



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**“Evaluación de Mezclas de Concreto Incorporando el Aditivo
Inhibidor Orgánico RHEOCRETE 222 para la fabricación de
Elementos Estructurales Centrifugados”**

AUTOR:

Ing. MORALES, ANA MARIA

Bárbula, Enero 2011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**“Evaluación de Mezclas de Concreto Incorporando el Aditivo
Inhibidor Orgánico RHEOCRETE 222 para la fabricación de
Elementos Estructurales Centrifugados”**

**TRABAJO DE ASCENSO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA ASCENDER A PROFESOR
TITULAR**

AUTOR:

Ing. MORALES, ANA MARIA

Bárbula, Enero 2011

INDICE GENERAL

Índice general.....	iii
Lista de tablas.....	xv
Lsta de gráficas.....	xv
Lista de figuras.....	xi
Resumen.....	xx
Introducción.....	1
CAPITULO I	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Limitaciones.....	5
CAPITULO II	
2. FUNDAMENTOS TEORICOS.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.2. Bases Teóricas	6
2.2.1. Concreto	6
2.2.2. Componentes del concreto	8
2.2.2.1. Cemento.....	8
2.2.2.2. Agua	9
2.2.2.3. Agregados.....	10
2.2.2.4. Aditivos	13
2.2.3. Rheocrete 222+	16
2.2.4. Glenium 3000 NS.....	17
2.2.5. Ataques químicos del concreto.....	

2.2.5.1. Ataques del sulfato.....	18
2.2.6. Metodos de Dosificación Basados en el Contenido de Cemento.....	20
2.2.6.1. Metodo de Bolomey	22
	22
CAPITULO III	
3. MARCO METODOLOGICO.....	25
3.1. Tipo de investigación.....	25
3.1.1. Variables independientes.....	25
3.1.2. Variables Dependientes.....	26
3.2. Realizacion de Ensayos a los Agregados.....	26
3.3. Tamaño de la Muestra.....	27
3.4. Ejecucion Tecnica de las Muestras de Concreto.....	29
3.4.1. Mezclas Base	29
3.4.2. Mezcla con Diferentes dosis de Aditivo.....	31
CAPITULO IV	
4. ANALISIS DE DATOS Y RESULTADOS.....	34
4.1. Diseño de Mezclas Base.....	35
4.2. Mezclas con Rheocrete y Glenium.....	42

CAPITULO V	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1. Conclusiones.....	54
5.2. Recomendaciones.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	58
APENDICES	
Apéndice A.....	61



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS



**“Evaluación de Mezclas de Concreto Incorporando el Aditivo
Inhibidor Orgánico RHEOCRETE 222 para la fabricación de
Elementos Estructurales Centrifugados”**

Autor: Ing. Morales B, Ana M
Enero 2011

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo el evaluar mezclas de concreto con diferentes resistencias de diseño incorporando el aditivo inhibidor orgánico de corrosión RHEOCRETE 222+, para la fabricación de elementos estructurales centrifugados (pilotes y postes). Este se basó en un estudio de campo de carácter evaluativo, estableciéndose una metodología experimental que consistió en la realización de una serie de mezclas con la adición de los aditivos Rheocrete 222+ y Glenium 3000 NS. En un principio se realizaron los diseños de mezcla base, para luego adicionar el aditivo Rheocrete 222+ en una dosis fija de 5l/m³. Al realizar los ensayos de estas mezclas se evidenció la necesidad de un aditivo superplastificante como es el Glenium 3000 NS motivado a las pérdidas de resistencia a compresión axial. Estableciéndose en una primera aproximación la dosis de 600ml/100Kg de cemento, además de bajas de reducciones de agua de 10%, 20%, 30% y 40% tanto para la mezclas de poste como para la de pilotes; las características en estado fresco de estas mezclas no arrojaron resultados satisfactorios, obteniéndose asentamientos inaceptables o mezclas muy cohesivas y densas. A partir de estos resultados se estableció una segunda dosis del aditivo Glenium 3000 NS de 400ml/100Kg de cemento y una reducción con respecto a las mezclas bases de 10%, 20% y 30%. Obteniéndose para la reducción de agua del 20% asentamientos ideales, así como características plásticas muy similares a la de las mezclas base, además de que en estado endurecido se obtuvieron considerables aumentos de la resistencia a compresión, determinando con estos resultados la dosis óptima de aditivo y porcentaje de reducción de agua para las mezclas que se quieren obtener.

INTRODUCCIÓN

Una de los requerimientos de las estructuras es la durabilidad de sus elementos. Los efectos químicos; como la corrosión, carbonatación, ataques por cloruros o sulfatos, los cuales afectan tanto el acero de refuerzo como la pasta del concreto, constituyen en innumerables ocasiones el principal factor de destrucción para elementos de concreto estructural.

El presente trabajo de investigación de campo, tiene como principal objetivo evaluar las características que confiere el uso del aditivo inhibidor orgánico Rheocrete 222+ en mezclas de concreto usadas en el prefabricado de pilotes y postes centrifugados, las propiedades estudiadas son la trabajabilidad en estado fresco y la resistencia en compresión para diferentes edades del estado endurecido.

El proceso de evaluación de este aditivo se logrará por medio de ensayos que verifiquen las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, determinando las características que presentan la mezcla con el aditivo y las ventajas y desventajas que puedan presentarse por su uso. Para finalmente obtener mezclas que poseen las características y cualidades exigidas para la fabricación de los elementos prefabricados, es decir sin el detrimento de las propiedades intrínsecas del concreto a la vez que se aporta la característica de mayor durabilidad y resistencia ante ataques químicos en los elementos de concreto armado.

El cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación, llevó a la estructuración sistemática que se presenta a continuación:

Capítulo I, presenta el planteamiento del problema, objetivo general y específicos, justificación, alcances y limitaciones de la investigación.

Capítulo II, señala el marco teórico que comprende los antecedentes de la investigación y bases teóricas fundamentadas en estudios anteriores concernientes al ámbito de la ingeniería civil.

Capítulo III, contiene el marco metodológico que especifica el diseño y tipo de investigación, tamaño de la muestra, técnicas e instrumento de recolección de datos, descripción de los procedimientos para realizar el estudio y la técnica de análisis de resultados.

Capítulo IV, contempla los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio a las mezclas de concreto con los aditivos en estudio y el análisis de los mismos, estos ensayos fueron: método para la medición del asentamiento del concreto mediante el cono de Abrams, así como el método para la elaboración, curado y ensayo a la resistencia a la compresión axial de probetas cilíndricas de las mezclas de concreto.

Capítulo V, presenta las conclusiones a las que se llega luego de los resultados así como algunas recomendaciones.

Por último se presentan referencias bibliográficas y apéndices que sirvan de soporte a la investigación.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las condiciones a las que puedan estar sometidas las estructuras de concreto armado, tanto ambientales o como de funcionamiento, pueden llegar a ser un factor determinante en los parámetros de diseño, materiales y métodos de construcción empleados, así como del buen desempeño estructural futuro, de esta premisa nace la necesidad de buscar tecnologías que permitan controlar la incidencia de dichos factores.

Entre estas condiciones determinantes, para elementos estructurales de concreto armado se encuentran los ambientes propicios para su corrosión; estructuras expuestas a la presencia de aguas residuales industriales o suelos sulfatados, agua de mar o lluvias con polución urbana, ambientes costeros, que generan la aparición de fenómenos tales como: la corrosión de la armadura de acero, pérdida de cohesión de la pasta de cemento, pérdida de la adherencia entre la pasta de cemento y las partículas de agregado y disminución de la resistencia del concreto, produciendo la reducción de la resistencia a la flexión de los elementos estructurales además de agrietamientos y expansión del concreto, disminuyendo la vida útil de las estructuras.

Es sabido que el efecto de la corrosión en estructuras de concreto armado puede llegar a ser causa de fallas o incluso el colapso de ciertos elementos, dependiendo del grado de corrosión alcanzado, motivado a la agresividad del ambiente en el que se encuentre.

En este sentido se han utilizado diferentes métodos de protección, tanto del acero de refuerzo como del mismo concreto, siendo uno de ellos la incorporación de aditivos inhibidores de corrosión, por lo que se hace necesario estudiar el efecto que pueda tener en el comportamiento de la mezcla de concreto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el comportamiento de Mezclas de Concreto Incorporando el Aditivo Inhibidor Orgánico RHEOCRETE 222 para la fabricación de Elementos Estructurales Centrifugados

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Realizar mediante ensayos de laboratorio normativo la caracterización de los agregados utilizados.
- Evaluar los diseños de mezcla de diferentes resistencias.
- Comparar el comportamiento de las propiedades de las mezclas elaboradas con y sin aditivo RHEOCRETE 222+, y observar el efecto de la inclusión del mismo.
- Proponer el diseño de mezcla óptimo con la utilización del inhibidor orgánico RHEOCRETE 222+, con el fin de aprovechar al máximo los beneficios de la utilización del mismo, sin que se vea afectada de manera importante la resistencia final de los elementos contruidos.

1.3 JUSTIFICACION

Los ambientes con condiciones propicias para la corrosión, a los que pudieran exponerse los elementos prefabricados, postes y pilotes, disminuirán la duración útil de los mismos, por lo que surge la necesidad de inclusión del aditivo RHEOCRETE 222+ el cual extiende la vida de

servicio del acero de refuerzo al impedir el acceso al concreto a los cloruros y la humedad y al formar una película protectora durable en el acero de refuerzo para proporcionar un segundo nivel de protección contra la corrosión, además de proteger al concreto agrietado en donde los elementos que causan la corrosión tienen acceso directo al acero de refuerzo.

Por otra parte debido a los problemas de pérdidas de resistencias en las mezclas obtenidas con la utilización del aditivo inhibidor orgánico de corrosión se plantea la utilización del aditivo superplastificante Glenium 3000 NS como reductor de agua y de esta manera reponer dicha pérdida de resistencia del concreto.

Además esta investigación servirá como base para estudios futuros del aditivo Rheocrete 222+ o sobre aquellos que se refieran al análisis de mezclas de concreto con la utilización de aditivos que puedan mejorar las características de la misma.

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

El enfoque de esta investigación es el estudio y análisis de las propiedades que el aditivo inhibidor orgánico de corrosión aporta al concreto, para la obtención de un concreto de alta duración en ambientes corrosivos y de resistencia a compresión apropiada.

En esta investigación se establecen diseños de mezclas “bases”, y se buscan optimizarlas para obtener mezclas que puedan ser utilizadas en ambientes altamente corrosivos.

En relación a la experimentación el estudio se regirá por lo establecido en la Norma COVENIN 3549-99 (Tecnología del concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos) y los ensayos estarán dirigidos a observar el asentamiento y la resistencia a la compresión.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Entre las investigaciones que contribuyeron a la realización de este trabajo especial de grado se mencionan las siguientes:

González G. y Melian M. (2006) “Estudio del comportamiento de una mezcla de concreto autocompactante que pueda ser vaciada bajo agua mediante la acción del aditivo antideslave Rheomac UW 450 y la utilización de los aditivos complementarios Glenium 3000 NS y Polyheed RI”. Este trabajo sirvió de referencia para la disminución de la dosificación del aditivo Glenium 3000 NS al obtenerse mezclas segregadas y de rápida pérdida de asentamiento.

Muñoz F. y Rodríguez L. (2003) “Estudio de las características del concreto basado en un diseño de mezcla con la incorporación de un aditivo de nueva generación reductor de agua de alto rango y retardador de fraguado”. Este trabajo de grado describió el aditivo Glenium TC 1303, basado en la tecnología Glenium, también investigada en el presente estudio.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 CONCRETO

El concreto es un material heterogéneo, que puede considerarse que está constituido por dos componentes: una pasta moldeable que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo y que está compuesta por agua y un producto aglomerante o conglomerante que es el cemento, y la otra son trozos pétreos que quedan englobados en esa pasta; y por otro lado trozos pétreos que quedan englobados en esta pasta; fundamentalmente agregados finos y gruesos. El agua cumple la doble misión de dar fluidez a la mezcla y de reaccionar químicamente con el cemento, que tiene propiedades altamente hidráulicas, dando lugar con ello al endurecimiento de la mezcla, siendo necesario un exceso de agua preciso para garantizar esta reacción química.

La pasta está compuesta de cemento, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 % al 40 % del volumen total del concreto.

La representación común del concreto convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de piedra y arena, definido como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla con estas características, hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, y así permanecerá en el concreto ya endurecido.

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio depende de tres aspectos básicos:

1. Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, endurecida.
2. La calidad propia de los agregados.
3. La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

De los tres aspectos básicos antes indicados, depende sustancialmente la capacidad potencial del concreto, como material de construcción, para responder adecuadamente a las condiciones resultantes de las condiciones en la que debe prestar servicio.

2.2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.2.1 CEMENTO

El cemento hidráulico es un material inorgánico finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales, crea una mezcla uniforme, manejable y plástica que tiene la propiedad de fraguar y endurecer, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que, una vez endurecido, desarrolla su resistencia y conserva su estabilidad. Su uso está muy generalizado, siendo su principal función la de aglutinante.

El cemento Portland es una especie de cal hidráulica perfeccionada, producida por la reacción química entre la sílice y el aluminio. Su composición, en cantidades aproximadas, comprende un 60% de cal, 19% de óxido de silicio, 8% de óxido de aluminio, 5% de hierro, 5% de magnesio y 3% trióxido de azufre.

TIPOS DE CEMENTO

Según la norma venezolana COVENIN 28-2003 (Cemento Portland. Especificaciones) y la norteamericana ASTM C150, se consideran cinco tipos de cemento Portland:

- **Tipo I:** es un cemento normal, producto de la unión de clinker mas yeso. Se usa generalmente en las obras de ingeniería donde no se requiera

características especiales. Alcanza el 100% de su resistencia relativa en un período de 1 a 28 días.

- **Tipo II:** cemento modificado para uso general. Se utiliza en ambientes bajo la presencia de sulfatos y se emplea también cuando se requiere de un calor moderado de hidratación. Este cemento adquiere resistencia en un tiempo de 28 días similar al del tipo I. Se utiliza en alcantarillados, tubos, zonas industriales y alcanza del 75% al 100% de su resistencia.

- **Tipo III:** posee alta resistencia inicial, el concreto hecho con este cemento desarrolla una resistencia en 3 días, igual a la desarrollada en 28 días para concretos realizados con cementos tipos I y II; cabe destacar que el cemento tipo III aumenta la resistencia inicial por encima de lo usual, luego se va normalizando hasta alcanzar su resistencia normal. Su resistencia es del 90% al 100%, a los 28 días.

- **Tipo IV:** cemento de bajo calor de hidratación que se ha perfeccionado para utilizarse en concretos masivos. El bajo calor de hidratación se logra limitando los compuestos que más influyen en la formación de calor por hidratación, estos compuestos producen una mezcla que gana resistencia con lentitud. Es utilizado en grandes obras, moles de concreto, presas o túneles. Su resistencia relativa de 1 a 28 días es de 55% a 75%.

- **Tipo V:** cemento con alta resistencia a la acción de los sulfatos, se especifica cuando hay exposición intensa a los sulfatos. Se utiliza usualmente en las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar. La resistencia al sulfato de este cemento se logra minimizando el contenido de los compuestos, que influyen en la formación de calor por hidratación. Su resistencia relativa de 1 a 28 días es de 55% a 75%.

2.2.2.2 AGUA

El agua en el concreto tiene dos diferentes aplicaciones, una como ingrediente en la elaboración de las mezclas, y otra como medio de curado de las estructuras que son construidas con este material.

Como componente del concreto convencional, el agua ocupa normalmente entre 15% y 20% del volumen de concreto fresco y conjuntamente con el cemento forma un producto cohesivo, pastoso y manejable que lubrica y soporta a los agregados y lo hace acomodable en los moldes. Simultáneamente esta agua reacciona químicamente con el cemento, hidratándolo y produciendo el fraguado en su alcance más amplia desde el estado plástico inicial, pasando por lo que llamamos endurecimiento, hasta el desarrollo de resistencias a largo plazo.

