante en estado fresco mediante los ensayos de Extensibilidad, embudo V, Anillo J, Caja En L y de estabilidad de tamiz a través de la malla GTM. Posteriormente se ejecutara el ensayo de rotura del CAC en estado endurecido. Con los resultados obtenidos de los ensayos de trabajabilidad y de rotura determinaremos cual es la influencia del aditivo en estudio.

Abstract

The present work of thesis entitled "Influence of additive Plastol 200 Ext hiperplastificante in the properties of self-compacting concrete in fresh and hardened" main purpose is to determine the influence of the additive Hiperplastificante polycarboxylate based on local Self Compacting Concrete aggregates and determine the influence of the additive on the properties of self-compacting concrete in fresco and hardened state. For this purpose, first undertake designs concrete, after which they will proceed to analyze the workability of self-compacting concrete fresh by tests Extensibility funnel V, Ring J, L-box and stability of sieve through GTM mesh. Later the burst test ACC cured state is executed. With the results of the tests breakage workability and determine which is the influence of the additive under study.



I. INTRODUCCION

1.1 Delimitación del Problema

La industria de la construcción es una actividad de suma importancia dentro del desarrollo económico de un país, constituyendo un verdadero motor en el progreso de una sociedad, es por eso que en la actualidad el concreto ha experimentado un gran avance de nuevas tecnologías que ha originado cada vez más considerar a los aditivos como un componente normal dentro de la Tecnología moderna del concreto. Es así que la industria de los aditivos del concreto se ha visto en la necesidad de buscar nuevas tecnologías que aporten mejoras a la calidad del concreto de acuerdo a las necesidades de los actuales proyectos que se desarrollan en nuestro País.

En nuestro medio, principalmente en la provincia de Trujillo, departamento de la libertad, existen constructoras de trayectoria como KVC, BECKTEL, ARTECO, entre otras, que se dedican a la construcción y levantamiento de edificios, condominios, viviendas y otras obras civiles empleando para ello concreto convencional, el cual es un concreto con escasa fluidez y poca facilidad de colocación lo que origina una construcción más lenta o trabada, necesitando para ello un elevado número de mano de obra. Es por ello que el concreto Autocompactante es una buena alternativa para combatir las dificultades que presenta el concreto convencional que vienen siendo usados por las constructoras en la provincia de Trujillo.

El concreto Autocompactante desarrollado con aditivos Hiperplastificantes A base de Policarboxilatos, es un nuevo concepto de Concreto que ofrece una muy buena colocación de la mezcla, suprimiendo la obligatoria fase de vibrado, pero Lo aditivos Hiperplastificante a base de Policarboxilatos han sido desarrollados hace



poco, es motivo por el cual, no existe la debida información que pueda motivar su uso e investigación, por ésta razón estos aditivos no son muy comerciales lo cual ha ocasionado que tenga un elevado costo en la industria de la construcción, por ende, las empresas constructoras prefieren seguir utilizando los aditivos convencionales; vale resaltar que los aditivos a base de Policarboxilatos pueden obtener mayores beneficios en proyectos que demanden una gran cantidad de concreto.

El Concreto Autocompactable, se ha descrito como “el desarrollo más revolucionario de las últimas décadas en el campo de la construcción”. En un principio se diseñó para compensar una creciente escasez de personal especializado, pero ha demostrado ser beneficioso económicamente debido a varios factores, entre los que se cuentan los siguientes:

- una construcción más rápida.
- reducción de la mano de obra necesaria para la puesta en obra.
- un mejor acabado superficial.
- mayor facilidad de colocación.
- mejora de la durabilidad.
- mayor libertad y posibilidades en el diseño.
- secciones de hormigón más reducidas.
- reducción de los niveles de ruido, ausencia de vibraciones.
- un entorno de trabajo más seguro.



1.2 Antecedentes de la Investigación

Para sustentar este proyecto de investigación se ha tomado como antecedentes diversos estudios realizados del concreto autocompactante a nivel nacional e internacional.

- **Los aditivos de última generación, en la elaboración de los concretos Autocompactados.** Tesis presentada de la facultad de ingeniería civil, Universidad Privada Ricardo Palma.

Autor: Magna Quijano Yesica E.

País: Lima

Año: 2009

RESUMEN

La presente tesis de investigación analiza la importancia de estudiar el comportamiento de los aditivos de última generación, con el fin de obtener mezclas optimizadas autocompactantes, debido al poder que tienen como reductores de agua y capacidad dispersante. Así mismo, lograr obtener mezclas con una elevada fluidez manteniendo la extensibilidad en el tiempo.

Para el desarrollo de mezclas, se optó por considerar 4 contenidos de cemento (cemento Sol Tipo I) diferentes, siendo éstos: 390 kg, 360 kg, 330 kg Y 300 kg de los cuales los contenidos de cemento de 330 y 300 kg son cantidades menores a lo recomendado por las normas para un diseño de concreto autocompactado considerándose dichas cantidades para evaluar el correcto desempeño de las mismas con fines económicos.

- **Concreto Autocompactable: Propuesta para el diseño de mezcla. Beneficios técnicos y consideraciones básicas para su**



implementación en el Salvador”. Tesis presentada de la facultad de ingeniería y Arquitectura, Universidad de el Salvador.

Autor: Selma Idalia González Morán.

País: El Salvador

Año: 2005

Resumen

La presente Tesis de investigación está enfocado en el planteamiento de una alternativa de solución a los problemas de colocación del concreto, para estructuras donde los procedimientos tradicionales de compactación no son suficientes para las exigencias de calidad solicitadas.

Se pretende lograr al término del estudio la propuesta para el diseño de mezcla de CAC con los recursos disponibles en el medio (El Salvador), donde la metodología aplicada esté fundamentada en principios lógicos y sugerencias bibliográficas que respalden la calidad de los resultados obtenidos, además es posible valorar las consideraciones necesarias para implementarlo en El Salvador durante el proceso de proporcionamiento de las mezclas, según las experiencias obtenidas.

- **Influencia de la dosificación y empleo de diferentes tipos de cemento y adiciones en las propiedades mecánicas del hormigón Autocompactante.** Tesis Doctoral presentada al Departamento de Ingeniería Civil y Construcción, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Autor: Ángel Vilanova Fernández

País: España

Año: 2009

Resumen



El presente trabajo de investigación tiene como finalidad estudiar el comportamiento de las propiedades mecánicas del hormigón Autocompactante, tanto de manera general como en función de los tipos de cemento y de las adiciones utilizadas en sus dosificaciones. Por otro lado, estudiar también la aplicabilidad en el hormigón Autocompactante de los actuales modelos de cálculo con las que se miden esas propiedades mecánicas en el hormigón convencional.

Las propiedades mecánicas estudiadas en el hormigón Autocompactante en el presente trabajo fueron la resistencia a compresión, el módulo de deformación, la resistencia a tracción y la resistencia a flexotracción. Los tipos de cemento escogidos para llevar a cabo el estudio fueron los cementos tipo I, II y III, de manera general y los tipos I y II de manera específica, mientras que las adiciones minerales consideradas fueron, el humo de sílice, las cenizas volantes, el filler calizo y las escorias de alto horno.

1.3 Formulación del Problema

¿Cuál es la influencia del aditivo Hiperplastificante Plastol 200 Ext en las propiedades del Concreto Autocompactante en estado Fresco y Endurecido?

1.4 Hipótesis

El uso de los aditivos Hiperplastificantes Plastol 200 Ext a base de Policarboxilatos, mejorará las propiedades del concreto Autocompactante en estado fresco y endurecido.

1.5 Objetivos de Estudio



1.5.1 Objetivo General

Determinar la dosis del aditivo Hiperplastificantes Plastol 200 Ext. a base de Policarboxilatos, en las propiedades del concreto Autocompactante en estado fresco y endurecido.

1.5.2 Objetivo Específico

- Definir los componentes y las propiedades del concreto en estado fresco (Trabajabilidad) y endurecido (resistencia a la compresión) del concreto.
- Establecer diseños de mezclas utilizando diferentes tasas de aditivo Hiperplastificantes dentro del rango determinado por el fabricante, considerándolos así como concretos con buena trabajabilidad y mantengan mayor fluidez en el tiempo mejorando las propiedades reológicas del concreto.
- Inspeccionar en base a la determinación de parámetros como, peso volumétrico, temperatura, y contenido de aire que el concreto en estado fresco cumpla con ciertos requisitos establecidos en normas. (ASTM C-94, ASTM C-494).
- Evaluar en base a la Norma Europea EFNARC y determinar mediante graficas la influencia del aditivo Plastol 200 Ext. En la capacidad de relleno, Capacidad de paso y resistencia a la segregación del concreto Autocompactante en estado fresco.



- Evaluar en base a la norma de ensayo de resistencia a la compresión del concreto (ASTM C-39) y determinar mediante graficas la influencia del aditivo Plastol 200 Ext. En la resistencia a la compresión del concreto autocompactante en estado endurecido.

1.6 Justificación de Estudio

Debido a la necesidad cada vez más grande que se tiene en el país de realizar construcciones que requieren concretos con mayor trabajabilidad y fluidez, se cree necesario realizar una investigación sobre la **“INFLUENCIA DEL ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE PLASTOL 200 EXT EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO”**.

Dado que es imperativo utilizar aditivos Hiperplastificantes para elaborar este tipo de concreto se considera necesario determinar el rango más adecuado de tasas en el que estos mejoren al máximo su trabajabilidad sin afectar sus propiedades mecánicas.

Por tanto, se ha propuesto realizar esta investigación, la cual brindara información sobre el comportamiento de las mezclas de concreto Autocompactante, utilizando diferentes tasas de aditivo Hiperplastificante, tanto en estado fresco mediante los diferentes ensayos que evalúan su capacidad de fluidez del concreto, como en estado endurecido mediante el ensayo de resistencia a la compresión.

Con la realización de este trabajo de investigación para la obtención de tesis, se pretende obtener un documento que compile los resultados obtenidos de la realización de los ensayos de laboratorio, sirviendo estos de insumos para el diseño de mezclas de concreto, o como apoyo didáctico para el conocimiento de esta temática



II. MARCO TEORICO

2.1 Concreto Autocompactante

2.1.1 Definición

El hormigón Autocompactante es un hormigón capaz de compactarse por acción de la gravedad que llena los encofrados y discurre entre las armaduras sin necesidad de aplicar medios de compactación internos o externos y manteniéndose, durante su puesta en obra, homogéneo y estable sin presentar segregaciones. La consistencia del hormigón autocompactante presenta cierta viscosidad que le caracteriza y, a la vez, la diferencia de los hormigones convencionales de consistencia fluida.

Como consecuencia del párrafo anterior, podemos definir la autocompactabilidad como la propiedad que presentan algunos hormigones de consistencia fluida y viscosa de compactarse sin necesidad de aportación de energía (vibración), rellenando los encofrados y discurriendo entre las armaduras sin que se produzca sangrado de la lechada ni bloqueo del árido grueso.(8)

Un Concreto Autocompactante en estado fresco se puede decir que cumple con la condición de autocompactación si cumple simultáneamente tres requisitos fundamentales dada por la norma UNE los tres requisitos son Capacidad de relleno, Capacidad de Paso y resistencia a la segregación.

Una mezcla de hormigón sólo puede clasificarse como autocompactante si se cumplen los requisitos para estas tres características. (11)



2.1.2 Evolución y desarrollo

En las últimas décadas la industria de la construcción ha mostrado gran preocupación e interés en el proceso de compactación del concreto, debido a la importancia que éste tiene en el rendimiento del producto terminado; que aunado a la creciente escasez de personal especializado en el uso de equipos que permitan realizar la compactación de forma correcta, ha permitido que se desarrollen nuevas tecnologías de vibración y consolidación, de igual forma la evolución en el diseño de estructuras cada vez más complejas y sofisticadas, evidencia que los métodos convencionales para la colocación del concreto ya no resulta efectiva.

La respuesta a estas necesidades es la utilización de un tipo de concreto que no dependa de las técnicas de vibración para la adecuada compactación, el cual recibe el nombre de Concreto Autocompactable, definido como “aquel concreto que es capaz de fluir en el interior del encofrado, relleno de forma natural el volumen del mismo, pasando entre las barras de armadura y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso sin compactación interna o externa”. (5)

La historia del CAC se remonta a los años de 1975 y 1976 periodo durante el cual se desarrolló un modelo muy cercano al actual, el cual surgió a partir del advenimiento de los superplastificantes y de componentes que juegan un papel importante en la determinación de las propiedades reológicas necesarias para el CAC. En este momento el máximo revenimiento admitido por el ACI era de 175 mm, ya que con un revenimiento mayor el sangrado del concreto aumenta fuertemente incluso utilizando grandes cantidades de cemento;



con la utilización del superplastificante fue posible producir concretos fluidos con flujo de revenimiento de 250 mm sin presentar sangrado o con un sangrado despreciable, siempre que se utilice una proporción de cemento adecuada. (5)

En este momento surgió el concepto de concreto reoplástico como aquel concreto que además de ser muy fluido es también muy cohesivo y por consiguiente tiene una baja tendencia a la segregación y sangrado; el principio básico para la producción de concretos fluidos no segregables e incluso autocompactables es la combinación de superplastificantes con un volumen considerable de finos, los cuales pueden obtenerse a partir de arenas muy finas, un incremento en el volumen de cemento y el uso de adiciones. (5)

La evolución en el uso de los aditivos ha sido esencial para la caracterización del CAC; el aditivo superplastificante de alto rango fue desarrollado a principios del año 2000, el cual pertenece a la evolución de los aditivos reductores de agua. Pero actualmente se desarrollaron los aditivos superplastificantes a base de polímeros de policarboxilatos o también denominados Hiperplastificantes que permiten obtener reducciones mayores de agua, con lo cual es posible el diseño del CAC. (5)

El Profesor Okamura de la Universidad de Tokio (Japón) introdujo en 1986 el concepto del CAC promoviendo estudios sobre la trabajabilidad del hormigón que dieron lugar al primer prototipo en 1988. Grandes constructoras japonesas (Kajima company, Maeda company, Taisei Group company) rápidamente tomaron las ideas. Los constructores usaron su investigación en su lugar de trabajo y desarrollaron facilidades para perfeccionar su propia tecnología de CAC. Cada compañía desarrollo su propio diseño de mezcla y entrenaron



su propio personal para actuar como técnicos para ensayar mezclas de CAC en situ. (15)

A partir de la aparición del prototipo del CAC, se inició a nivel mundial una investigación intensiva en varios países, especialmente entre los institutos de investigación de grandes compañías de construcción.

En Estados Unidos las investigaciones son conducidas por los productores de aditivos. En Europa las investigaciones se iniciaron en 1996 y fueron impulsadas por el financiamiento proveniente de la Unión Europea; realizadas con la colaboración de académicos y socios industriales; esta tecnología fue rápidamente implementada y explotada debido al descubrimiento de los beneficios potenciales derivados de su uso.

Así nace el HAC, configurando una alternativa novedosa, ya que además de presentar una serie de ventajas en estado fresco (fluidez, cohesión, viscosidad, homogeneidad, trabajabilidad), ofrece unas excelentes propiedades en estado endurecido (resistencia, durabilidad, etc.), mejorando las condiciones de trabajo (actividad de compactación, ruido) y la productividad. (15)

2.1.3 Características

Las características del CAC son su deformabilidad y todas sus prestaciones se logran con la fluidez, viscosidad y cohesión apropiadas en las mezclas de estos concretos. La fluidez alta proporciona la facilidad de colocación del concreto en el encofrado y el relleno del mismo, y la viscosidad y cohesión moderadas evitan la segregación de sus componentes garantizando una deformabilidad uniforme en el proceso de



colocación. En este sentido, la facilidad para el relleno y el paso entre las armaduras son parámetros esenciales en la definición de las prestaciones de este tipo de concreto.

El CAC se caracteriza por contar con las siguientes características:

- **Capacidad de relleno**, es la capacidad del CAC de rellenar los espacios de un encofrado solamente por la acción de su propio peso, sin la necesidad de compactación por vibrado.
- **Capacidad de paso**, es la capacidad de fluir a través de las barras del refuerzo del elemento estructural sin que se presente ningún tipo de bloqueo entre agregado – agregado y agregado – refuerzo.
- **Resistencia a la segregación**, es la capacidad de este tipo de concreto de tomar una consistencia muy fluida sin permitir segregación.

En esencia, para que la mezcla de concreto sea considerada autocompactable, debe tener la característica de fluir fácilmente y así llenar completamente los espacios dentro de las formas reforzadas por efecto de su propio peso, la mezcla deberá también tener una buena estabilidad para resistir la segregación. (5)

Las características prestacionales específicas que aporta el concreto Autocompactante son:

- Gran facilidad de colocación que permite que el hormigón alcance lugares de difícil acceso y rellene completamente secciones con elevada densidad de armaduras.
- Elimina los medios de compactación, ahorrando la energía correspondiente y evitando el elevado nivel de ruido que genera la vibración.



- Mejora la seguridad y salud en la obra al evitar, durante el proceso de puesta en obra del hormigón, el uso de mangueras con conductores de electricidad, la generación de ruidos y la realización de una actividad poco ergonómica como es el vibrado interno de la sección de hormigón.
- Mejora las condiciones medio ambientales en el entorno de las obras al evitar ruidos y reducir los plazos de ejecución.
- Es un material adecuado para colocarlo mediante bombeo.
- Ahorra el coste de los equipos de compactación y el correspondiente a la conservación y mantenimiento de los mismos, así como el inmovilizado en lista de repuestos.
- Ahorra el consumo de energía, generalmente eléctrica, utilizada en el proceso de puesta en obra del hormigón.
- Mejora la calidad de acabado de las superficies vistas, aumentando su uniformidad como consecuencia de eliminar la heterogeneidad que produce el vibrado.
- Acorta los plazos de ejecución.
- Aumenta el número de puestas del encofrado en la misma cantidad de tiempo. (8)

2.1.4 Aplicaciones

Después del desarrollo del prototipo del hormigón autocompactante en 1986, muchas investigaciones fueron llevadas a cabo en diversos lugares, especialmente en los departamentos de investigación de las grandes empresas de construcción. Como resultado de ello, el hormigón autocompactante empezó a ser utilizado en distintos tipos de



construcciones, tales como puentes, especialmente en anclajes, arcos, vigas, torres y juntas. También en túneles, edificaciones, tanques, tuberías, etc.

En la actualidad no se puede hablar de una utilización sistemática o exhaustiva del HAC, pero sí existen referencias de aplicaciones pioneras de los mismos, principalmente en Japón, donde se realizaron las primeras experiencias. A continuación se detallan algunas de las aplicaciones más significativas. (7)

La primera aplicación importante de hormigón autocompactante se llevó a cabo en el año 1991 en las torres de hormigón pretensado del puente colgante Shin-Kiba Ohashi en Japón. El hormigón autocompactante fue utilizado en la construcción de dos gigantes anclajes situados a cada extremo del puente como se muestra en la figura 2.1

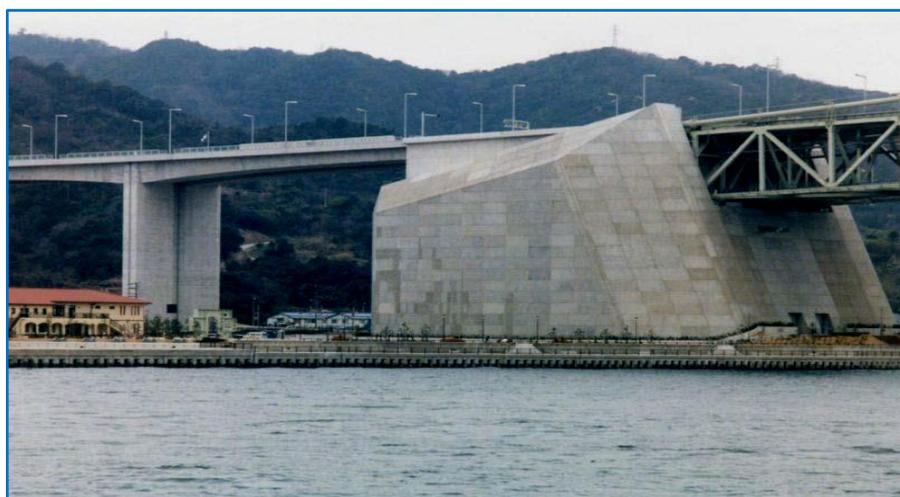


Figura 2.1 Vista de uno de los anclajes del puente colgante Akashi-Kaikyo en Kobe, Japón construido con hormigón autocompactante.



2.1.5 Ventajas y Limitaciones

El CAC puede describirse como la tecnología más revolucionaria de las últimas décadas en el campo de la construcción con concreto. En un principio se diseñó para compensar una creciente escasez de personal especializado, pero ha demostrado ser beneficioso tanto técnica como económicamente debido a la influencia de varios factores, entre los que se pueden mencionar: (5)

1. Reducción de la mano de obra para la colocación.
2. Un mejor acabado superficial.
3. Mayor facilidad de colocación.
4. Buen desempeño mecánico y durabilidad de los elementos y estructuras.
5. Elementos de concreto sin oquedades internas, ni agrietamientos que permiten el acceso de agentes nocivos para el concreto.
6. Reducción de costos y tiempos asociados con la colocación y el vibrado.
7. Reducción de los tiempos de ejecución de la obra.
8. Reducción de los niveles de ruido provocado por el uso de vibradores durante el proceso de colocación del concreto.
9. Un entorno de trabajo más seguro.
10. Reducción de herramientas y equipos necesarios para la colocación del concreto.

