

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL Y
DEL AMBIENTE
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



Tema:

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y
SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE
ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Borrador de tesis presentado por:

Bach. Cesar Alonso Flores Alvarez.

Bach. Alexander David Blas Castro.

Para optar el Grado de:

Ingeniero Civil

AREQUIPA – PERÚ

2014

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad Católica de Santa María, presento mi tesis de investigación que por título lleva.

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y
SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE
ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Tema de investigación que fue realizado en el laboratorio de suelos y concreto del Programa Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María.

Bach. Cesar Flores Alvarez.
Bach. Alexander Blas Castro.

AGRADECIMIENTO:

En la presente tesis de investigación, en primer lugar, me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A la Universidad Católica de Santa María y en especial al Programa Profesional de Ingeniería Civil por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional, así mismo quiero agradecer a los catedráticos por mi formación académica.

Ing. Renato Días Galdós
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. Enrique Alfonso Ugarte Calderón
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. July Neira Arenas
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. Olger Febres Rosado
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. Fernando Garnica Cuba
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

A nuestro asesor de tesis externo Ing. Igor Choquenaira Paccosoncco por brindarnos su amistad y sus conocimientos referidos a la presente investigación.

A nuestra amiga Sra. María Najjar por su apoyo incondicional, por la ayuda y los buenos deseos brindados durante la presente tesis y nuestra vida universitaria.

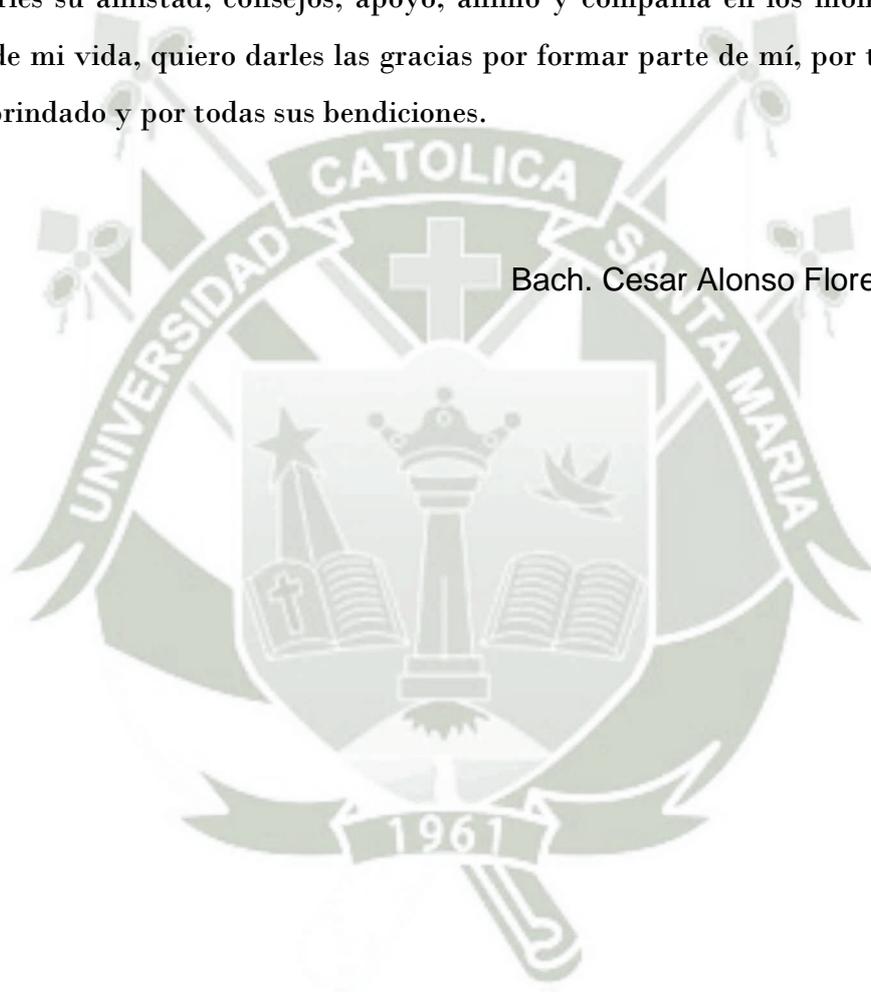
Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

Bach. Cesar Alonso Flores Alvarez.

ACTO QUE DEDICO A:

A mi padre, Walther Flores Delgado por su apoyo en mi carrera, en mis logros y gracias a sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. A mi madre, Ana María Álvarez Neira por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto de vida y su amor incondicional. A mis hermanos que siempre han estado junto a mí y me brindaron su apoyo durante mi vida académica. Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida, quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Bach. Cesar Alonso Flores Alvarez.



AGRADECIMIENTO:

A Dios creador del universo y dueño de mi vida que me permite construir otros mundos mentales posibles, gracias por permitirme ser un guerrero de la luz.

A la Universidad Católica de Santa María y en especial al programa profesional de Ingeniería Civil por darme la oportunidad de estudiar en esta honorable casa del saber y permitirme ser profesional, así mismo quiero agradecer a los catedráticos por mi formación académica.

Ing. Renato Días Galdós
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. Enrique Alfonso Ugarte Calderón
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. July Neira Arenas
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. Olger Febres Rosado
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

Ing. Fernando Garnica Cuba
Catedrático del Programa Profesional del Ing. Civil – UCSM.

A nuestro asesor de tesis externo, Ing. Igor Choquenaira Paccosoncco por brindarnos su amistad y sus conocimientos referidos a la presente investigación.

A nuestra amiga Sra. María Najar por su apoyo incondicional, por la ayuda y los buenos deseos brindados durante la presente tesis y nuestra vida universitaria.

Agradezco también al Sr. Walther Flores Delgado por su apoyo en la confección de las piezas metalmecánicas utilizadas para el ensayo en la presente investigación.

Bach. Alexander David Blas Castro.

ACTO QUE DEDICO A:

A mi padre, Alejandro Blas Vasquez quien fue mi ejemplo de vida, gracias por formarme en el trabajo, en los valores y sobre todo por ser el principal gestor de mi carrera profesional, sé que físicamente ya no estas a mi lado pero estoy seguro que celebrarás esta alegría como tuya, a mi madre Lilliams Castro Vera por ser mi mejor amiga, mi aliada, compañera de muchas batallas incluso en las derrotas y por ser el pilar principal de mi vida. A mis preciosas hermanas Miriam y Pamela por estar siempre presentes para poderme realizar profesionalmente, a Susan por ser mi fiel compañera en esta última etapa de mi vida por darme animo en los momentos difíciles y brindándome su amor, a mi sobrino Gonzalo por ser mi amigo leal y por ser un motivo para esforzarme cada día más.

Finalmente quiero agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma me apoyaron para poder lograr esta meta tan anhelada

“Cuando quieres algo todo el universo conspira para poder lograrlo”.

Bach. Alexander David Blas Castro.

ÍNDICE GENERAL

<i>INTRODUCCIÓN</i>	X
<i>RESUMEN</i>	XII
<i>CAPITULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.</i>	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	2
1.1.2. DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA.	2
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	3
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	3
1.3. HIPÓTESIS.	4
1.4. VARIABLES.	5
<i>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.</i>	6
2.1. MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA.	7
2.1.1. MICROSÍLICE	7
2.1.1.1. DEFINICIÓN DEMICROSÍLICE.	7
2.1.1.2. HISTORIA DELA MICROSÍLICE.	8
2.1.1.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DELA MICROSÍLICE.	9
2.1.2. SUPERPLASTIFICANTE.	11
2.1.2.1. DEFINICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTE.	11
2.1.2.2. HISTORIA DEL SUPERPLASTIFICANTE.	11
2.1.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SUPERPLASTIFICANTE.	13
2.1.3. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (CAR).	14
2.1.3.1. DEFINICIÓN DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.	14
2.1.3.2. HISTORIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (CAR).	15
2.1.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DELA UTILIZACIÓN DELCAR.	17
2.1.4. APLICACIONES DELAMICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN EL CAR ALREDEDOR DEL MUNDO.	18
2.1.4.1. APLICACIONES DEL CAR EN EL PERÚ.	30
2.2. PRINCIPIOS BÁSICOS Y REQUERIMIENTOS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	33
2.2.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO.	33
2.2.1.1. TRABAJABILIDAD.	33
2.2.1.2. CONSISTENCIA.	34
2.2.1.3. COHESIVIDAD.	34
2.2.1.4. SEGREGACIÓN.	35
2.2.1.5. EXUDACIÓN.	35
2.2.1.6. PESO UNITARIO.	35
2.2.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO.	36

2.2.2.1.	RESISTENCIA A COMPRESIÓN.	37
2.2.2.2.	DURABILIDAD.	37
2.2.2.3.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL.	37
2.2.3.	MATERIALES DEL CAR.	38
2.2.3.1.	AGUA.	39
2.2.3.2.	CEMENTO.	41
2.2.3.3.	AGREGADO.	42
2.2.3.4.	MICROSÍLICE.	49
2.2.3.5.	SUPERPLASTIFICANTE.	53

CAPITULO 3: DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA. _____ **58**

3.1. INTRODUCCIÓN. _____ **59**

3.2. ESTUDIO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA. _____ **59**

3.2.1.	CEMENTO.	59
3.2.2.	AGREGADO FINO.	60
3.2.2.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.	60
3.2.2.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.	62
3.2.2.3.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO.	65
3.2.2.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.	68
3.2.2.5.	ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO.	72
3.2.3.	AGREGADO GRUESO.	74
3.2.3.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.	74
3.2.3.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.	76
3.2.3.3.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.	79
3.2.3.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.	82
3.2.3.5.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO.	85
3.2.4.	AGUA.	88
3.2.5.	SUPERPLASTIFICANTE.	89
3.2.6.	MICROSÍLICE.	90

3.3. DISEÑOS DE MEZCLAS PARA EL CAR. _____ **91**

3.3.1.	DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO DEL ACI 211.4.	91
3.3.2.	DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO MÁXIMA COMPACIDAD.	110

CAPITULO 4: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO. _____ **126**

4.1. SECUENCIA DE LOS ENSAYOS DEL CAR. _____ **127**

4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO COMITÉ ACI 211.4. _____ **128**

4.2.1.	RESULTADOS EN ESTADO FRESCO COMITÉ ACI 211.4.	128
4.2.1.1.	DISEÑO PATRÓN (ACI).	128
4.2.1.2.	MICROSÍLICE I Y SUPERPLASTIFICANTE I (ACI).	129

4.2.1.3.	MICROSÍLICE II Y SUPERPLASTIFICANTE II (ACI).	135
4.2.2.	RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO COMITÉ 211.4 ACI.	140
4.2.2.1.	DISEÑO PATRÓN (ACI).	140
4.2.2.2.	MICROSÍLICE I Y SUPERPLASTIFICANTE I (ACI).	141
4.2.2.3.	MICROSÍLICE II Y SUPERPLASTIFICANTE II (ACI).	145
4.3.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MÉTODODE MÁXIMA COMPACIDAD.	149
4.3.1.	RESULTADOS EN ESTADO FRESCO MÁXIMA COMPACIDAD.	149
4.3.1.1.	DISEÑO PATRÓN (MC).	149
4.3.1.2.	MICROSÍLICE I Y SUPERPLASTIFICANTE I (MC).	150
4.3.1.3.	MICROSÍLICE II Y SUPERPLASTIFICANTE II (MC).	156
4.3.2.	RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO MÁXIMA COMPACIDAD.	161
4.3.2.1.	DISEÑO PATRÓN (MC).	161
4.3.2.2.	MICROSÍLICE I Y SUPERPLASTIFICANTE I (MC).	162
4.3.2.3.	MICROSÍLICE II Y SUPERPLASTIFICANTE II (MC).	167
CAPITULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DELA MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTEEN EL CAR,RESISTENCIA Y COSTOS.		170
5.1.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO.	171
5.1.1.	DISEÑOMÉTODO DEL ACI 211.4.	171
5.1.2.	DISEÑOS MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD.	172
5.1.3.	DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 VS MÁXIMA COMPACIDAD.	174
5.2.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO.	176
5.2.1.	DISEÑO MÉTODO DEL ACI 211.4.	176
5.2.2.	DISEÑO MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD.	178
5.2.3.	DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 VS MÁXIMA COMPACIDAD.	181
5.3.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.	183
5.3.1.	DISEÑOS MÉTODO ACI 211.4.	183
5.3.2.	DISEÑOS MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD.	191
5.3.3.	COSTOS DISEÑO ACI 211.4 VS MÁXIMA COMPACIDAD.	198
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		201
BIBLIOGRAFÍA		211
ANEXOS.		229
LISTADODE FIGURAS		213
LISTADO DE TABLAS		220
GLOSARIO		226
ANEXO		229

INTRODUCCIÓN.