Por otra parte, el agua de curado es necesaria para reponer la humedad que se pierde por evaporación luego que el concreto ha sido dispuesto en su sitio de colocación final; garantizando de esta manera el normal desarrollo de las reacciones de hidratación del cemento.

La calidad del agua influye en el comportamiento y las propiedades del concreto, pues cualquier sustancia dañina que contenga, aun en proporciones reducidas, puede tener efectos adversos significativos.

Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto, siempre y cuando se cumplan las especificaciones de la Norma ASTM C109. Las impurezas excesivas en el agua no solo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del acero de refuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.

2.2.2.3 AGREGADOS

El concreto está constituido en su mayor parte por agregados, los cuales son fragmentos de materiales pétreos, está constituido por dos fracciones granulares, una formada por las partículas mas finas del conjunto que se denomina comúnmente Arena o Agregado Fino y la otra formada por los Granos Gruesos, los cuales ocupan por lo general de 60% a 75% del volumen del concreto y del 70% al 85% en peso.

Los agregados influyen notablemente en las propiedades del concreto tanto en su estado fresco como en estado endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en el costo de los elementos a construir. Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darle un uso ingenieril óptimo, debiendo estar constituidos por partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. Los agregados que contengan materiales esquistosos, materiales suaves y porosos deberán evitarse.

GRANULOMETRIA

Es la distribución por tamaño de las partículas que constituyen un agregado. Se determina mediante la realización de un ensayo en el que se hace pasar una muestra representativa del material en estudio por una serie de tamices ordenados de mayor a menor y pesando las cantidades retenidas por cada uno de ellos, obedeciendo las normas COVENIN 254, ASTM E11 y COVENIN 255, ASTM C136.

La granulometría se representa por una curva de porcentajes del agregado que pasa en forma acumulada para cada tamiz en escala semilogarítmica. Esta característica determina la calidad del material, para conocer si es apto o no como componente del concreto.

Cabe destacar que, aunque la granulometría se obtiene por pesadas, es una relación de tamaños y por ende el procedimiento aplicado es válido siempre que los agregados presenten pesos específicos similares.

Esta propiedad influye en las cantidades de cemento y agua necesarios en el concreto, ya que al variar el área de superficie granular también cambia el volumen de vacíos.

El control de estos aspectos de los agregados en última instancia queda a cargo del fabricante de concreto, sin embargo es de recomendar que este control sea realizado por el productor o suministrador del agregado.

Podemos considerar para el agregado, según los niveles de calidad, tres circunstancias:

- Agregados controlados. Son aquellos agregados que tienen estrictamente garantizada su calidad en todos los aspectos, son producidos en plantas destinadas generalmente a este fin específico, las cuales cuanto más tecnificadas sean, mayores ventajas presentan. Este es la situación ideal para la producción de agregados, la cual, sin embargo, es relativamente poco frecuente.
- Agregados conocidos, pero no controlados. Son aquellos que provienen de una zona o lugar de saque de la que se extraen habitualmente agregados cuya inocuidad ya fue analizada en algunas ocasiones y probada en algunas obras, pero que la preparación y control a que son

sometidos no permiten garantizar que su limpieza y granulometría sean adecuadas y se mantengan.

- Agregados nuevos. Antes de comenzar la explotación resulta necesario realizar ensayos y pruebas a l material, para determinar las propiedades del mismo y conocer las posibilidades de empleo en el concreto.

2.2.2.4 ADITIVOS

Los aditivos son aquellos productos químicos que se añaden a los componentes principales del concreto durante su mezclado y tienen como propósito modificar las propiedades de las mezclas en sus distintos estados.

Estos representan un gran adelanto dentro de la industria de la construcción, ya que su utilización ha contribuido a la obtención de concretos de mayores exigencias y en muchos casos, permiten el uso de procedimientos constructivos menos costosos.

Al evaluar la conveniencia de un determinado aditivo se debe tomar en cuenta, no solo las ventajas sino también las precauciones adicionales que se deben respetar, ya que un mismo aditivo, puede actuar de manera cuantitativa muy diferente y aportar distintas características y propiedades en distintas mezclas, según su diseño y materiales componentes, lo cual exige un control de calidad más cuidadoso.

Las dosis de aditivo generalmente se expresan en cantidades proporcionales al peso del cemento y pueden variar desde un 0.1% hasta un 0.5% del peso del mismo. El efecto de los aditivos sobre las propiedades del concreto puede variar según las características y/o tipos de cementos empleados, pudiéndose disminuir el efecto esperado de un cemento a otro, incluso puede obtenerse un efecto contrario.

CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS

Los criterios existentes en la clasificación de los aditivos son muy diversos. Los criterios aceptados por la Normas Venezolanas COVENIN Y CCA coinciden con las establecidas en las normas vigentes ASTM. Según la Norma COVENIN 356-83 “Aditivos Químicos para el Concreto” los aditivos se clasifican en:

Tabla N° 1 Clasificación de los aditivos

Tipo	Efecto sobre las mezclas
A	Reductor de agua
B	Retardador de fraguado
C	Acelerador de fraguado
D	Reductor de agua y retardador
E	Reductor de agua y acelerador
F	Reductor de agua de alto rango
G	Reductor de agua de alto rango y retardador
H	Reductor de agua de alto rango y acelerador

Fuente: Manual del Concreto Estructural.

Tabla N° 2 Efecto y campo de aplicación de los principales aditivos

ADITIVO	PROPIEDAD QUE CONFIERE AL CONCRETO	APLICACIONES RECOMENDADAS	LIMITACIONES
Incorporador de	Incorpora microporos al hormigón produciendo: – Resistencia al hielo-deshielo. – Mayor docilidad – Menor permeabilidad	– Protección al hielo-deshielo. – Pavimentos. – Protección contra agentes químicos.	Menor resistencia mecánica

Aire	– Eventual exudación		
Plastificantes o reductores de agua	Mejorar la lubricación entre partículas, obteniéndose: – Mayor docilidad con agua constante. – Menor cantidad de agua para docilidad constante	– Concretos bombeados y premezclado. – Hormigonado de elementos estrechos o prefabricados.	
Fluidificantes	Aumentan fuertemente la docilidad, permitiendo: – Reducir el agua de amasado para docilidad constante, con alto incremento de resistencia.	– Hormigonado de piezas estrechas y difícilmente accesibles. – Hormigonado en tiempo caluroso. – Hormigones bombeados. – Hormigones de alta resistencia. – Hormigones para prefabricados. Reparaciones.	
Superplastificantes	En general, actúan como reductores de agua o fluidificantes otorgando: – Consistencia fluida sin disminución de resistencias. – Calidad homogénea, mínima segregación y exudación. – Disminución de retracciones y fisuración. – Facilidad de colocación y mayor rendimiento de la faena de vaciado.	– Concreto bombeado. – Concreto pretensado. – Concreto alta resistencia. – Hormigón de buena terminación. – Hormigón bajo agua. – Morteros y lechadas de inyección. – Hormigón para elementos esbeltos, con alta densidad de armaduras.	En sobredosis puede provocar segregación.
		– Hormigonado en tiempo frío. – Hormigón	Usualmente contienen productos

Aceleradores de fraguado	Aumentan las resistencias iniciales.	proyectado. – Hormigones prefabricados. – Reducción plazo desmolde. – Reparaciones.	corrosivos, por lo que en el hormigón armado deben extremarse las precauciones.
Retardadores de fraguado	– Retrasan el inicio de fraguado manteniendo la docilidad por más tiempo. – Reducen el riesgo de fisuración al permitir la disipación del calor de hidratación por más tiempo.	– Hormigón en tiempo caluroso. – Hormigón premezclado. – Hormigón en masa. – Transporte a gran distancia. – Evitar juntas frías. – Hormigón bombeado.	Sobredosificación puede originar una demora excesiva.
Impermeabilizante	Disminuyen la absorción de humedad: – Aumentan la impermeabilidad.	– Hormigones subterráneos. – Losas de cubiertas. – Estanques de hormigón. – Estucos exteriores. – Pisos impermeables.	El uso debe unirse a una buena dosificación, compactación y curado.
Expansores Reductores de agua	Producen una ligera expansión de la masa de hormigón, contrarrestando las retracciones de éste.	– Relleno de cavidades o grietas. – Anclaje de pernos y estructuras. – Grouting. – Relleno de vainas en hormigón comprimido.	

Fuente: <http://icc.ucv.cl/hormigon/aditivos/.doc>

2.2.3. RHEOCRETE 222+

Es un aditivo con tecnología de punta utilizado para inhibir la corrosión del acero de refuerzo del concreto. Proporciona dos niveles de protección contra procesos corrosivos haciéndolo un aditivo inhibidor de corrosión de alta efectividad. Además de los requerimientos exigidos en las Normas COVENIN venezolanas y el Código del ACI para los elementos de concreto, es recomendable, para ambientes altamente corrosivos, utilizar un sistema de inhibición de la corrosión que contrarreste este proceso en

múltiples niveles para una máxima protección. Las bases para este sistema pueden establecerse con el uso del Rheocrete 222+ que restringe el ingreso de cloruros y humedad y retarda el proceso de corrosión formando una película protectora en el acero de refuerzo.

Para ciertas mezclas de concreto el fabricante recomienda, que en los casos que sea necesaria una protección adicional, se use un aditivo reductor de agua de alto rango como el Glenium para lograr una colocación y consolidación adecuadas con una menor relación agua-cemento y/o el uso de Rheomac SF 100 microsílíce para reducir la permeabilidad del concreto.

CARACTERISTICAS DE DESEMPEÑO

Las propiedades plásticas del concreto no se afectan en forma significativa con el uso del Rheocrete 222 +. Sin embargo, puede ser necesaria una dosificación mayor de aditivos inclusores de aire para obtener los niveles deseados de aire atrapado. Las propiedades de fraguado del concreto y la resistencia de adhesión concreto-acero no se afectan en forma significativa con el uso del Rheocrete 222+, además el mismo no tiene efecto alguno en el perfil de desarrollo de la temperatura y asentamiento del concreto.

DOSIFICACIÓN

El rango de dosificación recomendado para Rheocrete 222+ es de 5 l/m³ (1gal/yd³) de concreto para todas las aplicaciones y ambientes corrosivos. Para esta dosis, el aditivo inhibidor está formulado para proporcionar una protección óptima contra la corrosión de las estructuras de concreto reforzado que se encuentran expuestas a ambientes

corrosivos severos y por lo tanto, proporciona también una excelente protección contra la corrosión en ambientes corrosivos menos severos. Se recomienda usar Rheocrete 222+ a una dosis única con el fin de eliminar la confusión e incertidumbre relacionada con la determinación de la severidad del ambiente corrosivo y la predicción de la exposición a cloruros de la estructura.

2.2.4 GLENIUM 3000 NS

Es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato. Es muy efectivo en la producción de cemento con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieren Concreto Autocompactante o Concreto Rheodynamic, también es efectivo para producir mezclas con requerimientos de resistencias iniciales muy altas y para concretos con mayor durabilidad.

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO

Este aditivo ha sido formulado para producir características de fraguado normales en todo el rango de dosificación recomendada a la vez de mantener una mejor manejabilidad. Los tiempos de fraguado del concreto dependen de la composición física y química de los ingredientes básicos del concreto, temperatura del concreto y condiciones ambientales.

Glenium 3000 NS es un aditivo no corrosivo, no contiene cloruros y no iniciará o promoverá la corrosión del acero reforzado en el concreto, concreto pretensado o concreto colocado en sistemas de pisos y techos de acero galvanizado. Así mismo no se utiliza cloruro de calcio ni ingredientes a base de cloruro de calcio en su manufactura.

DOSIFICACIÓN

El rango de dosificación recomendado para el aditivo superplastificante es de 260-780 ml por cada 100 Kg. de cemento para la mayoría de las mezclas de concreto. Este rango aplica a la mayoría de las mezclas de concreto usando ingredientes típicos para su elaboración, sin embargo, debido a las variaciones de las condiciones de la obra y de los materiales de concreto como la microsílica, se podrán requerir rangos de dosificación diferentes a los recomendados.

2.2.5 ATAQUES QUIMICOS EN EL CONCRETO

Los concretos constituidos con materiales apropiados convenientemente proporcionados y bien consolidados, aseguran la durabilidad de las construcciones. Al efecto, además de las estructuras construidas durante el antiguo Imperio Romano, edificaciones contemporáneas con más de 100 años de antigüedad, brindan testimonio de la durabilidad del concreto.

CLASIFICACIONES

La alteración química del concreto puede ser de carácter intrínseco o extrínseco, según se deba a la reacción de sus componentes o se origine por agentes externos.

La descomposición del concreto puede presentarse por:

- Acción del suelo y del agua: de la capa freática, de ríos y del mar que toman contacto con las estructuras.
- Fluidos que circulan en canalizaciones o tuberías de concreto.
- Líquidos o materias secas pulvulentas que son almacenados en reservorios o silos.

En cuanto a la forma como se presenta el ataque químico, este puede darse:

1. En profundidad.- a través de los canalículos del concreto poco compacto, por las microfisuras de contracción o los vacíos que se encuentran en concretos mal dosificados. Este tipo de ataque es el más peligroso en cuanto altera la estructura misma del concreto, es de difícil control y muchas veces imposible de corregir cuando es detectado.

El ataque en profundidad se puede presentar en dos formas:

a. Disolución de compuestos solubles en el agua que se propaga en el interior del concreto, como es el caso de las aguas ácidas, que pueden provocar el debilitamiento de la estructura de la pasta de cemento.

b. Expansión que se debe a los compuestos débilmente solubles, que se forman en el interior del concreto y que dan origen al crecimiento de cristales, que originan una presión capaz de llevar a la ruptura de la estructura. Este es el caso de los sulfatos, que dan forma a cristales expansivos como la etringita y la thaumasita.

2. Superficial.- que actúa como una forma de erosión en los concretos bien compactados. Su acción destructiva es menor y es posible tomar medidas que detengan la degradación del material.

2.2.5.1 ATAQUES DEL SULFATO

Una de las formas más frecuentes de ataque químico al concreto es la acción de los sulfatos. Se estima que el 75% de las publicaciones que tratan de la durabilidad del concreto se ocupan de este tema.

El ión sulfato aparece en mayor o menor proporción en todas las aguas libres subterráneas. El contenido de ión sulfato de las aguas subterráneas es considerable en los terrenos arcillosos, constituyendo uno de los más importantes alimentos de los vegetales.

En zonas áridas los sulfatos se pueden presentar en las arenas como material de aporte y en rocas carbonatadas de origen sedimentario. Los sulfatos más abundantes en los suelos son: sulfatos de calcio, de magnesio, de sodio y calcio y de sodio, todos ellos de diferente solubilidad.

La acción de los sulfatos se produce sobre el hidróxido de calcio y fundamentalmente sobre el aluminato de calcio y el ferroaluminato tetracálcico. El ataque del sulfato se manifiesta con una exudación de apariencia blanquecina y agrietamiento progresivo que reduce al concreto a un estado quebradizo y hasta suave.

La acción del sulfato de calcio es relativamente simple, ataca al aluminato tricálcico y en menor medida al ferro aluminato tetracálcico, produciendo sulfa aluminato tricálcico (etringita) e hidróxido de calcio (portlandita). La acción del sulfato de sodio es doble, reacciona primero con el hidróxido de calcio generado durante la hidratación del cemento, formando sulfato de calcio e hidróxido de sodio. A su vez el sulfato de calcio ataca al aluminato tricálcico formando etringita.

La acción del sulfato de magnesio es la que produce un mayor daño, en cuanto actúa sobre las fases de la pasta de cemento, como son los

silicatos cálcicos, mediante una serie de acciones complejas que modifican el pH de las pastas de cemento.

MECANISMOS DE DETERIORO

- Cualquier estructura de concreto expuesta a aguas residuales industriales o suelos sulfatados, agua de mar o lluvias con polución urbana.
- Cimentaciones.
- Estructuras de concreto en mar adentro.