La ventaja más importante de este concreto es la uniformidad estructural que puede lograrse sin que el proceso de colocación tenga un efecto negativo, como sucede con el concreto convencional, en el que a pesar de un alto



revenimiento no se puede garantizar que fluya por el refuerzo si no se asegura la consolidación por medios mecánicos.

El CAC tiene también ciertas limitaciones que deben ser consideradas para poder implementarlo en las obras de nuestro país, entre las que se mencionan:

1. En los ensayos de laboratorio para el control de calidad del CAC, aun no se han establecido parámetros estándar, para cuantificar las propiedades físicas.
2. Una de las limitaciones en la producción del CAC, es el alto costo de los materiales, especialmente los aditivos hiperplastificantes, necesarios para obtener la autocompactabilidad de este concreto.
3. La mayoría del equipo para realizar los ensayos al CAC en estado fresco, es de uso específico en los países precursores sobre la investigación de esta tecnología; debido a esto la evaluación de las características de la trabajabilidad, es limitada.

2.2 Componentes del Concreto Autocompactante

2.2.1 Cemento

El cemento es un aglomerante hidráulico, esto quiere decir que reacciona y fragua en presencia de agua. Al ser mezclado con piedra, arena y agua, crea una mezcla denominada concreto. En términos generales, el cemento se puede describir como un polvo muy fino que puede ser grisáceo o blanco. Desde el punto de vista químico se trata de una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio, obtenidos a través del cocido de calcáreo,



arcilla y arena. El material obtenido molido muy finamente, una vez que se mezcla con agua se hidrata y se solidifica progresivamente.

Conocer la clasificación del cemento según las normas, ayuda a elegir criterios para los diseños de mezclas, pues las tablas, procedimientos, relaciones agua-cemento y dosificaciones en general del concreto, dependen en gran parte del tipo de cemento ya que presentan características diferentes, principalmente en la resistencia inicial. (13)

Las normas que se aplican a los cementos que se comercializan en Perú son:

- ASTM C 91 Especificación estándar para Cementos de Albañilería
- ASTM C 150 Especificación estándar para Cemento Portland (puro o normal)
- ASTM C 595 Especificación estándar para Cementos Hidráulicos Adicionados (con puzolanas o escoria de alto horno, por ejemplo)
- ASTM C 1157 Especificación estándar para Cementos Hidráulicos (en general).

Se debe tomar en cuenta que en el Perú los cementos hidráulicos mezclados o adicionados que son producidos o importados al país deben cumplir con las características estipuladas en la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 (17)

Cemento Portland:

Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de



otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. NORMA ITINTEC 334.001. (17)

Cemento Portland Puzolánico Tipo 1P:

Es el cemento portland que presenta un porcentaje adicionado de puzolana entre 15% y 45%. NORMA ITINTEC 334.044. (17)

Cemento Pórtland Puzolánico Tipo 1PM:

Es el cemento portland que presenta un porcentaje adicionado de puzolana menor de 15%. NORMA ITINTEC 334.044. (17)

2.2.2 Agregado grueso

Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma ITINTEC 400.037. (17)

Para su buena utilización no deben ser demasiado porosos, ni de forma muy alargada de acuerdo con los requerimientos que establece la Norma ASTM C 33 (Especificación Estándar para Agregados del Concreto). Los agregados gruesos deben estar acorde a los requerimientos descritos en esta norma en lo referente a su granulometría para cada número de tamiz, según el tamaño de agregado a utilizar. El tamaño del agregado se encuentra en función de las necesidades específicas para el diseño del concreto.

Las especificaciones de los límites permisibles de sustancias perjudiciales en los agregados gruesos a utilizar en la



fabricación de concreto dependerán del tipo de agregado, la abrasión y elementos a los que serán expuestos. El agregado grueso para uso en concreto que estará expuesto con frecuencia al agua, debe estar libre de material que pueda reaccionar de manera perjudicial con el cemento.

La humedad de los agregados está compuesta por humedad de saturación y humedad superficial o libre. Para corregir el peso del material en las mezclas, se obtiene el porcentaje de humedad contenida, además del porcentaje de absorción del agregado. Los agregados se encuentran en cualquiera de los siguientes estados:

- Seco al horno: completamente seco y absorbente.
- Seco al aire: seco en su superficie pero con poco contenido de humedad, menor que la requerida para saturar las partículas. Poco absorbente.
- Húmedo: contiene exceso de humedad en la superficie de las partículas.
- Saturado y de superficie seca (seco saturado): condición ideal que debe tener el agregado para que no adicione o absorba agua del concreto. Se debe considerar que todos los cálculos deben basarse en el agregado en esta condición.

Es necesario conocer el peso unitario, el cual es el peso del agregado con respecto a su volumen, según las especificaciones de la Norma ASTM C 29. Al determinar el peso unitario se observa que está influenciado por el grado de asentamiento y por el contenido de humedad, por lo que debe calcularse con el material seco apisonado y suelto.



2.2.3 Agregado fino

El agregado fino para un concreto se determina como el material que pasa por el tamiz No. 4 hasta el tamiz No.100 y se clasifica en arena natural, de canto rodado o de río, manufacturada o combinación de ambas. Deberá estar graduado dentro de los límites que se establecen en la Norma ASTM C 33. (17)

Tabla 2.1 Límites de granulometría para el agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8" (9,50 mm)	100%
No. 4 (4,75 mm)	95 a 100%
No 8 (2,36 mm)	80 a 100%
No 16 (1,18 mm)	50 a 85%
No 30 (600 um)	25 – 60%
No 50 (300 um)	10 – 30%
No 100 (150 um)	2 a 10%

Fuente: ASTM International, Especificación Estándar para Agregados del Concreto ASTM C 33-03, p. 5.

La forma y textura del agregado grueso también influye en el agregado fino. Las partículas alargadas, aplanadas o de formas cúbicas y textura rugosa requieren una mayor cantidad de arena, agua y pasta en una mezcla, debido a la fricción que generan entre ellas es mayor en comparación con los agregados de canto rodado y de textura lisa. El uso del agregado fino en el concreto incrementa su resistencia a compresión, manejabilidad y densidad, sin embargo, la



adición de este puede afectar el espacio entre los poros influyendo en el flujo del agua a través del concreto por lo que su uso debe ser limitado.

2.2.4 Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable. Se utilizará aguas no potables sólo si: (17)

- a) Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.
- b) La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.

Las sales u otras sustancias nocivas presentes en los agregados y/o aditivos deberán sumarse a las que pueda aportar el agua de mezclado para evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes.

La suma de los contenidos de ion cloruro presentes en el agua y en los demás componentes de la mezcla (agregados y aditivos) no deberán exceder los valores indicados en la Tabla 2.2. (17)



Tabla 2.2 Contenido de Ión cloruro en el Agua

Tipo de Elemento	Contenido máximo de ión cloruro soluble en agua en el concreto, expresado como % en peso de cemento
Concreto pretensado:	0.06
Concreto armado expuesto a la acción de cloruros.	0.10
Concreto armado no protegido que puede estar sometido a un ambiente húmedo pero no expuesto a cloruros (incluye ubicaciones donde el concreto puede estar ocasionalmente húmedo tales como cocinas, garajes, estructuras ribereñas y áreas con humedad potencial por condensación).	0.15
Concreto armado que deberá estar seco o protegido de la humedad durante su vida por medio de recubrimiento impermeable.	0.80

Fuente: Norma E 0.60 Concreto Armado

El agua de mar sólo podrá emplearse en la preparación del concreto si se cuenta con la autorización del Ingeniero Proyectista y del Inspector. No se utilizará en los siguientes casos: (17)



- ✓ Concreto presforzado.
- ✓ Concretos con resistencias mayores de 175 kg/cm² a los 28 días.
- ✓ Concretos con elementos embebidos de fierro galvanizado o aluminio.
- ✓ Concretos con un acabado superficial de importancia.

No se utilizará en la preparación del concreto, en el curado del mismo, o en el lavado del equipo, aquellas aguas que no cumplan con los requisitos anteriores. (17)

2.2.5 Aditivos

Según el ACI 116.R, los aditivos son materiales distintos del agua, agregados, cemento hidráulico, y adiciones que se utilizan como ingredientes del concreto y se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades, para que se adecuen mejor a las condiciones de trabajo, haciendo posible un adecuado transporte, comportamiento durante y después de colocado o para reducir los costos de producción. (2)

Según la norma NORMA ITINTEC 339.086, Sustancia añadida a los componentes fundamentales del concreto, con el propósito de modificar algunas de sus propiedades. (17)

El término “aditivo”, abarca un amplio campo de materiales y productos; algunos de los cuales son generalmente muy usados, mientras otros tienen una aplicación limitada. (2)



2.2.6 Aditivos Hiperplastificantes

El aditivo Hiperplastificante proporciona al concreto extraordinarias cualidades de trabajabilidad con menor cantidad de agua, proporcionando un hormigón con mejores prestaciones. (Instituto del Cemento y del Hormigón.2010). (3)

El aumento de docilidad permite la colocación del concreto en estructuras complicadas, con alta densidad de armadura o con efectos superficiales especiales sin necesidad de incrementar cantidad de agua de amasado y por consiguiente la dosis de cemento para obtener las resistencias especificadas. (Revista de la Construcción, Vol. 4, N°1, agosto, 2010). (12)

La disminución de la dosis de agua y en consecuencia de la razón agua/cemento, manteniendo una determinada trabajabilidad, permite aumentar la compacidad del hormigón y, por consiguiente otras características con resistencia, impermeabilidad y durabilidad. Por la misma razón, la retracción y en consecuencia, la tendencia a la fisuración se ven disminuidas. (3)

La acción de los aditivos hiperplastificantes puede ser causada por el efecto combinado de acciones de tipo físico - químico, dependiendo la preponderancia de la composición de alguna de ellas. Los aditivos hiperplastificantes corresponden a una nueva generación de aditivos plastificantes en base a productos melamínicos o naftalínicos, constituyendo una evolución a los aditivos reductores de agua, en que la absorción y capacidad de dispersión del cemento es mucho más acentuada. (González, Isabel – Hormigones de alta resistencia. Intemac, 2003). Los aditivos hiperplastificantes



mejoran la trabajabilidad del concreto en presencia de una relación A/C constante (cantidad de agua de mezcla inalterada). Se puede además, si bien en forma controlada, conjugar los dos efectos, mejorando la trabajabilidad y reduciendo la relación A/C. (González, Isabel – Hormigones de alta resistencia. Intemac, 2003). Un posible efecto secundario que se puede dar seguidamente al uso de estos aditivos es una cierta demora en el fraguado en este punto entran en juego las características del cemento y de los agregados usados. Por esto se recomienda verificar la compatibilidad entre los constituyentes y los aditivos, sobre todo en el caso de las dosificaciones elevadas de aditivos o también cuando se trabaja con más de un aditivo simultáneamente. (3)

Esto se traduce en un enorme aumento de la trabajabilidad del concreto, sin modificar la cantidad de agua. El resultado es un hormigón más fluido, de baja tendencia a la segregación y, por lo tanto, se reduce el trabajo de colocación y minimizando la necesidad de vibrar, salvo en zonas densamente armadas. En los concretos prefabricados y pretensados principalmente, los aditivos hiperplastificantes se han utilizado desde hace años para la obtención de concretos de mejor calidad y mucho más trabajables. (3)

Estos aditivos se han utilizado ampliamente bajo el nombre genérico de aditivo hiperplastificante o reductor de agua de alto rango, éste último término tiende a confundirlos con los aditivos plastificantes. (5)

Pueden utilizarse también como reductores de agua, siendo posible en este caso, dado su apreciable efecto, alcanzar disminuciones en la cantidad de agua entre 20 %. Ello permite



obtener un fuerte incremento en las resistencias, especialmente en las primeras edades, por lo que pueden utilizarse como aceleradores de endurecimiento o aditivos para concretos de alta resistencia (Revista Construcción y Tecnología, IMCYC , Julio 2010). (16).

❖ **Características de comportamiento**

Como es conocido, cuando las partículas de cemento entran en contacto con el agua de amasado muestran una tendencia natural a la floculación. Los efectos adversos fruto de la floculación de las partículas de cemento pueden ser contrarrestados, al menos parcialmente, mediante la incorporación a la masa de concreto de ciertos compuestos químicos, tales como los aditivos reductores de agua, que producen un efecto dispersante entre las partículas de cemento. De este modo, con el uso de aditivos reductores de agua, se incrementa el porcentaje de hidratación del cemento. (3)

El efecto dispersante de los aditivos hiperplastificantes se logra gracias a la adsorción de éstos sobre la partícula de cemento y su posterior orientación. Los aditivos hiperplastificantes están basados en compuestos orgánicos con grupos ionizados que poseen carga eléctrica, que una vez orientados, crean una densidad de carga local y de idéntico signo sobre las partículas de cemento, que de este modo, en lugar de tender a flocular, se repelen entre ellas originando el fenómeno de dispersión (dispersión inducida por un efecto electrostático). (3)

La magnitud del efecto (efecto reductor de agua) depende de la densidad de carga que el aditivo es capaz de inducir sobre la



partícula de cemento. Esto depende de varios factores, pero en general se relacionan con la capacidad de adsorción del aditivo sobre el cemento y su punto de saturación (que depende tanto de la composición y finura del cemento como del tipo de aditivo). (3)

❖ Mecanismo de Acción

Las fases del mecanismo de acción de los aditivos Hiperplastificantes son las siguientes:

Mecanismos de acción de los aditivos hiperplastificantes	
Distribución y configuración del polímero en la masa de hormigón fresco	Adsorción del polímero sobre la superficie de cemento

Tabla 2.3: Mecanismo de Acción de Aditivos Hiperplastificantes

➤ **Distribución y configuración del polímero en la masa de hormigón fresco**

Los polímeros de policarboxilato requieren de una cierta configuración y despliegue de la molécula para poder interactuar debidamente con el cemento y desempeñar su efecto dispersante. Este aspecto está relacionado con el tiempo de amasado requerido para la distribución homogénea del producto. Esta fase depende fundamentalmente del contenido de agua de amasado del concreto (a menor contenido de agua, mayor tiempo de amasado requerido), pero también del tipo de aditivo. Por ejemplo, en el caso de los policarboxilatos, a mayor longitud y densidad de cadenas



laterales del polímero se requiere un tiempo de amasado superior para lograr la adecuada distribución y configuración de la molécula. (3)

➤ **Adsorción del polímero sobre la superficie de cemento**

La capacidad y velocidad de adsorción, y en definitiva la afinidad del polímero al cemento, va relacionado con la magnitud del efecto dispersante logrado y su tiempo de persistencia (mantenimiento de fluidez). Por lo general, para un mismo polímero, cuanto mayor sea la cantidad adsorbida mayor será el efecto dispersante producido (la parte de aditivo no adsorbida no genera dispersión). (3)

Esta afinidad por el cemento dependerá del volumen del polímero (peso molecular), de su densidad de grupos ionizables y en general de toda la estructura molecular del polímero. Esta fase del mecanismo de actuación depende también de la composición del cemento y en especial de su contenido. Además, existen ciertas arenas que pueden ejercer una competencia con el cemento para adsorber aditivo, en cuyo caso la fracción adsorbida sobre la arena no genera dispersión. (3)

Una vez el polímero se ha adsorbido sobre la superficie del cemento, se orienta para disponer los grupos responsables del efecto dispersantes en su configuración más estable. Esta orientación después de la adsorción es particular de cada polímero y es el momento en que se generan las densidades de carga de signo único responsables del efecto dispersante. Asimismo, las cadenas laterales deben desplegarse en su totalidad y no estar inter-enlazadas entre ellas. Cualquier



orientación del polímero adsorbido diferente a la óptima causará menor efecto dispersantes. (3)

2.3 Concreto Autocompactante en estado fresco

El CAC en estado fresco es capaz de poseer alta fluidez y a la vez presentar una alta resistencia a la segregación. Se puede describir como una suspensión de partículas, bastante compleja ya que tiene una gran variedad de tamaños y la fase líquida está en cambio continuo debido al desarrollo de la hidratación. Como en todas las suspensiones de partículas, el equilibrio entre fluidez y segregación es vital. (7)

Como se ha mencionado la consistencia del CAC es menor que la clase de consistencia para un concreto fluido descrito en un concreto convencional, y se caracteriza por su capacidad de relleno, capacidad de paso y resistencia a la segregación. Una mezcla de concreto sólo puede clasificarse como autocompactable si cumple los requisitos para estas tres características. (14)

La diferencia entre el CAC y el concreto convencional radica en que sus propiedades en fresco son vitales para determinar si puede o no colocarse de manera satisfactoria. Los distintos aspectos de la trabajabilidad que controlan dichas características, deben tomarse con atención para garantizar que su colocación sea aceptable. (3)

En el CAC en estado fresco el uso de hiperplastificantes es necesario para reducir la demanda de agua, causando una dispersión en la mezcla debido a la reducción de la fricción entre los materiales que forman los finos, y los agentes de



viscosidad algunas veces son incorporados para minimizar la utilización de adiciones de mayor valor económico. Por un lado una baja viscosidad es necesaria para que el concreto se pueda deformar y fluir fácilmente a un porcentaje razonable. Sin embargo, el CAC requiere alta viscosidad para impedir la segregación, el balancear estos requerimientos comienza a ser un arte y una ciencia dentro del campo del proporcionamiento de mezclas. Para lograr este balance también es importante tener un conocimiento fundamental de la reología del concreto fresco. (6)

2.3.1 La Reología del Concreto

La reología es la ciencia que estudia el flujo y la deformación de la materia, desde el punto de vista de la resistencia es necesario usar una relación agua/cementantes lo más baja posible, dado que el concreto de alta resistencia debe ser colocado y transportado con relativa facilidad usando procedimientos de construcción convencionales. (2)

La reología del concreto está regulada generalmente por factores físicos y químicos, entre los factores físicos están la distribución del tamaño del grano y la forma de los agregados. En los concretos con relaciones agua/cementantes muy bajas, la distribución del tamaño del grano y distribución de las partículas de cemento también juega un papel importante en la determinación de la reología del concreto fresco. Entre los factores químicos se encuentra la reactividad inicial del cemento y los materiales cementantes suplementarios cuando está en contacto con el agua. (2)



2.3.2 La Trabajabilidad del Concreto

La trabajabilidad es definida cualitativamente por la facilidad de colocación del concreto y cuantitativamente por los parámetros reológicos. Es decir, se define que la trabajabilidad de un CAC es aquella que le permita comportarse como un concreto altamente fluido, el cual no únicamente fluye bajo su propio peso, sino que puede llenar completamente el encofrado y lograr una consolidación uniforme sin segregación. (5)

Las características de capacidad de relleno, capacidad de paso y resistencia a la segregación del CAC en estado fresco, ofrecen una perspectiva global de la trabajabilidad y evalúan la idoneidad de las mezclas autocompactables en términos de estabilidad, homogeneidad y consistencia (cohesión y viscosidad). (5)

Como se ha explicado, para que la mezcla de concreto sea considerada autocompactable, debe tener la característica de fluir fácilmente y así llenar completamente los espacios dentro de las formas reforzadas por el efecto de su propio peso y la mezcla deberá tener una buena estabilidad para resistir la segregación; estas prestaciones se consiguen con la fluidez, viscosidad y cohesión apropiadas en las mezclas de estos concretos. El nivel de fluidez se rige básicamente mediante la dosificación de hiperplastificante, no obstante, una dosis excesiva puede producir un riesgo de segregación y bloqueo. En el diseño se deben considerar las propiedades esenciales de los componentes para obtener las características técnicas necesarias. (5)

La pérdida de consistencia de concreto puede ser influenciada por algunos factores, como por ejemplo el tipo y dosificación de hiperplastificante, el tipo y finura del cemento, la relación



agua/finos, la temperatura del concreto fresco y las adiciones.
(5)

La trabajabilidad y las propiedades de retención de trabajabilidad son de gran importancia, las investigaciones han demostrado que esta propiedad es influenciada por el tipo de material utilizado y la interacción física y química entre ellos. (5)

❖ **Comportamiento Interno del Concreto Autocompactable**

Para lograr la autocompactabilidad se involucra no solamente la alta deformación de la pasta o mortero, sino también la resistencia a la segregación entre los agregados gruesos y el mortero cuando el concreto fluye a través de una zona confinada de barras de refuerzo. Para lograr un CAC es necesario tomar en cuenta lo siguiente: (5)

1. Limitación en el contenido de agregado.
2. Baja relación agua/finos.
3. Uso de superplastificantes.

La frecuencia de colisión y contacto de las partículas de los agregados, puede incrementar la distancia relativa entre las partículas pequeñas y su esfuerzo interno, el cual tiene importancia en la deformidad del concreto, particularmente cerca de obstáculos. Las investigaciones han demostrado que la energía requerida para el flujo es consumida debido al incremento en el esfuerzo interno, resultado del bloqueo de las partículas de agregado. Resulta ser efectivo para prevenir ciertas particularidades del bloqueo el limitar el contenido de agregado grueso en el concreto, cuyo consumo de energía es



particularmente intenso y llevarlo a un nivel relativamente más bajo de lo normal. (5)

El contenido de los agregados es muy bajo en comparación con un concreto convencional que requiere actividades de vibrado y compactación. Por otro lado, la viscosidad de la pasta en el CAC, es un poco alta en relación con varios tipos de concreto debido a su baja relación de agua/finos. Esta característica es efectiva para inhibir la segregación. (5)