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo. Este necesita adaptarse a los nuevos requerimientos, cada vez más específicos con el mejoramiento de los materiales utilizados en obras de ingeniería, con el objetivo de mejorar sus propiedades y de este hecho es que nosotros podemos hablar de un concreto de alta resistencia (CAR), un concreto que justamente se ha elaborado para solucionar dichos requerimientos específicos, como obtener un concreto trabajable en estado fresco y de alta resistencia que a su vez sea impermeable en estado endurecido.

Una de las últimas tecnologías para producir concretos de alta resistencia es el humo de sílice que son partículas esféricas aproximadamente de 0.0001 mm de diámetro dándole una elevada finura, 100 veces mayor a la del cemento, le permiten ser un micro-llenador de espacios entre las partículas del cemento.

El superplastificante también son conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua en la mezcla de concreto.

Utilizar Mircrosílice y Superplastificante que ayude a obtener un concreto de alta resistencia (CAR) y a su vez sea impermeable, capaz de soportar agentes agresivos externos, que entre mayor sea la capacidad del material de resistir los ataques exógenos del medio ambiente, mayor será el tiempo de servicio del mismo.

En la presente tesis de investigación todos los ensayos de Concretos de Alta Resistencia en estado fresco y endurecido se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Concretos de la Universidad Católica de Santa María en la ciudad de Arequipa con materiales de origen local (Agregados grueso, Agregado fino y Cemento Yura Tipo IP).



RESUMEN

Para establecer la influencia de la adición de la microsílíce y un superplastificante en las propiedades de un concreto de alta resistencia, primero se definieron los métodos a utilizar en la presente investigación, se determinó a utilizar el método de máxima compacidad y el método del ACI 211.4, los agregados que se utilizaron son de la cantera La Poderosa de la ciudad de Arequipa.

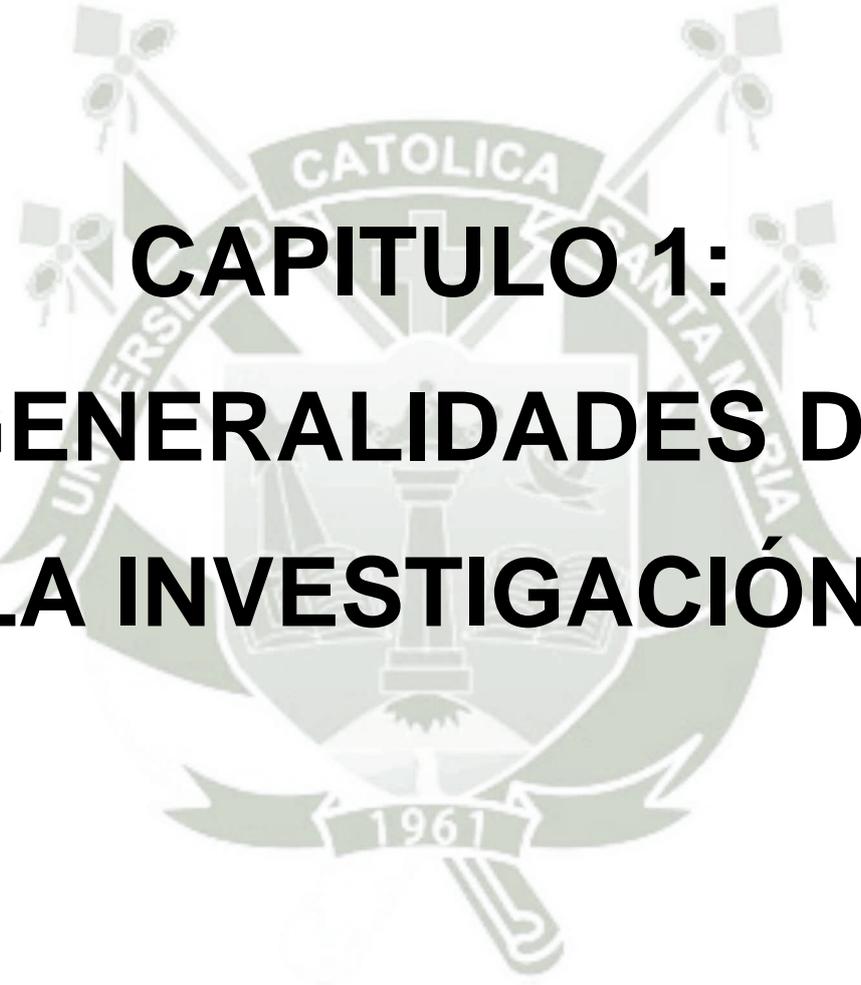
Se utilizaron dos tipos diferentes de microsílíce y superplastificante de la marca SIKA y EUCO, antes de definir el diseño de mezcla definitivo se realizaron diseños de prueba para alcanzar el diseño definitivo con el cual se trabajó, para poder establecer su slump que estaría entre un rango de 1 a 11 pulgadas, seguidamente a dicha mezcla se le adicionaron diferentes porcentajes de microsílíce y superplastificante para poder lograr establecer así los tres porcentajes de adición, después de tener el diseño de mezcla patrón y las tres mezclas con los diferentes porcentajes de adición en estado fresco se realizaron las pruebas de slump y peso unitario, se observó que los diseños no presentan exudación ni segregación, también se realizaron ensayos en estado endurecido a los 3, 7, 14 y 28 días de edad del testigo, alcanzando una resistencia máxima de 1359.4 kgf/cm² a los 28 días.

Todos estos ensayos se realizaron con el objetivo de determinar el comportamiento de las mezclas con la adición de la microsílíce y superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

La presente tesis de investigación está dividida en cinco capítulos los cuales se detallan brevemente a continuación; El primer capítulo titulado

generalidades de la investigación, donde se detallan los antecedentes, el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación, hipótesis y variables, donde se definen los alcances de la presente investigación. El segundo capítulo titulado: Marco Teorico, en donde veremos definiciones, ventajas y desventajas del uso de la microsilice y un superplastificante. El capítulo tres está referido al Estudio de los materiales para el diseño de mezclas del concreto de alta resistencia. El capítulo cuatro trata netamente de los ensayos realizados en estado fresco y endurecido, por el método del ACI 211.4 y el método de Máxima Compacidad. El capítulo cinco donde se ve el análisis de los resultados de la influencia de la microsilice y superplastificante en el car, en estado fresco y endurecido, también se realizó el análisis de costos. Finalmente terminamos con la parte de conclusiones y recomendaciones, bibliografía, listado de figuras, listado de tablas, glosario y anexo.

El concreto de alta resistencia (CAR) se caracteriza por su alta resistencia en compresión, en la presente investigación realizada en la UCSM se han obtenido concretos con resistencias máximas en compresión de 1359.40 kgf/cm² a los 28 días, utilizando el método de Máxima Compacidad.



CAPITULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El concreto necesita adaptarse a los nuevos requerimientos cada vez más específicos, el utilizar un concreto convencional no siempre es la solución más adecuada en términos de durabilidad, resistencia y calidad. Estos concretos convencionales son vulnerables a los agentes químicos, abrasión que afecta la durabilidad en estructuras especiales como: marítimas, militares, represas, hidroeléctricas, puentes, edificios industriales y en otras estructuras especiales que requieran de un concreto de alta resistencia.

1.1.2. DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA.

Los concretos de alta resistencia (CAR) son aquellos que se diseñan con relaciones aguas cementos bajas, pero debido a esto disminuye la trabajabilidad lo que conlleva a utilizar un aditivo superplastificante.

En nuestra ciudad se ha tenido muy poca investigación en el área de concretos de alta resistencia (CAR), y mucho menos con la incorporación de la microsílíce, el propósito de esta investigación es analizar el comportamiento del uso de la microsílíce y superplastificante en los concretos de alta resistencia (CAR) con materiales de nuestra ciudad y ver cómo influye en algunas propiedades en estado fresco y endurecido.

El concreto al ser el material más usado en la construcción necesita adaptarse a los nuevos requerimientos cada vez más específicos, motivo por el cual nosotros podemos hablar de un concreto de alta resistencia (CAR), un concreto que justamente sea elaborado para solucionar dichos requerimientos específicos, como

obtener un concreto trabajable en estado fresco y de alta resistencia en estado endurecido. En este trabajo se verá una síntesis teórica de los componentes del concreto, del proceso químico, mecánico, y de un análisis experimental comparando un concreto de alta resistencia usando microsílíce y superplastificante con concreto patrón de alta resistencia. En la parte experimental se harán ensayos tanto en estado fresco como endurecido a los concretos de alta resistencia como se mencionó anteriormente.

En la actualidad para cumplir los requerimientos estructurales se aumenta las dimensiones de los elementos de concreto, una alternativa a esto es utilizar concretos de alta resistencia (CAR), debido a las características de estos concretos permite disminuir dichas dimensiones. Los concretos de alta resistencia (CAR) que utilizan microsílíce son aquellos que se diseñan con relaciones aguas cementos bajas, pero debido a esto disminuye la trabajabilidad lo que conlleva a utilizar un aditivo superplastificante.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar la influencia de la incorporación de la microsílíce y superplastificante en las propiedades en estado fresco y endurecido en concretos de alta resistencia (CAR) y compararlas con un concreto convencional en la ciudad de Arequipa.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar una investigación teórica con el fin de conocer la influencia de la microsílíce en un concreto de alta resistencia (CAR).

- Realizar ensayos a compresión de cilindros hechos con concreto de alta resistencia (CAR) a distintas edades (tres, siete, catorce, veintiocho días) para evaluar el avance evolutivo del comportamiento de su resistencia.
- Diseñar una mezcla de concreto de alta resistencia (CAR) con una resistencia a la compresión superior a 600 kgf/cm²., la cual se tomará como referencia.
- Realizar un análisis costo-eficiencia de la microsílíce y superplastificante utilizados para lograr un concreto de alta resistencia (CAR).
- Obtener las características de las ventajas y desventajas en eficiencia, trabajabilidad, costos, y resistencias logradas con diseños de concreto de alta resistencia (CAR).
- Determinar las propiedades físicas del agregado grueso y fino el cual servirá para realizar los diseños de mezclas para la elaboración de un concreto de alta resistencia (CAR).

1.3. HIPÓTESIS.

Es probable que con la adición de la Microsílíce y Superplastificante a los diseños de mezclas realizados logremos obtener un concreto de alta resistencia (CAR) según las normas establecidas.

1.4. VARIABLES.

VARIABLES	INDICADORES	UNIDADES DE ESTUDIO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Diseño de concreto de alta resistencia.	<u>Aditivos Sika</u> - Sikafume - Viscocrete 1110	Diseño de Mezclas por el método de máxima compacidad	Ensayos en laboratorio	Equipos mecánicos y eléctricos de laboratorio.
	<u>Aditivos Euco</u> - Microsilica - Plastos 3000 PC 200 EXT			
	<u>Aditivos Sika</u> - Sikafume - Viscocrete 1110	Diseño de Mezclas por el método del comité 211.4 del ACI	Ensayos en laboratorio	Equipos mecánicos y eléctricos de laboratorio.
	<u>Aditivos Euco</u> - Microsilica - Plastos 3000 PC 200 EXT			

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.



2.1. MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA.

2.1.1. MICROSÍLICE

2.1.1.1. DEFINICIÓN DEMICROSÍLICE.

Según El Comité 116 del ACI “American Concrete Institute”, define a la microsíllice como: “Una sílice no cristalina muy fina producida por hornos de arco eléctrico como un subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferro silicio”

La Microsíllice es un mineral compuesto de esferas de bióxido de silicio (SiO_2) ultra fino y amorfo, producido durante la fabricación de silicio o ferrosilicio. Este proceso involucra la reducción de cuarzo de alta pureza en hornos de arco eléctrico a temperaturas superiores a 2000°C .