PRONOSTICO

- Fisuras aleatorias en la superficie.
- Exfoliación superficial.
- Reducción significativa de la dureza y de la resistencia superficial.
- Reducción del pH del extracto acuoso de los poros superficiales.
- Corrosión de la armadura
- Pérdida de la cohesión de la pasta de cemento.
- Pérdida de la adherencia entre la pasta de cemento y las partículas de agregado.
- Disminución de la resistencia del concreto.

DIAGNOSTICO

- Interacción del sulfato con los hidróxidos de calcio libre y con los mismos aluminatos de calcio hidratados.
- Formación de la gipsita y de la etringita secundaria.
- Aumento del volumen de los sólidos provocando la expansión.
- Fisuración continua y severa.

ACCIONES CORRECTIVAS

- Remoción del concreto con tenor de sulfatos > 5%.

- Reparación superficial o profunda localizada y/o superficial o profunda generalizada.
- Protección superficial del concreto.

PREVENCION

- Especificar cimientos con bajo tenor de C3A.
- Especificar consumo mínimo de cemento.
- Uso de aditivos protectores en el concreto.

2.2.6 MÉTODOS DE DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO BASADOS EN EL CONTENIDO DE CEMENTO

2.2.6.1 MÉTODO DE BOLOMEY

En el año 1926 Bolomey, en Francia, propuso un método de dosificación que puede considerarse como un perfeccionamiento del método de Füller, como veremos en breve, y que resulta muy útil en el diseño de concretos en masa o fuertemente armados, ya sea con agregados rodados o triturados.

Los datos para dosificar el concreto por el método de Bolomey suelen ser los mismos que por el de Füller, esto es, la cantidad de cemento a emplear, la consistencia de la mezcla (o sistema de compactación que se va a usar), la granulometría y densidad relativa de los áridos disponibles e, imprescindible en este método, el tipo de agregado.

El desarrollo del método de Bolomey es exactamente igual que el del método de Füller; en primer lugar, y siguiendo el mismo criterio que el utilizado en el método anterior, se elige la cantidad de agua necesaria por

metro cúbico de concreto con la ayuda de las mismas tablas que hemos usado en Füller.

El siguiente paso es determinar en qué proporción se mezclan las distintas fracciones de agregado, y aquí es donde se aportan buenas modificaciones respecto al primer método expuesto. Bolomey utiliza una curva de referencia de granulometría variable en función de la consistencia deseada en el hormigón y forma de los áridos (y lógicamente tiene en cuenta el tamaño máximo de árido, como en Füller). Ésta viene definida por:

$$y = a + (100 - a)\sqrt{\frac{d}{D}}$$

Donde: **p** porcentaje en peso que pasa por cada tamiz;

d abertura (diámetro) de cada tamiz;

D tamaño máximo (diámetro del árido);

a constante del Método Füller

Para escoger el valor de *a* se consulta una tabla, en la que se puede observar cómo aumenta su valor a medida que la consistencia deseada es menos seca; también se hace mayor si en vez de utilizar áridos rodados se utilizan triturados. Si nos fijamos en la ecuación de la curva de Bolomey, vemos que al aumentar el valor del parámetro *a* también crece el porcentaje de volumen que pasa por cada tamiz, por lo que el módulo granulométrico de la curva de referencia (que nos da una idea sobre el tamaño medio del agregado), disminuye.

De la misma manera que Füller, para realizar el ajuste granulométrico de la mezcla de los agregados a la curva tomada como referencia puede

emplearse un sistema de tanteos, o uno teórico que se basa en los módulos granulométricos.

El primero no varía con relación al ya estudiado en el método de Füller, pero el segundo sí aporta alguna novedad, y es que para la aplicación de este sistema el cemento se considera como un agregado más. La metodología a seguir es idéntica a la explicada en Füller, aunque se deben hacer tres observaciones: la cantidad de cemento en la mezcla se conoce (pues es dato del problema) y, por tanto, se sabe el tanto por ciento de la fracción cemento que debemos emplear, es decir, una de las incógnitas del sistema. En segundo lugar, se considera que el módulo granulométrico del cemento es cero y, por último, las curvas granulométricas que utilizamos para obtener los módulos granulométricos teóricos no son realmente las curvas de Füller para los distintos tamaños de árido, sino una modificación de ellas.

Con todo esto, y gracias al pertinente sistema de ecuaciones, ya se conoce la proporción en que se han de mezclar los agregados. Sólo nos queda, entonces, determinar la dosificación de un metro cúbico de hormigón. Consideraremos que necesitamos aportar 1.025 dm³ de componentes, valor del cual sustraeremos el volumen de agua hallado, de manera que el resto será el volumen relativo de los agregados que habrá que repartir entre el cemento y las distintas fracciones del agregado en la proporción determinada anteriormente.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

En la presente investigación se evaluaron las propiedades de diferentes mezclas de concreto con la adición del aditivo inhibidor orgánico de corrosión Rheocrete 222+; es un estudio que tiene su aplicación en el campo de la construcción y en especial puede ser utilizado en la fabricación de elementos centrifugados prefabricados.

Este estudio se clasifica como una investigación de campo, que se define como el análisis sistemático de problemas de la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo.

Esta investigación de campo, según los objetivos propuestos, se considera de carácter evaluativo, pudiéndose clasificar además como del tipo experimental, ya que a partir de la ejecución de una serie de ensayos a diversas mezclas de concreto en estado fresco y endurecido, se intentan evaluar sus propiedades, estudiando los resultados obtenidos a partir de dichos ensayos y haciendo las respectivas comparaciones entre ellos.

3.1.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- Reducción de agua de mezclado. Incidencia del aditivo en la reducción de agua de mezclado.

La experimentación conllevó a la medición continua de los cambios generados en la mezcla de concreto producto de la incorporación del aditivo superplastificante en diferentes dosificaciones (0.4 y 0.6 litros de aditivo por cada 100kg de cemento usados en la mezcla); considerando la efectividad del Glenium 3000 NS, en función de sus alcances en la

reducción de agua a través de la ganancia de resistencia como indicador de la baja relación agua/cemento.

3.1.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Trabajabilidad medida con el cono de Abrams, partiendo del asentamiento dejado por la mezcla de concreto por comportamiento de la plasticidad de la mezcla como cualidad que confiere la acción del aditivo. Siguiendo los parámetros establecidos en la Norma COVENIN 339-2003. para la medición del asentamiento con el cono de Abrams.

- Resistencia mecánica a la compresión, comprobación del desarrollo de las resistencias y la afectación de las mismas por la acción del aditivo inhibidor orgánico de corrosión a edades previstas de 3, 7, 14 y 28 días. Siguiendo los parámetros establecidos en la Norma COVENIN 338-2002. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.

3.2 REALIZACION DE ENSAYOS A LOS AGREGADOS

Ejecución de los ensayos a los agregados en el Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo, para determinar su calidad y características determinantes en la realización de la mezcla de concreto. Estos ensayos son:

- COVENIN 255-1998. Agregados. Determinación de la composición Granulométrica.
- COVENIN 256-1977. Método para determinar las impurezas orgánicas en la arena para concreto (ensayo colorimétrico).
- COVENIN 258-1977. Método de ensayo para la determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el N° 200 (74 micras).

- COVENIN 261-1977. Método de ensayo para determinar cualitativamente el contenido de cloruros y sulfatos solubles en arenas.
- COVENIN 268-1998. Agregado fino. Determinación de la densidad y absorción.
- COVENIN 269-1998. Agregado grueso. Determinación de la densidad y absorción.

3.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA

La muestra se estimó a través de la distribución t-student (En [probabilidad](#) y [estadística](#), la **distribución t (de Student)** es una [distribución de probabilidad](#) que surge del problema de [estimar](#) la [media](#) de una [población normalmente distribuida](#), cuando el [tamaño de la muestra](#) es pequeño.) para un intervalo de confianza establecido, así como también se utilizaron parámetros normativos para la evaluación de estadística del ensayo de resistencia tales como:

E = Error máximo o diferencia entre el promedio estimado de la muestra y el promedio real (Por Norma E = 15kg/cm²).

S = Desviación estándar de la muestra (Por Norma S = 40 kg/cm²).

e = Máximo error o diferencia entre el promedio muestral y el real (e = 5%).

V = Coeficiente de variación. (Por Norma V = 5%).

n = Tamaño de la muestra requerida.

(1- α) = Nivel de probabilidad (Recomendado 1- α = 80%). Con lo que se acepta que un 20% (α =20%) de los resultados están fuera de los intervalos de confianza

t = Parámetro de la t-student que depende del número de grados de libertad (n-1) y un nivel de probabilidad dado (1- α).

Con los parámetros preestablecidos anteriormente se puede despejar de la siguiente ecuación un estimado de la muestra:

$$E = \frac{t^* S}{\sqrt{n}} ; \text{Despejando "n"}$$

$$n = \left(\frac{t^* S}{E} \right)^2$$

Iterando de manera sucesiva empezando con los valores de $r = (n-1) = \infty$, y confiabilidad $\alpha = 0.20$ el parámetro (t) toma el siguiente valor $t=0.842$

$$n = \left(\frac{t^* S}{E} \right)^2 = \left(\frac{0.842 * 40}{15} \right)^2 = 5.04 \cong 5 \text{ Ensayos}$$

Debido a las limitaciones en cuanto a la disponibilidad de moldes cilíndricos y cantidad de materiales suministrados, se hace imposible realizar este número de ensayos por cada mezcla.

Tomando en cuenta estas consideraciones se estableció un número de ensayos $n=4$. Con dicho valor asumido se procede a evaluar la confiabilidad del estudio.

$$t = \frac{E * \sqrt{n}}{S} = \frac{15 * \sqrt{4}}{40} = 0.75$$

Con este valor y $r=(n-1) = (4-1)=3$. Interpolando linealmente entre valores:

$\alpha = 0.25$, $t=0.765$

$\alpha = 0.30$, $t=0.584$

Si una confiabilidad $(1 - \alpha)=74.59\% \cong 75\%$

El número de ensayos requeridos para medir la resistencia a compresión, queda establecido en 4, cumpliendo con valores de confiabilidad aceptables.

Para la estimación del número de muestras que se tomarán se aplica la siguiente ecuación:

$$e = \frac{t * v}{\sqrt{n}}$$

Para una confiabilidad $(1 - \alpha) = 0.8\%$, el parámetro $t=0.842$

$$n = \left(\frac{t * v}{e} \right)^2 = \left(\frac{0.842 * 5}{5} \right)^2 = 0.71 \cong 1 \text{ Cilindro}$$

Según la Norma 3549-99 (Tecnología del concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos) cada serie debe tener como mínimo 2 probetas en el caso de investigaciones de laboratorio. Con esta salvedad se realizaron dos (2) cilindros por cada serie de probetas.

Según la Norma COVENIN 351-94 (Aditivos químicos utilizados en el concreto. Métodos de Ensayos) se recomienda el ensayo de probetas para compresión axial para cinco (5) edades, debido a las limitaciones antes mencionadas se establecieron las edades de 3, 7, 14 y 28 días, para un total de cuatro (4) edades resultando un total de 8 cilindros por cada mezcla y edad respetando el valor mínimo exigido por la Norma 3549-99.

3.4 EJECUCION TECNICA DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO

3.4.1 MEZCLA BASE

Para las mezclas base, a partir de los ensayos granulométricos realizados a los agregados, la proporción de los agregados de dichas mezclas fue revisada mediante el método Bolomey –Füller. La relación de proporción de agregados para las mezclas correspondientes para la fabricación de postes se mantuvo invariable una vez realizada esta revisión. En el caso del diseño de mezcla correspondiente a la fabricación de pilotes se observó la necesidad de hacer una corrección en cuanto a la proporción

de los aglomerados, por lo que se procedió a evaluar mezclas tanto del diseño original como del modificado. Se realizaron tanto los diseños de mezclas base mencionados, como una mezcla de diseño para pilotes y una para postes con la incorporación del aditivo inhibidor orgánico de corrosión Rheocrete 222+; con el fin de replicar los diseños de mezcla en las condiciones reales definidas en el planteamiento del problema de este estudio.

Para la elaboración de las mezclas se siguió el siguiente procedimiento:

- Inicialmente se procedió a la limpieza total de la mezcladora y de los moldes cilíndricos, con el fin de no contaminar y alterar las características de la mezcla; en el caso de la mezcladora se limpió haciéndola girar con una mezcla de piedra y agua, con el objetivo de eliminar todos los residuos de concreto en el interior de la misma. En el caso de las probetas cilíndricas, se procedió a su limpieza con el uso de espátula y cepillo de alambre.
- Seguidamente se lubricaron con una mezcla de gasoil y aceite los moldes cilíndricos para facilitar el desencoformado de las probetas de concreto.
- Se prepararon los equipos para la medición del asentamiento de la mezcla de concreto.
- Posteriormente se pesaron los agregados y el cemento ajustando la dosificación para 150 litros de la mezcla de los diseños base.
- Para la elaboración de la mezcla se procedió a colocar primero el agregado grueso y el fino, luego se le incorporó parte del agua de mezclado con el fin de hidratar los agregados, y se mezclaron por un intervalo aproximado de 30 segundos. Posteriormente se procedió a añadir el cemento y el resto del agua, de la cual una parte se combinó con el aditivo, en los casos correspondientes.
- Al finalizar el mezclado, se vertió el concreto en una carretilla, con la ayuda de una pala se procedió a la homogenización de la mezcla.

- Seguidamente a esto se realizaron los ensayos de asentamiento, según la Norma COVENIN 339-2003. “Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams”.
- Para culminar con el proceso fueron llenados los moldes cilíndricos correspondientes, tomando en cuenta los requerimientos de la Norma COVENIN 338-2002. “Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”.

3.4.2 MEZCLAS CON DIFERENTES DOSIS DE ADITIVO

Con el fin de obtener un mejor control en el contenido de humedad de los agregados, especialmente en la incorporación del aditivo superplastificante Glenium 3000 NS, y las reducciones en la cantidad del agua de mezclado implícita con el uso del mismo; se realizaron los diseños de mezcla restantes en las instalaciones del Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería siguiéndose el siguiente procedimiento:

- Se procedió a la limpieza total de la mezcladora y de los moldes cilíndricos, con el fin de no contaminar y alterar las características de la mezcla.
- Seguidamente se lubricaron con una mezcla de gasoil y aceite los moldes cilíndricos para facilitar el desencofrado de las probetas de concreto.
- Se prepararon los equipos para la medición del asentamiento de la mezcla de concreto.
- Posteriormente se pesaron los agregados y se almacenaron en bolsas plásticas selladas para mantener la humedad de los mismos, de donde se obtuvieron muestras para la medición del contenido de agua del agregado fino, para su posterior corrección en la elaboración de la mezcla, de igual manera se peso el cemento. Todos los materiales se ajustaron para 30 litros de la mezcla.

- Para la elaboración de la mezcla se procedió a colocar primero el agregado grueso y el fino, luego se le incorporó parte del agua de mezclado con el fin de hidratar los agregados, y se mezclaron por un intervalo aproximado de 30 segundos. Posteriormente se procedió a añadir el cemento.
- Se midió el resto del agua, y los aditivos empleados, ajustando todas las dosificaciones para 30 litros de mezcla. En los casos correspondientes se procedió primeramente a la incorporación del aditivo inhibidor orgánico de corrosión, para luego añadir de forma gradual el aditivo superplastificante con el resto del agua.
- En una primera aproximación se estableció la dosis del aditivo Glenium 3000 NS en 600 ml/100kg de cemento y estableciéndose reducciones del agua de 10%, 20%, 30% y 40%. En las realizaciones de estas mezclas no se obtuvieron las características deseadas en el estado plástico (asentamientos no aceptables). En aproximaciones sucesivas se obtuvieron mezclas con asentamientos tolerables para reducciones de agua del 25% en el caso de mezclas para pilotes y de 22,5% en el caso de mezclas para postes, en el que se tomaron cilindros para el ensayo a compresión axial de los mismos.
- Debido a las propiedades de las mezclas obtenidas, se procedió al cambio de la dosificación del Glenium estableciéndose en 400ml/100kg de cemento, aplicando en estas mezclas reducciones de 10%, 20% y 30% de agua con respecto a las mezclas bases. Obteniéndose para la reducción de agua del 20% asentamientos ideales, así como características plásticas muy similares a la de las mezclas base.
- Al finalizar el mezclado, se vertió el concreto en una carretilla, con la ayuda de una pala se procedió a la homogenización de la mezcla.
- Seguidamente a esto se realizaron los ensayos de asentamiento, según la Norma COVENIN 339-2003. "Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams".