Una pasta altamente viscosa es requerida para prevenir el bloqueo de los agregados gruesos cuando el concreto fluye a través de los obstáculos. Cuando el concreto está deformado, la pasta con un alto grado de viscosidad también previene los esfuerzos internos debido a la aproximación de las partículas de agregado grueso. Una alta deformabilidad puede ser lograda únicamente por el empleo de un hiperplastificante, manteniendo un nivel muy bajo de la relación de agua/finos. (5)

La influencia del agregado grueso en la autocompactabilidad del concreto fresco, especialmente en la fluidez a través de obstáculos, puede ser igual a pesar de la forma de las partículas del agregado, ya que es una relación proporcional al contenido de agregado grueso en un volumen sólido dentro de un concreto (Matsuo 1994), sin embargo, la influencia de la granulometría del agregado grueso ha sido también considerada si el espaciamiento de obstáculos es muy cercano al tamaño máximo del agregado grueso.(5)

En el CAC, la fase del mortero proporciona lubricación entre las partículas de agregado grueso y da estabilidad global al concreto. Es decir, sus propiedades requeridas son similares

a las del concreto; donde un bajo esfuerzo de fluencia asegura un flujo por su mismo peso y una adecuada viscosidad plástica asegura que el concreto no segregue durante el flujo, ni produzca un flujo demasiado lento para una colocación práctica del concreto. (5)

En los estudios presentados por Okamura se analizó el comportamiento del mortero en la fluidez del concreto fresco; donde se observa que es requerida una alta o suficiente deformabilidad en la fase de mortero para que el concreto pueda ser Autocompactado dentro de estructuras con su propio peso, sin actividades de compactación o de vibrado. (5)

Adicionalmente se requiere una modificación de la viscosidad moderada y una deformabilidad de la fase de mortero para que exista un relativo desplazamiento entre el agregado grueso y los obstáculos logrando la inhibición de los factores inadecuados o no requeridos ya que cuando el concreto fluye a través de tales obstáculos, es reducido y luego llevado a una segregación entre los agregados gruesos y el mortero. La importancia del estudio de la viscosidad, fue confirmada por Hashimoto a través de pruebas visuales. (Figura 2.2). (5)

Figura tomada de: Ponencia en CAC, Masahiro Ouchi. México 2003

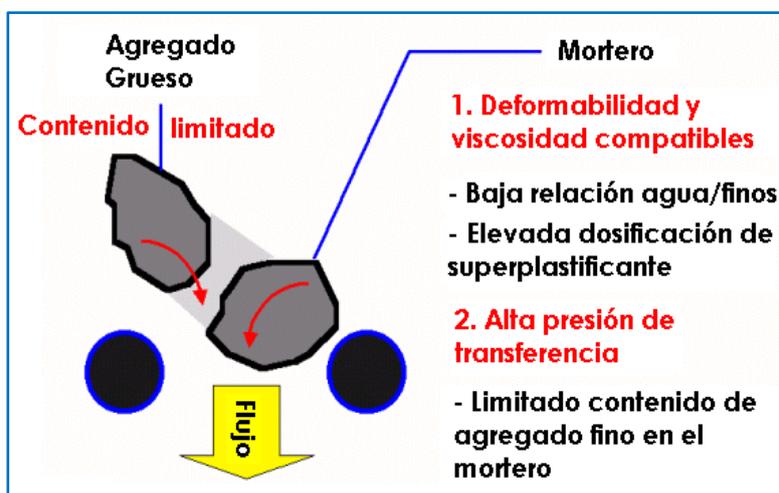


Figura 2.2: Comportamiento interno de la mezcla.

2.3.3 Ensayos de concreto Autocompactante

2.3.3.1 Ensayo de Extensión de Flujo

➤ Descripción y Objetivo

El ensayo de extensión de flujo, o slump flow en inglés, es el método más simple y el más utilizado, debido a la sencillez del equipo que se precisa. Está basado en el aparato y procedimiento del ensayo del cono de Abrams, el cual es probablemente el ensayo más universal para la determinación de la docilidad o trabajabilidad del hormigón fresco. (11)



Figura 2.3: Ensayo de Extensión de Flujo
Fuente Propia

Este ensayo difiere del convencional en que la muestra de hormigón se coloca sin ningún tipo de compactación. Además, en este caso la altura del asentamiento no constituye una medida representativa, siendo el diámetro final de extensión



(Df) la medida fundamental que se obtiene como resultado, fotografía 2.3. Adicionalmente, también suele medirse el tiempo que tarda la muestra desde el inicio del levantamiento del cono hasta alcanzar un diámetro de 500 mm (T50), y más ocasionalmente, el tiempo final de extensión de flujo (Tf), hasta que la muestra deja de moverse. (11)

El objetivo de este ensayo es evaluar la habilidad o facilidad de fluir del hormigón. Se puede también valorar cualitativamente, en términos visuales, la presencia de segregación, que se manifestaría por la presencia de una aureola de pasta o mortero alrededor del perímetro de la extensión del flujo y/o la presencia de áridos gruesos acumulados irregularmente, sobre todo en el centro. (11)

➤ **Variante**

En algunos trabajos, se ha utilizado un cono DIN en lugar del cono de Abrams para determinar la extensión de flujo. Sin embargo, el cono DIN no parece adecuado para este ensayo debido a su menor volumen. (11)

En otra variante, se ha realizado este ensayo con el cono de Abrams invertido, es decir, con la apertura de menor diámetro sobre la base. Así se evita la necesidad de tener una persona sujetando el cono, lo cual se hace normalmente pisando las asas de la base para que la presión del hormigón no lo levante. Con el cono invertido, el propio peso del hormigón lo mantiene estable. (11)

En cualquier caso, se deben determinar las correlaciones entre los distintos parámetros medidos antes de comparar los resultados obtenidos con las diferentes variantes. (11)



➤ Interpretación de los resultados y valores típicos

El valor de la extensión de flujo, D_f , es útil para evaluar la capacidad de deformación del hormigón autocompactable. Algunos autores la han relacionado con la tensión umbral de corte del hormigón, bajo la hipótesis de que éste se comporta como un fluido de Bingham. (11)

Se recomiendan medidas de D_f de entre 60 y 80 cm, presentando las mezclas en ese rango una buena habilidad o facilidad para el relleno. (11)

El T50 y el Tf se emplean para caracterizar la viscosidad y cohesión. En general, mayor tiempo significa mayor viscosidad y cohesión del hormigón. Sin embargo, estos tiempos por sí solos no puede representar directamente la viscosidad, y puede tan solo valorarla cuando el valor de extensión de flujo de las mezclas que se evalúan es constante. (11)

En cuanto a los valores de T50, la EFNARC (2002) y Brite EuRam (2000) sugieren que un tiempo de 3-7 segundos es aceptable en aplicaciones de ingeniería civil, mientras que 2-5 segundos sería correcto para las aplicaciones en edificación. Sin embargo, en general se aceptan tiempos entre 1 y 10 segundos para mezclas de las que se espera una viscosidad moderada sin que se presente segregación y con un comportamiento favorable frente al bloqueo. (11)

➤ Observaciones

Se trata de un procedimiento simple y rápido de ensayo, aunque resulta difícil de realizar por un solo operador, en especial si quiere medirse el período T50. Puede emplearse en la obra, aunque el tamaño de la placa base de asiento es ligeramente pesado y difícil de manejar, y es esencial un



terreno nivelado. Es el ensayo utilizado con más frecuencia y ofrece una buena evaluación de la capacidad de relleno. En Japón ya ha sido adoptado como norma (JSCE-F503, 1990). (11)

No presenta indicaciones de la capacidad del hormigón para pasar por entre la armadura sin bloqueos, para lo cual debería ser utilizado conjuntamente con otros ensayos que se presentarán más adelante. (11)

Aunque se utiliza para evaluar la resistencia a la segregación, la observación visual, sin embargo, no es adecuada para una estimación cuantitativa y fiable del fenómeno. (11)

Para poder comparar resultados debe utilizarse el mismo tipo de superficie base, porque el rozamiento del hormigón con dicha superficie afecta tanto al diámetro de extensión como a los valores de T50 y Tf. (11)

2.3.3.2 Ensayo Caja en L

➤ Descripción y objetivo

La caja en L, denominada en inglés como L-Box, es un aparato bien conocido para la caracterización del HAC. Consta de un depósito vertical que conecta con un canal horizontal a través de una abertura en la que se colocan barras de armadura, figura 2.4. Una de las primeras referencias de su utilización es la de los trabajos de Petersson et al. (1996). (11)

El ensayo consiste en llenar el depósito y dejar fluir el hormigón hacia el canal a través de las armaduras. Se determinan el tiempo que tarda el hormigón en llegar a una distancia de 200 mm (T20) y de 400 mm (T40), y las alturas H1 y H2 que se



alcanzan en ambos extremos de la parte horizontal, con la mezcla ya en reposo. La razón $H2/H1$ se define como el coeficiente de bloqueo (CB). (11)

La prueba permite determinar valores que cuantifican el bloqueo y estimar la fluidez del hormigón tras pasar por los obstáculos. (11)

También permite evaluar cualitativamente la resistencia a la segregación mediante la observación visual. (11)



Figura 2.4: Equipo de Caja en L.

Fuente propia



➤ **Variantes**

Lamentablemente, no existe un acuerdo sobre los materiales y dimensiones. La especificación de EFNARC (2002), sugiere una pequeña variación de la longitud del canal, que sería de 800 mm. en lugar de 700 mm. Sin embargo la JSCE (1990) propone unas dimensiones bastante diferentes, con un aparato más pequeño. Otros investigadores utilizan una versión mayor de la Caja en L, si bien la diferencia más significativa es la colocación de 5 rejillas, separadas por 110 mm. a lo largo del canal, constituidas por 4 barras horizontales de 20 mm. de diámetro. Cuando se utiliza este aparato, sólo se miden las alturas a lo largo del canal sin ninguna determinación de tiempos. (11)

En cuanto a las características del obstáculo, en general, se acepta que el tipo de barras y los espacios o separación entre ellas varíen dependiendo del tamaño máximo del árido y de las condiciones reales de aplicación del hormigón. La AFGC (2000) recomienda el uso de barras de 14 mm. de diámetro, y un espacio de 39 mm. entre las barras, que se puede aumentar hasta 58 mm. para aplicaciones con poca armadura. Por otro lado, Billberg (1999) recomienda en el uso de 3 barras de 12 mm., lo cual se traduce en un espacio de 34 mm. entre barras. Esto prácticamente coincide con la especificación de EFNARC (2002), que utilizaría igualmente barras de 12 mm., pero con un espacio libre entre ellas de 35 mm. También se considera apropiado utilizar un espacio mínimo entre barras igual a tres veces el tamaño máximo del árido. (11)



➤ **Interpretación de los resultados y valores típicos**

Los tiempos medidos en la caja en L (es decir, T20 y T40) cuantifican la velocidad de flujo a través de la barrera. No obstante, cabe reseñar que estos tiempos no son representativos de la fluidez del hormigón cuando ocurren efectos de bloqueo, resultando que las mezclas que atraviesan la armadura tienen más pasta que el hormigón retenido en la caja. Para un hormigón en el que no se presente bloqueo se recomiendan tiempos en los siguientes rangos: $T20 < 1,5$ s y $T40 < 2,5$ s. (11)

Por otro lado, el coeficiente de bloqueo ($CB = H2/H1$), es un buen indicador de la habilidad para pasar por aperturas estrechas, que incluye la capacidad de deformación y la resistencia al bloqueo. Debería ser superior a 0,80 para que se considere satisfactoria la resistencia al bloqueo del hormigón. Sin embargo, hormigones con coeficientes más bajos, como 0,60, han dado resultados aceptables en aplicaciones estructurales. (11)

El ensayo permite también evaluar la resistencia al bloqueo y la estabilidad de la muestra de hormigón, por observación visual. En los casos en que se aglomeren o acumulen áridos detrás de la rejilla de armadura, se considera que se produce bloqueo. Por otro lado, cuando se observan granos del árido grueso distribuidos por la superficie del hormigón a lo largo de toda la extensión de la parte horizontal, el hormigón se considera estable, es decir, resistente a la segregación. (11)

➤ **Observaciones**

El uso de este ensayo es muy frecuente. Es muy adecuado para el laboratorio y quizá también para la misma obra. Evalúa conjuntamente la capacidad de relleno y de paso del HAC, y



cualquier falta grave de estabilidad (segregación) puede detectarse visualmente. (11)

Los tiempos T20 y T40, como ya se ha comentado, no siempre son representativos de la fluidez del hormigón. Además, la medida de dos tiempos tan cortos obliga el uso de dos cronómetros, y está influida significativamente por los criterios y reflejos del operario. Por este motivo, en algunas ocasiones, se ha optado por medir solamente el tiempo que tarda el hormigón en tocar la pared final del canal. (11)

2.3.3.3 Ensayo Embudo en V

➤ Descripción y objetivo

Este ensayo, denominado V-funnel en inglés, fue desarrollado por Ozawa en la Universidad de Tokio. Estudios experimentales pusieron de manifiesto que en el flujo de hormigón por un embudo, ir reduciendo la sección transversal de la salida aumentaba el riesgo de bloqueo por el contacto entre los áridos gruesos, siendo un indicativo de la necesidad de mejorar la viscosidad. El ensayo tiene por tanto como objetivo evaluar la habilidad de fluir del hormigón en áreas restringidas en dirección vertical y bajo su propio peso, cualificando la tendencia a la segregación y al bloqueo, mediante observación de la variación de la velocidad de flujo. (11)

El embudo V, normalmente de acero, tiene forma de V con una apertura en el fondo, donde se coloca una compuerta que ha de ser estanca mientras esté cerrada y de rápida apertura, para interferir lo menos posible en el momento de la descarga. La geometría de la sección transversal puede ser de forma circular



o rectangular, siendo la segunda la más utilizada, figura 2.5. (11)

El ensayo consiste en llenar el embudo con la muestra representativa de HAC de forma continua y sin compactación alguna. Seguidamente, se abre la compuerta y en ese instante se comienza a medir el tiempo que tarda el volumen total de hormigón en fluir a través de la apertura. En algunos casos se ha propuesto medir también el tiempo de flujo dejando reposar la muestra en el embudo durante 5 minutos para valorar la tendencia a la segregación. (11)



Figura 2.5: Equipo de Embudo en V. Fuente propia
Fuente propia

➤ **Variantes**

Si bien las dimensiones representadas en la figura 13 están bastante aceptadas, en algunos trabajos se han utilizado embudos con dimensiones ligeramente mayores, con el ancho y altura de la parte trapezoidal igual a 51,5 cm y 45 cm, respectivamente, en lugar de 49 cm y 42,5 cm. (11)



Las dimensiones de la sección del canal de salida dependen del tamaño máximo del árido, recomendándose una dimensión mínima superior a 3 veces el tamaño máximo del árido. Esto conduce, en el caso de hormigones autocompactantes (cuyo tamaño máximo de árido no supera en general los 20 mm) a dimensiones mínimas del orden de 6,5 a 7,5 cm, siendo la sección de 6,5 x 7,5 cm. la más utilizada. (11)

➤ **Interpretación de los resultados y valores típicos**

El tiempo de flujo en segundos (T_v) es la principal medida obtenida de este ensayo. Es aconsejable medir el tiempo de flujo al menos 2 veces en menos de 5 minutos, y obtener la media. Para el embudo de sección rectangular con $b = 7,5$ cm, se han obtenido tiempos de 6 a 10 s para el HAC. Para $b = 6,5$ cm, los tiempos de flujo óptimos se mueven de 6 a 15 s. Se puede observar la naturaleza del flujo del hormigón a través del fondo para tener una idea del bloqueo producido. Respecto a la estabilidad, un flujo continuo sin interrupción se traduce en ausencia de segregación y/o bloqueo. (11)

En cualquier caso, el significado físico de los resultados está relacionado con varios aspectos del hormigón autocompactable fresco. Cuando la cantidad y el tamaño de los áridos gruesos son suficientemente pequeños en relación a la apertura del embudo-V, la colisión y la interacción entre las partículas de grava no afectan las características del flujo. Bajo estas condiciones, el tiempo de flujo del embudo permite evaluar indirectamente la viscosidad de la mezcla a través de la fluidez. Si por el contrario la cantidad y tamaño de los áridos gruesos son relativamente grandes para el tamaño de la apertura, la interacción entre estos áridos es dominante. Bajo estas condiciones, el embudo-V es útil para evaluar la habilidad del



HAC para pasar por aperturas estrechas, y no simplemente la viscosidad de la muestra. (11)

➤ **Observaciones**

El método se ha mostrado eficiente para evaluar la habilidad de fluir del hormigón en áreas restringidas en la dirección vertical. Sin embargo, el ensayo no puede cualificar bien la tendencia a la segregación y bloqueo entre las armaduras. Asimismo, el resultado no refleja la habilidad de fluir en dirección horizontal o contraria a la gravedad. Por lo tanto, el tiempo de flujo obtenido en este ensayo no es suficiente para cuantificar las propiedades necesarias que garanticen las prestaciones del hormigón como autocompactable, por lo que deberá ser complementado con otros ensayos. (11)

2.3.3.4 Ensayo Anillo J

➤ **Descripción y objetivo**

El anillo de barras, denominado a menudo anillo japonés, o J-Ring en inglés, es un aparato que se utiliza en combinación con otros ensayos, como son el de extensión de flujo, o el embudo-V, a efectos de evaluar conjuntamente las habilidades de fluir y de pasar entre barras de armadura. (11)

El aparato, figura 2.6, consiste en un anillo de 300 mm de diámetro, en el cual se disponen barras verticales de armadura de 100 o 120 mm de altura, con una apropiada separación entre ellas. Normalmente, se considera adecuado el uso de un espacio entre las barras igual o superior a tres veces el tamaño máximo del árido. (11)



Figura 2.6: Equipo de Anillo J.

El procedimiento consiste en realizar el ensayo con el que se combine, pero dejando después fluir el hormigón horizontalmente sobre una superficie plana de manera que tenga que atravesar las barras del anillo para extenderse. (11)

Una vez cesa el flujo, se miden las alturas de hormigón justo dentro y fuera del anillo para evaluar el bloqueo. Ocasionalmente, también puede medirse el diámetro final de extensión, como la media de dos diámetros perpendiculares. (11)

➤ **Variantes**

La combinación de barras y espacio entre ellas varían mucho según los autores. En general se recomienda una separación de unas 3 veces el tamaño máximo de árido. Un caso particular es el de Brite EuRam (2000), que recomienda este ensayo únicamente para HAC reforzado con fibras, en cuyo caso sugiere un espacio libre entre barras de 1 a 3 veces la longitud de dichas fibras. (11)



➤ **Interpretación de los resultados y valores típicos**

A pesar de que estas combinaciones de ensayos miden el flujo y la capacidad de paso, los resultados no son independientes. El flujo medido se ve afectado por el grado en que el movimiento del hormigón está bloqueado por las barras de refuerzo. El alcance del bloqueo se ve mucho menos afectado por las características de flujo y podemos decir que, de manera clara, cuanto mayor sea la diferencia de altura, menor será la capacidad de paso del hormigón. (11)

La diferencia entre las alturas en las caras interior y exterior del anillo no debería superar los 10 mm para un hormigón con buena habilidad de paso. (11)

El bloqueo y/o segregación también puede detectarse visualmente, con frecuencia de manera más fiable que mediante el cálculo. (11)

➤ **Observaciones**

Estas combinaciones de ensayos se considera que tienen un gran potencial, aunque no existe una perspectiva general sobre cómo deberían interpretarse exactamente los resultados. Sin embargo, como ya se ha dicho en el apartado anterior, a pesar de que se pretende medir simultáneamente la fluidez y la capacidad de paso, los resultados no son independientes, pues muy a menudo el material que atraviesa las armaduras tiene propiedades diferentes al original (más pasta, menor cantidad de árido grueso). (11)

Al igual que el ensayo de extensión de flujo, estas combinaciones presentan la desventaja de no estar limitadas, y por lo tanto no reflejan el modo en que el hormigón se desplaza y autocompacta en la práctica. (11)



2.3.3.5 Ensayo de Estabilidad GTM

Se ha propuesto este ensayo, denominado también como ensayo GTM ó screen stability test en inglés, para su uso en el diseño de mezclas y para la recepción del hormigón en la obra. El aparato básico consiste en un tamiz de diámetro de 315 mm para retener partículas con tamaño mayor que 5 mm, sobre el cual se vierten 4,8 kg de hormigón. Se esperan 2 minutos y se determina el peso de la lechada que ha atravesado el tamiz.