La Microsíllice se forma cuando el gas SiO producido conforme el cuarzo se reduce, se mezcla con el oxígeno en la parte superior del horno. En este punto el SiO se oxida a SiO_2 , condensándose en las partículas esféricas puras de Microsíllice que forman la mayor parte de los vapores o humo del horno. De aquí los nombres alternos para el material – vapores de sílice condensados o vapores de sílice.

Los vapores del horno se conducen a través de tuberías de enfriamiento, por un pre-colector y ciclón – para quitar las partículas gruesas que pudieran haberse arrastrado del horno – y luego se soplan hacia filtros bolsa, diseñados especialmente donde se recolectan.

El tamaño promedio de partícula está por debajo de 0.5 micras, lo que significa que cada micro esfera es 100 veces más pequeña que un grano de cemento promedio. En una mezcla típica, con dosificación de 10% de microsílíce, habrá entre 50, 000 y 100, 000 partículas de Microsílíce por grano de cemento. La calidad de las materias primas y la operación de los hornos determinan la pureza de la Microsílíce. Aunque el material se recolecta como un polvo muy fino con una densidad a granel en el rango de 200 kg/m³, se le puede procesar para densificarlo, haciendo la densidad a granel de alrededor de 650 kg/m³, o puede hacerse lechada. Este proceso posterior involucra el mezclado de la Microsílíce, normalmente en forma directa de los filtros de los silos, con un peso igual de agua. La lechada es fácil de transportar, almacenar, dosificar y de mezclarse con el concreto.

2.1.1.2. HISTORIA DELA MICROSÍLICE.

Durante muchos años las industrias del ferrosilicio han sido una fuente importante de contaminación del aire de forma importante, no obstante que los controles de las emisiones fueron ejerciéndose, sobre todo en los países nórdicos de Europa, los mecanismos de filtración y captación de las mismas fueron perfeccionándose; es así como en Noruega, en la década de los 40, en Noruega comienzan a mostrar interés en solucionar el problema de desechos sólidos en que se convirtieron las captaciones atmosféricas. No se entiende bien el enlace con la siguiente idea, podría ser algo como: Es por ello que desde entonces, cuando se caracterizan los residuos provenientes de esta industria del ferrosilicio se determina que estos poseen un elevado porcentaje de dióxido de sílice (SiO₂), y descubren que este polvo, la microsílíce, extremadamente fino, cien veces más

fino que el cemento, posee una importante propiedad puzolanica, es decir, reacciona con la cal libre que se forma durante el proceso de hidratación del cemento portland. Esta cal libre ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) es a su vez un subproducto de la compleja reacción química que se produce cuando mezclamos el cemento hidráulico con el agua.

El uso de la microsílíce como remplazo o adición al concreto se inició en los años 80, incorporándose a los diseños de mezclas de concreto.

2.1.1.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DELA MICROSÍLICE.

Debido a que la microsílíce con el tiempo ha comenzado a ser utilizada como un adiconante más en la elaboración de concretos de alta resistencia (CAR), debemos de tener claras las ventajas y desventajas que nos brinda la utilización de esta adición.

VENTAJAS.

- Altas resistencias a la compresión y a la flexión a todas las edades para una mejor capacidad estructural.
- Desarrollo de altas resistencias a edades tempranas para tiempos de ciclo de producción más cortos.
- Le da al concreto una permeabilidad baja para una mejor resistencia a la penetración de agua y sal.
- Mejor resistencia a la abrasión y a químicos para una mayor expectativa de vida/duración.
- Mayores resistencias a bajas temperaturas.

- Mejora el comportamiento del concreto, incrementa la producción y baja los costos de transporte por bombas, y avance de obras.
- Aumenta la cohesión y reduce el lavado de finos.
- Posibilidad de disminuir secciones transversales de los elementos estructurales.
- Aumenta la vida útil de la estructura. El incremento de la resistencia, resistencia a la flexión y una mayor resistencia ante el ataque de agentes agresivos externos al mismo.
- Disminuye el porcentaje de aire en la mezcla de concreto, aumenta el tiempo de fraguado inicial y final.

DESVENTAJAS.

- Se requiere personal capacitado para su manejo.
- Sensible a las variaciones de los materiales utilizados.
- Requiere excelentes condiciones de curado.
- Necesidad de utilizar aditivos para mejorar las propiedades de trabajabilidad de la mezcla para la colocación del concreto en la obra.
- Cualquier adición de agua, cemento o aditivo en obra alterará su diseño, perjudicando la calidad del concreto.

- Se deben cumplir estrictamente todas las normas referentes a manejo, protección y control del concreto.

2.1.2. SUPERPLASTIFICANTE.

2.1.2.1. DEFINICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTE.

También son conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua en la mezcla de concreto.

Los superplastificantes son aditivos derivados de los formaldehidos melanina o naftaleno que tienen la propiedad de darle a la mezcla una gran plasticidad al liberar agua sujeta a los otros materiales integrantes a ella.

La dosificación depende del tipo y la marca del producto y se recomienda seguir las recomendaciones del fabricante en cada caso.

2.1.2.2. HISTORIA DEL SUPERPLASTIFICANTE.

Fue a finales de la década de 1960 que los plastificantes y superplastificantes fueron utilizados por primera vez en el concreto; su introducción ocurrió casi de forma simultánea en Japón y Alemania (Meyer 1981, Hattori 1981). Es sorprendente que la industria del concreto empezara a usar superplastificantes tan tarde, ya que en Estados Unidos la primera patente para la fabricación y utilización de

reductores de agua a base de policondensados de sulfanato de naftaleno, se obtuvo en 1938.

Debe mencionarse que los superplastificantes se aplicaron primero como fluidificantes, en vez de reductores de agua. Se utilizaban en el sitio de la construcción para fluidificar los concretos que con frecuencia ya contenían un reductor de agua a base de lignosulfanato (subproducto de la fabricación de la pulpa de madera), introducido durante la mezcla inicial en la planta de concreto premezclado.

La razón original para utilizar los superplastificantes de esta manera, era facilitar la colocación del concreto sin riesgos de segregación y pérdida de la resistencia, lo que ocurre cuando al concreto se vuelve a enfriar con el agua. Sin embargo, como estos superplastificantes de primera generación solo podían fluidificar el concreto de forma eficaz durante un periodo limitado.

Durante la década de 1980, al aumentar poco a poco las dosis de superplastificantes por encima del nivel generalmente recomendado por los fabricantes, se empezó a notar que los superplastificantes podrían usarse como reductores de agua de alto nivel. En ese sentido, eran mucho más fuertes que los lignosulfonatos, y podían utilizarse en dosis mayores antes de que ocurra un retraso importante, y antes de que se retuviera demasiado aire en el concreto (Ronnenberg y Sandvik 1990).

2.1.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SUPERPLASTIFICANTE.

VENTAJAS.

- Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto.
- Por el alto asentamiento (slump) que proporciona al concreto permite una buena colocación del mismo evitando la formación de cangrejeras.
- Incrementa la cohesividad del concreto fluido así como también disminuye la segregación.
- Reduce la permeabilidad del concreto.
- Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- A dosis altas mantiene el slump por más de dos horas (Hacer pruebas de diseño).
- Reduce la carbonatación del concreto.
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y la segregación.
- Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.
- Incrementa la resistencia a la compresión.

DESVENTAJAS.

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

2.1.3. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (CAR).

2.1.3.1. DEFINICIÓN DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.

Aunque los concretos de alta resistencia son a menudo considerados como un material relativamente nuevo, su desarrollo ha sido gradual en el tiempo.

Conforme el desarrollo ha continuado, la definición de concretos de alta resistencia ha cambiado. En 1950 un concreto con una resistencia a la compresión de 350 kgf/cm² era considerado de alta resistencia. En 1960 los concretos de 410 a 520 kgf/cm² en compresión eran empleados comercialmente.

En 1970 los concretos de 620 kgf/cm² ya estaban siendo producidos. Más recientemente concretos de 1300 kgf/cm² han sido empleados en Estados Unidos para el vaceado de estructuras de concreto en obra. Dubái ha permitido incursionar en concretos de altas resistencias con edificios de más de 880 metros de altura.

El ACI “American Concrete Institute”, define a un concreto de alta resistencia como aquel que alcanza una resistencia igual o superior a los 500 kgf/cm² a los 28 días, usualmente estos concretos son considerados como del alto desempeño, sin embargo para cumplir esta condición deben poseer además otras características como son una adecuada trabajabilidad y durabilidad.

La producción de un concreto de alta resistencia requiere de un mayor estudio así como un control de calidad más exigente en comparación con un concreto convencional.

Pero para la obtención de este mismo se requiere de la incorporación de la microsíllice y superplastificante.

2.1.3.2. HISTORIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (CAR).

Si bien es cierto a menudo el concreto de alta resistencia (CAR) es considerado relativamente un nuevo material, este fue desarrollándose durante estos últimos años. En la década de los 60 y 70 fue introduciéndose en el mercado de los edificios de gran altura y se vio sus orígenes en la ciudad de Chicago EE.UU.

Todo esto ha sido posible gracias a estudios permanentes de un grupo de investigadores Feret, Abrams y Gilkey como los padres de un material que tenía un amplio futuro permitiendo construcciones importantes entre las cuales tenemos el:

- Hotel Executive House, Chicago, 1959, 113 m.
- One Shell Plaza, Houston, 1970, 210 m.

- Two Union Square, Seattle, 1989, 139 m.
- Túnel submarino del canal de la Mancha que une Francia e Inglaterra (euro túnel), 1994, longitud 50.5 km.
- Torres Petronas Kuala Lumpur, Malasia, 2003, 452 metros; y muchos otros más.

Se le llama concretos de alta resistencia (CAR) por su elevada resistencia a la compresión que se tenía en comparación con los concretos convencionales que sólo llegaban a una resistencia a la compresión de unos 175 - 280 kgf/cm².

Este concreto se fue expandiendo gradualmente, tanto que en 1997 ya se estaba utilizando alrededor de todo el mundo y despertando a su vez el interés de muchos investigadores por conocer mejor las propiedades de éste nuevo y especial súper-concreto.

En principio, la forma de obtención de una mayor resistencia era disminuir el índice de vacíos del concreto, dicho de otra forma, una mayor compacidad de éste, lo cual se puede lograr disminuyendo la relación agua y cemento a los niveles mínimos para la hidratación del cemento, utilizando súper plastificantes y reductores de agua para obtener asentamiento inicial de unos 100 mm.

A partir de esas primeras experiencias fueron aumentando los conocimientos de la relación entre la calidad de los agregados y la calidad del concreto: tamaño máximo de los agregados gruesos, módulo de finura de los agregados

finos, el tipo de cemento utilizado, la microsílíce, y el plastificante utilizado.

Un ejemplo de aplicación del concreto de alta resistencia (CAR) de los últimos tiempos son las torres Petronas de Kuala Lumpur, el edificio más alto del mundo actualmente, con una altura de 451 metros. Construidas con el CAR, que le dieron una mayor rigidez a la estructura, comparada con las construidas con perfiles de acero, que disminuye la oscilación lateral.

Hay que destacar que además de la mayor resistencia a la compresión, también se ve mejorar su durabilidad e impermeabilidad en comparación del concreto convencional, a la carbonatación, al ataque de cloruros, etc.

2.1.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DELA UTILIZACIÓN DELCAR.

VENTAJAS.

- Mayor durabilidad, especialmente en estructuras expuestas a la acción del mar.
- Ideal para reducir las dimensiones de elementos verticales y horizontales, lo que se traduce en más área de servicio y un menor peso de los edificios y estructuras.
- Alta resistencia a edad temprana y final.
- Gran resistencia a la tracción, apropiada en la construcción de vigas pretensadas.

- Elementos más esbeltos, permitiendo mayor área de servicio.
- Gran resistencia a compresión; importante para la construcción de pilares y columnas en edificios de altura.
- Mejora en la protección a la corrosión del acero de refuerzo.
- Remoción temprana del encofrado y eliminación de re apuntalamiento

DESVENTAJAS.

- Necesidad de materiales y componentes de alta calidad.
- Control de calidad muy exigente.
- Riguroso cuidado en el curado porque posee relaciones agua-cemento baja.
- Rotura frágil.
- Personal profesional y operarios de altas calificaciones.
- Supervisión permanente.