- Para culminar con el proceso fueron llenados los moldes cilíndricos correspondientes, tomando en cuenta los requerimientos de la Norma COVENIN 338-2002. “Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”.

Todos los resultados obtenidos de la realización tanto de las mezclas base como de las mezclas con aditivo, fueron plasmados en hojas de recolección de datos, para luego ser analizados.

Utilizando este mismo procedimiento se realizaron 4 mezclas con el fin de poder estimar el porcentaje de error estadístico y se tomaron 2 cilindros por cada edad para realizar los ensayos a compresión. Se tomaron cilindros para ensayarlos a 3, 7, 14 y 28 días.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

En el análisis de la presente investigación se muestran en tablas los resultados de los ensayos realizados a las Mezclas base, las mezclas base con incorporación del aditivo inhibidor orgánico de corrosión Rheocrete 222+ y las mezclas en donde se utilizaron tanto el aditivo inhibidor de corrosión como el súperplastificante.

La presentación e interpretación de los resultados, se realiza mediante la comparación de los resultados de las mezclas base, tanto con las mezclas en donde se uso el Rheocrete 222+ como con las mezclas en donde se incorporaron ambos aditivos (Rheocrete 222+ y Glenium 3000 NS), además de la comparación entre estos dos últimos tipo de mezclas. Este proceso se realizó por separado para los diseños de mezcla de postes y pilotes.

Para una mejor comprensión de los datos obtenidos se recurre a la utilización de parámetros estadísticos. Además se hizo uso de representaciones gráficas en donde se muestra la media y la dispersión en torno a ella.

4.1 DISEÑO DE MEZCLAS BASE.

4.1.1 DISEÑO DE MEZCLA PARA POSTES

Tabla 3. Proporción de agregados, cemento, agua y parámetros de diseño de la mezcla

ARROCILLO	$814 \text{ Kg} / m^3$
ARENA	$814 \text{ Kg} / m^3$
AGUA	$219 \text{ l} / m^3$
CEMENTO	$480 \text{ Kg} / m^3$
F'c	$350 \text{ Kg} / cm^2$
ASENTAMIENTO	2'' - 4''

Nota: Materiales requeridos para 1m³ de concreto

4.1.2 DISEÑO DE MEZCLA PARA PILOTES

Tabla 4. Proporción de agregados, cemento, agua y parámetros de diseño de la mezcla

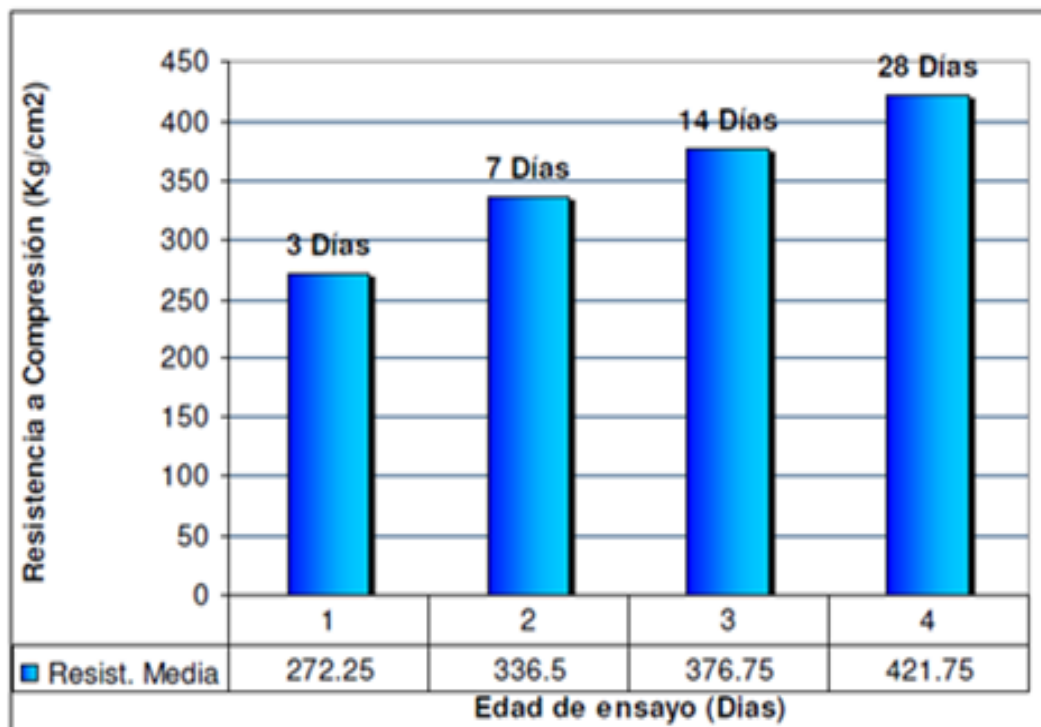
PIEDRA	407 Kg / m ³
ARROCILLO	407 Kg / m ³
ARENA	814 Kg / m ³
AGUA	219 l / m ³
CEMENTO	480 Kg / m ³
F'c	400 Kg / cm ²
ASENTAMIENTO	2"- 4"

Nota: Materiales requeridos para 1m³ de concreto

TABLAS DE RESULTADOS

Tabla 5. Mezcla Base

MEZCLA BASE PARA POSTES	
Resistencia de diseño: 350 Kg/cm ²	
Relación de agregados (β)= 0.5	
Asentamiento esperado: 2"- 4"	
Relación a/c= 0.46	
Area del cilindro promedio: 176.71cm ²	
DISEÑO PARA 1 m ³	DISEÑO PARA 0.15 m ³
Cemento= 480 Kg	Cemento= 72.0 Kg
Agua= 219 litros	Agua= 32.85 litros
Arena= 814 Kg	Arena= 122.1 Kg
Arrocillo= 814 Kg	Arrocillo= 122.1 Kg
Asentamiento= 2 1/2"	



Grafica N° 1. Formación de resistencias

Tabla 6. Mezcla de Resistencia con Rheocrete 222+

MEZCLA BASE PARA POSTES CON RHEOCRETE 222+	
Resistencia de diseño: 350 Kg/cm ²	Relación de agregados (β)= 0.5
Asentamiento esperado: 2"- 4"	
Relación a/c= 0.46	Area del cilindro promedio: 176.71cm ²
DISEÑO PARA 1 m ³	DISEÑO PARA 0.15 m ³
Cemento= 480 Kg	Cemento= 72.0 Kg
Agua= 219 litros	Agua= 32.85 litros
Arena= 814 Kg	Arena= 122.1 Kg
Arrocillo= 814 Kg	Arrocillo= 122.1 Kg
Rheocrete= 5 litros	Rheocrete= 0.75 litros
Asentamiento= 3 1/2"	

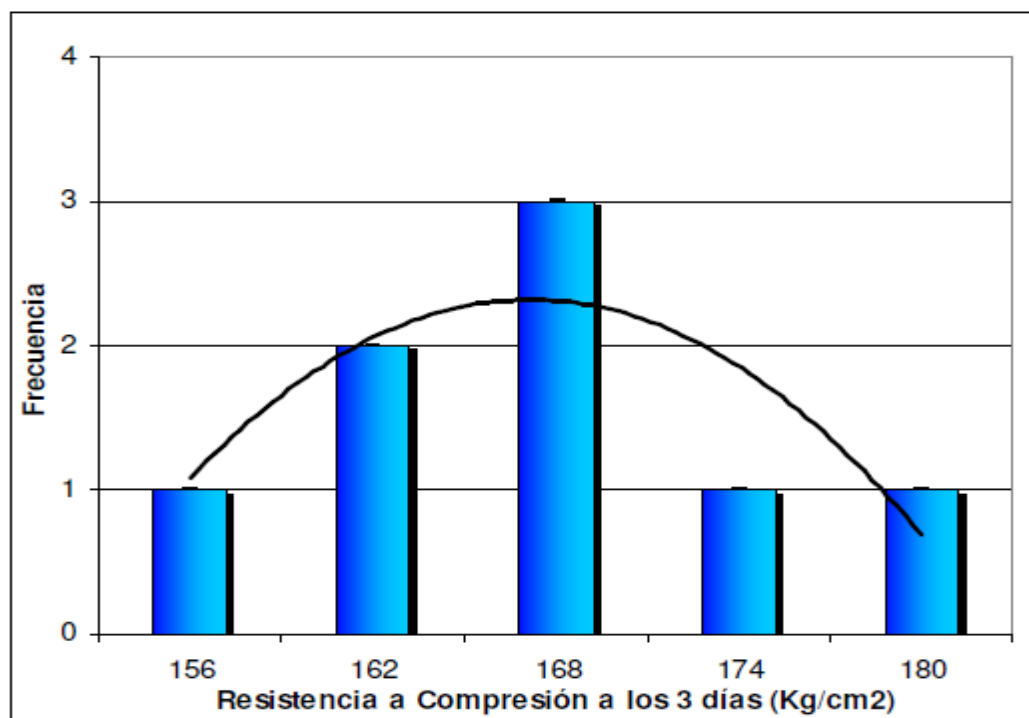
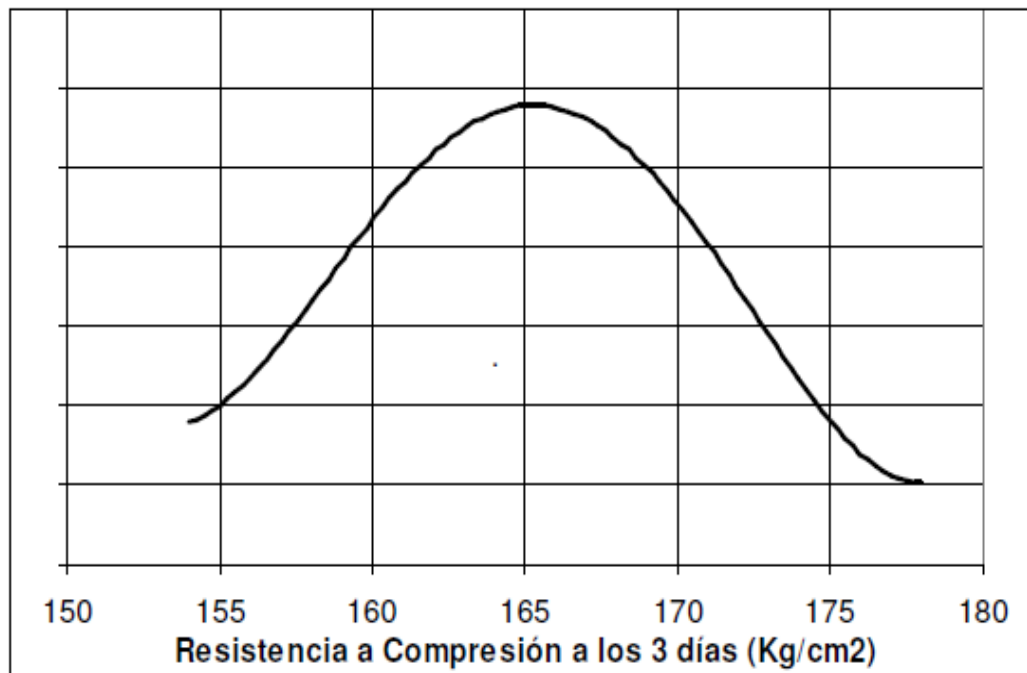


Grafico N° 2. Histograma de Frecuencia Resistencia a Compresión a los 3 días.



Media = 165.25 Kg/ cm²

Desviación estándar = 6.88 Kg/ cm²

Grafico N° 3. Curva de Distribución Normal Resistencia a Compresión a los 3 días

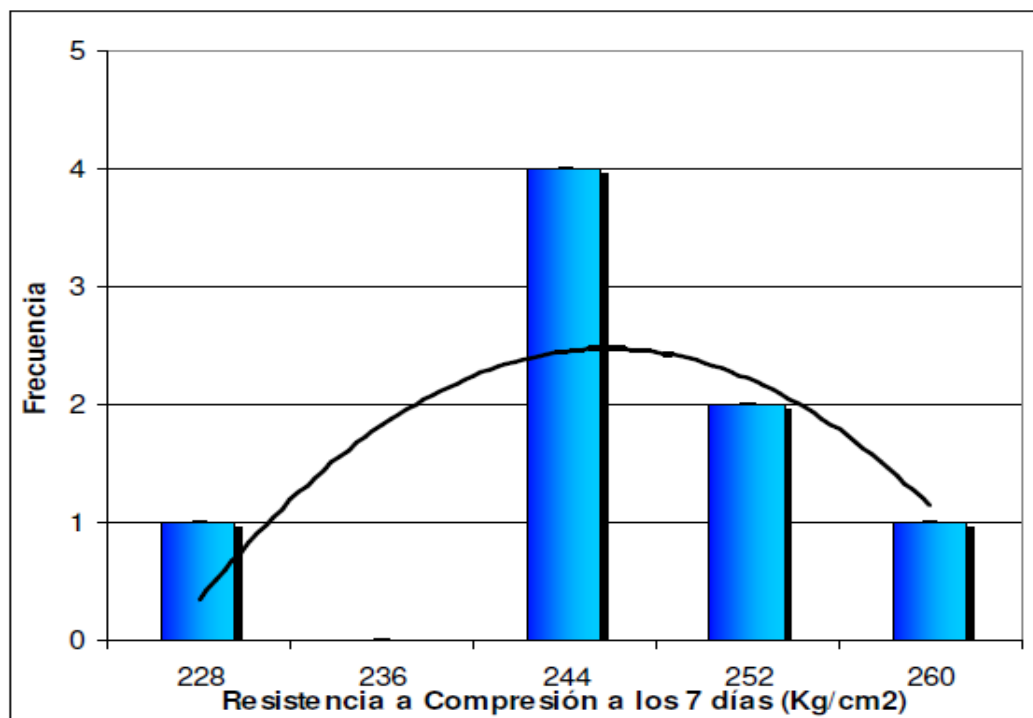
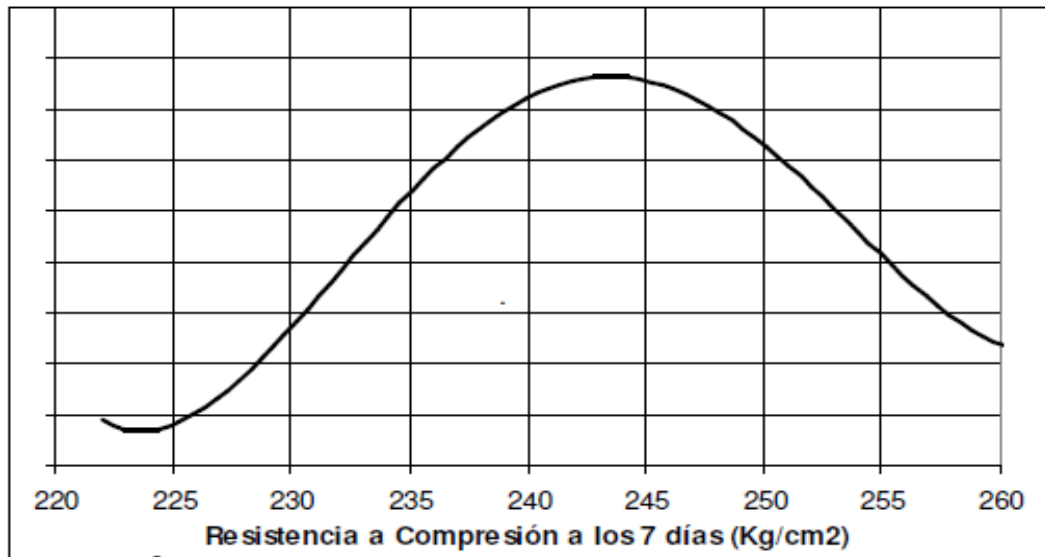


Grafico N° 4. Histograma de Frecuencia Resistencia a Compresión a los 7 días.