Considerando el peso relativo de la lechada respecto al de la muestra, se aceptan valores del 15% y menores, y se rechazan hormigones con valores superiores al 30%. Entre estos límites, se recomienda realizar pruebas in situ para evaluar la segregación en el hormigón. Es un método sencillo, pero no rápido (antes de verter el hormigón hay que dejarlo reposar 15 minutos), lo que dificulta su uso en obra. (11)

2.4 Antecedentes sobre el Diseño de Mezcla

2.4.1 Método de Dosificación de Okamura

Es probablemente el primer método formulado específicamente para la dosificación del hormigón autocompactable. Después de la propuesta inicial de Okamura en 1993, éste método ha sido modificado por varios autores. (7)

Se considera el hormigón como un material de dos fases: áridos gruesos y morteros. En primer lugar, se fija el contenido de aire, recomendando un intervalo de entre 2 y 7%, dependiendo de la resistencia necesaria frente los efectos del hielo-deshielo. El volumen de áridos gruesos se fija en el 50% del volumen sólido del hormigón. Se calcula el correspondiente peso del árido grueso por metro cúbico del hormigón utilizando la densidad aparente del mismo. Consecuentemente, la



cantidad de árido grueso depende del grado de empaquetamiento de las partículas, es decir, de sus características físicas. Posteriormente, se determina el volumen de mortero (constituido por la pasta de cemento y los áridos finos), considerando que el árido fino (con partículas de tamaño superior a 90 micras) ocupa un 40% del volumen del mismo. (5)

Para completar la dosificación del hormigón quedaría por obtener la relación agua/conglomerante y la dosis del hiperplastificante que, según este método, se ajustan a partir de ensayos sobre el mortero. En estos ensayos la fluidez y la viscosidad requerida para el mortero se consigue variando el contenido de hiperplastificante y la relación agua / conglomerante. Se evalúa la fluidez del mortero mediante la determinación del tiempo de flujo (T), en segundos, con un embudo. El tiempo de flujo debería estar en el rango de 7-11 segundos. Se determina la viscosidad mediante la determinación del escurrimiento del mortero utilizando un cono con diámetro inferior de 100 mm, altura de 60 mm y diámetro superior de 70 mm. Se recomiendan valores de 24 a 26 cm para el diámetro medio de la extensión final. Se supone que un mortero que satisface estas dos condiciones conduce a un hormigón autocompactable (5)

2.4.2 Método de Dosificación por JSCE

Es probablemente el primer método formulado específicamente para la dosificación del hormigón autocompactable. Después de la propuesta inicial de Okamura en 1993, éste método ha sido modificado por varios autores.

Se considera el hormigón como un material de dos fases: áridos gruesos y morteros. En primer lugar, se fija el contenido de aire, recomendando un intervalo de entre 2 y 7%,



dependiendo de la resistencia necesaria frente los efectos del hielo-deshielo. El volumen de áridos gruesos se fija en el 50% del volumen sólido del hormigón. Se calcula el correspondiente peso del árido grueso por metro cúbico del hormigón utilizando la densidad aparente del mismo. Consecuentemente, la cantidad de árido grueso depende del grado de empaquetamiento de las partículas, es decir, de sus características físicas. Posteriormente, se determina el volumen de mortero (constituido por la pasta de cemento y los áridos finos), considerando que el árido fino (con partículas de tamaño superior a 90 micras) ocupa un 40% del volumen del mismo.

Para completar la dosificación del hormigón quedaría por obtener la relación agua/conglomerante y la dosis del súperplastificante que, según este método, se ajustan a partir de ensayos sobre el mortero. En estos ensayos la fluidez y la viscosidad requerida para el mortero se consigue variando el contenido de súperplastificante y la relación agua / conglomerante. Se evalúa la fluidez del mortero mediante la determinación del tiempo de flujo (T), en segundos, con un embudo. El tiempo de flujo debería estar en el rango de 7-11 segundos. Se determina la viscosidad mediante la determinación del escurrimiento del mortero utilizando un cono con diámetro inferior de 100 mm, altura de 60 mm y diámetro superior de 70 mm. Se recomiendan valores de 24 a 26 cm para el diámetro medio de la extensión final. Se supone que un mortero que satisface estas dos condiciones conduce a un hormigón autocompactable. (2)

2.4.3 Dosificación del HAC tipo finos

Se utilizan un árido grueso con tamaño máximo igual a 20 mm ó 25 mm. El contenido del árido grueso en el hormigón, por



volumen, se selecciona según el grado de autocompactabilidad requerida. Para un grado de autocompactabilidad alto se utiliza un contenido del árido grueso de 28-30 %; el cual puede aumentar hasta un 35% en hormigones con menor grado de autocompactabilidad. (7)

El contenido normal, según la recomendación, de los finos en el hormigón es entre 16 y 19% por volumen. (7)

En cuanto a la cantidad de agua tendrá que ser la mínima que asegure las cualidades de la autocompactabilidad en estado fresco. El rango normal especificado para el contenido de agua en el hormigón es de 155-175 kg /m³, y para la relación agua - cemento, en peso, el rango especificado es de 0,28 - 0,37. (12)

Por último, en cuanto al contenido de aire, deberá ser determinado en función de factores como el tamaño máximo de árido, resistencia requerida o condiciones ambientales a las que estará expuesta la estructura de hormigón. El contenido estándar de aire debería ser del 4,5%. (7)

Las otras proporciones y la dosificación definitiva se fijan mediante pruebas sobre el hormigón fresco y endurecido. (2)

2.4.4 Modificación del método para otros tipos de HAC

Para la dosificación del HAC con agente de viscosidad, el único parámetro indicado en la guía es el contenido del árido grueso. Para la dosificación del HAC con finos y agente de viscosidad, se especifican el contenido del árido grueso y un contenido mínimo de finos igual al 13 % por volumen. Todos los otros parámetros se determinan en función de los requisitos del



hormigón y pruebas. Por ejemplo, se busca una relación agua-finos tal que garantice la deformabilidad y resistencia a la segregación requeridas para un hormigón autocompactable. (7)

En cualquier caso, la guía indica que un mínimo de 0,13 kg /m³ es imprescindible para conseguir buena autocompactabilidad. (7)

Para un hormigón tipo agente de viscosidad o tipo combinado, todavía quedaría por determinar la dosificación del agente de viscosidad o súperplastificante. Para ello la JSCE aconseja basarse en la experiencia y en las recomendaciones de los fabricantes, o bien en los ensayos adecuados de manera que se consigan la resistencia a la segregación, fluidez y autocompactabilidad requeridas. (2)

2.5 Ensayos de Concreto Endurecido

En esta última etapa es cuando el concreto ya fraguado inicia el proceso de verdadero endurecimiento que lo conduce a la adquisición de propiedades mecánicas y de otra índole, cuyo desarrollo suele representarse mediante la evolución de la resistencia a compresión simple del concreto.

Al concreto endurecido no solamente debe exigírsele capacidad mecánica para soportar esfuerzos, sino que además debe proveérsele de una composición idónea, que lo haga apto para resistir con éxito durante toda la vida útil de la estructura, los efectos de las acciones dañinas que en cada caso prevalezcan; y para ello es necesario conocer anticipadamente las características de los materiales previstos para la elaboración del concreto y las condiciones de exposición en que deban prestar servicio las estructuras, a fin de poder adoptar las precauciones que en consecuencia procedan.



2.5.1. Resistencia a la Compresión

La resistencia mecánica del concreto endurecido ha sido tradicionalmente la propiedad más identificada con su comportamiento como material de construcción, lo cual se ha considerado atribuible a tres principales razones 1) la resistencia mecánica (a compresión o tensión) tiene influencia directa en la capacidad de carga de las estructuras, 2) es la propiedad más fácilmente determinable en el concreto endurecido, y 3) los resultados de su determinación pueden ser utilizados como datos índice de otras propiedades del concreto. (7)

En términos generales, la resistencia mecánica que potencialmente puede desarrollar el concreto depende de la resistencia individual de los agregados, la pasta de cemento endurecida, y de la adherencia que se produce entre ambos materiales. En la práctica, habría que añadir a estos factores el grado de densificación logrado en la mezcla de concreto en la estructura ya que, como ocurre con otros materiales, la proporción de vacíos en el concreto endurecido tiene un efecto decisivo en su resistencia mecánica y finalmente la resistencia del conjunto es dictada por la que resulte más débil de las tres. (12)

Generalmente la resistencia intrínseca de los agregados de calidad normal es superior a la que se requiere en el concreto convencional, de manera que el caso más común es que la resistencia del concreto sea gobernada por la pasta de cemento y/o por el grado de adherencia en el contacto pasta-agregado.



La determinación de la resistencia a la compresión del concreto se efectúa mediante el ensayo hasta la ruptura de especímenes representativos, con tres finalidades principalmente: 1) comprobar si las previsiones que se hacen al diseñar una mezcla de concreto son adecuadas para cumplir con la resistencia de proyecto, 2) controlar la uniformidad de las resistencias y ajustarlas al nivel requerido durante la producción del concreto, y 3) verificar la resistencia del concreto como se encuentra en la estructura. (12)



Figura 2.7: Ensayo Resistencia a la Compresión



CAPITULO III

MATERIAL Y MÉTODO

3.1. MATERIALES

La muestra de la cual consta la investigación se basa en probetas de concreto endurecido de $\varnothing = 4$ pulg. y $L = 8$ pulg de acuerdo a norma ASTM C470 para los ensayos de compresión.

Se utilizaron 210 litros de mezcla de concreto fresco, para los ensayos de trabajabilidad.

Los equipos para determinar la trabajabilidad del concreto autocompactante cumplen con la Norma Europea ESNARF.

Los contenedores para determinar el tiempo de Fraguado cumple con las dimensiones establecidas en la NTP 339.082 "Método de Ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración"

3.1.1. Cemento

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el cemento Tipo MS que proviene de la Fabrica Cemento Pacasmayo SA.

Este Cemento se comercializa en la ciudad de Trujillo y cumple con las normas NTP 334.082 y ASTM C1157.

3.1.2. Agregados

3.1.2.1. Agregado Fino

El agregado fino que se utilizó para el desarrollo de la investigación, proviene de la Cantera "La Valdivia" Ubicada en la vía de evitamiento a Huanchaco. Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad.



A continuación se muestra en la figura 3.1 la Ubicación de la Cantera anteriormente mencionada.



Fig.3.1 Ubicación de la Cantera de Agregados Valdivia – Fuente Google Earth.

Las características del agregado Fino se muestran a Continuación. (Tabla 3.1)

Características Físicas del Agregado Fino	Unidad	Cantera “La Valdivia”
Peso Especifico	gr./cm ³	2.63
Porcentaje de Absorción	%	3.0
Peso Unitario Suelto	Kg./m ³	1.68
Peso Unitario Compactado	Kg./m ³	1.88
Módulo de Fineza		2.90
Contenido de Humedad	%	0.6

Tabla 3.1. Características Físicas Agregado Fino, Fuente Propia



Todos los ensayos se han realizado de acuerdo a las normas siguientes:

- **Análisis Granulométrico**

Se determinó el análisis granulométrico de acuerdo a las especificaciones de la NTP 400.012- “Análisis Granulométrico”

- **Peso Unitario**

Se determinó de acuerdo a las especificaciones de la NTP 400.017- “Método de Ensayo para determinar el Peso Unitario del Agregado”

- **Peso Especifico**

Se determinó de acuerdo a las especificaciones de la NTP 400.022- “Método de Ensayo para la Determinación del Peso específico y absorción del agregado Fino”

- **Porcentaje de Absorción**

Se determinó de acuerdo a las especificaciones de la NTP 400.022 – “Método de ensayo para la determinación del peso específico y absorción del agregado Fino”

3.1.2.2. Agregado Grueso

El agregado grueso que se utilizó para el desarrollo de la investigación, proviene de la Cantera “La Valdivia” Ubicada en la vía de evitamiento a Huanchaco. Distrito de Huanchaco, Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad.



Las Características del agregado grueso del agregado grueso se muestran en la tabla 3.2.

Características Físicas del Agregado Grueso	Unidad	Cantera “La Valdivia”
Peso Especifico	gr./cm ³	2.64
Porcentaje de Absorción	%	2.0
Peso Unitario Suelto	Kg./m ³	
Peso Unitario Compactado	Kg./m ³	
Módulo de Fineza		6.06
Contenido de Humedad	%	0.3

Tabla 3.2. Características Físicas Agregado Grueso, Fuente Propia

Todos los ensayos han sido realizados de acuerdo a las normas siguientes:

- **Análisis Granulométrico**

Se determinó el análisis granulométrico de acuerdo a las especificaciones de la NTP 400.012- “Análisis Granulométrico”

- **Tamaño Máximo**

Su valor corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.



- **Peso Unitario**

Se determinó de acuerdo a las especificaciones de la NTP 400.017- “Método de Ensayo para determinar el Peso Unitario del Agregado”

- **Peso Especifico**

Se determinó de acuerdo a las especificaciones de la NTP 400.021- “Método de Ensayo para la Determinación del Peso específico y absorción del agregado Grueso”

- **Porcentaje de Absorción**

Se determinó de acuerdo a las especificaciones de la NTP 400.021 – “Método de ensayo para la determinación del peso específico y absorción del agregado Grueso”

3.1.3. Agua

El agua empleada en la preparación y curado del concreto Autocompactante proviene de la red que abastece a la Planta de UNIBLOCK –Parque Industrial, Distrito de la Esperanza, Provincia de Trujillo, Departamento la Libertad.

3.1.4. Aditivo

El aditivo Utilizado pertenece a la marca The Euclid Chemical Company – Euco.

PLASTOL 200 EXT

Plastol 200 Ext es aditivo reductor de agua de alto rango, diseñado con Policarboxilatos de alta tecnología que permite ofrecer un extendido tiempo de trabajabilidad bajo condiciones de bajas relaciones agua/cemento. Adicionalmente mantiene las características propias de los policarboxilatos altas resistencias a la compresión y flexión a todas las edades.



Propiedades

Apariencia : Liquido

Color : Café

Densidad : 1.080 g/ml

Dosificación:

PLASTOL 200 EXT es usado a una dosificación de 0.5 – 2.0% por peso del cemento.

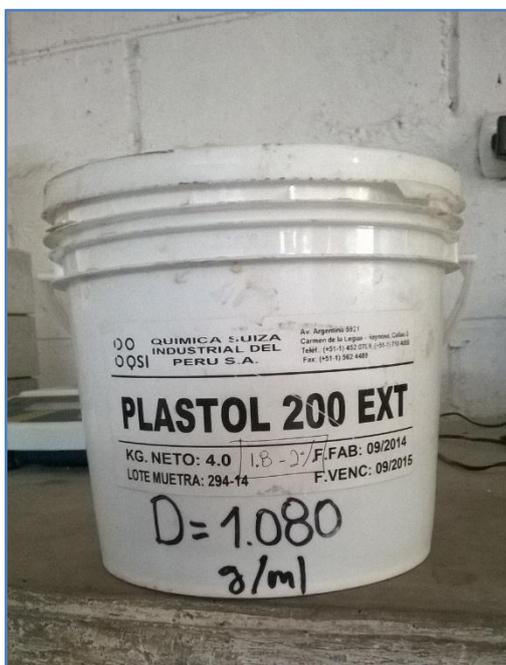


Figura 3.2. Aditivo Plastol 200 Ext.



3.2. METODOS

3.2.1. Introducción

El procedimiento de diseño de las mezclas se iniciara con el estudio de las propiedades físicos de los agregados, a fin de poder verificar si son aptos para utilizarse en la elaboración de mezclas de concreto

Previo a la elaboración de cada una de las mezclas, se realizara un muestreo de los agregados para conocer su contenido de humedad y hacer las correcciones por humedad y adsorción correspondientes a cada diseño.

Partiendo de un diseño Patrón y de seis diseños diferentes dosis del aditivo Plastol 200 Ext que son (1%, 1.2%, 1.5%, 1,8%, 2.0%, 2.2%) respectivamente.

El trabajo experimental de laboratorio consistió, primero en realizar los ensayos de trabajabilidad para cada uno de los diferentes diseños de dosis de aditivos posteriormente se elaboraran 6 muestras de concreto para cada diseño incluyendo él patrón (2 muestras a 3 días, 2 muestras a 7 días y 2 muestras a los 28 días).

Por último se realizará el ensayo de resistencia a la compresión para cada uno de las muestras obtenidas.

3.2.2. Diseño de la Investigación

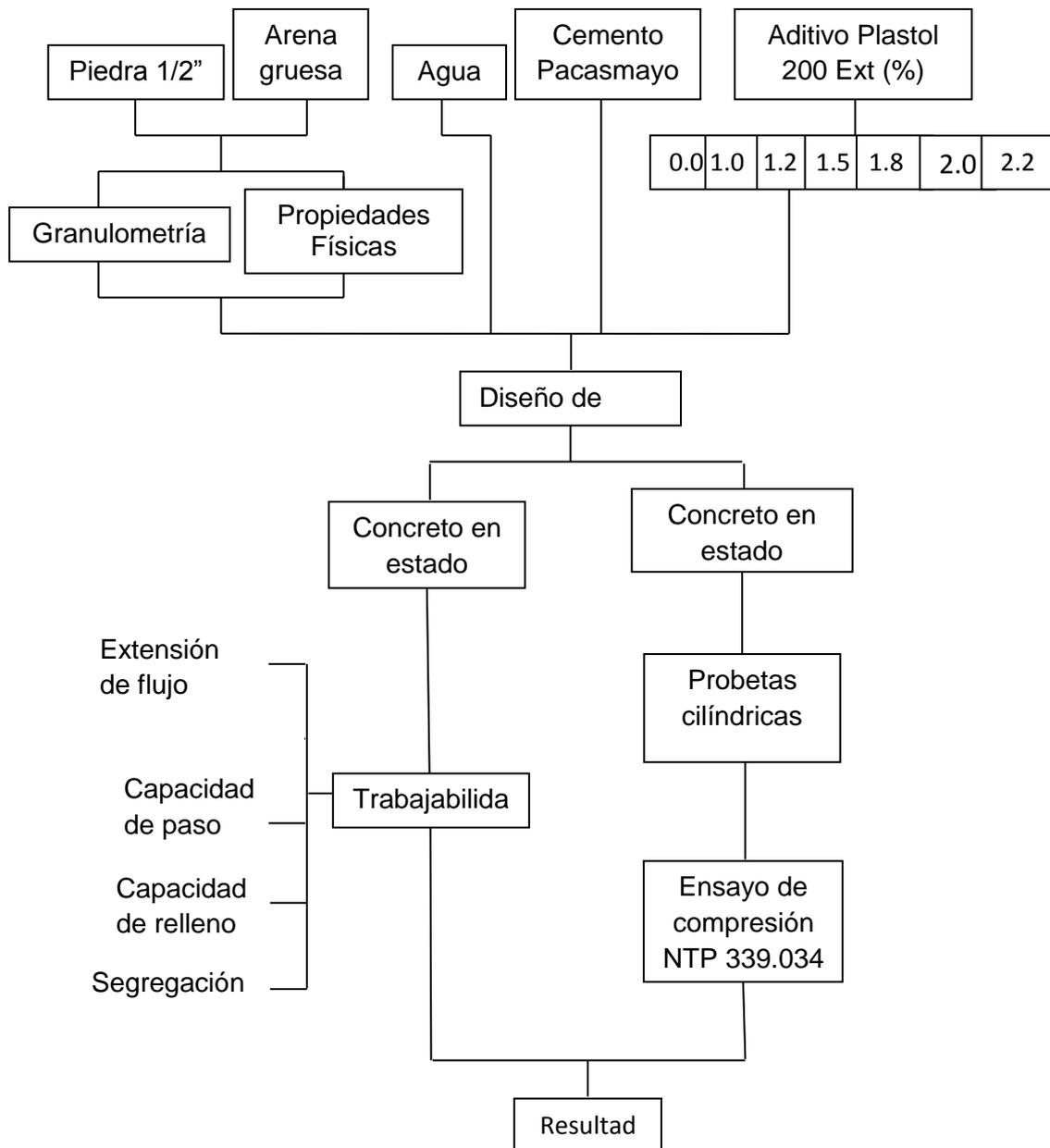


Figura 3.3: Diseño de la investigación para la elaboración de las mezclas de concreto con el aditivo Plastol 200 Ext a base de Policarboxilatos.



3.2.3. Variables de Estudio y Operacionalización

3.2.3.1. Variables

3.2.3.1.1. Las variable Independiente

- Dosificación del Aditivo Hiperplastificante Plastol 200 Ext a base de Policarboxilatos.

Indicadores

- La dosis del aditivo (%), está en relación al peso del cemento.

3.2.3.1.2. Las variables dependientes

- **Propiedades del concreto fresco**

Indicadores

- Capacidad de relleno
- Capacidad de paso
- Resistencia a la segregación

- **Propiedades del concreto endurecido**

Indicadores

- Resistencia a la compresión del concreto endurecido



3.2.3.2. Las Variables fijos:

- Temperatura ambiente
- Los agregados gruesos y finos
- Cemento

3.2.4. Operacionalización de las Variables

Tipo de variable	Variables	Indicadores	Nivel de Medición
Variable Independiente	Dosificación del Aditivo Plastol 200 Ext	Relación del peso del aditivo y el cemento	%
Variable Dependiente	Propiedades del concreto fresco	Capacidad de relleno	Segundos, milímetros
		Capacidad de paso	Segundos
		Resistencia a la segregación	Adimensional
	Propiedades del concreto endurecido	Resistencia a la compresión	Kg/cm ²

Tabla 3.3: Operacionalización de las variables.

Fuente propia



3.2.5. Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de información básica para la presente investigación serán obtenidas de los ensayos experimentales de laboratorio con la metodología planteada, cumpliendo con la normas para cada ensayo que nos ayudará a asegurar una adecuada investigación.

3.2.6. Técnicas de Procedimiento y Análisis de Datos

Primero se clasificarán los datos obtenidos de los ensayos, luego se tabularán y graficarán los resultados comparando los diseños de concreto patrón con los diseños de concreto con aditivo. Por último se hará una correlación de los resultados obtenidos para cada uno de los diseños.