2.1.4. APLICACIONES DELAMICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN EL CAR ALREDEDOR DEL MUNDO.

Los orígenes se sitúan en Chicago, el hecho de que este desarrollo se haya podido realizar en esta ciudad se debe a la concurrencia de varios factores; entre ellos, el código de construcción de la

ciudad, que permite el empleo de secciones reducidas en los elementos de concreto.

La presencia de una progresista compañía de producción de concreto, Material Service Corporation; y el hecho de ser la sede de los laboratorios de la Portland Cement Association.

Un factor determinante fue el empleo de aditivos químicos, que se desarrolló en los EE. UU. en la década de 1960-1970, a raíz de la primera norma de la American Society for Testing and Materials (ASTM) sobre dichos productos (1962) y la Guía de Buenas Prácticas que elaboró el ACI(1964-1969).

Water Tower Place. Este edificio de concreto de alta resistencia está localizado en el centro de Chicago, fue construido en 1975 hasta una altura de 262 m. El funcionamiento del edificio es de tipo mixto, cuenta con un centro comercial, departamentos y oficinas, en su interior tiene una calle peatonal que comunica las distintas zonas del edificio (Figura 2.1).

En su construcción se emplearon diferentes mezclas de concreto colocadas por seis grúas, el concreto de mayor resistencia a la compresión se colocó en las columnas, alcanzando un valor de 620 kgf/cm².

Este edificio demuestra la capacidad de la tecnología del concreto alcanzada en esa época para edificios altos.

El sistema estructural empleado combina un núcleo de concreto reforzado en forma de tubo, columnas interiores de acero y un sistema de losa de acero con concreto.



Figura 2.1. Water Tower Place, Chicago.(1975).

River Plaza es un rascacielos en Chicago, Illinois de 160 metros de altura. Fue terminado en 1977 y tiene 56 plantas y dispone de un total de 678 unidades. Gordon y Levin diseñaron el edificio, que es el edificio más alto en Chicago.

Se utilizaron aditivos y reductores de agua. El concreto tuvo un asentamiento de 115 mm. La resistencia alcanzada a los 28 días fue de 650 kgf/cm² y a los 90 días, de 790 kgf/cm². (Figura 2.2.).



Figura 2.2. Edificio River Plaza, Chicago.(1977).

Con posterioridad a las diferentes experiencias de edificios elevados, se dio uso a la microsílce. Se logró la densificación de las pastas y el incremento de la resistencia a mayores edades por la actividad puzolánica.

Fueron precursores en la incorporación de microsílce en las edificaciones en Canadá, donde se habían iniciado los estudios para su aplicación en el concreto en Canada Metal (CANMET).

Conviene tener en cuenta que la primera norma sobre microsílice a nivel internacional se da en Noruega, en 1978, y que el ASTM aprobó una especificación en 1993. Sin embargo, se habían efectuado estudios de investigación en los países nórdicos y existía bibliografía calificada en el periodo 1970-1980.

El edificio Scotia Plaza, construido en Toronto, en 1988, es el primero que utilizó concreto de alta performance con microsílice y llegó a resistencias de 700kgf/cm^2 , a los tres meses. (Figura 2.3.).



Figura 2.3. Edificio Scotia Plaza, Toronto. (1988).

South Wacker Drive. Este edificio, situado en Chicago y terminado en 1990, tiene 65 plantas y una altura de 293 m. La disposición de su planta varía a lo largo de su altura, siendo un hexágono irregular en las inferiores y un octágono en las superiores (Figura 2.4).

Por razones técnicas y económicas se eligió una estructura completa de concreto armado. La cimentación está constituida por una losa de 2.40 m de espesor, situada sobre 26 pilotes empotrados en el lecho de roca 1.80 metros. El núcleo central está formado por muros que forman una "C" en planta, los espesores de los mismos varían con la altura. El entrepiso está constituido por vigas de concreto, sobre las que se sitúan vigas pretensadas prefabricadas.

Columnas: 640 kgf/cm² en las 13 plantas inferiores; 420 kgf/cm² en la planta más elevada, disminuyendo progresivamente entre ambos límites. Muros (núcleo central): 640 a 560 kgf/cm²; Entrepisos: 630 kgf/cm² en las plantas inferiores; 520 kgf/cm² en las plantas superiores.



Figura 2.4. South Wacker Drive, Chicago. (1990).

Two Union Square. Edificio ubicado en la ciudad de Seattle en el oeste de Estados Unidos, construido en 1990, cuenta con 56 pisos y 225 metros de altura (Figura 2.5.). De los edificios de gran altura

en el mundo, es posiblemente la construcción en donde se ha empleado el concreto de más alta resistencia.

Se empleó concreto de 1335.00 kgf/cm² de resistencia a la compresión, el proyectista de la estructura requería un módulo de elasticidad de 420,000 kgf/cm², para lograr este valor era necesario tener una resistencia a la compresión del concreto de la magnitud proyectada, mientras que sólo se requerían 980 kgf/cm² para soportar las cargas estructurales.

Consecuentemente, el diseño de la mezcla estuvo regido por el módulo de elasticidad.

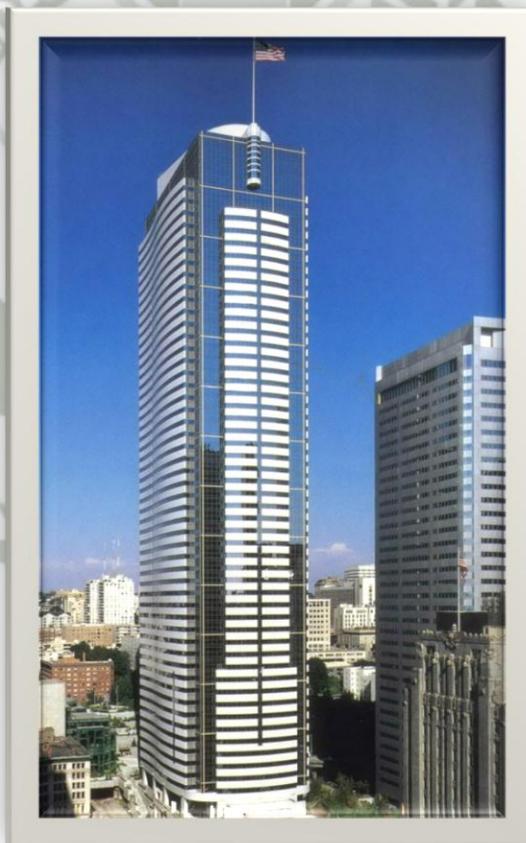


Figura 2.5. Two Union Square, Estados Unidos. (1990).

Petronas Towers. Este conjunto de dos torres se construyó en 1990, de 88 plantas cada una (82 sobre rasante y seis plantas

sótano), se encuentra situado en Kuala Lumpur, Malasia. Con sus 450 m, constituye uno de los edificios más altos del mundo. Cada torre tiene planta circular encontrándose adosados a ellas edificios de 38 plantas (Figura 2.6).

Se plantearon cinco alternativas estructurales para el diseño del edificio, eligiéndose la de núcleo y perímetro de concreto. Las ventajas de esta opción son las siguientes:

- La transmisión de cargas verticales a través de columnas de concreto de alta resistencia se realiza con menor costo que con elementos metálicos.
- Las pantallas de concreto del núcleo sirven de muros compartidos frente al fuego y transmiten a la cimentación las cargas verticales;
- El sistema de concreto frente a las cargas laterales tiene mayor amortiguación que la estructura metálica.

La cimentación del edificio está formada por una losa de 4.50 m de espesor apoyada sobre 104 pilotes de profundidad variable.

El esquema estructural está formado, fundamentalmente, por un núcleo central, que sirve también como elemento conductor de las comunicaciones verticales en el edificio, y por una corona perimetral constituida por 16 columnas y las vigas respectivas que las unen en cada planta.

El concreto dispuesto en las columnas, varía en función de la altura, siendo de una resistencia a la compresión de 800 kgf/cm² entre la cimentación y la planta 23, de 600 kgf/cm² entre ésta y la planta 61, y de 400 kgf/cm² hasta la última planta.



Figura 2.6. Petronas Towers, Malasia. (1990).

Jin Mao Tower. Este edificio, con 88 plantas y 421 m de altura, se encuentra situado en la ciudad de Shanghai, se terminó su construcción en 1999. Su uso es de oficinas en las 50 plantas inferiores y de hotel en las 38 superiores, siendo la superficie total de 280.000 metros cuadrados (Figura 2.7).

La solución estructural mixta adoptada combina las ventajas del concreto (masa, resistencia, rigidez y amortiguamiento) con las del acero (resistencia, rapidez de construcción, capacidad para claros grandes y ligereza). El esquema estructural está formado, básicamente, por un núcleo central octogonal de concreto armado y por 16 columnas situadas en las fachadas con una distribución simétrica.

Las columnas perimetrales se encuentran divididas en ocho mixtas y ocho metálicas. La cimentación está constituida por una losa de concreto que transmite la carga al terreno a través de 429 pilotes.

El tipo de concreto puesto en obra, tanto en el núcleo central como en los soportes mixtos exteriores, varía con la altura del edificio de 600 kgf/cm² de cimentación hasta la planta 31, de 500 kgf/cm² entre ésta y la 64, y de 400 kgf/cm² hasta la última planta.

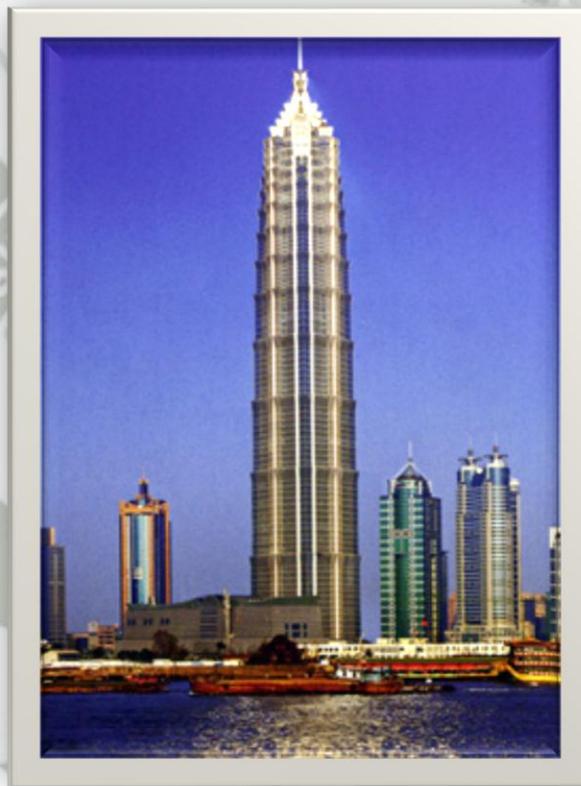


Figura 2.7. Jin Mao Tower, Shanghai. (1999).

The Plaza 66 Tower. La torre 2 de este conjunto fue terminada en 2007 en Shangai, China, el proyecto hace un balance entre requerimientos de la ingeniería estructural, de la visión arquitectónica y de los aspectos de la construcción. La estructura está formada por un núcleo, columnas y losas de concreto de alta resistencia de 600 kgf/cm², de 224 metros de altura y 46 pisos de oficinas (Figura 2.8.).

El proceso de análisis y diseño, desde la fase conceptual al diseño detallado, considero los siguientes aspectos: cálculo y mitigación de los efectos de los asentamientos diferenciales de las pilas de cimentación mediante el uso de modelos de elemento finito; determinación de un sistema estructural adecuado revisando opciones múltiples a través de análisis aproximado de comparación de costos; diseño de un puente de acero en forma curvada 65 metros de largo entre las torres 1 y 2; y, diseño del remate en azotea en forma de linterna de un elemento de acero en doble voladizo por medio de un modelo estructural tridimensional.

La torre 2 del edificio The Plaza 66 es la nueva adición al proyecto de la torre 1 en Shanghai, China. La torre 1, con una altura de 282 metros y 62 pisos, fue terminada en 2001. Ambos edificios fueron diseñados completamente con estructura de concreto de alta resistencia.



Figura 2.8. The Plaza 66 Tower, Shanghai. (2007).