Media = 243.50 Kg/ cm²
 Desviación estándar = 10.45 Kg/ cm²

Grafico N° 5. Curva de Distribución Normal Resistencia a Compresión a los 7 días

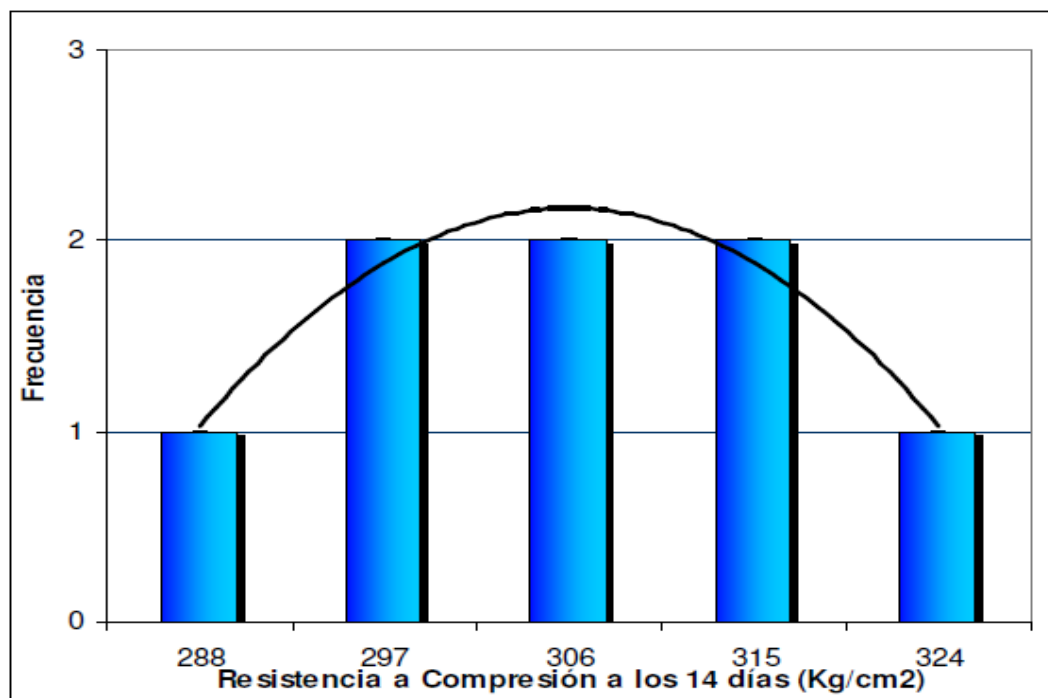
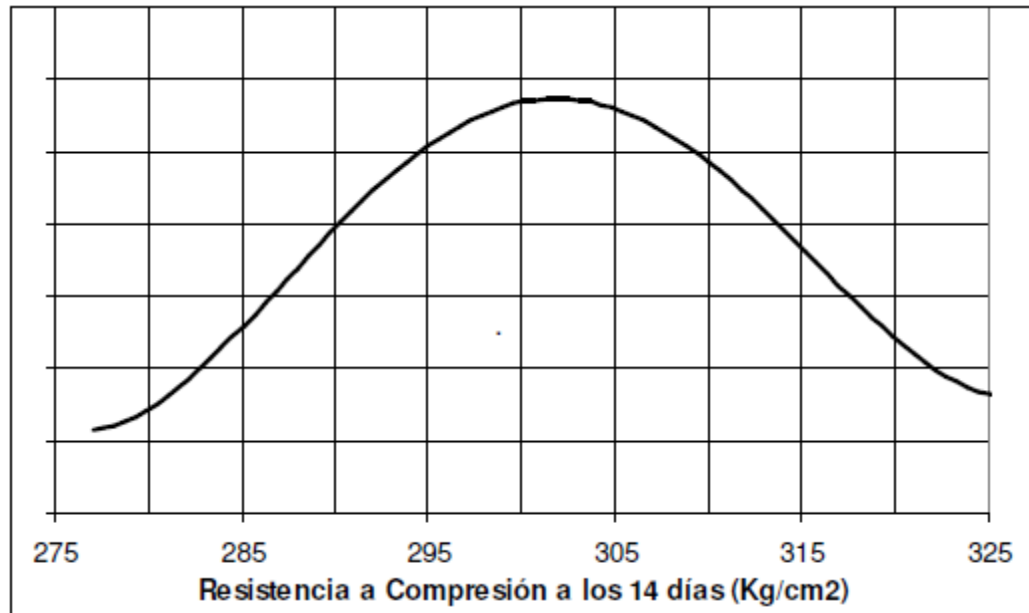


Grafico N° 6. Histograma de Frecuencia Resistencia a

Compresión a los 14 días.



Media = 301.88 Kg/ cm²

Desviación estándar = 13.88 Kg/ cm²

**Grafico N° 7. Curva de Distribución Normal Resistencia
a Compresión a los 14 días**

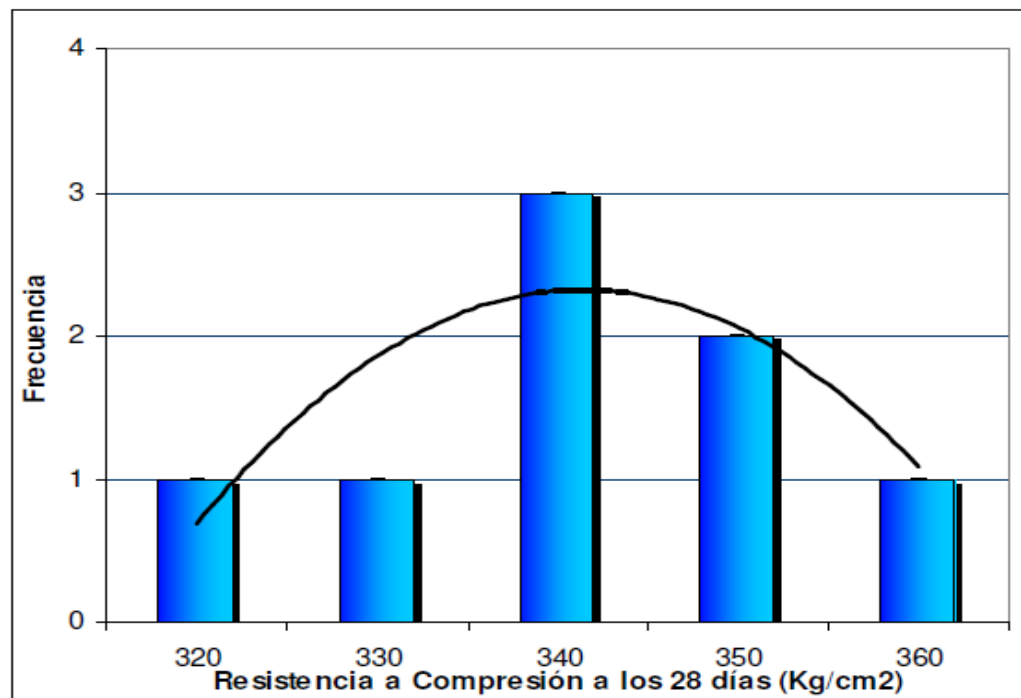
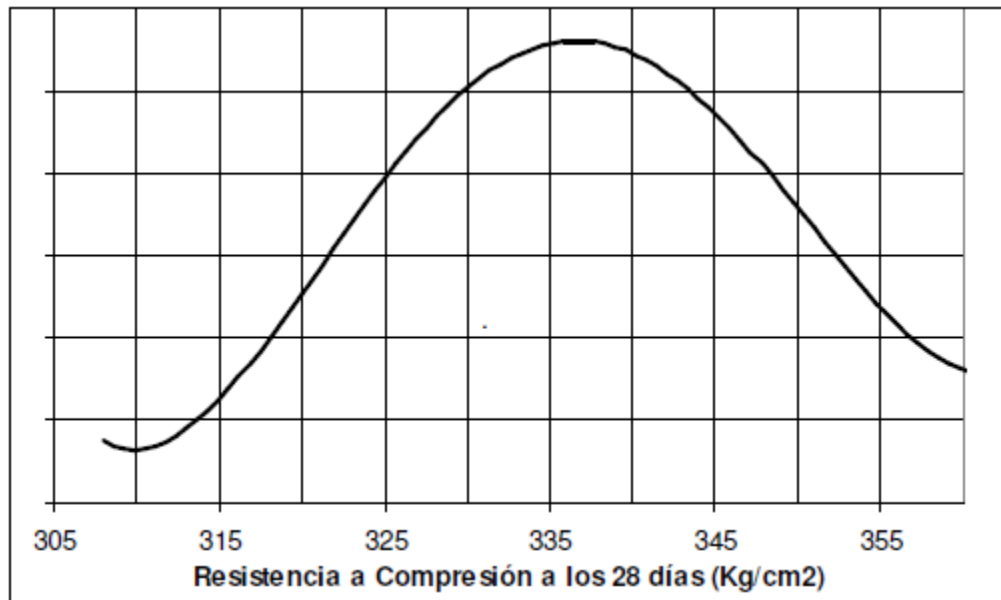


Grafico N° 8. Histograma de Frecuencia Resistencia a Compresión a los 28 días.



Media = 336.63 Kg/ cm²

Desviación estándar = 14.23 Kg/ cm²

Grafico N° 9. Curva de Distribución Normal Resistencia a Compresión a los 28 días

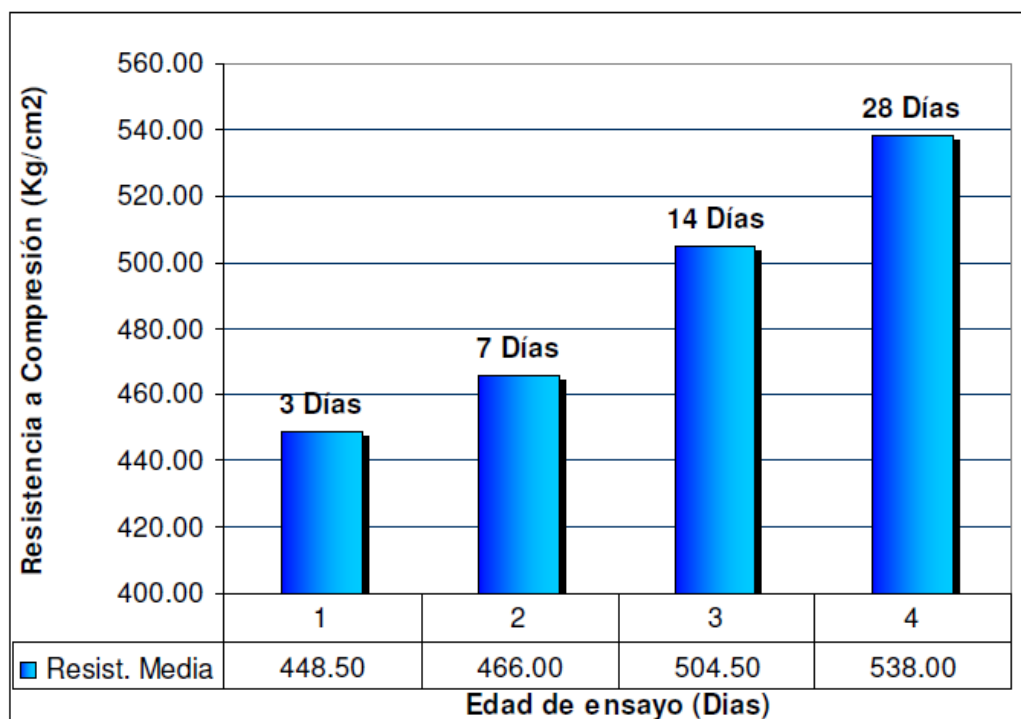


Grafico 10. Formación de Resistencias.

Mezcla con Rheocrete y Glenium 20% Reducción de Agua

Tabla 7. Mezcla con Rheocrete y Glenium 20% Reducción de Agua

MEZCLA (POSTES) CON RHEOCRETE Y GLENIUM (400ml/100Kg cemento) 20% REDUCCION DE AGUA			
Resistencia de diseño: 350 Kg/cm ²		Relación de agregados (β)= 0.5	
Asentamiento esperado: 2"- 4"			
Relación a/c= 0.37		Area del cilindro promedio: 176.71cm ²	
DISEÑO PARA 1 m ³		DISEÑO PARA 30 litros	
Cemento= 480 Kg		Cemento= 14.4 Kg	
Agua= 175.2 litros		Agua= 5.26 litros	
Arena= 856.29 Kg		Arena= 25.69 Kg	
Arrocillo= 860.91 Kg		Arrocillo= 25.83 Kg	
Rheocrete= 5 litros		Rheocrete= 150 ml	
Glenium= 2.88 litros		Glenium= 58 ml	
Asentamiento Promedio = 2 1/2"			

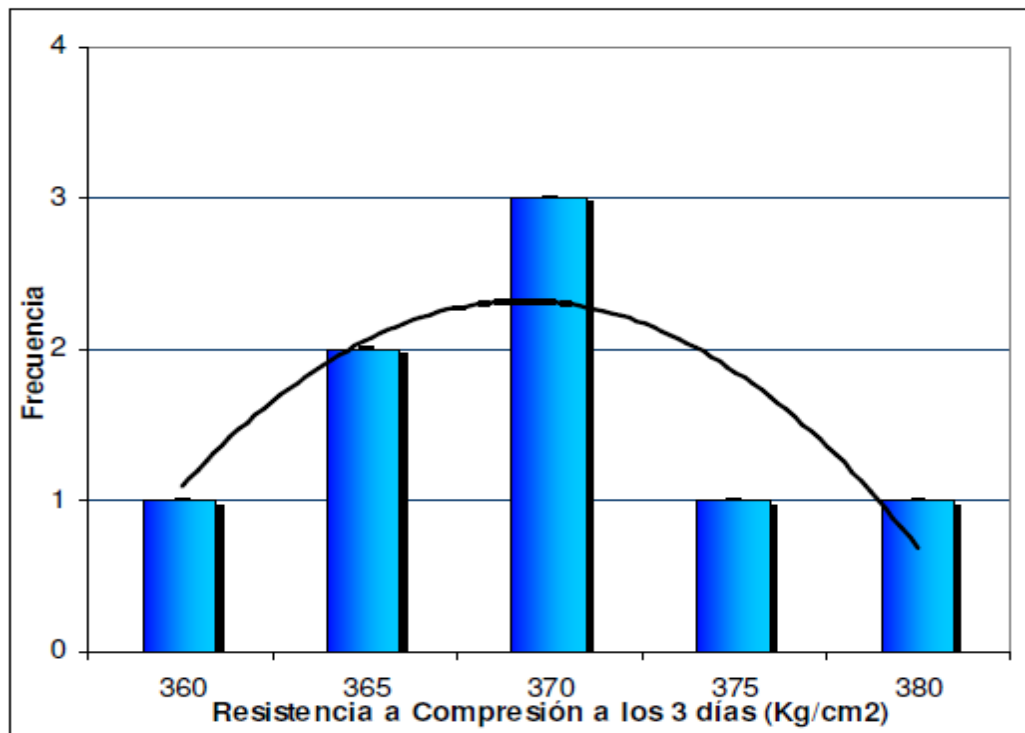
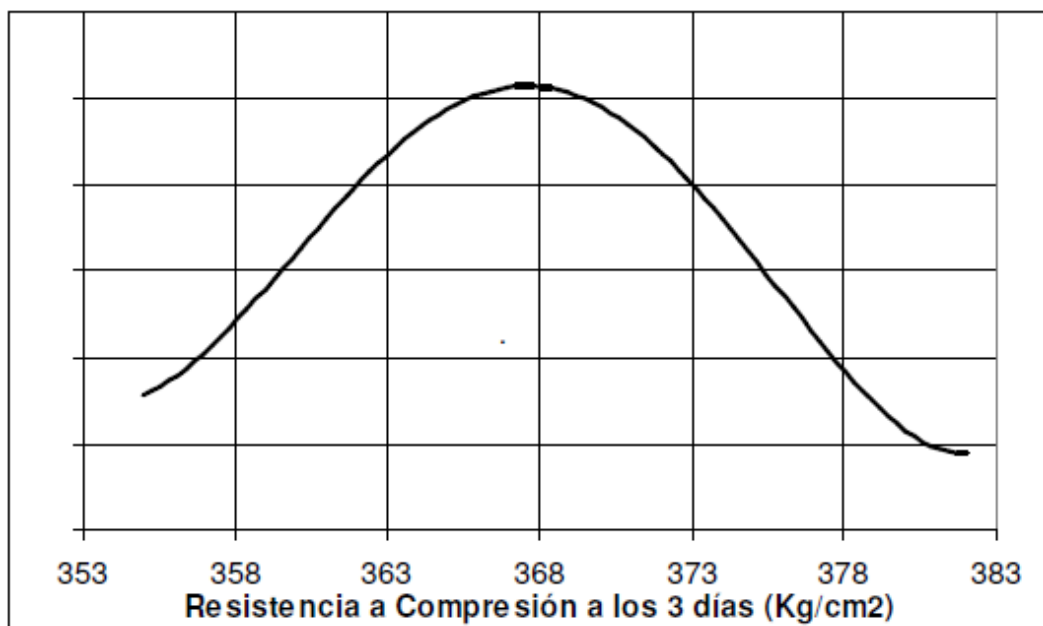


Grafico N° 11. Histograma de Frecuencia Resistencia a Compresión a los 3 días.