CAPITULO IV

DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1 Introducción

El desarrollo experimental de la investigación se inicia con el diseño de mezclas del concreto autocompactante utilizando diferentes porcentajes de dosis de aditivo Plastol 200 Ext mencionados en el capítulo anterior. Luego se desarrollarán para cada una de la mezclas, los ensayos de trabajabilidad del concreto autocompactante en estado fresco cada 10, 40, 70,110 minutos respectivamente. Analizando los ensayos de Flujo de asentamiento con el cono de Abrams invertido, Anillo japonés, Embudo en V, Caja en L; siguiendo cada una de estas las especificaciones y directrices para el hormigón autocompactante – EFNARC.

Por último se analizará el concreto autocompactante en estado endurecido para cada una de las muestras con diferentes dosis de aditivo, para lo cual se desarrollará el ensayo de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días respectivamente.



4.2 Caracterización del CAC en estado Fresco

4.2.1 Diseño de Mezcla del CAC

El diseño y caracterización del hormigón autocompactante se ha basado en la aplicación de la experiencia adquirida con el concreto convencional. Aún no existe un método universalmente aceptado para su diseño.

En esta sección se establece un método para diseñar CAC, desarrollando un procedimiento conceptual para luego verificar su validez con pruebas de laboratorio.

Para la elaboración de las mezclas, se consideró las especificaciones y Directrices para el Hormigón Autocompactante – EFNARC, en el cual se indican los parámetros que deben cumplirse para el diseño de mezclas de concreto autocompactante.

Especificaciones y Directrices -EFNARC
Árido Grueso < 50%
Relación Agua Finos = 0.8 – 1.
Contenido Total de Finos de 400-600 kg/m ³
Contenido de Arena > 40% del mortero
Arena > 50% por peso del árido total
Agua Libre < 200 Litros
Pasta > 40% del volumen de la mezcla

Tabla 4.1. Especificaciones del diseño de mezcla EFNARC



Para llegar a un diseño de hormigón que cumpla con los requisitos de autocompactabilidad se elaboraron 7 mezclas referenciales que debían satisfacer parámetros básicos del concreto autocompactante como: Capacidad de relleno, capacidad de paso y Resistencia a la segregación.

4.2.2. Ensayos de Trabajabilidad del CAC

Para determinar si un concreto en estado fresco es autocompactante debe presentar tres requisitos fundamentales: Capacidad de relleno, capacidad de paso y Resistencia a la segregación.

Para analizar la capacidad de relleno del CAC se deberán analizar los ensayos del flujo de asentamiento con el cono de abrams invertido y el ensayo del embudo en V.

Para analizar la capacidad de paso del CAC se deberán analizar los ensayos del anillo en J y caja en L.

Para analizar la resistencia a la segregación del CAC se deberá analizar el ensayo de estabilidad de tamiz GTM.

4.2.2.1 Ensayo de Extensibilidad

Procedimiento:

- Comprobamos que la superficie plana o base está firme y perfectamente horizontal. Se humedeció con un paño, teniendo especial cuidado en no dejar agua libre. Se humedeció de igual manera el interior del cono y se colocó el cono sobre la base.
- Sujetamos firmemente el cono y lo rellenamos vertiendo el hormigón con ayuda del embudo de forma continua y sin ningún tipo de compactación.



Nivelamos el hormigón de la superficie con el borde superior del cono.

- Antes de que transcurriera 1 minuto se levantó verticalmente el cono, de forma cuidadosa y continua (2 a 3 segundos), dejando que el hormigón se extienda sobre la base.
- Tomamos el tiempo en el cual el flujo de concreto demora en alcanzar un diámetro de 50 cm.
- Tomamos el diámetro máximo alcanzado por el concreto cuando éste ha terminado de fluir.

4.2.2.2 Ensayo de Anillo Japonés

Procedimiento:

- Nos aseguramos previamente que la superficie plana o base se disponga horizontalmente, y se humedeció con un paño, cuidando de no dejar agua libre.
- Se humedeció de igual manera el interior del cono; y se colocó el cono sobre base.
- Colocamos sobre la base el anillo de forma concéntrica al cono.
- Vertimos el hormigón (aproximadamente 6 litros) relleno el cono de forma continua y sin compactación alguna. Se enrasó el hormigón con el borde superior del cono y, antes de que transcurriera 1 minuto, se levantó el cono en dirección vertical, de forma cuidadosa y continua (2 a 3 segundos), dejando que el hormigón fluya extendiéndose sobre la base y atravesando el anillo.
- Posteriormente se midieron las alturas A1 (altura del hormigón en la parte interna del anillo) y la altura A2 (altura en la parte externa del anillo).



- Se midió el diámetro máximo alcanzado por el hormigón.

4.2.2.3 Ensayo del Embudo en “V”

Procedimiento:

- Se preparó el Embudo V humedeciendo su interior con un paño húmedo, y se colocó en posición vertical sobre una superficie plana, firme y bien nivelada. Se colocó bajo el embudo el recipiente para recoger el hormigón.
- Tras asegurarnos de que la compuerta está completamente cerrada, vertimos la muestra de hormigón (aproximadamente 12 litros) de manera continua y sin vibración.
- Se niveló el hormigón en la parte superior del embudo. Dejamos transcurrir entre 8 y 12 segundos.
- Abrimos la compuerta de la base y medimos el tiempo que tardó el volumen total de concreto en fluir a través del embudo.
- Para determinar el final del paso del concreto se observó el flujo de éste desde la parte superior del embudo deteniendo el cronómetro al aparecer los primeros rayos de luz en el fondo.
- Se repitieron los dos últimos pasos, después de dejar reposar por 5 min. el hormigón.



4.2.2.4 Ensayo de Estabilidad del Tamiz GTM

Procedimiento:

- Se montaron los equipos necesarios (recipiente, malla N° 4 de 350 mm. de diámetro y balanza digital de precisión de 5g).
- Se prepararon 10 litros de concreto y se dejaron reposar en un balde por 15 min. cubriéndolo con una tapa para impedir la evaporación del agua de mezcla.
- Se pesaron el recipiente vacío y la malla; posteriormente colocamos sobre la balanza la malla encima del recipiente. Pasado los 15 min. de reposo vertimos una cierta cantidad de concreto con cuidado y procurando dejarlo caer desde una altura de 500 mm. en un movimiento continuo y uniforme. Dejamos reposar por un periodo de 2 min.
- Posteriormente retiramos la malla con el hormigón y tomamos el peso del recipiente lleno (M_b), y por diferencia se tomó el peso del hormigón en la malla (M_a).
- Se calculó el porcentaje de la muestra que traspasa el tamiz; la relación de segregación será: $(M_b/M_a) \times 100$.

4.2.2.5 Ensayo de la Caja "L"

Procedimiento:

- Se montó la caja con las barras de armadura y la separación elegida.
- Se humedeció las paredes interiores, sin dejar agua libre.



- Nos aseguramos que la caja esté dispuesta horizontalmente, quedando totalmente apoyada y nivelada en su base.
- Se vertió el hormigón (aproximadamente 14 litros) en la parte vertical de la caja y se dejó reposar durante unos 10 segundos.
- Este tiempo permitió realizar una primera evaluación visual de la estabilidad (segregación) de la muestra.
- Se abrió la compuerta rápidamente y se dejó fluir el hormigón hacia la parte horizontal, atravesando las barras de armadura.
- Se tomaron los tiempos cuando el hormigón alcanzó los 20 cm. y 40 cm. de longitud de recorrido.
- Posteriormente se midieron las alturas H1 (altura del hormigón en la parte seguida de la compuerta) y H2 (altura del hormigón en la parte final de la caja).

4.3 Caracterización del CAC en estado Endurecido

4.3.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión

Se prepararon 36 probetas (6 réplicas por 6 diseños de dosis de Plastol 200 Ext.) de concreto autocompactante y 6 probetas patrón de concreto convencional según el diseño de mezcla, la elaboración de éstas se basó en la norma NTP 339.033, seguidamente se llevaron a un curado de 3, 7 y 28 días y posteriormente se ensayaron en el equipo de compresión digital (ELE) en el Laboratorio de UNIBLOCK, según la norma técnica peruana NTP 339.034.



CAPITULO V

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de los ensayos efectuados al hormigón tanto en estado fresco como en estado endurecido, así como también el ensayo de Penetración para determinar el tiempo de Fragua , expresados en tablas, gráficas y en un análisis de las mismas.

5.1. ENSAYO DE EXTENSIÓN DE FLUJO (CONO DE ABRAMS)

N° de Pruebas	Parámetros	Porcentaje Aditivo Plastol 200 Ext						
		0	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2
P-10 min	T ₅₀ (s)	1.8	2.2	3.73	3.82	2.3	4.67	2.07
	Ø _{max.} (cm.)	70	70	70	70	70	70	70
P-40 min	T ₅₀ (s)	1.3	2.5	4.79	5.09	2.8	3.85	2.37
	Ø _{max.} (cm.)	58	70	70	70	70	70	70
P-70 min	T ₅₀ (s)	-	3.1	4.81	5.23	4	4.12	2.43
	Ø _{max.} (cm.)	44.5	67	68.5	67	67.5	69	70
P-100 min	T ₅₀ (s)	-	4.95	8.59	12.5	13.81	8.37	5.61
	Ø _{max.} (cm.)	30	60	65	62	63	65	64

Tabla 5.1. Resultados promedios del ensayo de extensión de flujo

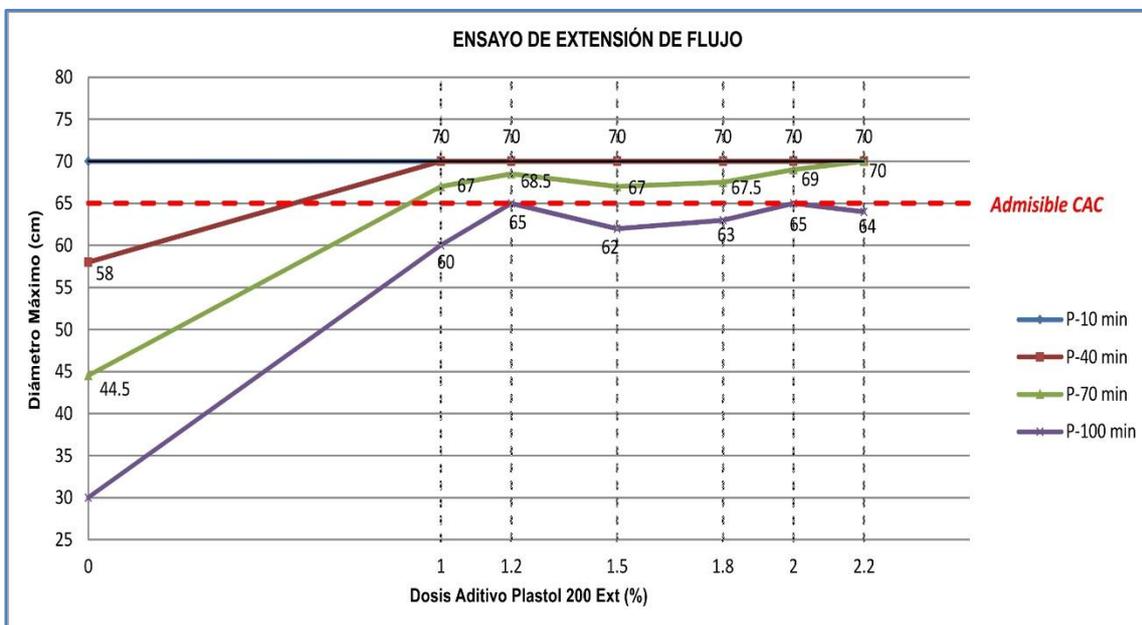


Figura 5.1: Diámetro Máximo (cm) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. en el ensayo de extensión de flujo.

En la figura 5.1 se grafican los diámetros máximos (cm.) alcanzados por las mezclas con respecto a los porcentajes de Dosis de Aditivo Plastol 200 Ext presentes en cada una de ellas.

En la figura se grafica simultáneamente los ensayos realizados en forma repetitiva cada 10, 40, 70 y 100 minutos respectivamente, de la cual se puede realizar las siguientes observaciones:

- Se realizó el primer ensayo teniendo como base una extensibilidad con diámetro máximo de 70 cm hasta los 10 minutos, cada diseño de mezcla del concreto autocompactante con las dosis de aditivo Plastol 200 Ext estudiadas, cumple con lo permitido por la norma EFNARC de 65 cm de extensibilidad como mínimo.
- Se diseñó la mezcla patrón (0 % aditivo Plastol 200 Ext) para que inicialmente cumpla con una extensibilidad de diámetro



máximo de 70 cm, pero nos damos cuenta que sufre una pérdida drástica de la extensión de flujo a partir del segundo ensayo realizado a los 40 minutos incluso no cumpliendo con los parámetros mínimos permitidos por la Norma EFNARC.

- Las mezclas con dosis de aditivos de 1%, 1.2%, 1.5%, 1.8%, 2.0% y 2.2 % mantienen la extensibilidad de Flujo con una extensión de diámetro máximo de 70 cm hasta la segunda prueba realizada a los 40 minutos.
- Todas las mezclas de concreto autocompactante con dosis de aditivo Plastol 200 Ext. cumple con los parámetros admisibles de extensibilidad hasta la tercera prueba realizada a los 70 minutos
- La mezclas de concreto autocompactante con dosis de aditivo Plastol 200 Ext de 1.2 % y 2.0 % cumplen con los parámetros admisible, pero la mezcla de 2 % de aditivo presento mayor exudación.
- La pérdida de extensión de flujo de todas las mezclas que contienen aditivo no es muy significativa dentro de los 70 min de realizada la pruebas.
- El porcentaje que presentó menor exudación y segregación, y que conservó la plasticidad necesaria para su trabajabilidad fue de 1.2 %.
- El grafico nos muestra que la perdida de extensibilidad a lo largo de los 100 minutos que se realizan las pruebas, en las mezclas de concreto de autocompactante que contienen aditivo, oscilan entre 6 y 8cm, con resultados semejantes a los obtenidos por Magna Quijano Yesica, en la investigación Aditivos de última generación en los concretos Autocompactados, quien determino que la perdida de extensibilidad a lo largo de las 2 horas, fue aproximadamente de 7cm.

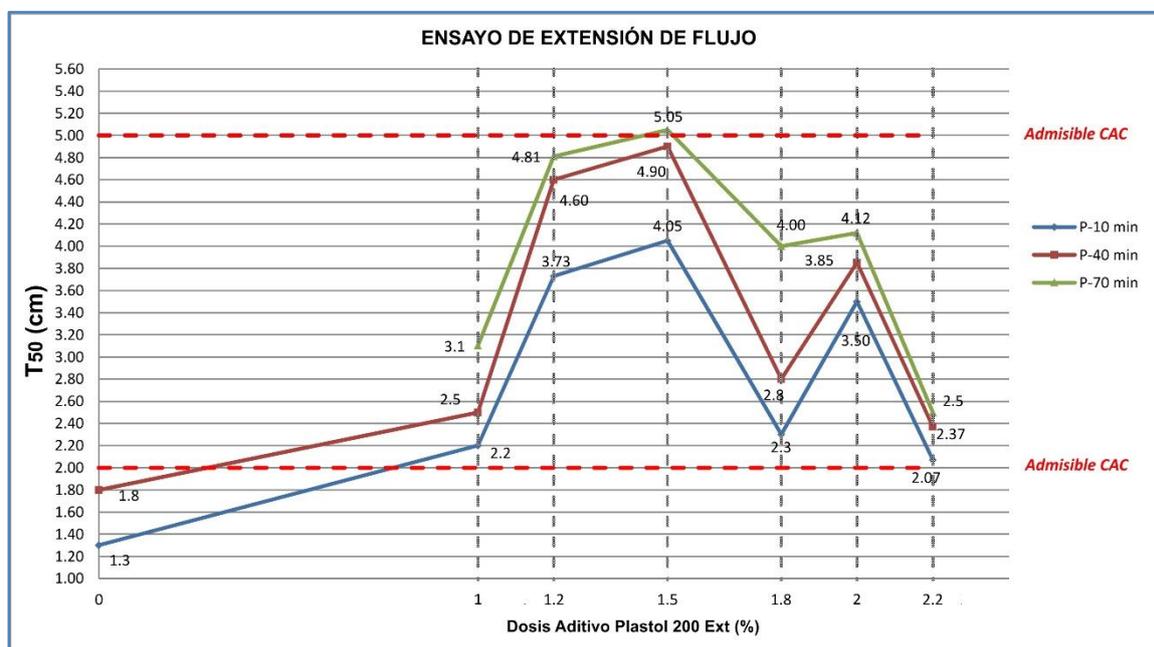


Figura 5.2: T_{50cm} (segundos) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. en el ensayo de extensión de flujo.

En la figura 5.2 se grafican los T_{50cm} (seg.) alcanzados por las mezclas con respecto a los porcentajes de Dosis de Aditivo Plastol 200 Ext presentes en cada una de ellas.

En la figura se grafica simultáneamente los ensayos realizados en forma repetitiva cada 10, 40 y 70 minutos respectivamente, de la cual se puede realizar las siguientes observaciones:

- No se imprimió la prueba realizada a 100 minutos porque todos los resultados estaban fuera de lo permitido por las especificaciones y directrices para el CAC – EFNARC.
- La mezcla patrón con 0% de dosis de aditivo Plastol 200 Ext, presenta valores T_{50cm} (seg.) menores de 2 segundos, la posible causa de esta anomalía es debido a que la mezcla presenta una viscosidad demasiado baja.



- La mezcla con dosis de 1.5% de aditivo Plastol 200 Ext cumple con los parámetros admisibles del CAC T_{50cm} (seg.) para la primera prueba realizada a los 10 minutos; no cumpliendo con las demás pruebas realizadas a los 40, 70 y 100 minutos porque están por encima de los 5 segundos permitidos.
- La mezcla patrón no registra un T_{50cm} (seg.) a la tercera y cuarta prueba realizada a los 70 y 100 minutos ya que su diámetros de extensibilidad presentaron valores de 44.5 y 30 centímetros respectivamente.
- La mezcla con dosis de 1.8% de aditivo Plastol 200 Ext origina cambios de pendientes en las gráficas obtenidas de la pruebas ensayadas a los 10, 40 y 70 minutos. La causa de ésta anomalía es que presenta menor viscosidad en la mezcla dentro de los parámetros permitidos.
- Las mezclas con dosis de aditivo (1%, 1.2%, 1.8%, 2% y 2.2%) Plastol 200 Ext cumplen con los parámetros admisibles del CAC hasta la tercera prueba realizada a los 70 minutos. Después de ese tiempo las mezclas presentan valores superiores a los 5 segundos como consecuencia que la mezcla ha perdido viscosidad.



5.2. ENSAYO DE CAPACIDAD DE FLUJO (EMBUDO EN “V”)

N° de Pruebas	Parámetros	Porcentaje Aditivo Plastol 200 Ext						
		0	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2
P-10 min	T _{10 s} (s)	3.2	4.72	6.40	8.77	6.21	5.75	4.36
	T _{5min s} (s)	4.5	5.17	7.65	12.25	25.04	11.56	13.09
P-40 min	T _{10 s} (s)	4.25	6.03	7.92	13.54	8.82	7.92	11.28
	T _{5min s} (s)	5.3	6.7	10.38	15.56	42.67	12.45	26.28
P-70 min	T _{10 s} (s)	-	18.1	11.62	20.06	11.45	9.02	22.04
	T _{5min s} (s)	-	72.05	25.38	90.56	98.56	15.34	72.05
P-100 min	T _{10 s} (s)	-	36.45	260.56	91.89	192.45	31.25	72.08
	T _{5min s} (s)	-	139	121.5	158.34	174.26	80.78	180.05

Tabla 5.2. Resultados promedios del ensayo de la Capacidad de flujo (Embudo en “V”).

La tabla 5.2, muestra el resumen de los resultados obtenidos mediante el ensayo de Capacidad de flujo con el Embudo en V realizados con las diferentes dosis de aditivos Plastol 200 Ext.

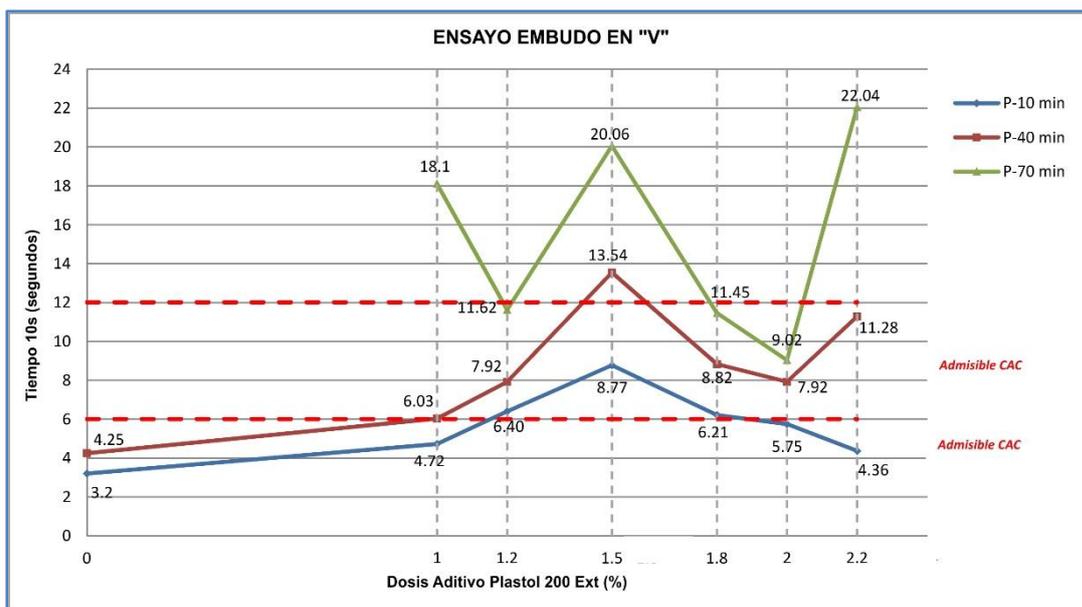


Figura 5.3: T_{10s} (seg) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. en el ensayo de embudo en V.