Burj Dubai dejó atrás al Centro Financiero Internacional de Taiwán, con una altura de 509 metros y 101 pisos. Con un período total de construcción de cinco años y condiciones climáticas extremas, el edificio Burj Dubai presentó un reto especial para garantizar que las características del concreto fuesen mantenidas durante la construcción. Llegando a una altura de más de 800 metros y 160 pisos, (Figura 2.9.)

El sistema de la torre utiliza núcleos de concreto armado de alta resistencia en cada columna, con lo cual se alinean los núcleos centrales de todas las columnas para lograr una estructura sin momentos y con mayor resistencia a la torsión que la fuerza del viento pueda llegar a ocasionar. Llegando a resistencias superiores a las 1000 kgf/cm².



Figura 2.9. Burj Dubai., Dubai (2010).

2.1.4.1. APLICACIONES DEL CAR EN EL PERÚ.

La edificación en concreto armado en el Perú se inicia en la década de 1920-1930 con estructuras que no sobrepasan los 20 metros de altura, como los edificios de la Sociedad de Ingenieros y el Club Nacional.

En el período 1920-1930 se construyeron, igualmente, en el centro histórico de Lima, el Banco Internacional, en el Jr. De La Unión; el Banco Italiano, en la esquina de Lampa y Ucayali; los edificios Wiese y Geidemester, y el Edificio Minería, en la calle del mismo nombre, ya demolido, que no superaba los 20 metros.

En el periodo 1970-1980 se construyó la torre del Centro Cívico, de 102 m de altura, con 34 pisos. En esta ocasión, se utilizaron concretos de resistencia de 420 kgf/cm² y 280 kgf/cm², empleando aditivos reductores de agua. En el Perú se realizó el “Edificio Capital” llegando a utilizarse un concreto con resistencias de 500 kgf/cm².



Figura 2.10. Edificio el Capital, Lima – Perú

También se construyó la “Torre de Clinker” de Cementos Lima el segundo edificio industrial más alto del Perú, hasta que construyeron la torre de cementos Yura, este edificio llegó a una resistencia cerca de los 700 kgf/cm².



Figura 2.11. Edificio Planta de cementos Yura – Arequipa.

The Westin Lima Hotel, es un hotel cinco estrellas ubicado en la ciudad de Lima, que pertenece a la cadena de hoteles Westin, de la firma Starwood Hotels.

La torre principal tiene una planta cuadrada de aproximadamente 31m. por lado, con 118m. de altura. Los primeros pisos tienen 6.4m. de altura y los pisos típicos 3.2m. Por lo que su altura equivale a 40 pisos de aproximadamente 3m.cada uno.

Las placas y columnas tienen resistencias superiores a los 420 kgf/cm². Desde el quinto sótano hasta el piso 9. Luego,

desde el piso 10 al 20 se tiene un concreto de 350kgf/cm^2 y se continúa hasta el último piso con 280kgf/cm^2 .



Figura 2.12. The Westin Lima Hotel. Perú

Con estos precedentes se ha decidido realizar un trabajo de investigación sobre el concreto de alta resistencia (CAR), elaborado con cemento y agregados de la ciudad de Arequipa, adicionando microsílíce y superplastificante.

2.2. PRINCIPIOS BÁSICOS Y REQUERIMIENTOS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

2.2.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO.

El concreto en estado fresco es el producto inmediato del amasado de sus componentes. Desde el primer momento se están produciendo en su masa reacciones químicas que condicionan sus características finales como material endurecido. Reacciones que se prolongan sustancialmente hasta un años después de su amasado.

El concreto fresco es una masa heterogénea de fases sólidas, líquidas y gaseosas que se distribuyen en igual proporción si está bien amasado.

Las propiedades fundamentales del concreto en estado fresco son las siguientes:

2.2.1.1. TRABAJABILIDAD.

La principal propiedad del concreto en estado fresco es la que se designa como “Trabajabilidad” y que de acuerdo con el Comité ACI 116, es “aquella propiedad del mortero o del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado”. Ante la vaguedad de esta definición, y el hecho de que el concepto es muy amplio e involucra aspectos del concreto fresco relacionado con todas las operaciones que se realizan con este, no se ha llegado a establecer un procedimiento único y confiable para medir la trabajabilidad de las mezclas de concreto.

Por ello ha sido necesario acudir a otras propiedades del concreto fresco como el revenimiento o “slump”, que es una característica propia de cada mezcla de concreto, que se evalúa directamente, con relativa facilidad y exactitud, y que permite juzgar su habilidad para comenzar a fluir exclusivamente por fuerzas de gravedad.

2.2.1.2. CONSISTENCIA.

La facilidad con que un concreto fresco se deforma nos da idea de su consistencia. Los factores más importantes que producen esta deformación son la cantidad de agua de amasado, la granulometría y la forma y tamaño de los agregados.

2.2.1.3. COHESIVIDAD.

La cohesividad se define como aquella propiedad gracias a la cual es posible controlar la posibilidad de segregación durante la etapa de manejo de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma, y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto.

Normalmente se considera que una mezcla de concreto posee el grado apropiado de cohesividad si ella no es demasiado plástica ni demasiado viscosa, es plástica y no segrega fácilmente.

2.2.1.4. SEGREGACIÓN.

La segregación está definida como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiene a separarse del mortero.

La segregación hace que el concreto sea más débil menos durable y deja un pobre acabado en la superficie después del desencofrado.

2.2.1.5. EXUDACIÓN.

Se define como la elevación del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla.

Se da por la incapacidad de los materiales constitutivos de retener toda el agua de mezclado en un estado de dispersión, mientras que los sólidos pesados se asientan.

2.2.1.6. PESO UNITARIO.

El peso unitario es el peso varillado, expresado en kilos por metro cúbico (kg/m^3), de una muestra representativa del concreto.

Cuando las mezclas de concreto experimentan incremento de aire, disminuye el peso unitario. La mayor compactación incrementa el peso unitario. Pero las modificaciones del peso unitario son debidas al tipo de agregado empleado.

2.2.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO.

La resistencia a compresión es quizás la propiedad del concreto de mayor referencia a la hora de su caracterización. En primer lugar debido a que si se compara con los ensayos de las otras propiedades del concreto, la determinación de la resistencia a compresión es más fácil de ser llevada a cabo. En segundo lugar, la determinación de la resistencia a compresión puede ser una medida de la calidad del concreto dado que está relacionada con la estructura interna del material. La resistencia a la compresión no depende solamente de la resistencia a la cual estará sujeta la probeta de concreto, sino también a una serie de factores, internos y externos que pueden afectar el resultado obtenido durante el ensayo.

En la práctica, se considera la relación agua/cemento como el principal factor que influye en la resistencia a compresión, pues afecta la porosidad tanto de la pasta de cemento, como la zona de interfase entre la pasta y el agregado.

Las características de los agregados pueden también jugar un rol importante en la resistencia a compresión. La resistencia de los agregados está íntimamente ligada a la resistencia del concreto. El tamaño, la forma, la angulosidad, textura y mineralogía pueden afectar la calidad, las condiciones de la zona de interfase y la adherencia entre la pasta y el agregado. Otros factores principales que afectan la resistencia a compresión, son el uso de adiciones, el tipo de cemento utilizado, el uso de aditivos, la cantidad de aire incluido en la mezcla y las condiciones de curado (temperatura y humedad).

2.2.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

La resistencia del concreto es considerada la propiedad más importante del estudio del concreto alta resistencia, como también es importante la durabilidad del concreto; la importancia de la resistencia ala compresión radica en las funciones estructurales de este material.

El concreto es una masa endurecida dejando micro-poros y canales capilares continuos en la pasta del cemento, los cuales se convierten posteriormente en medios para el intercambio de humedad en elconcreto y el ambiente que lo rodea.

Para nuestro ensayo, la resistencia a la compresión especificada para el concreto, es el valor del esfuerzo obtenido de promediar el ensayo de dos probetas cilíndricas estándar de 6 pulgadas de diámetro por 12 pulgadas de altura y de 4 pulgadas de diámetro por 8 pulgadas de altura, curadas en agua a temperatura ambiente, las cuales serán ensayadas a los 3, 7, 14 y 28 días de edad.

2.2.2.2. DURABILIDAD.

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en su servicio.

2.2.2.3. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL.

Este ensayo consiste en aplicar una fuerza por compresión diametral a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto hasta

que este falle. Esta carga induce esfuerzos a latensión en el plano donde se aplica la carga y esfuerzos a la compresión relativamentealtos en el área alrededor de la carga aplicada.

La falla a la tracción ocurre antes de la falla a la compresión debido a que las áreas deaplicación de carga están en un estado de compresión triaxial, permitiendo de esamanera resistir mucho mayor esfuerzo a la compresión que el obtenido por un esfuerzoa la compresión uniaxial.La resistencia a la tracción por compresión diametral es usada para evaluar laresistencia al corte brindado por el concreto.

2.2.3. MATERIALES DEL CAR.

La adecuada selección de los materiales para la producción de concreto de alta resistencia es más exigente que para concreto convencional, unadecuado control de calidad de éstos, debe llevarse a cabo, debiendocumplir con todos los requerimientos y especificaciones. Actualmente elconcreto ha sido definido como un sistema de 5 componentes: cemento,agregados, agua, aditivos y adiciones, esta definición de un concreto seajusta perfectamente a los requerimientos del concreto de alta resistencia, todas las propiedades del concreto estarán basadas en lasvariaciones del tipo y cantidad de estos materiales.

Material	Ejemplo de variables
Cemento	Tipo de cemento Normales, ligeros, pesados
Agregados	Naturales, Chancados Gradación, forma, textura.
Agua	Límites de componentes dañinos al concreto
Adiciones	Microsílice, ceniza volante, puzolana Pigmentos Fibras
Aditivos	Plastificantes, Superplastificantes Acelerante, retardante, etc.

Tabla 2.1. El concreto como un sistema de 5 componentes.

En la tabla 2.1. Se muestran a los 5 componentes del concreto con algunas de sus variables, el análisis de éstas, para la selección de los materiales conjuntamente con una dosificación adecuada lograrán los requerimientos deseados.

2.2.3.1. AGUA.

Al igual que en la elaboración de los concretos convencionales el agua de amasado del concreto de alta resistencia, para que sea apta debe de estar limpia y encontrarse libre de impurezas para no producir alteraciones en la hidratación del cemento, retrasos en el fraguado y en su endurecimiento, ni permitir reducciones en sus resistencias o afectar su durabilidad. Su misión, aparte de la hidratación del cemento y de los demás componentes activos, es de actuar como lubricante, haciendo que la masa en estado fresco sea trabajable y también crear espacios en la pasta para albergar los productos resultantes de la hidratación del cemento.

Hay que tener presente que el uso de aguas de amasado con impurezas actuará sobre el concreto de forma diferente, pues dependerá del tipo de cemento usado y de la cantidad utilizada en la dosificación. Algunas impurezas presentes en el agua, como los cloruros pueden dar lugar a eflorescencias en el hormigón y provocar la corrosión de las armaduras.

Hay la convicción que las aguas potables, aptas para la bebida, a excepción de algunas aguas minerales, lo son también para el amasado del concreto, aunque pueden existir aguas no potables que sean aptas para la elaboración del concreto. Por regla general las aguas que son inodoras, incoloras e insípidas y que no forman

espumas o gases cuando son agitadas, pueden ser utilizadas como aguas de amasado para el concreto. Sin embargo deberán evitarse aquellas aguas que contengan azúcares, taninos, materia orgánica, aceites, sulfatos, sales alcalinas, gas carbónico, así como productos procedentes de residuos industriales.

Debido a que el agua ocupa un papel predominante en las reacciones del cemento durante el estado plástico, el proceso de fraguado y el estado endurecido de un concreto; La presente sección pretende dar una visión generalizada acerca de las características que debe tener desde un punto de vista de la tecnología del concreto:

➤ **Agua de mezclado:**

Es definida como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto.

➤ **Agua de hidratación:**

Es aquella parte del agua original de mezclado que reacciona químicamente con el cemento para pasar a formar parte de la fase sólida del gel, es también conocida como agua no evaporable.

➤ **Agua evaporable:**

El agua restante que existe en la pasta, es agua que puede evaporarse, pero no se encuentra libre en su totalidad. El gel cemento cuya característica principal es un enorme desarrollo superficial interno, ejerce atracción molecular sobre una parte del agua evaporable y la mantiene atraída.