Media = 367.50 Kg/ cm²
Desviación estándar = 7.75 Kg/ cm²

Grafico N° 12. Curva de Distribución Normal Resistencia a Compresión a los 3 días

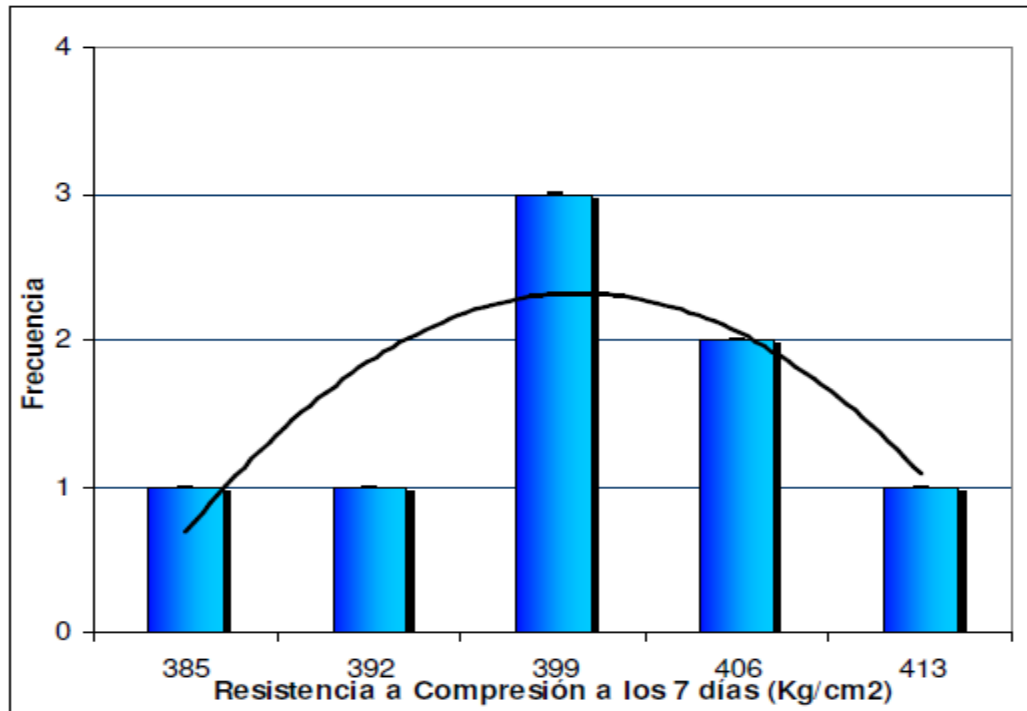
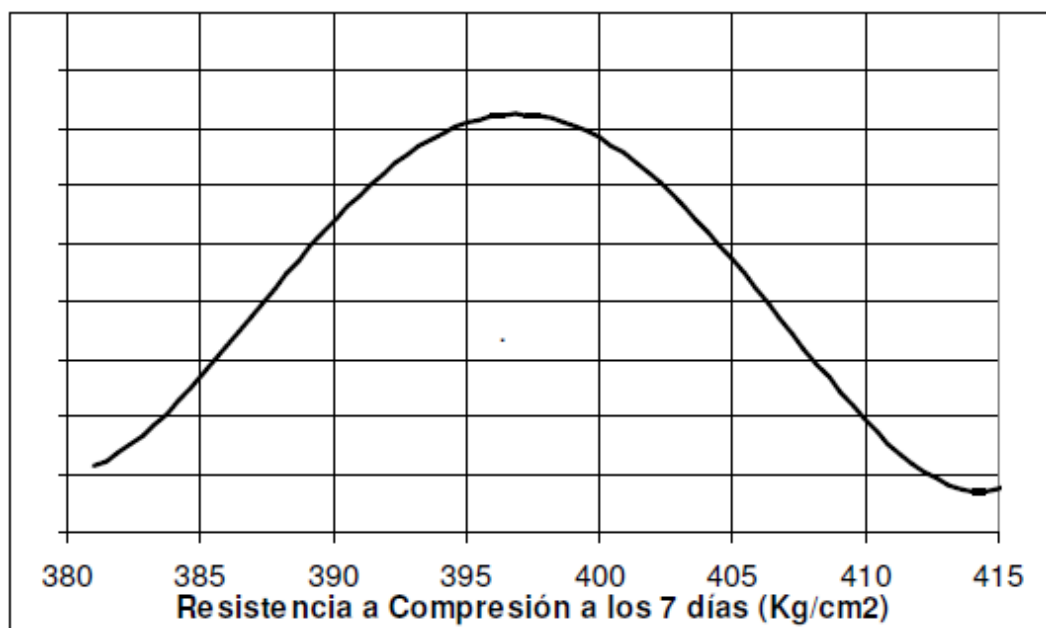
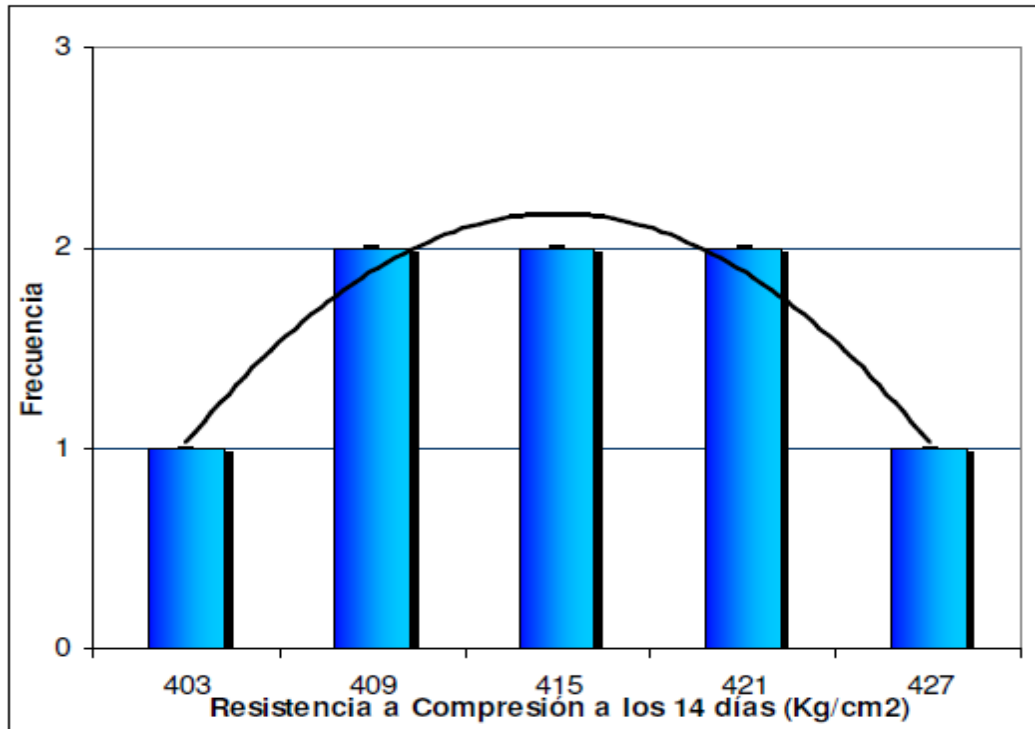


Grafico N° 13. Histograma de Frecuencia Resistencia a Compresión a los 7 días.

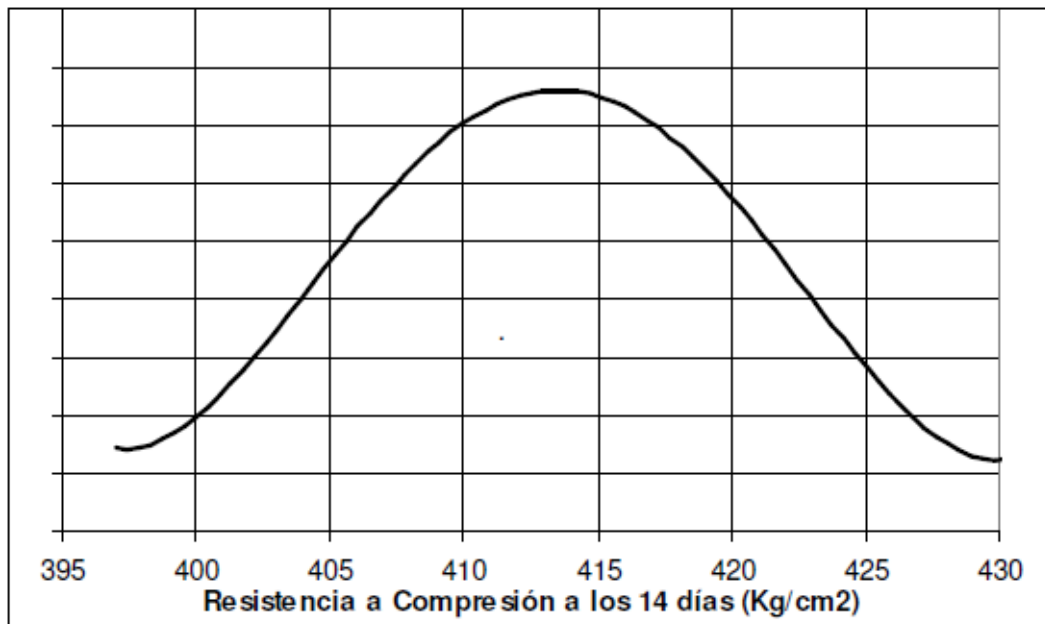


Media = 396.88Kg/ cm²
Desviación estándar = 9.69 Kg/ cm²

**Grafico N° 14. Curva de Distribución Normal Resistencia
a Compresión a los 7 días**



**Grafico N° 15. Histograma de Frecuencia Resistencia a
Compresión a los 14 días.**



Media = 413.50Kg/ cm²

Desviación estándar = 9.24 Kg/ cm²

Grafico N° 16. Curva de Distribución Normal Resistencia a Compresión a los 14 días

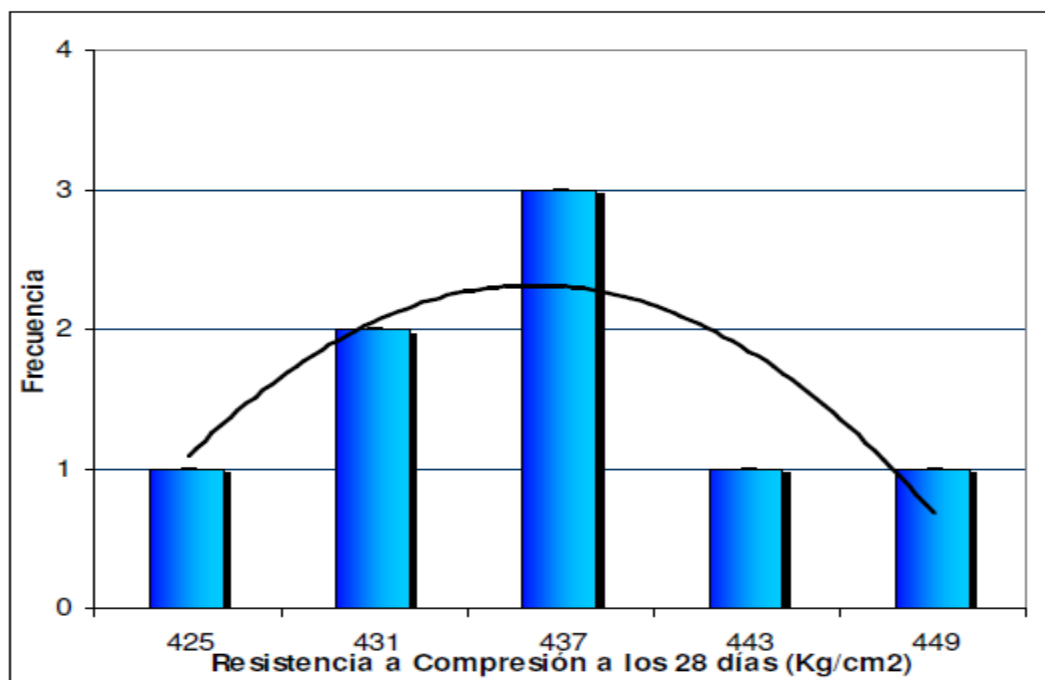
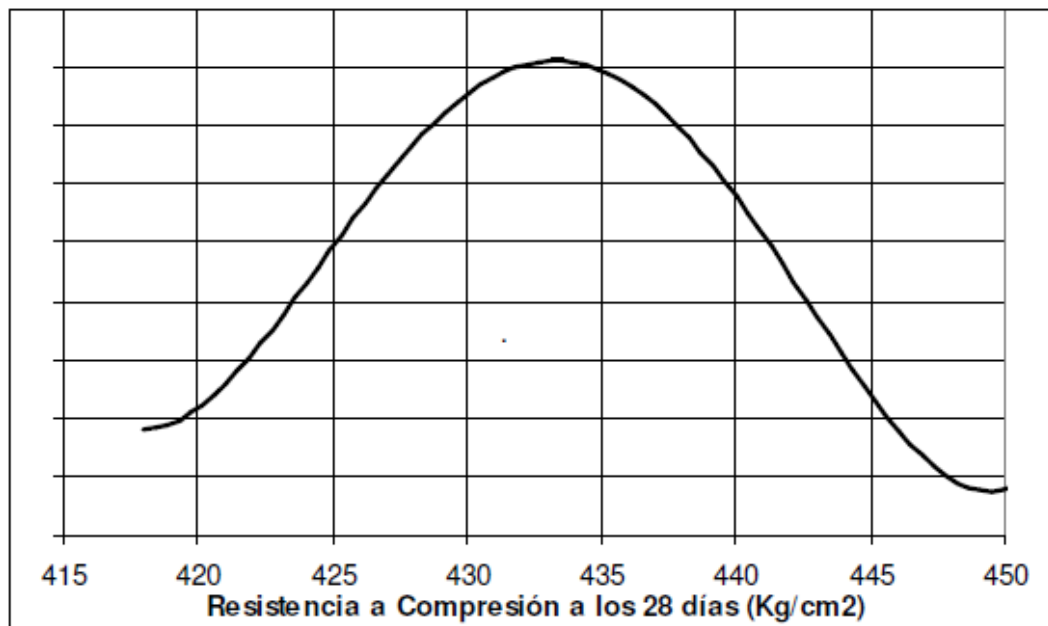


Grafico N° 17. Histograma de Frecuencia Resistencia a Compresión a los 28 días.