En la figura 5.3 se grafican los T_{10s} (seg.) alcanzados por las mezclas con respecto a los porcentajes de Dosis de Aditivo Plastol 200 Ext presentes en cada una de ellas.

En la figura se grafica simultáneamente los ensayos realizados en forma repetitiva cada 10, 40 y 70 minutos respectivamente, de la cual se puede realizar las siguientes observaciones:

- No se imprimió la prueba realizada a 100 minutos porque todos los resultados estaban fuera de lo permitido por las especificaciones y directrices para el CAC – EFNARC.
- La mezcla patrón con 0% de dosis de aditivo Plastol 200 Ext, presenta valores T_{10s} (seg.) menores de 6 segundos, la posible causa de esta anomalía es debido a que la mezcla presenta una viscosidad demasiado baja. No cumpliendo con los parámetros admisibles que nos proporciona el EFNARC para el ensayo del embudo en “V”



- La mezcla patrón con 0% de dosis de aditivo Plastol 200 Ext, no presenta valores de descarga continuas a partir de la tercera prueba ensayada a los 70 minutos, por lo que los resultados no cumplen con los valores admisibles ya que son mayores a 12 segundos. Debido a que después de los 70 minutos la mezcla presenta una viscosidad demasiado alta que impide la descarga continúa.
- La primera prueba ensayada a los 10 minutos cumple con los parámetros admisibles para las mezclas con dosis de aditivos de 1.2%,1.5% y 1.8% respectivamente.
- La segunda prueba ensayada a los 40 minutos cumplen con los parámetros admisibles para la mezclas con dosis de aditivos de 1%, 1.2%, 1.8%, 2.0% y 2.2% respectivamente.
- Para la tercera y cuarta prueba ensaya a los 70 y 100 minutos respectivamente, la tendencia es de no cumplir con los parámetros establecidos por el EFNARC; debido a la pérdida de la trabajabilidad y aumento de viscosidad del CAC.
- Las mezclas de concreto con 1.2 % ,1.8% y 2.0 % de dosis de aditivo, si cumplen con los parámetros establecidos por el EFNARC en la prueba realiza a los 70 minutos. Pero la mezcla de 1.2 % de aditivo presento menor exudación. Presento una mezcla con una viscosidad más estable.
- El porcentaje que tuvo el mejor comportamiento en este ensayo fue el de 1.2 % por que tuvo un flujo continuo en los dos tiempos medidos y casi nula exudación y segregación después de 5 min. Esto confirma la investigación realizada por Angulo Bedón, Félix Angel y Guzmán Juárez, Enrique Alonso con la



investigación denominada “Influencia del súperplastificante visocrete 1110 sobre la trabajabilidad en estado fresco y resistencia a la compresión en estado endurecido en un concreto autocompactante” que también determina que en ese porcentaje la mezcla de concreto con aditivo obtiene los mejores tiempos para el ensayo en mención.

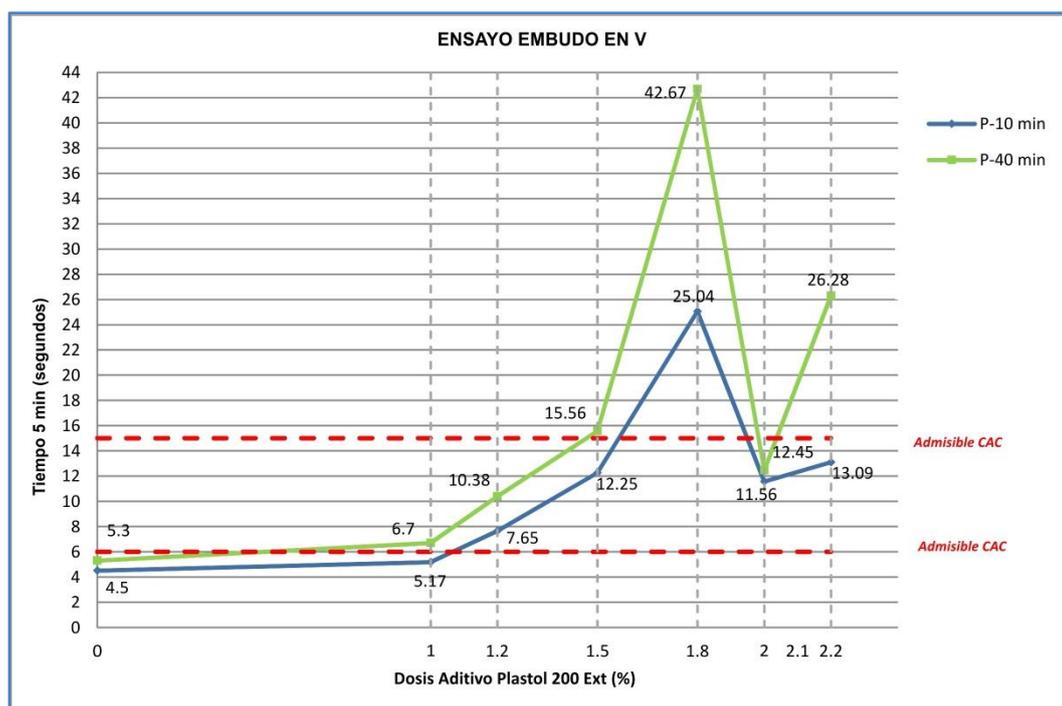


Figura 5.4: T_{5min} (seg) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. en el ensayo de embudo en V.

En la figura 5.4 se grafican los T_{5min} (seg.) alcanzados por las mezclas con respecto a los porcentajes de Dosis de Aditivo Plastol 200 Ext presentes en cada una de ellas.

En la figura se grafica simultáneamente los ensayos realizados en forma repetitiva cada 10 y 40 minutos respectivamente, de la cual se puede realizar las siguientes observaciones:



- No se imprimieron las pruebas realizadas a 70 y 100 minutos porque todos los resultados estaban fuera de lo permitido por las especificaciones y directrices para el CAC – EFNARC.
- Las pruebas que se realizaron en la muestra patrón de 0% de aditivo Plastol 200 Ext a 10 y 40 minutos presenta valores de descarga de 4.5 y 5.3 segundos respectivamente porque la posible causa de esta anomalía es que la mezcla presenta una viscosidad demasiado baja, por ende no cumple con los parámetros solicitados por el CAC.
- La primera prueba ensayada a los 10 minutos presenta valores admisibles solamente para valores con dosis de aditivos de 1.2%, 1.5%, 2.0% y 2.2%.
- La mezcla con 1.8% de dosis de Aditivo Plastol 200 Ext no cumple con los tiempos de descarga solicitada por la norma EFNARC.
- La segunda prueba ensayada a los 40 minutos presenta valores admisibles solamente para valores con dosis de aditivos de 1%, 1.2% y 2.0%. Pero de todas estas mezclas, la que presento menor exudación fue la mezcla de 1.2%.



5.3. ENSAYO DE RESISTENCIA AL PASO (CAJA EN “L”)

N° de Pruebas	Parámetros	Porcentaje Aditivo Plastol 200 Ext						
		0	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2
P-10 min	T _{20 s} (s)	0.75	0.76	1.00	1.8	1.75	1.42	0.85
	T _{40 s} (s)	1.29	1.02	2.10	3.69	2.29	1.53	1.25
	H ₁ (cm)	6.8	6.2	6.2	6.20	6.20	6.5	6.2
	H ₂ (cm)	6.8	6.2	6.2	6.20	6.20	6.5	6.2
	H ₂ /H ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
P-40 min	T _{20 s} (s)	1.2	0.8	1.50	2.24	1.78	2.18	0.99
	T _{40 s} (s)	2.00	1.08	3.15	4.72	2.25	2.47	1.45
	H ₁ (cm)	9.8	8.00	6.5	8	8	6.8	8.1
	H ₂ (cm)	3.2	6.5	6.5	6.5	6.5	6.2	7.2
	H ₂ /H ₁	0.33	0.81	1	0.81	0.81	0.91	0.89
P-70 min	T _{20 s} (s)	1.6	1.25	1.87	2.89	1.8	2.85	1.05
	T _{40 s} (s)	2.5	3.05	3.57	5.35	2.34	3.12	2.29
	H ₁ (cm)	22.8	12.3	7.8	8.50	11.5	7.5	9.5
	H ₂ (cm)	1.5	5.4	6.5	5.30	6	7	6.5
	H ₂ /H ₁	0.07	0.44	0.83	0.62	0.52	0.93	0.68
P-100 min	T _{20 s} (s)	-	2.90	2.86	3.85	3.55	3.79	2.88
	T _{40 s} (s)	-	6.58	7.2	8.52	6.92	7.50	5.84
	H ₁ (cm)	-	33.7	17.5	23	28.5	8.2	33.7
	H ₂ (cm)	-	0.5	3.2	2.5	2.5	5	1.20
	H ₂ /H ₁	-	0.01	0.18	0.11	0.09	0.61	0.04

Tabla 5.3. Resultados promedios del ensayo Resistencia de paso (Caja en “L”).

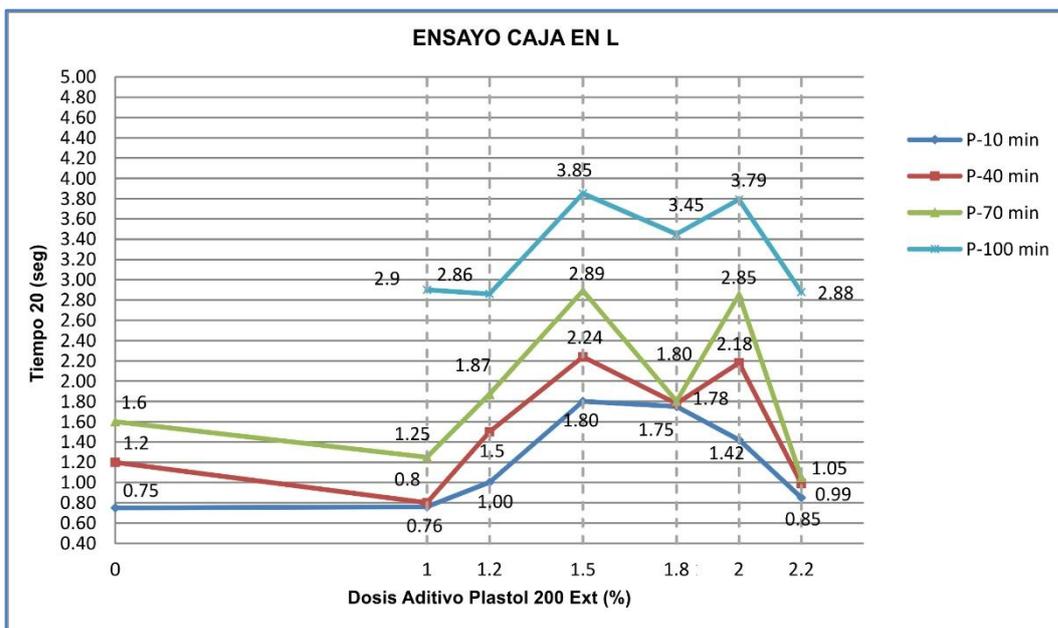


Figura 5.5: T_{20s} (seg) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. en el ensayo de embudo en L.

En la figura 5.5 se grafican los T_{20s} (seg.) alcanzados por las mezclas con respecto a los porcentajes de Dosis de Aditivo Plastol 200 Ext presentes en cada una de ellas. Se grafica simultáneamente los ensayos realizados en forma repetitiva cada 10, 40, 70 y 100 minutos respectivamente, de la cual se puede realizar las siguientes observaciones:

- La mezcla patrón con 0% de dosis de aditivo Plastol 200 Ext presenta tiempo con fluidez aceptable en las pruebas a los 10, 40 y 70 minutos, pero, a los 100 minutos la mezcla pierde fluidez totalmente.
- Las mezclas ensayadas a los 100 minutos no presentan mucha desviación de tiempos en alcanzar el T₂₀ manteniendo valores aceptables que están entre 2.86 y 3.85 segundos.
- Las pruebas ensayadas con aditivos entre los 10 y los 70 minutos presentan valores de tiempo que están entre 0.76 a 2.89 segundos, presentando un cambio de pendiente en las curvas en la mezcla que presenta 1.8% de aditivo Plastol 200 Ext.



- Las mezclas con dosis 1.2% y 2.2% de aditivo Plastol 200 Ext mantienen su fluidez durante los ensayos realizados, obteniendo tiempos de 2.86 y 2.88 segundos pasados los 100 minutos. Esto demuestra que ambas mezclas con las dosis de aditivos mencionadas mantienen un tiempo aceptable hasta la cuarta prueba.
- El mayor tiempo en alcanzar el T_{20} lo presenta la mezcla con 1.5% de aditivo Plastol 200 Ext teniendo como valor 3.85 segundos.
- Para analizar los tiempos de T_{20} segundos no cuenta con parámetros establecidos por el CAC, sirven como referencia para analizar el comportamiento de la fluidez.

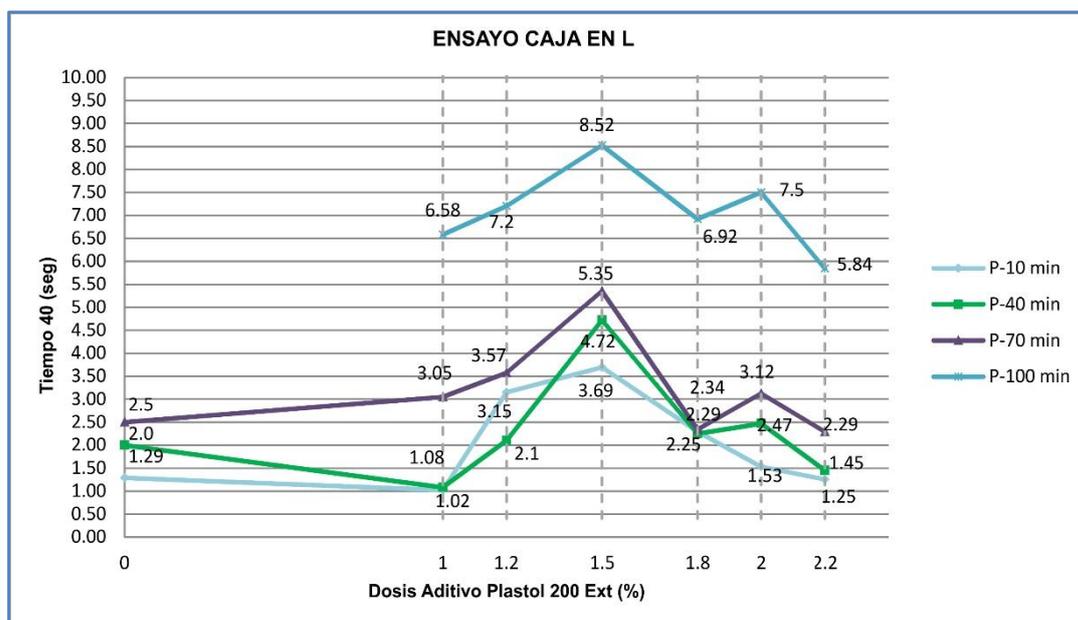


Figura 5.6: T_{40s} (seg) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. en el ensayo de caja en L.

En la figura 5.6 se grafican los T_{40s} (seg.) alcanzados por las mezclas con respecto a los porcentajes de Dosis de Aditivo Plastol 200 Ext presentes en cada una de ellas.



En la figura se grafica simultáneamente los ensayos realizados en forma repetitiva cada 10, 40, 70 y 100 minutos respectivamente, de la cual se puede realizar las siguientes observaciones:

- La mezcla patrón con 0% de dosis de aditivo Plastol 200 Ext presenta tiempos con fluidez aceptable en las pruebas a los 10, 40 y 70 minutos, pero, a los 100 minutos la mezcla pierde fluidez totalmente.
- Las mezclas que presentan dosis de aditivos de 1%, 1.2%, 1.5%, 1.8%, 2.0% y 2.2% que se ensayaron a los 100 minutos presenta valores de tiempo que están entre 5.84 a 8.52 segundos presentando una mayor pérdida de trabajabilidad,
- Las pruebas ensayadas con aditivos ensayadas entre los 10 y los 70 minutos presentan valores de tiempo que están entre 1.02 a 5.35 segundos, presentando un cambio de pendiente en las curvas en la mezcla que presenta 1.8% de aditivo Plastol 200 Ext al igual como se presenta en la prueba T_{20} .
- Las mezclas con dosis 1.2% de aditivo Plastol 200 Ext mantuvo su fluidez durante los ensayos realizados, obteniendo tiempos de referencia considerables de 2.1 a 7.2 segundos pasados los 100 minutos, Considerando también que dicha mezcla presento menor exudación .
- El mayor tiempo en alcanzar el T_{40} lo presenta la mezcla con 1.5% de aditivo Plastol 200 Ext teniendo como valor 8.50 segundos. En el Ensayo realizado a los 100 minutos de iniciado la mezcla.
- Las prueba realizada a 100 minutos para todas las mezclas con dosis de aditivos se encuentran en un rango de 5.84 a 8.52 segundos existiendo un margen considerable en los tiempos. Debido a que las mezclas en ese tiempo van perdiendo trabajabilidad.



- Para analizar los tiempos de T_{40} segundos no cuenta con parámetros establecidos por el CAC, sirven como referencia para analizar el comportamiento de la fluidez

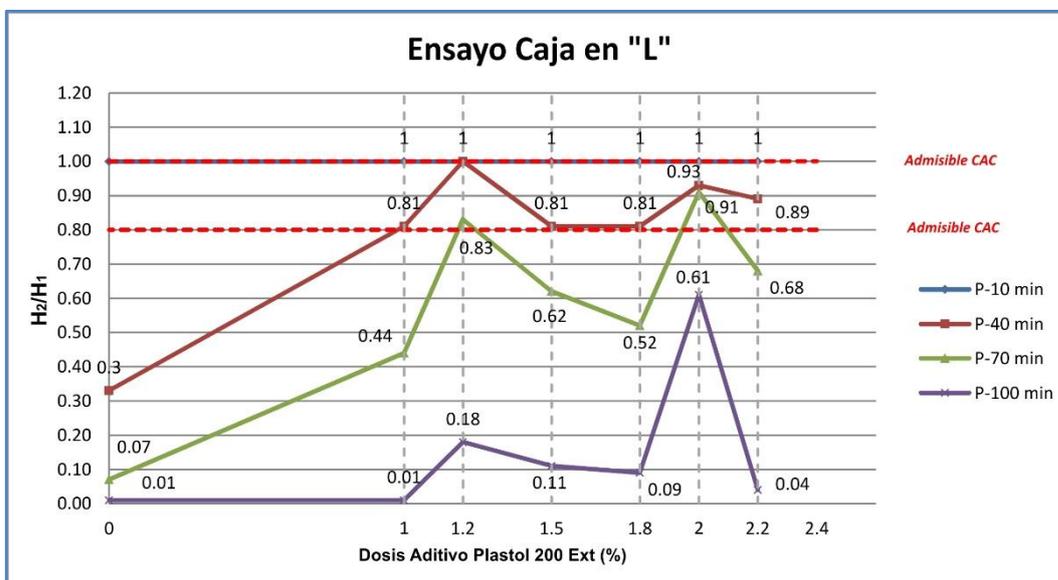


Figura 5.7: H_2/H_1 vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. en el ensayo caja en L

En la figura 5.7 se grafican los H_2/H_1 alcanzados por las mezclas con respecto a los porcentajes de Dosis de Aditivo Plastol 200 Ext presentes en cada una de ellas.

En la figura se grafica simultáneamente los ensayos realizados en forma repetitiva cada 10, 40, 70 y 100 minutos respectivamente, de la cual se puede realizar las siguientes observaciones:

- La mezcla patrón con 0% de dosis de aditivo Plastol 200 Ext presenta tiempos con fluidez aceptable en la prueba a los 10 minutos, pero, a los 40, 70 y 100 minutos la mezcla no cumple con los parámetros del CAC perdiendo fluidez en la mezcla.
- La mezcla con dosis de 1% de aditivo Plastol 200 Ext presenta parámetros permitidos para las pruebas ensayas a los 10 y 40 min respectivamente.



- Las pruebas ensayadas a 10 y 40 minutos con dosis de 1%, 1.2%, 1.5%, 1.8%, 2.0%, 2.2% de aditivo Plastol 200 Ext cumplen los parámetros admisibles del CAC.
- Las pruebas ensayadas a los 70 y 100 minutos con dosis de 1%, 1.2%, 1.5%, 1.8% y 2.2% de aditivo Plastol 200 Ext no cumplen los parámetros admisibles del CAC, excepto la mezcla con 2% de aditivo a los 70 minutos.
- La mezcla con 2.2% de dosis de aditivo presento mayor exudación, eso quiere decir que afecta trabajabilidad de la mezcla.