➤ **Agua de absorción:**

Es una capa molecular de agua que se halla fuertemente adherida a las superficies del gel de fuerzas intermoleculares de atracción.

➤ **Agua capilar:**

Es el agua que ocupa los poros capilares de la pasta, de manera que parte de ella está sujeta débilmente a la influencia de las fuerzas de superficie del gel.

➤ **Agua libre:**

Es la que se encuentra fuera de la influencia de las fuerzas de superficie, de tal modo que tiene completa movilidad y puede evaporarse con facilidad.

2.2.3.2. CEMENTO.

La elección del tipo de cemento Pórtland a usarse es muy importante para los concretos de alto desempeño, estos deben cumplir con las normas, como la ASTM C-150 o C-595, por ser el cemento el componente más activo del concreto, y teniendo en cuenta que todas las propiedades del concreto dependen de la cantidad y tipo de cemento a usarse, es que la selección del tipo que se va usar y una adecuada dosificación son muy importantes.

Entre los cementos comercialmente disponibles son el tipo I y el tipo IP, ambos producidos por la fábrica de cementos Yura S.A. ambos cementos cumplen con las normas ASTM y NTP.

Como ya mencionamos anteriormente la elección del tipo de cemento Pórtland es muy importante para concretos de alta resistencia, no solo la resistencia del tipo del cemento es importante sino también su uniformidad.

Existen numerosos estudios los cuales han determinado la influencia de los diferentes tipos de cemento, así como de sus características físicas y químicas. A pesar que los ensayos de resistencia del cemento nos dan una buena indicación del tipo de cemento a usar, es conveniente realizar ensayos de prueba con los materiales determinando las resistencias a los 3, 7, 14, 28 días.

Recomendaciones específicas son necesarias según las condiciones de servicio a las que serán sometidos los concretos. Se debe considerar seriamente el uso de cementos adicionados por su capacidad de reacción de las puzolanas con los hidratos de calcio, que hacen de los concretos elaborados con estos cementos más durables, reduciendo la permeabilidad a los agentes externos como el agua, el ion cloruro y el ataque de sulfatos, así también estos concretos tendrán una mayor estabilidad volumétrica y un menor calor de hidratación, dependiendo de la adición del cemento este también podrá alcanzar mayores resistencias en edades avanzadas. Sin embargo destacamos que son los requerimientos del proyecto ya sean de resistencia o durabilidad los que determinen el tipo de cemento a usar.

2.2.3.3. AGREGADO.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.011 define el agregado de la siguiente manera:

“Conjunto de Partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por esta NTP. Se le llaman también áridos”.

Si bien los agregados son los componentes inertes del concreto, su influencia en las características del concreto es notable; sin embargo durante varios años su estudio fue descuidado, debido principalmente, al bajo costo comparativo con el costo del cemento, además de los bajos requerimientos de resistencia, en los cuales los agregados no tienen gran influencia, hoy en día se conoce la influencia del agregado en las propiedades del concreto tanto en estado fresco y endurecido. En los concretos especiales los agregados deben cumplir las normas como la ASTM C 33, caso contrario se deberá comprobar su eficiencia en el concreto. Es recomendable que en una obra, todas las mezclas empleen los mismos agregados.

➤ **Forma y textura de las partículas:**

Es bastante difícil describir la forma de los cuerpos tridimensionales y, por lo tanto, es conveniente definir ciertas características geométricas de dichos cuerpos.

Las propiedades de forma de los agregados se pueden caracterizar con dos factores:

- Factor de esfericidad.
- Factor de redondez.

La redondez es la medida del filo o angularidad relativos de los bordes o esquinas de una partícula.

La esfericidad se relaciona con la estratificación y el clivaje de la roca original, y también recibe la influencia del tipo de equipo de trituración, cuando el tamaño de las partículas ha sido reducido por medios artificiales. Las partículas con una alta relación área superficial/volumen, son de especial interés ya que disminuyen la trabajabilidad de la mezcla. Las partículas alargadas y las laminadas son de este tipo. Estas últimas también pueden afectar adversamente la durabilidad y resistencia del concreto, puesto que tienden a orientarse en un solo plano y el agua y las cavidades de aire se acumulan debajo de éste.

La forma y textura de la superficie de los agregados ejerce gran influencia en la resistencia del concreto. Se ve más afectada la resistencia a la flexión que la resistencia a la compresión, y los efectos de la forma y textura superficiales son especialmente importantes en el caso de concretos de alta resistencia.

➤ **Granulometría:**

La curva granulométrica representa la proporción de los diferentes tamaños de partículas de agregados en el conjunto, y en realidad simplemente son un factor determinante en el acomodo de los granos de agregado, por lo cual estas deben tener una relación con los factores externos e internos que generan este acomodo, los conceptos de acomodo.

➤ **Tamaño máximo:**

El estudio del tamaño máximo de los agregados y su influencia en las propiedades del concreto han sido ampliamente investigados, para obtener una óptima resistencia a la compresión de los concretos con baja relación agua /cemento diversos investigadores han concluido que el tamaño máximo a utilizarse debe variar entre $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ ", no es recomendable usar tamaños mayores a 1". Los agregados con tamaño menor contribuyen a producir concretos más resistentes debido a una menor concentración de esfuerzos alrededor de las partículas causados por la diferencia de módulos de elasticidad entre la pasta y el agregado.

➤ **Peso específico:**

El peso específico de los agregados depende tanto de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. El peso específico cobra especial importancia en los concretos especiales, dado que por requerimientos de resistencia es usual requerir un agregado con peso específico adecuado y no menor de lo convencional, pues agregados con bajas densidades generalmente indican material poroso, poco resistente y de alta absorción. Sin embargo, estas características de bajo peso específico pueden ser requeridas para concretos ligeros.

El peso específico aparente del agregado depende de la densidad de los minerales que los componen, así como de la cantidad de poros que contengan.

La mayoría de los agregados naturales tienen una densidad relativa del orden de 2.6 a 2.7.

➤ **Poros y Absorción de los agregados:**

La porosidad de los agregados, su impermeabilidad y absorción influyen en las propiedades como la adherencia entre el agregado y los materiales cementicios, la resistencia del concreto a la congelación y al deshielo, así como la estabilidad química y la resistencia a la abrasión. Como se mencionó anteriormente, la densidad aparente de los agregados depende también de la porosidad y, como consecuencia de esto, se ve afectado el rendimiento del concreto para determinado peso del agregado.

Los poros del agregado presentan una amplia variación de tamaño; los más grandes son visibles con un microscopio e incluso a simple vista, pero hasta los poros más pequeños suelen ser mayores que los poros del gel de la pasta de cemento. Los poros menores de 4 mm son de especial interés, ya que por lo general se cree que afectan la durabilidad de los agregados sujetos a frecuentes ciclos de congelación-deshielo.

Algunos de los poros del agregado se encuentran completamente dentro del sólido, mientras otros se abren a la superficie de la partícula. Debido a su viscosidad, la pasta de cemento no puede penetrar a gran profundidad en los poros menos grandes; por lo tanto, es el volumen bruto de la partícula el que se considera como sólido para propósitos de cálculo del contenido de agregado en el concreto. Sin embargo, el

agua puede penetrar en los poros y la tasa de penetración dependerá de su tamaño, continuidad y volumen total.

Está claro que la porosidad del agregado contribuye materialmente a la porosidad general del concreto. Por lo general se supone que en el momento del fraguado del concreto, los agregados se encuentran saturados y superficialmente secos. Si la dosificación del agregado se ha hecho cuando éste se encuentra seco, se supone que absorberá de la mezcla el agua suficiente para que el agregado se sature, y esta agua absorbida no está incluida en el agua neta o efectiva de mezclado. Sin embargo, es posible que cuando se utilice agregado seco las partículas se recubran rápidamente con pasta de cemento, lo que impide el paso del agua necesaria para lograr la saturación. Esto es especialmente cierto cuando se trata de agregado grueso, en el que el agua tiene que viajar un trecho mayor para penetrarlos.

Como resultado de esto, la relación agua / cemento es mayor de lo que sería en caso de que los agregados hubieran absorbido el agua por completo desde el principio. Este efecto es muy importante en las mezclas con relaciones bajas agua / cemento las que contienen mayor cantidad de cemento en las que el recubrimiento de pasta ocurre con rapidez. En situaciones prácticas, el verdadero comportamiento de la mezcla se verá afectado solamente por el orden en que se vayan introduciendo los ingredientes a la mezcladora, es recomendable introducir una dosis de agua sobre los agregados antes del cemento.

➤ **Peso unitario, Compacidad y Porosidad:**

Si bien de estos tres conceptos el más utilizado en la tecnología del concreto es el peso unitario, los conceptos de compacidad y porosidad (relacionados comúnmente con la mecánica de suelos) son muy útiles en el campo de los concretos de alto desempeño, a continuación definimos cada uno de estos tres términos.

Peso unitario (P.U.): Se define peso unitario o volumétrico del agregado, ya sea en estado suelto o compactado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Usualmente esta expresado en kg/m^3 .

Compacidad: Se define como compacidad del agregado, al volumen de sólidos en un volumen unitario.

Porosidad: Se define porosidad o contenidos de vacíos, al espacio no ocupado por las partículas de agregado en un volumen unitario,

Estas tres definiciones dependen de los siguientes parámetros principales:

- La gravedad específica de los agregados.
- El tamaño de los granos, granulométrica.
- La forma y textura de los granos.
- El grado de compactación, la manera de la cual es realizado el acomodo.
- El efecto pared ejercido por el recipiente donde se realiza la prueba.

Se conoce que para medir estos valores, el agregado se debe encontrar en condición seca, pues tendrá el efecto de incrementar el valor del peso unitario del agregado grueso y generará el efecto de abundamiento del agregado fino.

La compactación de un agregado no solo depende de las diversas características ya mencionadas, sino también de la compactación real a la que es sometido, por ejemplo la compactación encontrada en el ensayo de peso unitario varillados da una característica del acomodo del agregado, este acomodo no será el mismo en la mezcla de concreto, las partículas de cemento ejercerán un efecto de lubricación de las partículas de agregado por lo cual la compactación será diferente.

➤ **Resistencia de las partículas del agregado:**

En términos generales, la resistencia y elasticidad de los agregados dependen de su composición, textura y estructura. Por lo que una baja resistencia puede deberse a la debilidad de los granos que lo constituyen, o bien, a que siendo éstos suficientemente resistentes no estén bien unidos o cementados unos con otros.

2.2.3.4. MICROSÍLICE.

La microsíllice suele definirse como una “súper puzolana” por las propiedades que proporciona al cemento. Según el ACI 116R la microsíllice se define como un “muy fino y no cristalino sílice producido en horno de arco eléctrico, como un subproducto de la producción de silicio o de aleaciones

elementales que contienen silicio; también es conocido como humo de sílice condensado o humo de sílice”.

➤ **Producción.**

La microsílíce es un subproducto de la reducción de cuarzo de alta pureza con carbón mineral, el cual es calentado a 2000 grados centígrados en un horno de arco eléctrico durante la fabricación de aleaciones de ferro silicio y silicio metálico, siendo la aleación recogida en el fondo del horno. El cuarzo es calentado conjuntamente con carbón o madera, empleados para remover el oxígeno. Conforme el cuarzo va reduciendo su aleación, deja escapar vapores de óxido de silicio. En la parte superior del horno estos humos se oxidan en contacto con el oxígeno de la atmósfera y se condensan en microesferas de sílice amorfa.

➤ **Propiedades Físicas.**

La microsílíce presenta varias características comunes; tipo amorfo, diámetro promedio muy pequeño, alto contenido de sílice, condensación por vapores de óxido de silicio, etc. A continuación se muestra unas de sus propiedades físicas

Color: la microsílíce varía de color gris claro a oscuro, dando una lechada de color negro. Debido a que el SiO_2 es incoloro, el color es determinado por los componentes no silicios, los cuales incluyen el carbón y óxido de hierro. En general al igual que en otros productos derivados de la calcinación por carbón, cuanto más alto es el contenido de carbón, más oscuro es el color.

Densidad: la densidad de la microsílíce es usualmente reportada como 2.2, sin embargo este valor puede variar

según el productor, un alto contenido de carbón en la microsílíce será reflejada en una menor densidad.