Media = 433.13Kg/ cm²

Desviación estándar = 8.76 Kg/ cm²

**Grafico N° 18. Curva de Distribución Normal Resistencia
a Compresión a los 14 días.**

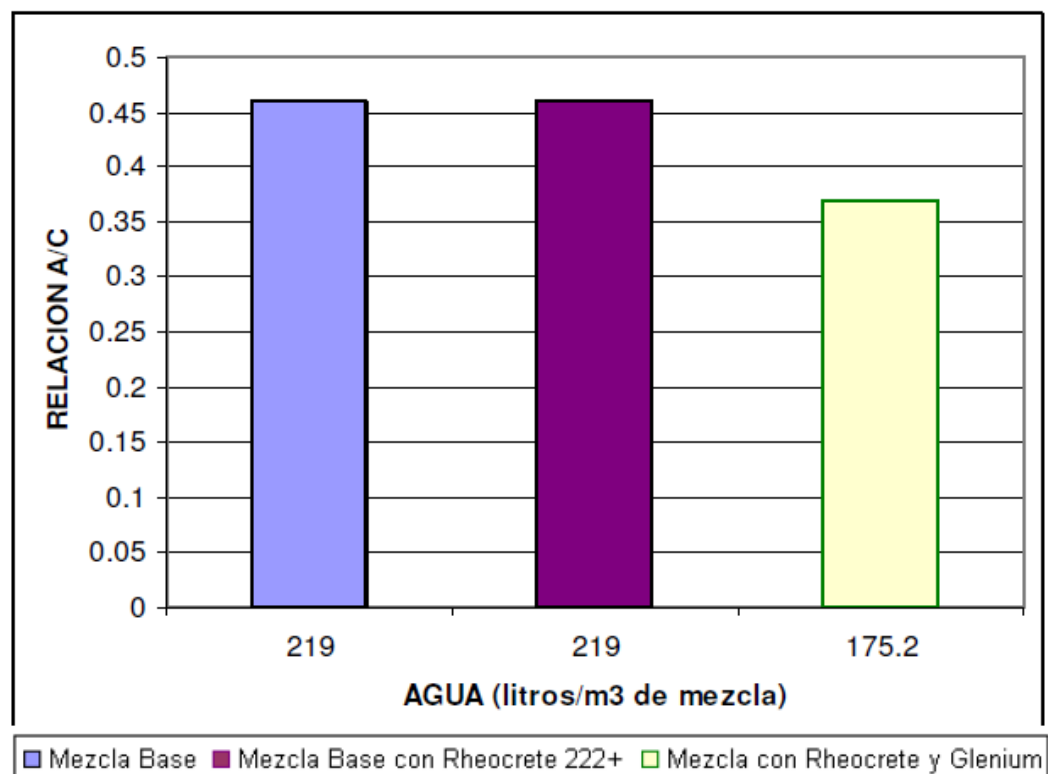


Gráfico N° 19. Comparación de las Relaciones agua/cemento para mezcla base, mezcla base con Rheocrete y mezcla con Rheocrete y Glenium (dosis=400ml/100 kg de cemento).

En el gráfico anterior se puede evidenciar que en las mezclas para la fabricación de postes, donde se utilizó el aditivo Glenium 3000 NS se logró disminuir el agua de mezclado, debido a su característica superplastificante, manteniéndose la misma cantidad de cemento para todas las mezclas (480kg/m³), lo que genera una menor relación agua/cemento ($a/c = 0.37$), y además cumpliendo de esta manera con las condiciones de diseño de estructuras de concreto bajo ambientes agresivos establecidas en las normas venezolanas ($a/c \leq 0.40$).

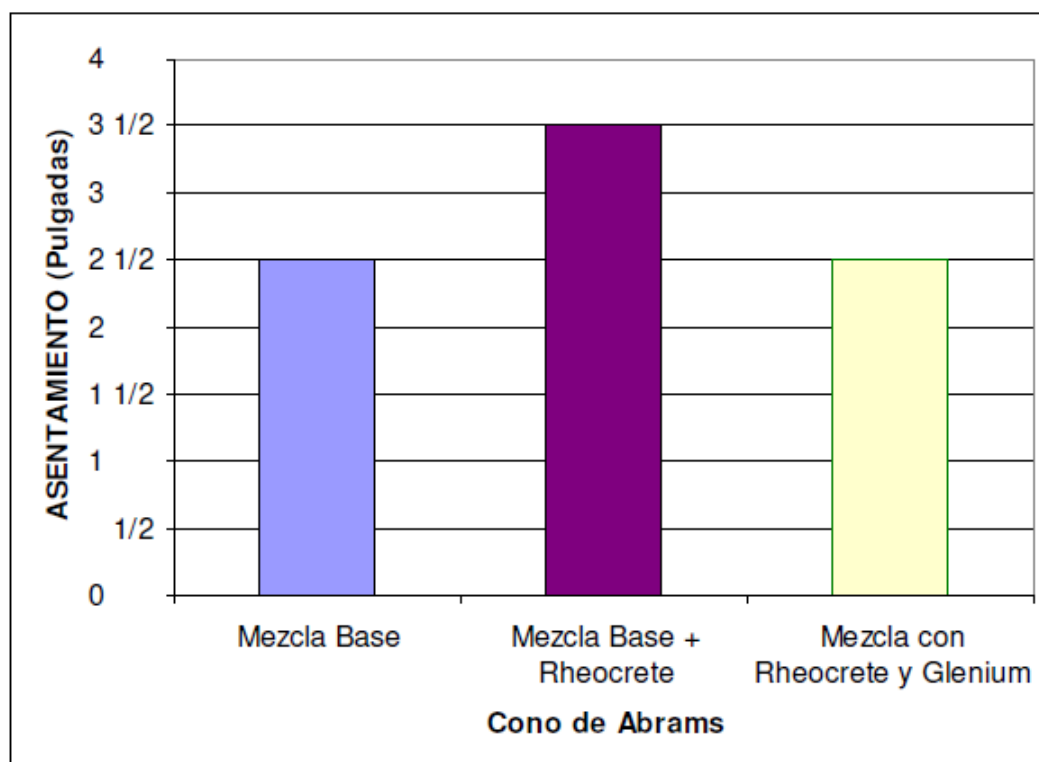


Gráfico N° 20. Comparación de los asentamientos para mezcla base, mezcla base con Rheocrete y mezcla con Rheocrete y Glenium (dosis= 400ml/100 kg de cemento).

En este gráfico se puede notar que el asentamiento de la mezcla base está dentro del rango requerido para la fabricación de postes (2"-4"), y así mismo se puede notar el efecto que tiene el Rheocrete sobre la mezcla al presentar un pequeño aumento del asentamiento. Se evidencia la similitud del asentamiento entre la mezcla base y la mezcla una vez añadido los aditivos Rheocrete y Glenium.

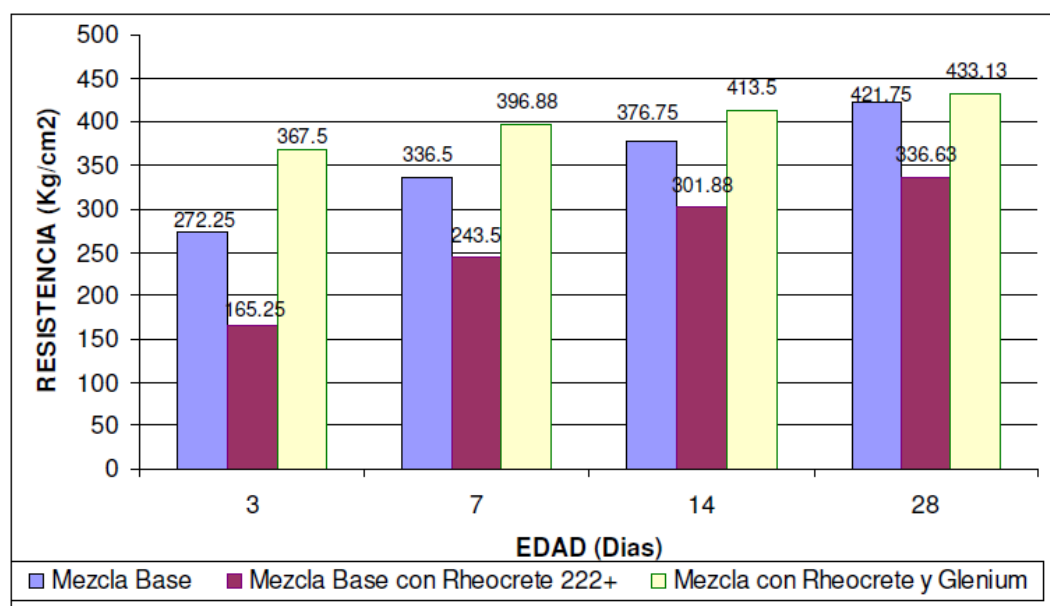


Gráfico N° 21. Comparación de Resistencias a Compresión para mezcla base, mezcla base con Rheocrete y mezcla con Rheocrete y Glenium (dosis= 400ml/100 kg de cemento).

En la representación anterior se puede evidenciar que la mezcla base cumple con la resistencia de diseño para los 28 días excediendo a la misma en 71kg/cm². Para las mezclas base con Rheocrete 222+ la resistencia obtenida fue menor para todas las edades con respecto a la mezcla base, y la resistencia obtenida a los 28 días no cumplió con la resistencia de diseño. Por último en las mezclas donde se utilizó el Rheocrete 222+ más el aditivo superplastificante Glenium 3000 NS, se puede observar incrementos de las resistencias a edades tempranas, inclusive superando la resistencia de diseño a los 3 días como se puede evidenciar, manteniéndose estas resistencias por encima de las obtenidas para la mezcla base a edades intermedias para luego estabilizarse, obteniéndose a los 28 días capacidades resistentes muy similares a las obtenidos en las mezclas base.

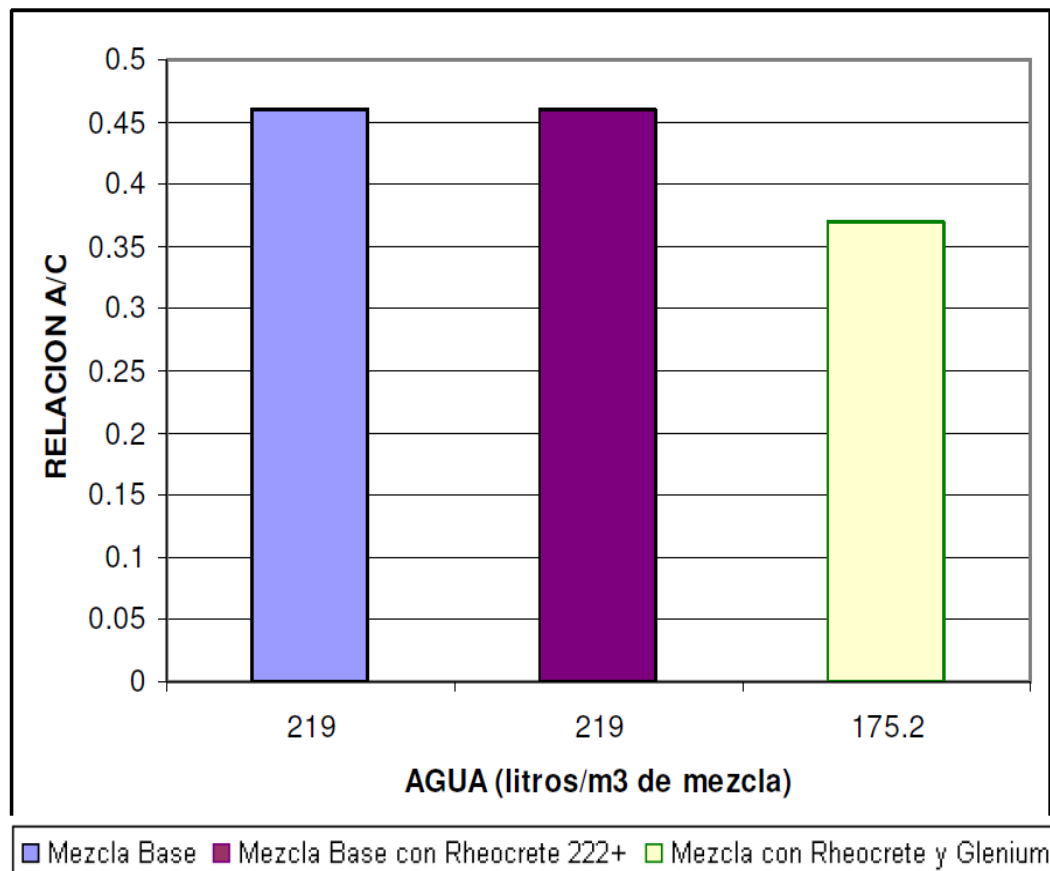


Gráfico N° 22. Comparación de las Relaciones agua/cemento para mezcla base, mezcla base con Rheocrete y mezcla con Rheocrete y Glenium (dosis= 400ml/100 Kg de cemento).

En el gráfico anterior se puede evidenciar que en las mezclas para la fabricación de pilotes, donde se utilizó el aditivo Glenium 3000 NS se logró disminuir el agua de mezclado, debido a su característica superplastificante, manteniéndose la misma cantidad de cemento para todas las mezclas (480kg/m³), lo que genera una menor relación agua/cemento ($a/c = 0.37$), y además cumpliendo de esta manera con las condiciones de diseño de estructuras bajo ambientes agresivos establecidas en las normas venezolanas ($a/c \leq 0.40$).

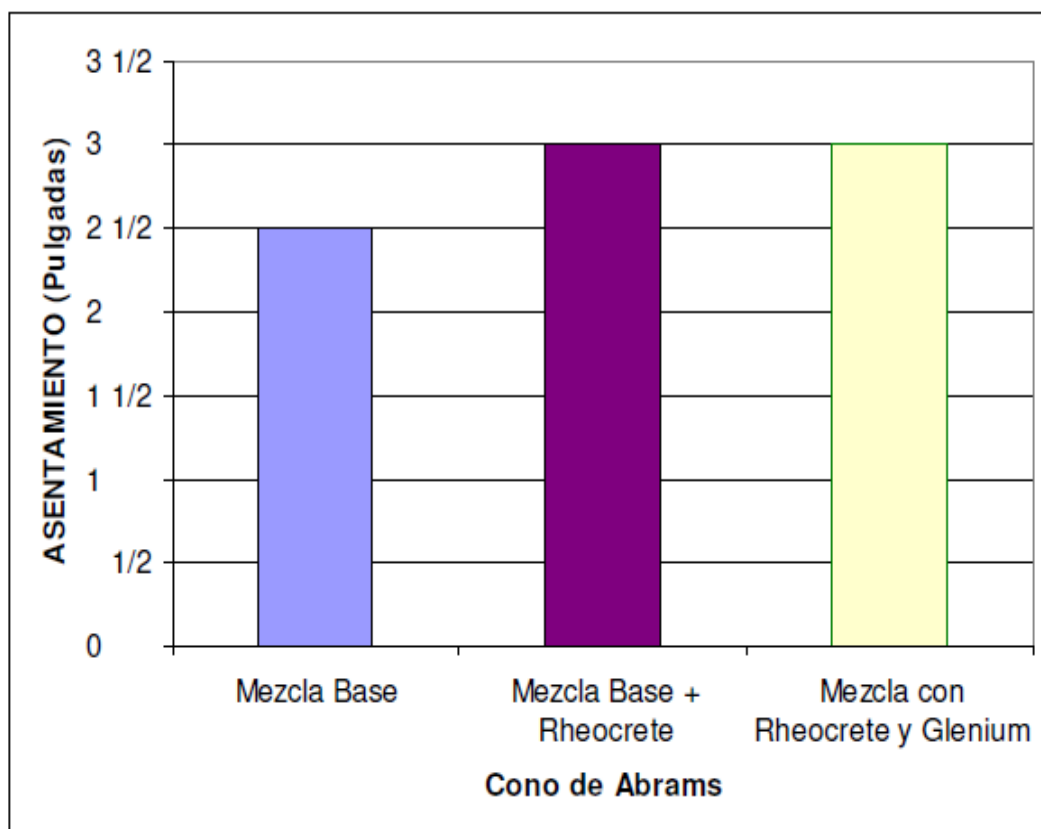


Gráfico N° 23. Comparación de los asentamientos para mezcla base, mezcla base con Rheocrete y mezcla con Rheocrete y Glenium (dosis= 400ml/100 kg de cemento).