5.4. ENSAYO DE RESISTENCIA AL PASO (ANILLO “J”)

N° de Pruebas	Parámetros	Porcentaje Aditivo Plastol 200 Ext						
		0	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2
P-10 min	Ømax. (cm)	44	70	70	70	70	70	69
	A1 (cm) Interior	3.2	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	2.10
	A2 (cm) Exterior	1.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5
P-40 min	Ømax. (cm)	38	68	65	70	65	6.9	68
	A1 (cm) Interior	4.5	2.10	2.0	2	2.2	1.45	2.3
	A2 (cm) Exterior	1.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.55	0.5
P-70 min	Ømax. (cm)	-	55	60	65	57	68	60
	A1 (cm) Interior	-	3.8	3	3	3.5	1.8	3.5
	A2 (cm) Exterior	-	0.9	1	1	1.20	0.6	0.7
P-100 min	Ømax. (cm)	-	45	50	60	55	65	53
	A1 (cm) Interior	-	5.8	4.5	4.5	4.5	3.5	4.3
	A2 (cm) Exterior	-	1.20	1	1.20	1.5	1	0.4

Tabla 5.4. Resultados promedios del ensayo Resistencia al paso (Anillo “J”).

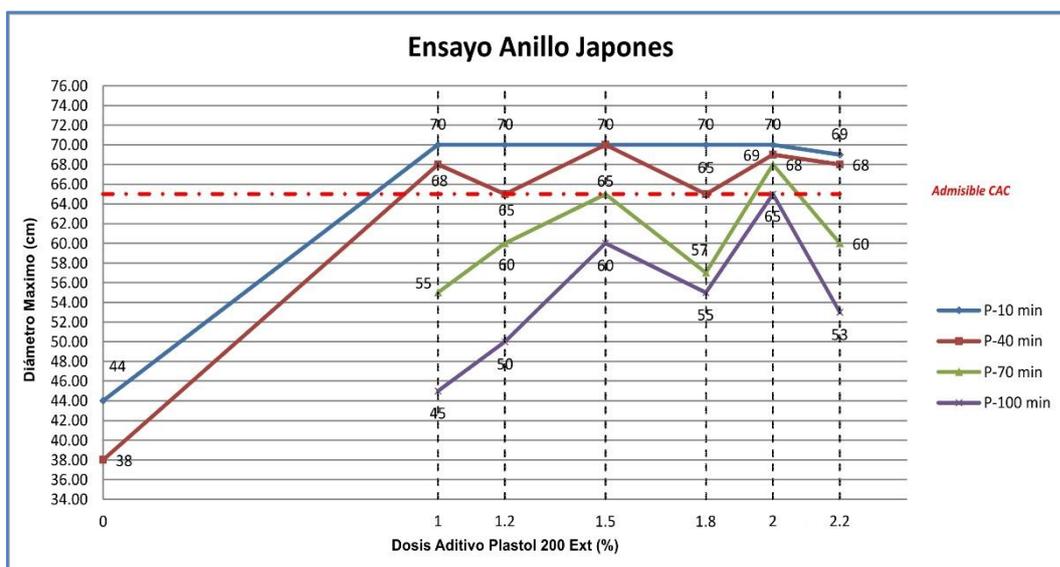


Figura 5.8: \varnothing_{max} vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. en el ensayo de anillo Japonés

En la figura 5.8 se grafican los \varnothing_{max} alcanzados por las mezclas con respecto a los porcentajes de Dosis de Aditivo Plastol 200 Ext presentes en cada una de ellas.

En la figura se grafica simultáneamente los ensayos realizados en forma repetitiva cada 10, 40, 70 y 100 minutos respectivamente, de la cual se puede realizar las siguientes observaciones:

- La mezcla patrón con 0% de dosis de aditivo Plastol 200 Ext presenta diámetros de extensibilidad inferiores a los requeridos por los parámetros del CAC.
- Las mezclas realizadas con dosis de 1%, 1.2%, 1.5%, 1.8%, 2.0% y 2.2% de aditivo Plastol 200 Ext cumplen con los parámetros de extensibilidad para las mezclas ensayadas a los 10 y 40 minutos.
- Las mezclas ensayadas a los 100 minutos cumplen con los parámetros establecidos por el CAC, excepto la mezcla con 2.0% de aditivo.
- Las mezclas ensayadas a 70 minutos presentan resultados admisibles para dosis de aditivos de 1.5% y 2.0%.



5.5. ENSAYO DE ESTABILIDAD TAMIZ GTM (RESISTENCIA A LA SEGREGACIÓN)

Plastol 200 Ext (%)		Índice de segregación		
		Ma (Muestra Inicial) Kg	Mb (Muestra que pasa)Kg	(Mb/Ma) x 100 %
0	Muestra 1	6.5	0.75	11.54
	Muestra 2	7.85	0.8	10.19
	Muestra 3	4.5	0.5	11.11
	Promedio			10,95
1	Muestra 1	8.2	1	12.20
	Muestra 2	6.2	0.75	12.10
	Muestra 3	5.7	0.7	12.28
	Promedio			12.19%
1.2	Muestra 1	6.85	0.8	11.68
	Muestra 2	5.6	0.65	11.61
	Muestra 3	7.85	0.85	10.83
	Promedio			11.37%
1.5	Muestra 1	4.8	0.65	13.54
	Muestra 2	5.6	0.75	13.39
	Muestra 3	6.3	0.9	14.29
	Promedio			13.74
1.8	Muestra 1	8	1.4	17.5
	Muestra 2	6.35	1.10	17.32
	Muestra 3	7.20	1.3	18.06
	Promedio			17.63%
2.0	Muestra 1	8.25	1.35	16.36
	Muestra 2	6.65	1.20	18.05
	Muestra 3	4.5	0.85	18.89
	Promedio			17.77%
2.2	Muestra 1	8.85	1.35	15.25
	Muestra 2	7.45	1.15	15.44
	Muestra 3	5.35	0.8	14.95
	Promedio			15.21 %

Tabla 5.5. Resultados promedios del ensayo Resistencia a la segregación GTM



La tabla 5.5 muestra los ensayos realizados de Resistencia a la segregación a través de la estabilidad de tamiz GTM, para cada una de las mezclas con las diferentes dosis 0%, 1%, 1.2%, 1.5%, 1.8%, 2.0% y 2.2% de aditivo Plastol 200 Ext se tomó 3 muestras de cada una de las mezclas obteniendo la muestra inicial y, la mezcla que pasa el tamiz n° 4 y se obtuvo el promedio de los resultados de las muestras en porcentaje.

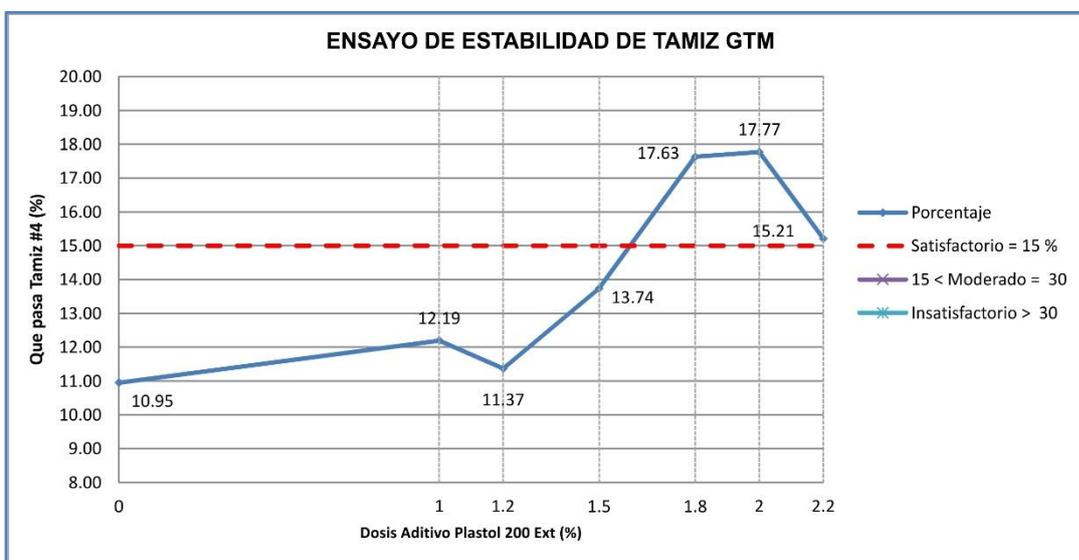


Figura 5.9: Que pasa tamiz # 4 (%) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. en el ensayo de estabilidad GTM

En la figura 5.9 se grafican los resultados del ensayo de estabilidad GTM de las mezclas con las diferentes dosis de Aditivo Plastol 200 Ext presentes en cada una de ellas.

- Las mezclas con 0%, 1%, 1.2% y 1.5% presentan resultados de resistencia a la segregación satisfactorios según las especificaciones y directrices del EFNARC.
- Las mezclas con 1.8%, 2.0% y 2.2% presentan resultados de resistencia a la segregación moderados según las especificaciones y directrices del EFNARC.



5.6. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C 39-99

Dosis Plastol 200 Ext (%)	Edad (días)	Promedio F'c (Kg/cm ²)
0	3	145
	7	226
	28	315
1	3	181
	7	267
	28	392
1.2	3	216
	7	288
	28	418
1.5	3	191
	7	262
	28	380
1.8	3	190
	7	259
	28	360
2.0	3	172
	7	246
	28	340
2.2	3	171
	7	214
	28	330

Tabla 5.6: Resultados de ensayo a la compresión a 3,7 y 28 días.

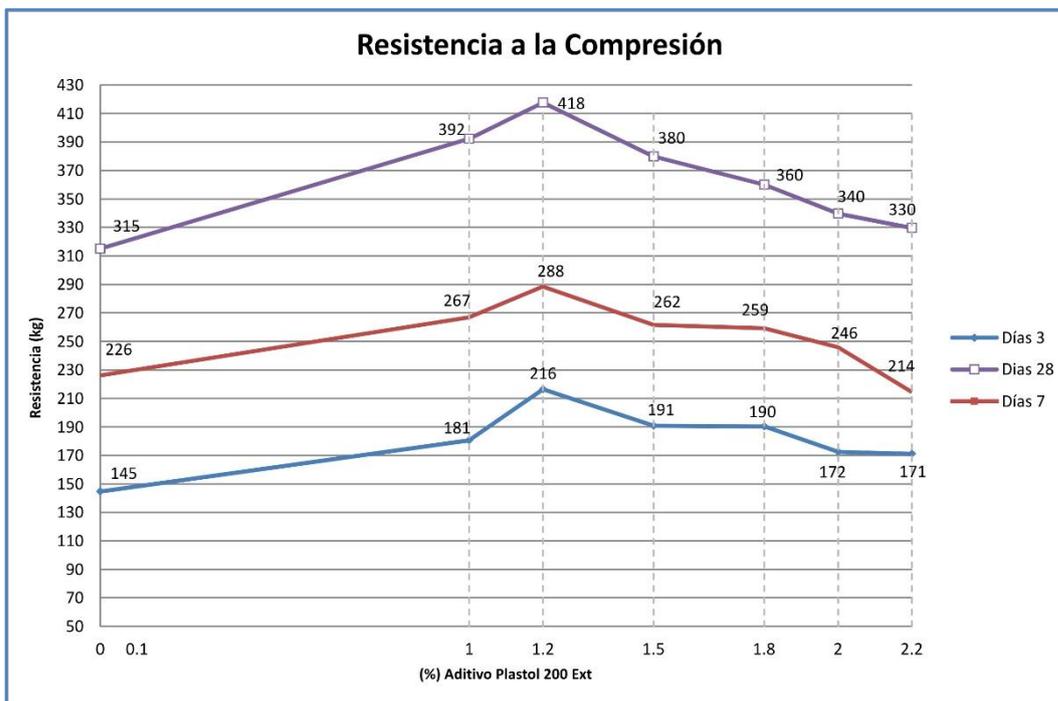


Figura 5.10: Resistencia A la Compresión (kg) vs. % Dosis Aditivo Plastol 200 Ext. En el ensayo de rotura

En el gráfico 5.10 se observa los resultados a la compresión a 3, 7 y 28 días respectivamente.

- la mezcla de concreto autocompactante con dosis de aditivos de 1.2 % es la que presenta mayor resistencia a la compresión de 216, 288 y 418 kg/cm² a los 3, 7 y 28 días de curado respectivamente
- La mezcla patrón es la que presenta los valores de resistencia más bajos, con valores de 145, 226 y 315 kg/cm² a los 3, 7 y 28 días de curado respectivamente.
- Para los 3 porcentajes más altos de aditivo Hiperplastificante Plastol 200 Ext, la resistencia va en descenso conforme aumenta el porcentaje de éste. Esto también es debido a la exudación y



segregación presentada en las mezclas; ya que los agregados, especialmente el grueso por su mayor densidad, se dirigen hacia la base del recipiente que contiene al concreto autocompactante conforme aumenta el tiempo en el que se encuentra la mezcla en reposo.

- Como podemos observar en la gráfica la tendencia que se produce cuando se le adicionas más aditivo al 1.2% de dosis ; es la disminuir la resistencia a la compresión ya que se produce una mayor exudacion, Esto corrobora la investigación realizada por por Angulo Bedón, Félix Angel y Guzmán Juárez, Enrique Alonso con la investigación denominada “Influencia del súperplastificante viscocrete 1110 sobre la trabajabilidad en estado fresco y resistencia a la compresión en estado endurecido en un concreto autocompactante”, concluyendo que para porcentajes mayores a 1.00 % de superplastificantes la resistencia iba en descenso, con presencia de exudación y segregación; estas resistencias presentan un promedio de 340 Kg/cm^2 con relación de $a/c = 0.47$.



VI. CONCLUSIONES

- El aditivo Hiperplastificante plastol 200Ext mejora las propiedades del concreto Autocompactante en estado fresco y endurecido.
- La cantidad óptima de porcentaje de aditivo Hiperplastificante Plastol 200 Ext. que se debe agregar a una mezcla de concreto autocompactante que se encuentre dentro de los parámetros de diseño de este estudio es de 1.2 % del peso del cemento, por no presentar exudación ni segregación y estar dentro de los rangos permitidos de fluidez y tiempos.
- Así mismo concluimos que el aumentar en pequeñas cantidades el porcentaje de Hiperplastificante Plastol 200Ext en un concreto autocompactante, tiene gran influencia en la exudación y segregación que puede presentar éste; de igual modo también influye en su trabajabilidad y su resistencia a la compresión.
- El aditivo Hiperplastificante Plastol 200Ext es fundamental en la obtención de fluidez y reducción de agua en la mezcla de concreto autocompactante; está compuesto de policarboxilatos modificados, que por sus características químicas, producen un efecto estérico con un perímetro de influencia mayor, que los aditivos superplastificantes normales.
- Con las probetas de concreto autocompactante con aditivo en estado endurecido, se logró obtener una resistencia a la compresión mayor a la que se obtuvo con probetas de concreto Patrón, teniendo todas un curado en poza a 3, 7 y 28 días.



- De acuerdo al análisis Realizado a travez de las tabulaciones y graficos hecho a los diferentes resultados obtenidos en los ensayos, se concluye que hay una influencia significativa de la dosificación del aditivo Plastol 200 Ext en los parámetros estudiados para cada uno de los ensayos en estado fresco, y en la resistencia a la compresión en estado endurecido del concreto autocompactante.

VII. RECOMENDACIONES

- Para utilizar el Concreto Autocompactante como material de construcción, es necesario realizar previamente un estudio técnico y económico en base a las solicitudes del proyecto, tomando en cuenta los resultados de esta investigación y los antecedentes que tiene este tipo de concreto.
- En este estudio la propuesta para la mezcla de CAC corresponde a un determinado tipo de agregados, cemento y aditivos; es por ello que para elaborar este tipo de concreto con otros materiales, se debe considerar un diseño diferente que corresponda a los recursos a utilizar, tomando como referencia la metodología aplicada en este estudio.
- En la determinación de las propiedades de los materiales es necesario utilizar procedimientos estandarizados para garantizar la correcta elección de los materiales requeridos que cumplan con las solicitudes del proyecto y que contribuyan a la autocompactabilidad de la mezcla.
- Se recomienda tener cuidado con el peso de los agregados, cemento, agua, y en especial del Aditivo Hiperplastificante



Plastol 200 Ext, porque un ligero aumento de éste tiene gran influencia en la fluidez de la mezcla.

- Es importante no excederse en el tiempo de preparación de la mezcla, porque ésta puede empezar a fraguar, y se necesitaría mayor cantidad de Hiperplastificante Plastol 200 Ext para lograr la fluidez y trabajabilidad esperada.
- También recomendamos que la preparación de la mezcla se haga en una mezcladora mecánica, para que la distribución de los agregados en la mezcla sea más uniforme.
- Asimismo recomendamos realizar pruebas químicas de los agregados y agua que se utilizan en la preparación del concreto ya que las sales, sulfatos y cloruros también influyen en las propiedades que se quieren alcanzar.
- Se recomienda el uso del concreto autocompactante por parte de las constructoras en la construcción de viviendas, edificios, y obras que por su geometría son complicados, ya que éste presenta excelentes cualidades como buena capacidad de relleno, buena resistencia al paso y excelente fluidez para recorrer encofrados con abundante armazón de acero, demostradas en el presente trabajo de investigación.
- Finalmente se recomienda el uso de todos los equipos de protección y seguridad durante el desarrollo de los ensayos tales como: máscaras de gas, lentes de protección, guantes, botas.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) **MAGNO QUIJANO, Yesica E. (2009).** Los Aditivos De Última Generación, En La Elaboración De Concretos Autocompactados. (Tesis).Lima: Universidad Ricardo Palma.

- 2) **REINA CARDOZA, Juan Carlos (2010).** Influencia de la tasa de aditivo superplastificantes, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido. (Tesis). San Salvador: Universidad de el Salvador.

- 3) **INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO (1989).** Tecnología del Concreto, Tomo 2. Editorial Limusa.

- 4) **INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO (1989).** Tecnología del Concreto, Tomo 3. Editorial Limusa.

- 5) **GONZÁLEZ MORÁN, Selma Idalia. (2005).** Concreto autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla. Beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en el salvador. (Tesis). San Salvador: Universidad de el Salvador.

- 6) **RIGON FRACALOSI, Rómulo Augusto. (2011).** Aditivos A Base De Carboxilatos: Influencia En Las Pastas De Cemento Portland. (Tesis). Rio de Janeiro: Universidad del rio Grande.

- 7) **VILANOVA FERNÁNDEZ. Ángel. (2009).** Influencia De La Dosificación Y Empleo De Diferentes tipos De Cemento Y Adiciones En Las Propiedades Mecánicas Del Hormigón Autocompactante. (Tesis Doctoral).Madrid: Escuela Técnica Superior De Ingenieros, de Caminos, Canales Y Puertos.



- 8) **BURÓN MAESTRO, Manuel (2006).** Hormigón autocompactante. Criterios para su utilización N°887. Guía Práctica para el hormigón autocompactante, Abril .Instituto Español del cemento y sus aplicaciones IECA. Madrid, España.

- 9) **GONZALES DE LA COTERA, M. (2002).** Comportamiento de las adiciones minerales en los concretos autocompactados. Asociación de Productores de Cemento. Coloquio de Química del Cemento 9, Lima, Perú.

- 10) **CHECMAREW, Leonardo. (2010).** Hormigones con aditivos hiperfluidificantes para uso vial, revista de la Asociación Argentina del Hormigón Elaborado, núm. 20, abril. Buenos Aires, Argentina.

- 11) **EXPERTS FOR SPECIALISED CONSTRUCTION AND CONCRETE SYSTEMS, EFNARC. (2002).** Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable – HAC.

- 12) **CARLOS A. P. FAVA (2003)** .Hormigón Autocompactante: Desarrollo Y Caracterización. (Tesis de Magister) .Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

- 13) **GARCÍA BALLESTER, Luis. (2011).** Estudio De La Robustez En El Hormigón Autocompactante Con Bajo Contenido De Finos. Valencia: Universidad politécnica de Valencia.

- 14) **BARLUENGA. Gonzalo (2013).** Curso: Hormigones Avanzados. Madrid. Instituto de las ciencias de la construcción Eduardo Torroja.

- 15) **LEÓN PARRA, Lady Roxana (2009).** Diseño de mezclas para Hormigón Autocompactante. (Tesis). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.



16)SEGERER, Maximiliano (2013). Hormigones Especiales Y Últimos Avances. Conferencia: Reglamento De Estructuras De Hormigón Cirsoc 201:05, Mayo. San Rafael, Argentina: Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles- CIRSOC.

17)Reglamento Nacional De Edificaciones (2006) – Norma E.060. Concreto Armado.