Peso unitario no densificado: el peso unitario suelto de la microsílíce colectadas de la producción de metales silíceos y/o aleaciones de ferro silicón es del orden de 130 a 430 kg/m^3 , un valor promedio de 300 kg/m^3 es aceptado. Los silos los cuales pueden contener una masa dada de cemento portland, puedan contener únicamente el 25% de microsílíce.

Superficie específica: la microsílíce es un conjunto de partículas vítreas muy finas de perfil esférico y diámetro muy pequeño, cuya superficie específica está en el orden de 200,000 cm^2/g cuando es determinada empleando las técnicas de absorción de nitrógeno. La distribución por tamaños indica partículas con diámetro promedio de 0.1 micrómetros, el cual es aproximadamente 100 veces menor que el de las partículas de cemento promedio. Así, esta alta superficie específica y el gran contenido de dióxido de sílice amorfa proporcionan excepcionales propiedades puzolánicas.

➤ **Propiedades químicas.**

Composición química: la microsílíce es un subproducto con composición química muy constante, aunque puede tener algunos cambios dependiendo de la aleación de silicio que se está produciendo y la naturaleza de las materias primas. En la composición química predomina el SiO_2 con el 90% al 96%.

La Tabla N° 3.2 proporciona la composición química de Microsílíce típica provenientes de hornos de Noruega y los

Estados Unidos. La microsílíce contiene generalmente más del 90% de dióxido de silicio, la mayoría del cual está en estado amorfo. La composición química de las microsílíce varía de acuerdo al tipo de aleación que está siendo producido. Por ejemplo, la microsílíce de un horno de ferrosilicio generalmente contiene más óxidos de hierro y magnesio que aquellos provenientes de un horno que produce silicio.

OXIDO	%
SiO ₂	90.0 - 93.0
Al ₂ O ₃	3.4 - 4.5
Fe ₂ O ₃	0.3 - 0.5
MgO	0.5 - 0.8
CaO	0.1 - 0.3
Na ₂ O	1.0 - 1.2
K ₂ O	1.3 - 3.6
C	0.1 - 0.2
S	1.4 - 3.8
C + S	0.4 - 1.3
SO	0.0 - 4.8
H ₂ O	0.5 - 0.6

*Tabla 3.2. Rangos para la composición química de la microsílíce.
Fuente "Tecnología del concreto de alto desempeño". Pablo Portugal
Barriga*

Cloruros: el contenido de cloruros soluble en ácido de microsílíce densificadas o no, se ha encontrado que varía entre 0.016 a 0.025 por masa. Las especificaciones europeas han establecido un límite superior para los cloruros en microsílíce de 0.1 a 0.3 en masa. Asumiendo un contenido de cemento de 390 kg/m³, una adición del 10% de microsílíce por masa, y un contenido de cloruros soluble

en ácido de 0.20% en masa en la microsílíce, ésta deberá contribuir con 0.002% de ion cloruro por masa de cemento. En aquellos casos en que los límites de cloruros son críticos. La contribución por la microsílíce deberá ser incluida en el cálculo total

El pH de la microsílíce y de las lechadas puede ser determinado. Este ensayo puede efectuarse sobre una muestra preparada por la adición de 20 g. de microsílíce a 80 g. de agua libre de iones. Los valores típicos de una fuente de metal silicio están entre 6.0 y 7.0.

Cristalinidad: los ensayos por difracción de rayos X han mostrado que la microsílíce es esencialmente amorfa. Popovic ha observado carburo de silicio, un compuesto intermedio, que ocurre durante la producción de silicio y aleaciones de ferro silicio.

Todos los esquemas de difracción presentan un amplio doblado centrado alrededor del área donde normalmente debería encontrarse cristobalita cristalina. La ausencia de un material diferente en esta ubicación sugiere que la cristobalita no está presente en cantidades significativas.

2.2.3.5. SUPERPLASTIFICANTE.

En el mercado peruano se puede encontrar diferentes marcas de aditivos químicos, la elección del tipo y marca se debe realizar según los requerimientos específicos de calidad que son de mayor importancia en estos productos dado que un mal control de calidad en la elaboración de los diferentes compuestos, puede provocar inadecuadas propiedades del concreto elaborado con este producto.

➤ **Clasificación y evolución de los superplastificantes según su composición:**

Los primeros aditivos plastificantes datan de la década de los años 30 mientras que, los primeros aditivos superplastificantes fueron originalmente fabricados en Japón en la década de los años 60, a partir de los formaldeídos naftalenosulfonados, a fin de producir concretos de alta resistencia al permitir grandes reducciones en el contenido de agua; y en Alemania, desde 1972, a partir de los formaldeídos melamina sulfonados, a fin de desarrollar concretos fluidos es decir concretos con asentamientos mayores de 200 mm (7.9"). Durante más de 60 años la evaluación de los aditivos ha sido continua, desde los primeros aditivos a base de lignosulfatos a los actuales policarboxilatos modificados.

Los condensados de formaldeídos melamina sulfonados (SMF) son de origen alemán, los condensados de formaldeídos naftaleno sulfonados (SNF) fueron originalmente desarrollados en el Japón, los lignosulfatos modificados (MLS) son de origen canadiense.

➤ **Policarboxilatos modificados:**

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

Estos aditivos cumplen la norma ASTM C-494 y NTP-334.088. Los tradicionales Aditivos superplastificantes, como la melamina y naftalenosulfonado, se basan en polímeros, los cuales son absorbidos por partículas de cemento. Ellos son envueltos alrededor de las partículas de cemento, rápidamente durante el proceso de mezcla del concreto. Los grupos sulfonados de cadenas poliméricas, incrementan la carga negativa en la superficie de las partículas de cemento y estas son dispersadas por repulsión eléctrica. Este mecanismo eléctrico causa la dispersión de la pasta, como consecuencia requiere menos agua en la mezcla, obteniendo una buena trabajabilidad. Estos aditivos tienen diferente estructura química, como el éter carboxílico de largas cadenas. Al iniciar el proceso de mezclado imita algunos mecanismos de dispersión electrostática, como los tradicionales aditivos, pero los lados de la cadena enlazada por la estructura polimérica, origina un efecto el cual estabiliza la capacidad de las partículas para separarse y dispersarse, con estos procesos se obtiene gran fluidez y reducción de agua en el concreto. La alcalinidad creada en la pasta permite que los polímeros, puedan abrirse y progresivamente adicionar más cadenas de polímeros, que previenen la temprana floculación o endurecimiento de la mezcla. Como ya se mencionó anteriormente los policarboxilatos modificados ejercen 2 efectos en las partículas de cemento.

➤ **Cómo funcionan los policarboxilatos modificados:**

Los aditivos superplastificantes o reductores de alto rango son surfactantes aniónicos de naturaleza orgánica, que una vez disueltos en agua, dispersan las partículas de cemento y mejoran la cohesión y reología del sistema cementante (Edmeades, R.M. et al. 1998).

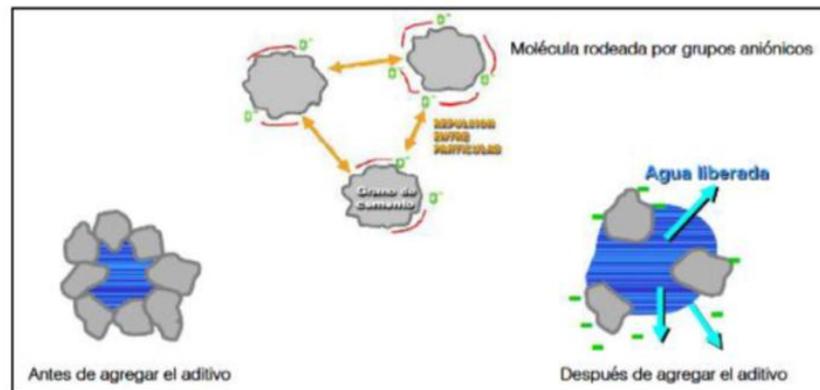


Figura 2.13. Vista de cómo actúa el aditivo sobre las partículas de cemento.

Estos aditivos superplastificantes (basados en policarboxilatos) se adsorben sobre los granos de cemento a través de sus grupos aniónicos (grupos sulfónicos), debido a la carga positiva superficial de las partículas de cemento. Además, una parte de estos grupos con carga negativa quedan en contacto con la disolución confiriendo a los granos de cemento una carga neta negativa responsable de una repulsión de tipo electrostático entre ellos. Esta repulsión provoca la dispersión entre los granos de cemento, liberando el agua contenida en los flóculos (Figura 3.10 y figura 2).

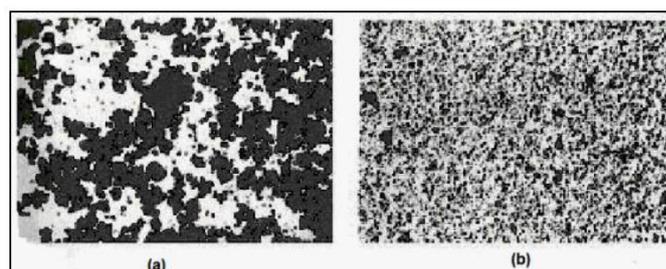


Figura 2.14. Microfotografía de partículas de cemento en una solución de agua/cemento sin aditivo (a) y con aditivo superplastificante (b).

➤ **Formas de uso:**

Los aditivos superplastificantes pueden ser usados para tres funciones principales:

- **Incrementar la trabajabilidad.**

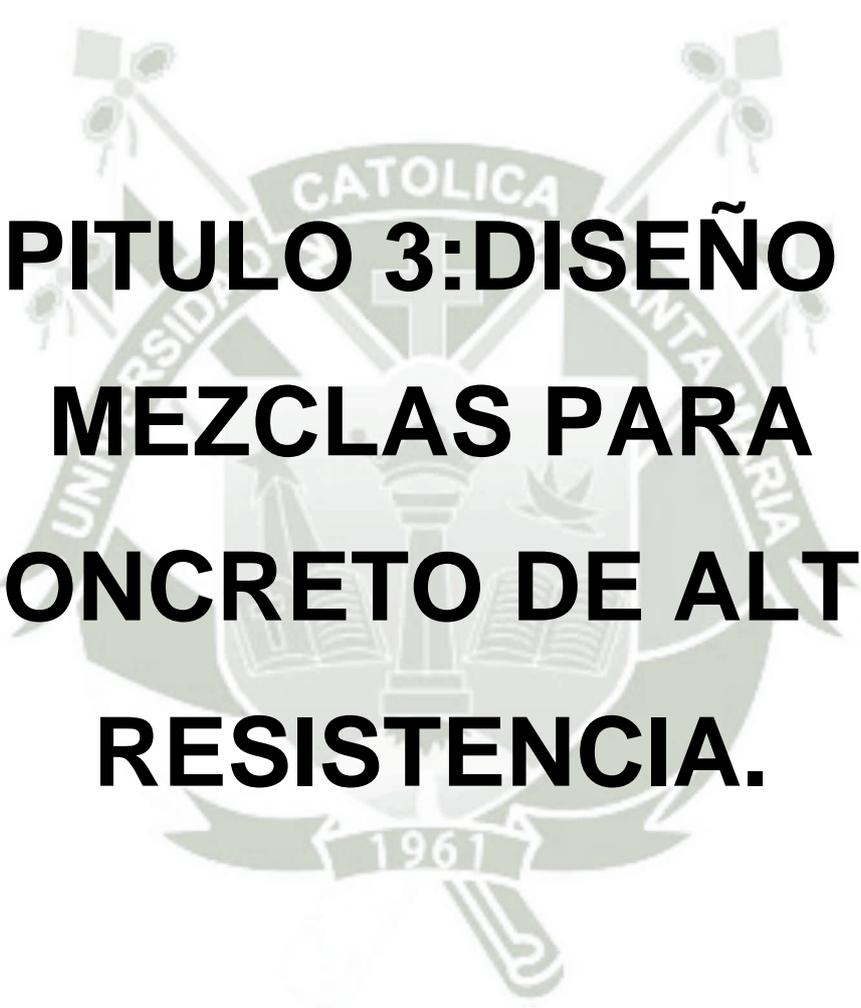
Dada una mezcla de concreto con un asentamiento, relación agua/cemento, y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para incrementar la trabajabilidad de la mezcla, sin cambiar otra característica del diseño de mezcla, dependiendo de la dosis y tipo de aditivo en la prueba de cono de Abrams,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

- **Incrementar la resistencia.**

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento y cantidad de cemento definido, el aditivo se utiliza para encontrar la cantidad de agua más aditivo que producirá el slump deseado; según la dosis y tipo de aditivo, la reducción de agua puede llegar hasta el orden del 40%, con el consiguiente incremento de resistencia, dada la menor relación agua/cemento; esta función es empleada para producir concretos de alta resistencia.