En el gráfico anterior podemos notar que el asentamiento de la mezcla base está dentro del rango requerido para la fabricación de los pilotes (2"-4"), y así mismo se puede notar el efecto que tiene el Rheocrete sobre la mezcla al presentar un pequeño aumento del asentamiento. Se evidencia la similitud del asentamiento entre la mezcla base más el Rheocrete y la mezcla una vez añadido los aditivos Rheocrete y Glenium.

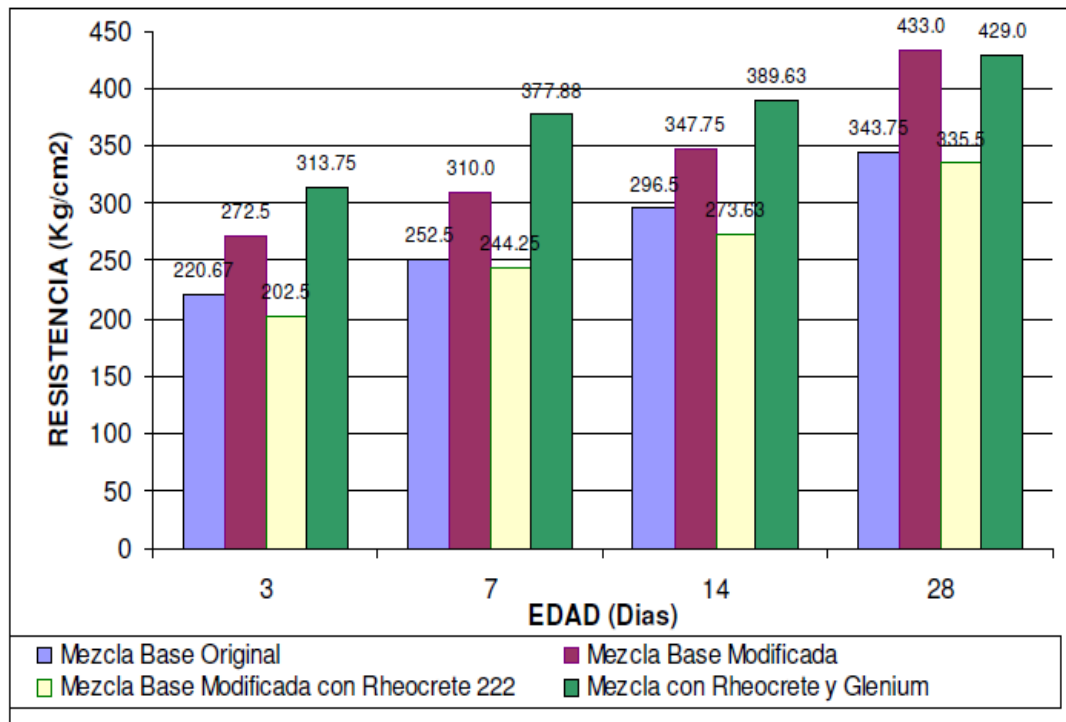


Gráfico N° 24. Comparación de Resistencias a Compresión para mezcla base, mezcla base con Rheocrete y mezcla con Rheocrete y Glenium (dosis= 400ml/100 Kg de cemento).

En la representación anterior se puede evidenciar que la mezcla base original no cumple con la resistencia de diseño para los 28 días, siendo este uno de los motivos para la realización de la mezcla modificada por el método de Bolomey-Füller, cuyos resultados de capacidad resistente son satisfactorios para la edad de 28 días . Para las mezclas base modificada con Rheocrete 222+ la resistencia bajo para todas las edades con respecto a la mezcla base modificada, sin cumplir a los 28 días con la resistencia de diseño. Por último en las mezclas donde se utilizó el Rheocrete 222+ más el aditivo superplastificante Glenium 3000 NS, se puede observar incrementos de las resistencias a edades tempranas en

comparación con el resto de las mezclas, manteniéndose estas resistencias por encima de la mezcla base para las edades intermedias para luego estabilizarse, obteniéndose a los 28 días capacidades resistentes muy similares a las obtenidos en las mezclas base modificada.

Comparando se evidencia que hay caídas de la resistencia a compresión tanto para edades iniciales como a los 28 días en la mezcla base al incorporar el aditivo inhibidor orgánico de corrosión Rheocrete 222+, sin verse afectadas de forma significativa las propiedades del concreto en estado fresco, otro aspecto que se puede destacar es que en las mezclas donde se utilizó el Rheocrete 222+ y el aditivo Glenium 3000 NS con una dosis de 400ml/100kg de cemento y reducción de agua de 20% con respecto a la mezcla base, se puede evidenciar una mejora prácticamente en todos los aspectos en comparación a las mezclas base, obteniéndose características en estado fresco muy similares a estas, y en estado endurecido se notó una ganancia de resistencia mas acelerada y una mejor acababilidad gracias a las características que le aporta el aditivo superplastificante a la mezcla, dicho aditivo permite una disminución de la relación agua/cemento que en conjunto con el aditivo inhibidor orgánico de corrosión Rheocrete 222+ generan concretos de mayor durabilidad en el tiempo y mayor resistencia a los ataques químicos.

A partir de las características antes señaladas se establece como la “Mezcla Optima” para la fabricación de postes centrifugados la mezcla con una dosificación fija del aditivo Rheocrete 222+ de 5 litros/m³ y la adición del Glenium 3000 NS de 400ml/100kg de cemento y reducción de agua de 20% con respecto a la mezcla base.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados del capítulo IV, estableciéndose el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de la investigación, se especifican a continuación las conclusiones:

- Según los resultados de los ensayos realizados a los agregados se puede, verificar que los mismos son aptos para ser utilizados en mezclas de concreto. Sin embargo es de resaltar que las características granulométricas de los mismos y el contenido de materiales más finos que el cedazo 74 micras en la arena, propiciaron la verificación del diseño de las mezclas base, específicamente en la relación de agregados.

- A partir de los ensayos granulométricos realizados a los agregados y del análisis tanto experimental como de la revisión de los diseños de mezcla por el método de Bolomey-Füller a las mezclas base, se determinó que para el diseño de mezcla de postes se mantuvo la relación de agregados ($\beta=50\%$), en donde usaron arena lavada y arrocillo. En el diseño de mezcla para pilotes si se estableció un cambio en la relación de agregados ($\beta=49\%$; arena lavada= 49%, arrocillo= 18% y piedra picada#1= 33%), con respecto a la de la mezcla base original ($\beta=50\%$; arena lavada= 50%, arrocillo= 25% y piedra picada#1= 25%), obteniéndose para esta última resistencias menores a las de diseño. Por lo que para las mezclas con el uso de aditivos se usó el diseño de mezcla base modificado.

- En las mezclas bases mas el aditivo inhibidor orgánico de corrosión Rheocrete 222+, en estado fresco, se observó unas

características de asentamiento apariencia y colocación muy similares a las mezclas bases, en estado endurecido arrojó pérdidas en la resistencia a compresión axial, en comparación con las mezclas base, tanto para el diseño de mezclas de postes como para el de pilotes en todas las edades ensayadas. Se puede destacar una reducción del 20% a los 28 días para las mezclas de postes y una reducción de 23% a los 28 días para la mezcla de pilotes, sin alcanzar en ninguno de los casos la resistencia de diseño requerida.

- Para las mezclas bases en las que se usó el aditivo Rheocrete 222+ mas el aditivo Glenium 3000 NS, con la primera dosis de 600ml/100Kg de cemento se obtuvieron mezclas en estado fresco con propiedades no favorables para la fabricación de elementos centrifugados para reducciones de agua de 10%, 20%, 30% y 40%, no obstante para la mezcla de postes con un porcentaje de reducción de agua de 22.5% y para la de pilotes del 25% se obtuvieron asentamientos medidos con el cono de Abrams aceptables, sin embargo se observaron mezclas de alta cohesión y densidad, y además un proceso de fraguado acelerado, lo que dificultaría la colocación al momento de la fabricación de estos elementos estructurales, lo que evidencia exceso de aditivo para la relación agua/cemento obtenida, por lo que se decidió disminuir la dosis del aditivo Glenium 3000 NS. Vale acotar que para esta dosificación con los porcentajes de reducción de agua establecidos, se tomaron cilindros para realizarles el ensayo a compresión axial, de los cuales se obtuvieron resultados de resistencia muy por encima de la resistencia de diseño.

- Al evaluar los resultados de los ensayos realizados a las mezclas con la dosificación de 400ml/100Kg de cemento del aditivo Glenium 3000 NS y reducción de agua del 20% con respecto a las mezclas base, junto con la inclusión del Rheocrete 222+ en la dosis fija de 5l/m³, tanto para los diseño de postes como para pilotes, se evidenciaron características en

estado fresco favorables para la fabricación de estos elementos centrifugados; asentamientos promedios de 2" (mezclas para postes).

- En estado endurecido, las mezclas nombradas en el punto anterior, presentaron resistencias a la compresión iniciales y finales mayores a la mezcla base, las probetas de concreto en estado endurecido con un mayor peso específico indican una mayor impermeabilidad del concreto aumentando la durabilidad del mismo. Para estas mezclas se observó una mejor acababilidad con respecto a las mezclas sin Glenium 3000 NS, aspecto importante debido a que los postes centrifugados requieren un acabo de obra limpia.

- Según requerimientos normativos para elementos en ambientes agresivos, campo de aplicación del aditivo Rheocrete 222+, la relación agua/cemento debe ser menor o igual a 0.40, valor que se cumple para las mezclas con reducción de 20% de agua ($a/c=0.37$) en comparación con la relación de las mezclas base ($a/c=0.46$), mezclas no apropiadas para la fabricación de elementos expuestos a ambientes agresivos.

- La incorporación en las mezclas de los aditivos Rheocrete 222+, el cual restringe el ingreso de cloruros y humedad y retarda el proceso de corrosión formando una película protectora en el acero de refuerzo y el Glenium 3000 NS, con el que se produce concretos de menor permeabilidad, dan como resultado mezclas de alta durabilidad y óptima resistencia en ambientes agresivos favorables a la corrosión y otros ataques químicos que afectan el concreto armado.

- Según los puntos anteriormente expuestos los diseños de mezcla base para la fabricación de postes y pilotes con una reducción de agua del 20%, dosis de Rheocrete 222+ igual 5l/m³ y dosificación de 400ml/100Kg de cemento de Glenium 3000NS, son los considerados como mezclas óptimas según los objetivos planteados en la investigación.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere la utilización de los diseños de mezcla óptimo obtenidos en el presente trabajo de investigación para la fabricación de elementos estructurales centrifugados que vayan a estar sometidos a uno o algunos de los factores propicios para la corrosión y otros ataques químicos al concreto y al acero de refuerzo.
- Se recomienda llevar un buen control sobre la humedad de los agregados, para evitar la elaboración de mezclas que al añadirles el aditivo superplastificante Glenium 3000 NS, tiendan a endurecer muy rápido por no colocarles la dosificación correcta de agua.
- Se considera conveniente, la elaboración de ensayos a la resistencia a compresión en edades avanzadas superiores a las estudiadas en esta investigación, con el fin de verificar que se mantenga los resultados arrojados a los 28 días.
- Debido a que el aditivo Glenium 3000 NS acelera el proceso de fraguado, se aconseja la dosificación del mismo junto con la última porción del agua de mezclado, para evitar generar dificultades en la colocación del concreto sobre todo para mezclas con relaciones agua/cemento bajas, como las obtenidas como mezclas óptimas.
- Para el establecimiento de una relación entre el curado a vapor a presión y el curado por inmersión por agua saturada de cal aplicado en este trabajo, se propone la realización de una investigación en donde los cilindros a ensayar a compresión se le aplique el curado a vapor con el propósito de comparar las propiedades del concreto obtenido.
- Para la comparación del método de compactación realizado en esta investigación a las probetas cilíndricas con el método de compactación por centrifugado realizado en los postes y pilotes, se

propone la realización de una investigación en donde se estudie la resistencia a compresión de muestras cilíndricas extraídas a los elementos de concreto una vez que hayan sido sometidos al proceso de centrifugado.

- Para obtener, un mayor provecho del trabajo propuesto se debería ampliar el alcance, para ello, se podría tomar en cuenta las siguientes consideraciones, cuando hayan de ejecutarse estudios similares a este

- Cambiar las características y /u origen de los agregados.
- Utilizar otro aditivo y dosis diferente a los ya empleados
- Emplear otras marcas de cemento y lotes de cilindros diferentes.
- Estudios del tiempo de fraguado bajo temperaturas ambientales controladas.

No obstante, para poder garantizar confiabilidad en los resultado se deben tomar en cuenta las siguientes sugerencias:

- previo al mezclado debe homogeneizarse el agregado fino, de manera de garantizar uniformidad en el contenido de humedad de toda la masa
- No deben excederse las dosis de aditivo recomendadas por el fabricante a fin de evitar efectos inesperados.
- El material y capacidad de los calorímetros debe mantenerse, para evitar variaciones con respecto a este estudio.

BIBLIOGRAFIA

BETANCOURT C., LARA K., PINTO A. Comparación Del concreto de revestimiento final de túneles utilizando los aditivos Glenium 3200 HES y Rheobuild 1000. Trabajo de Grado. Escuela Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Venezuela (2006).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 255. Agregados. Determinación de la composición granulométrica. Ministerio de fomento. Caracas, Venezuela (1998).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 256. Método para determinar impurezas orgánicas en la arena para concreto (Ensayo Colorimétrico). Ministerio de fomento. Caracas, Venezuela (1997).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 258. Método de ensayo para la determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo 74 micras. Caracas, Venezuela (1977).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 261. Método de ensayo para determinar cualitativamente el contenido de cloruros y sulfatos solubles en arenas. Ministerio de fomento. Caracas, Venezuela (1977).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 268. Agregado Fino. Determinación de la densidad y absorción. Ministerio de fomento. Caracas, Venezuela (1998).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 269. Agregado grueso. Determinación de la densidad y absorción. Ministerio de fomento. Caracas, Venezuela (1998).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 338. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto. Ministerio de fomento. Caracas, Venezuela (2002).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 339. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams. Ministerio de fomento. Caracas, Venezuela (2003).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 351. Aditivos químicos utilizados en el concreto. Métodos de Ensayos. Ministerio de fomento. Caracas, Venezuela (1994).

COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma 3549. Tecnología del concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos. Ministerio de fomento. Caracas, Venezuela (1999).

GONZALES G., MELIAN M. Estudiar el comportamiento de una mezcla de concreto autocompactante que pueda ser vaciada bajo agua mediante la acción del aditivo antideslave Rheomac UW 450 y la utilización de los aditivos complementarios Glenium 3000 NS y Polyheed RI. Trabajo de Grado. Escuela Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Venezuela (2006).

GUANIPAL., UZCATEGUI C. Evaluar el comportamiento del concreto rheodinamico. Trabajo de Grado. Escuela Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Venezuela (2006).

MONTGOMERY D., RUNGER G., Probabilidad y Estadísticas aplicadas a la ingeniería. Mc Graw Hill. Primera edición. México (2001).

PEREZ A., RODRIGUEZ D. Obtención del valor optimo de dosificación del aditivo Glenium 3200 HES a partir de un diseño de mezcla base, para lograr mezclas de concreto que puedan ser utilizadas en la fabricación de

elementos estructurales pretensados y postensados. Trabajo de Grado. Escuela Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Venezuela (2006).

PORRERO J., RAMOS C., GRASES J., VELAZCO G. Manual del Concreto Estructural. Editado por Sidetur. Caracas, Venezuela (2004).

<http://www.imcyc.com/revista/1998/oct/ataque.htm>

fic.uni.edu.pe/construccion/concreto/Concreto%201/curado%20concreto.ppt –

http://www.asocem.org.pe/SCMRoot/bva/f_doc/concreto/agregados/MG22_ataque_concreto.pdf

<http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/carbonatacion.htm>

<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3327/26/06-Estado%20del%20conocimiento.pdf>

<http://eilae12007.blogspot.com/2007/02/tabla-de-la-distribucion-de-estudiante.html>