IX. ANEXOS



ANEXO 1.1

(Diseño de Mezcla de Concreto y
Determinación de Parámetros)



MEZCLA PATRON - VOLUMEN : 1.00 m3				TANDA : 0.03 m3
MATERIALES	CANTIDADES	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN	CANTIDADES
	(Kg)	(Kg/m3)	(m3)	(Kg)
Cemento	538	2920	0.1841	16.13
Agua	241	1000	0.2409	8.16
Piedra 1/2 "	591	2640	0.224	17.79
Arena	884	2630	0.336	26.67
Aire	1.50%	-----	0.015	
Aditivo Plastol 200 Ext.	-----	1080		
			1.000	

Mezcla patron : Tanda V = 0.03 m3		PARAMETROS DEL CONCRETO	
MATERIALES	CANTIDADES	Temperatura Ambiental	: 23 °C
	(Kg)	Temperatura Concreto	: 21.70 °C
Cemento	16.13	Peso Unit. Concreto Fresco	: 2329.14 Kg/m3
Agua	8.76	Humedad Relativa	: 44%
Piedra 1/2 "	17.79	Contenido de Aire	: 1.50%
Arena	26.67	Observacion :	Se agregó 0.6 kg de Agua Para alcanzar a la extensibilidad deseada.
Aditivo Plastol 200 Ext.	0.00		

Mezcla 1% Aditivo : Tanda V = 0.03 m3		PARAMETROS DEL CONCRETO	
MATERIALES	CANTIDADES	Temperatura Ambiental	: 24 °C
	(Kg)	Temperatura Concreto	: 20.70 °C
Cemento	12.9	Peso Unit. Concreto Fresco	: 2372 Kg/m3
Agua	6.96	Humedad Relativa	: 43%
Piedra 1/2 "	20.49	Contenido de Aire	: 1.60%
Arena	30.72	Observacion :	La inclusion de Aditivo redujo agua Aprox. En un 20 %
Aditivo Plastol 200 Ext(1.0%)	0.129		

Mezcla 1.2 % Aditivo : Tanda V = 0.03 m3		PARAMETROS DEL CONCRETO	
MATERIALES	CANTIDADES	Temperatura Ambiental	: 20 °C
	(Kg)	Temperatura Concreto	: 20.9 °C
Cemento	12.9	Peso Unit. Concreto Fresco	: 2379 Kg/m3
Agua	6.91	Humedad Relativa	: 63%
Piedra 1/2 "	20.49	Contenido de Aire	: 1.70%
Arena	30.72	Observacion :	La inclusion de Aditivo redujo agua Aprox. En un 20 %
Aditivo Plastol 200 Ext(1.2%)	0.155		



Mezcla 1.5 % Aditivo : Tanda V = 0.03 m3		PARAMETROS DEL CONCRETO	
MATERIALES	CANTIDADES	Temperatura Ambiental	: 18 °C
	(Kg)	Temperatura Concreto	: 20.6 °C
Cemento	12.9	Peso Unit. Concreto Fresco	: 2380 Kg/m3
Agua	6.86	Humedad Relativa	: 68%
Piedra 1/2 "	20.49	Contenido de Aire	: 1.80%
Arena	30.72	Observacion :	La inclusion de Aditivo redujo agua Aprox. En un 20 %
Aditivo Plastol 200 Ext(1.2%)	0.194		

Mezcla 1.8 % Aditivo : Tanda V = 0.03 m3		PARAMETROS DEL CONCRETO	
MATERIALES	CANTIDADES	Temperatura Ambiental	: 22 °C
	(Kg)	Temperatura Concreto	: 21.5 °C
Cemento	12.9	Peso Unit. Concreto Fresco	: 2372 Kg/m3
Agua	6.81	Humedad Relativa	: 52%
Piedra 1/2 "	20.49	Contenido de Aire	: 1.80%
Arena	30.72	Observacion :	La inclusion de Aditivo redujo agua Aprox. En un 20 %
Aditivo Plastol 200 Ext(1.8%)	0.232		

Mezcla 2.0 % Aditivo : Tanda V = 0.03 m3		PARAMETROS DEL CONCRETO	
MATERIALES	CANTIDADES	Temperatura Ambiental	: 20 °C
	(Kg)	Temperatura Concreto	: 20.5 °C
Cemento	12.9	Peso Unit. Concreto Fresco	: 2382 Kg/m3
Agua	6.76	Humedad Relativa	: 63%
Piedra 1/2 "	20.49	Contenido de Aire	: 1.90%
Arena	30.72	Observacion :	La inclusion de Aditivo redujo agua Aprox. En un 20 %
Aditivo Plastol 200 Ext(2.0%)	0.258		

Mezcla 2.2 % Aditivo : Tanda V = 0.03 m3		PARAMETROS DEL CONCRETO	
MATERIALES	CANTIDADES	Temperatura Ambiental	: 23 °C
	(Kg)	Temperatura Concreto	: 20.9 °C
Cemento	12.9	Peso Unit. Concreto Fresco	: 2395 Kg/m3
Agua	6.68	Humedad Relativa	: 63%
Piedra 1/2 "	20.49	Contenido de Aire	: 1.90%
Arena	30.72	Observacion :	La inclusion de Aditivo redujo agua Aprox. En un 20 %
Aditivo Plastol 200 Ext(2.2%)	0.284		



ANEXO 1.2

(Ensayos Físicos Agregados)



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

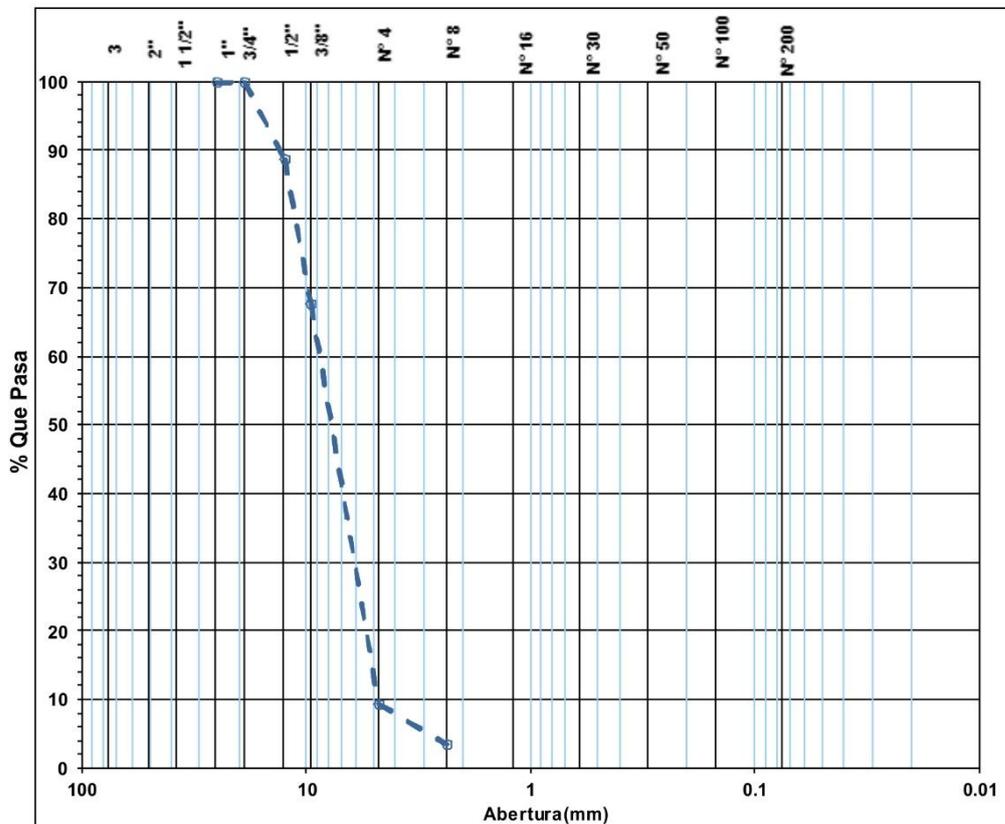
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD			
PLANTA :	PREFABRICADOS UNIBLOCK	FECHA :	16/09/2014
	PARQUE INDUSTRIAL- TRUJILLO	HECHO POR :	O.S.P. C.M.S.

DATOS DE LA MUESTRA			
IDENTIFIC.:	PIEDRA ZARANDEADA	TAMAÑO MAX. :	1/2 "
CANTERA:	LA VALDIVIA	PESO INICIAL :	1,000.00 gr.

TAMIZ	ABER. (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RET. ACUM.	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.0				Mezcla de arena Acopio en planta
2"	50.000	0				
1 1/2"	37.500	0				
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS						
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.0	Módulo de Fineza : 6.06
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.0	100.0	Contenido de Humedad: 0.30 %
1/2"	12.500	113.80	11.38	11.38	88.62	Peso Específico 2.64 gr/cc
3/8"	9.500	210.80	21.08	32.46	67.54	% de Absorción 2.00 %
Nº 4	4.750	583.50	58.35	90.81	9.19	
Nº 8	2.360	56.40	5.64	96.45	3.55	
Nº 16	1.180	0.00	0.00	96.45	3.55	
Nº 30	0.600	0.00	0.00	96.45	3.55	
Nº 50	0.300	0.00	0.00	96.45	3.55	
Nº 100	0.150	0.00	0.00	96.45	3.55	OTROS
Nº 200	0.075	0.00	0.00	96.45	3.55	
FONDO	0	35.5	3.55	100.0	0.0	

CURVA GRANULOMETRICA





ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO FINO

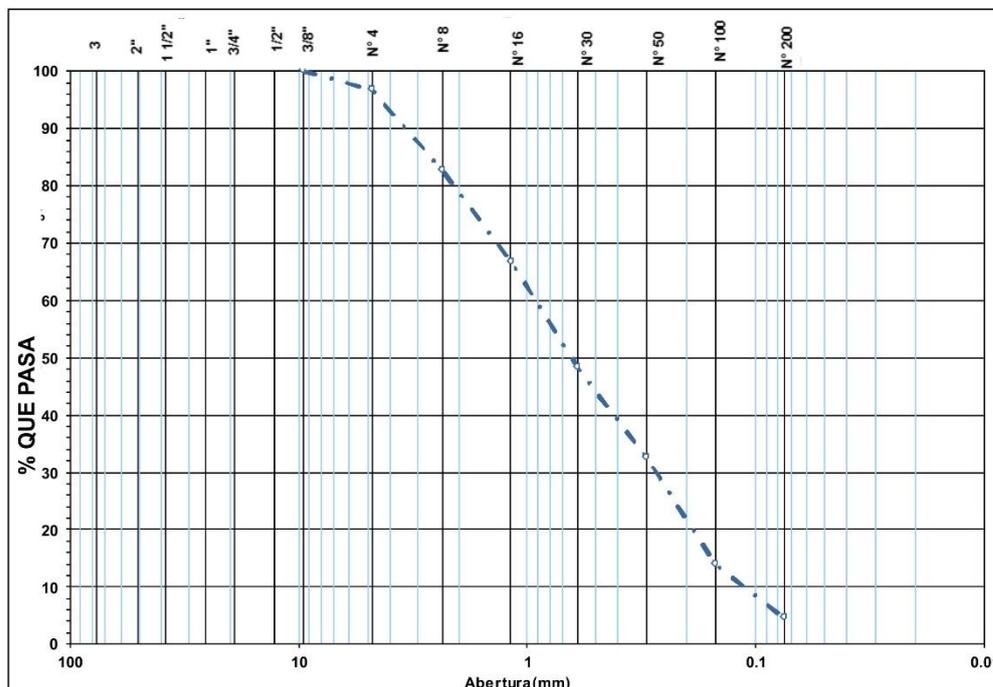
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD			
PLANTA:	PREFABRICADOS TRUJILLO	FECHA:	18/09/2014
UBICAC.:	PARQUE INDUSTRIAL LA ESPERANZA	HECHO POR:	O.S.P. C.M.S.

DATOS DE LA MUESTRA			
IDENTIFIC.:	ARENA NATURAL ZARANDEADA	TAMAÑO MAX. NOM.:	
CANTERA:	QUEBRADA DE LEÓN	PESO INICIAL SECO:	550.30 gr.

TAMIZ	ABER. (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RET. ACUM.	% QUE PASA	400.037		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						MÍNIMO	MÁXIMO	
3"	75.000							CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Módulo de Fineza : 2.59 Contenido de Humedad: 0.60 % Peso Especifico 2.63 gr/cc % de Absorción 3.00 %
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000							
3/4"	19.000							
1/2"	12.500							
3/8"	9.500				100.0	100	100	
Nº 4	4.750	18.2	3.3	3.3	96.7	95	100	
Nº 8	2.360	77.7	14.1	17.4	82.6	80	100	
Nº 16	1.180	87.5	15.9	33.3	66.7	50	85	
Nº 30	0.600	100.7	18.3	51.6	48.4	25	60	
Nº 50	0.300	87.2	15.8	67.5	32.5	5	30	
Nº 100	0.150	103.1	18.7	86.2	13.8	0	10	
Nº 200	0.075	50.2	9.1	95.3	4.7	0	3	
FONDO	0	25.7	4.7	100.0	0.0	0	0	

CURVA GRANULOMETRICA





ANEXO 1.3

(Hoja Técnica Cemento Pacasmayo tipo MS)



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

CEMENTO ANTISALITRE NUEVA FÓRMULA **FORTIMAX3**

Cemento Portland Tipo MS(MH)(R)

Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
Pacasmayo, 14 de noviembre 2014.

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	6	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	4680	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	5.6	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	3.00	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm ²)	21.2 (217)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm ²)	29.3 (299)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm ²)	39.6 (404)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	161	Mínimo 45
Fraguado Final	min	315	Máximo 420
Expansión Barra de Mortero a 14 días	%	0.006	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato a 6 meses	%	0.03	Máximo 0.10
Calor de Hidratación a 7 días	kcal/kg	70	Máximo 70
Opción R: Baja reactividad con agregados álcali-sílice reactivos			
Expansión a 14 días	%	0.009	Máximo 0.020
Expansión a 56 días	%	0.019	Máximo 0.060

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-10-2014 al 31-10-2014.

La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de setiembre 2014.

La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de setiembre 2014.

La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de abril 2014.

El calor de hidratación corresponde al mes de setiembre 2014.

Opción R corresponden al mes de agosto 2014.

(*) Requisito opcional.

Ivanoff R

Ing. Ivanoff Rojas

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.



ANEXO 1.4

(Hoja Técnica Aditivo Plastol 200 EXT)



Quimica Suiza Industrial del Perú SA
Av. República de Panamá 2577
Lima 13 - Peru
www.qsiindustrial.biz

Quimica Suiza Industrial del Perú SA
Av. República de Panamá 2577
Lima 13 - Peru
www.qsiindustrial.biz

PLASTOL 200 EXT

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO CON TRABAJABILIDAD SUPER EXTENDIDA

DESCRIPCIÓN

PLASTOL 200 EXT es aditivo reductor de agua de alto rango, diseñado con policarboxilatos de alta tecnología que permite ofrecer una extendido tiempo de trabajabilidad bajo condiciones de bajas relaciones agua/cemento. Adicionalmente mantiene las características propias de los policarboxilatos altas resistencias a la compresión y flexión a todas las edades.

APLICACIONES PRINCIPALES

PLASTOL 200 EXT está especialmente recomendado cuando se requiere:

- Altos tiempos de trabajabilidad (1:30 a 2:00) en mezclas de concreto de baja relación agua/cemento.
- Concreto de alta fluidez
- Concreto autoconsolidables
- Concreto bombeados
- Concreto de alto desempeño

BENEFICIOS

- Adicionado en la planta, permite que el concreto sea transportado a largas distancias.
- Mejora la durabilidad en el concreto debido a que reduce la permeabilidad.
- Facilita la colocación en sitio, ya que reduce o elimina la dosificación en obra.
- Mejora el acabado del concreto (textura).
- No contiene cloruros ni agentes corrosivos
- Incrementa la cohesividad del concreto fluido así como también disminuye la segregación.

Perdida de asentamiento con concreto de a/c: 0.45

Tiempo en minutos	Asentamiento pulg.
0	10.0
30	10.8
60	10.8
90	10.8
120	10.5

Versión 02
Agosto 2012

HOJA TÉCNICA





Química Suiza Industrial del Perú SA
Av. República de Panamá 2577
Lima 13 - Peru
www.qsindustrial.biz

T (+51-1) 710 4000
F (+51-1) 710 4050

PLASTOL 200 EXT

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO CON TRABAJABILIDAD SUPER EXTENDIDA

ESPECIFICACIONES/NORMAS

Este producto cumple con las especificaciones de la norma ASTM C 494 Tipo A y F.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Densidad: 1.080 +/- 0.01 g/mL
pH: 6.09 +/- 0.5
Líquido, color ámbar

INSTRUCCIONES DE USO

PLASTOL 200 EXT se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra húmeda dentro del mezclador, ya sea en planta o en la obra.

Agregue **PLASTOL 200 EXT** al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco.

PLASTOL 200 EXT se recomienda hacer pruebas previas para determinar el comportamiento del aditivo cuando se usan junto a otros aditivos. Sin embargo, cada material debe ser agregado al concreto por separado.

DOSIFICACIÓN

PLASTOL 200 EXT es usado a una dosificación de 0.5 – 2.0% por peso del cemento. Se recomienda hacer ensayos previos para establecer la dosis según los requerimientos.

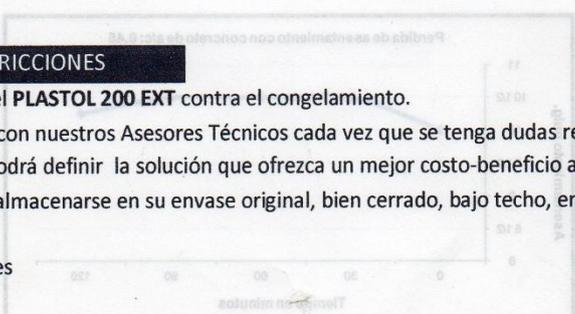
PRESENTACIÓN

- Cilindro 180 kg
- Baldes 20 kg.

PRECAUCIONES/ RESTRICCIONES

- Se debe proteger el **PLASTOL 200 EXT** contra el congelamiento.
- Se debe consultar con nuestros Asesores Técnicos cada vez que se tenga dudas respecto al uso del producto. De esta manera, podrá definir la solución que ofrezca un mejor costo-beneficio a nuestro cliente.
- EL producto debe almacenarse en su envase original, bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.

Vida útil: 12 meses





ANEXO 1.5

(Fotografías de Equipos y Ensayo Físico
Agregados)



FOTO N°1 Equipo Para Ensayo a la Compresión



FOTO N°2 Mezcladora Eléctrica



FOTO N°3 Capiador



FOTO N°4 Olla Eléctrica para preparación de la bentonita con Azufre

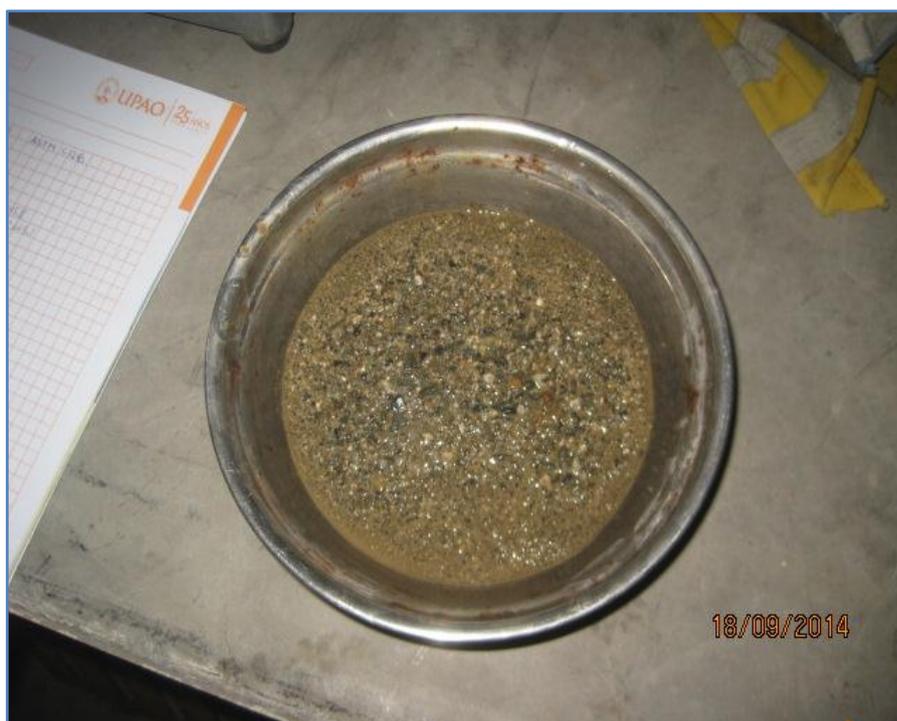


FOTO N°5 Muestra de Arena para ensayo de Granulometría



FOTO N°6 Determinando el peso sumergido de la muestra saturada de agregado Grueso.



FOTO N°7 Determinando el Peso Unitario del Agregado Grueso.



FOTO N°8 Determinando el Peso Unitario del Agregado Fino



ANEXO 1.6

(Fotografías de Ensayos de Trabajabilidad y
resistencia a la Compresión)



FOTO N°9 Elaboración de la mezcla de concertó Autocompactante



FOTO N°10 Ensayo de Extensibilidad con el Cono invertido



FOTO N°11 Ensayo de extensibilidad, Diámetro máximo



FOTO N°12 Ensayo del embudo V



FOTO N°13 Ensayo del Anillo Japonés



FOTO N°14 Ensayo Caja L



FOTO N°15 Tamiz 5mm para ensayo estabilidad del tamiz GTM



FOTO N°16 Determinación del contenido de aire del CAC



FOTO N°17 Capiando los testigo para la rotura



FOTO N°18 testigos después del curado.



FOTO N°19 Rotura ensayada de los testigos de concreto CAC



FOTO N°20 Testigo después de ensayo la rotura



ANEXO 1.6

(Planos de equipos para los ensayos de
Trabajabilidad)