- **Reducir la cantidad de cemento.**

Dada una mezcla de concreto con una relación agua/cemento, slump y cantidad de cemento definidos, el aditivo se usa para reducir la cantidad de agua, manteniendo constante la relación agua/cemento, con la consiguiente reducción de la cantidad de cemento; esta función ha sido muy empleada, sin embargo no es muy recomendada usarla para reducir al máximo la cantidad de cemento, dada la reducción en la durabilidad del concreto; si bien puede conseguirse ahorros de hasta el 30% del contenido del cemento.



CAPITULO 3: DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.

3.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se describe el procedimiento empleado, para hallar las propiedades físicas de los agregados como también los diseños de mezclas utilizados para la respectiva dosificación del concreto de alta resistencia y los resultados de caracterización del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido.

3.2. ESTUDIO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.

3.2.1. CEMENTO.

El cemento es material pulverizado, que combinado con el agua forman una pasta capaz de endurecer en el agua y en aire.

En el Perú existen varios tipos de cementos los cuales son especificados según la norma NTP. 334.009, y ASTM C-150-99:

- Tipo I: De uso general y sin propiedades especiales.
- Tipo II: Uso general, y especificaciones, cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para uso cuando se requiera altas resistencias iniciales y elevado calor de hidratación.
- Tipo IV: Cuando se requiere bajo calor de hidratación
- Tipo V: De alta resistencia al ataque de sulfatos.

La norma ASTM-C-595-00 especifica las características de los cementos adicionados, los que contienen además de los compuestos mencionados, escoria y puzolana, que modifican el comportamiento. Entre los tipos de cementos y porcentaje añadido tenemos:

Tipo IS, entre 25% y 70% en peso de escoria de alto horno.

Tipo ISM, menos del 25% en peso de escoria de alto horno.

Tipos IP, entre el 15% y 40% en peso de puzolana.

Tipo IPM, menos del 15% en peso de puzolana.

El tipo de cemento utilizado en la presente investigación es: **CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP, “ALTA RESISTENCIA”**, el cual cumple con las normas NTP 334.090 y la norma ASTM C-595, como se indica en su respectiva ficha técnica emitida por Cementos Yura SA. (Anexo 01).

Delo cual el dato más importante, es el Peso Específico que nos servirá para realizar los diseños de mezclas más adelante.

Peso Específico Cemento Portland Puzolánico Yura IP: 2.85 gr/cm³.

Peso Específico del cemento = 2850 Kg/m³.

3.2.2. AGREGADO FINO.

Se define como agregado fino, al agregado proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas, que pasa el tamiz 9.5 mm (3/8”) y que se cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.37.

La procedencia del Agregado fino utilizado para la presente investigación es de la cantera “La Poderosa” – Arequipa.

3.2.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.

Normas que rigen el ensayo.

- ASTM. C 566

- MTC. E 108-200
- NTP. 339.185-2002

a. Objetivos:

Establecer el contenido de humedad que posee el agregado fino.

b. Equipo utilizado:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%
- Bandejas metálicas
- Recipientes
- Horno Electrónico

c. Preparación de la muestra:

- Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo. El agregado debe estar en su estado natural el cual se encuentra en laboratorio.

d. Procedimiento del ensayo:

- Se realizara el cuarteo del material sacando una muestra representativa, el cual se colocara en 3 recipientes.
- Los 3 recipientes que contienen el agregado fino, se llevan a la balanza para obtener sus pesos respectivos.
- Colocaran las muestras representativas obtenidas en sendos recipientes, para ser colocadas en el horno.
- Las muestras para estar secas, deberán estar por un lapso de 24 horas en el horno eléctrico, el cual estará a una temperatura de 115 ° C.
- Se retirará las muestras del horno y se procederá a pesarlas.
- Luego se procede a pesar los 3 recipientes vacíos.

e. Cálculos y resultados:

Datos:

Muestra	Ag. Húmedo + Recipiente	Ag. Seco + Recipiente	Peso del Recipiente	% Humedad
1	798.54	796.68	169.31	0.30
2	869.99	867.67	172.29	0.33
3	833.67	831.68	170.8	0.30
Promedio	834.07	832.01	170.80	0.31

Tabla 3.1. Datos del agregado fino para obtener el contenido de humedad.

Cálculo:

$$\text{Humedad \%} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso seco}} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = \frac{663.27 - 661.21}{661.21} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = 0.31 \%$$

3.2.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.

Normas que rigen el ensayo.

- ASTM. C 136
- MTC. E 204-200
- NTP. 400.037-2002

a. Objetivos:

Determinar cuantitativamente, los tamaños de las partículas del agregado fino de una muestra secapor separación, a través de tamices de menor a mayor abertura y de este modo hallar el módulo de fineza del agregado fino.

b. Equipo utilizado:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.

- Bandejas metálicas.
- Recipientes.
- Serie de tamices con tapa y bandeja, para agregados finos: #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, bandeja del fondo.
- Espátulas y cucharas.
- Cepillos.
- Máquina tamizadora de finos.

c. Preparación de la muestra:

- Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo.
- Para el agregado fino, se necesitará una muestra mayor a 500 gr.

d. Procedimiento del ensayo:

- Después de cuartear el agregado, dejar secando en el horno por 24 horas, a una temperatura de 110 °C.
- Retirar la muestra del horno y pesar la cantidad de agregado fino a tamizar.
- Armar el juego de tamices normados para el agregado fino, según la norma y colocar la muestra.
- Luego llevar el juego de tamices a una máquina tamizadora para realizar su tamizado, esto será por un lapso de 3 minutos aproximadamente.
- Retirar el agregado retenido en cada malla pesándolo, este dato nos será de utilidad después para hallar la curva granulométrica.

e. Cálculos y resultados:

Datos:

GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO				
Cantera: "LA PODEROSA"		Peso inicial de la muestra: 1000.00 gr.		
Malla	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
# 4	6.51	0.65	0.65	99.35
# 8	141.12	14.11	14.77	85.23
# 16	201.93	20.20	34.96	65.04
# 30	207.60	20.76	55.73	44.27
# 50	157.48	15.75	71.48	28.52
# 100	102.76	10.28	81.76	18.24
# 200	87.23	8.72	90.48	9.52
Fondo	95.18	9.52	100.00	0.00
Total	999.81			
Modulo de Fineza:		2.593		

Tabla 3.2. Datos para hallar la granulometría del agregado fino.

Parámetros NTP 400.037 (% pasante)				Cantera
Abertura	Tamiz	Inferior	Superior	La poderosa
9.50 mm	3/8"	100.00	100.00	100.00
4.75 mm	# 4	95.00	100.00	99.35
3.36 mm	# 8	80.00	100.00	85.23
1.18 mm	# 16	50.00	85.00	65.04
0.60 mm	# 30	25.00	60.00	44.27
0.30 mm	# 50	5.00	30.00	28.52
0.15 mm	# 100	0.00	10.00	18.24
0.075 mm	# 200	0.00	0.00	9.52

Tabla 3.3. Parámetro inferior y superior de la granulometría del agregado fino.

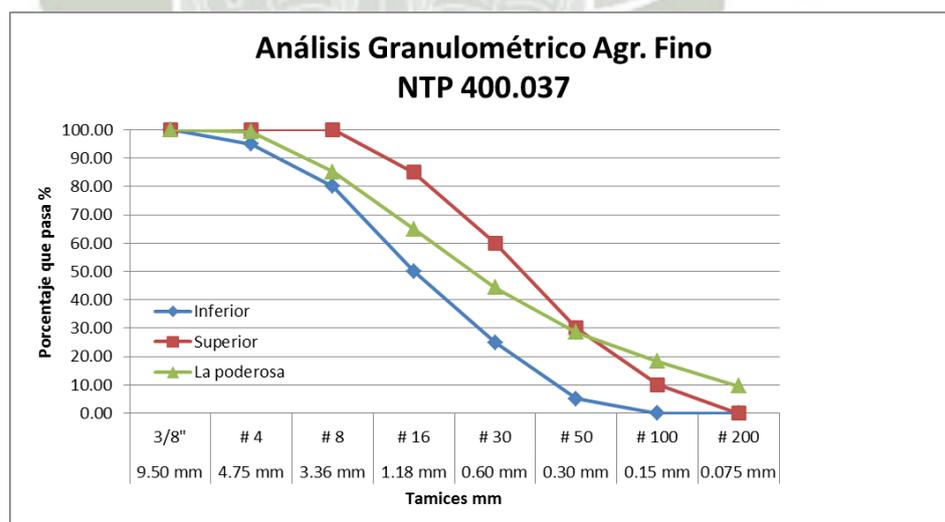


Figura 3.1. Vista de la granulometría del agregado fino con los parámetros según la norma NTP 400.037.

3.2.2.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 29
- MTC E 203-2000
- NTP 400.017:2011

a. Objetivo:

Establecer el método para determinar el peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

b. Equipo utilizado:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%
- Bandejas metálicas.
- Varilla compactadora de acero, cilíndrica, con un diámetro de 16 mm y una longitud aproximada de 600 mm, un extremo deberá ser semiesférico con un radio de 8 mm.
- Proctor metálico, que será el recipiente donde se realizarán los ensayos.

c. Preparación de la muestra:

- Seleccionar una muestra seca de agregado fino, luego cuartear una cierta cantidad.

d. Procedimiento del ensayo:

- Tomar las medidas del proctor metálico, donde se realizarán los ensayos. Consideraremos la altura y el diámetro de los recipientes.
- Tarar los proctor en la balanza antes de realizar los ensayos.

- Se determinó por el método de apisonado el peso unitario suelto y compacto de nuestro agregado fino.

Peso unitario suelto:

- Colocar el material en el proctor dejándolo caer libremente a una distancia máxima de 5cm de este.
- Enrasar el material excedente, si sobraré, de la superficie libre del recipiente.
- Pesarse el proctor con el agregado y repetir este procedimiento mínimo 3 veces para el agregado fino.

Peso unitario compactado:

- Colocar el material en el proctor, en 3 capas, y luego en cada capa aplicaremos 25 golpes de la misma intensidad siguiendo la forma de un espiral.
- Enrasar el material excedente, si sobraré, de la superficie libre del recipiente.
- Pesarse el proctor con el agregado y repetir este procedimiento mínimo 3 veces para el agregado fino.

e. Cálculos y resultados:

Peso unitario suelto agregado fino.

Cálculo del volumen del Proctor.

$$V = \left(\frac{(\pi * D^2)}{4} \right) * H = V = m^3$$

Vol. del proctor 1/10 pie ³			
Altura	H=	0.1550	m
Diámetro	D=	0.1525	m
Volumen	V=	0.00283	m³

Tabla 3.4. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.

Cálculo del peso suelto del agregado.

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO			
Cantera: "LA PODEROSA"		Vol. del proctor 1/10 pie ³	
Muestra	Peso Fino+Proctor	Peso Proctor	Peso Fino (Kg.)
1	6.454	1.725	4.729
2	6.447	1.725	4.722
3	6.445	1.725	4.720
4	6.444	1.725	4.719
5	6.439	1.725	4.714
Promedio	6.446	1.725	4.721

Tabla 3.5. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado fino.

Cálculo del peso unitario suelto.

$$P.U.S. = \frac{(P.suelto - P.recipiente)}{Volumen} = P.U.S. = kg / m^3$$

$$P.U.S. = 1667.46 kg / m^3$$

Peso unitario compactado agregado fino.

Cálculo del volumen del Proctor.

$$V = \left(\frac{(\pi * D^2)}{4} \right) * H = V = m^3$$

Vol. del proctor 1/10 pie ³			
Altura	H=	0.1550	m
Diámetro	D=	0.1525	m
Volumen	V=	0.00283	m³

Tabla 3.6. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.

Cálculo del peso compactado del agregado.

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO			
Cantera: "LA PODEROSA"		Vol. del proctor 1/10 pie ³	
Muestra	Peso Fino+Proctor	Peso Proctor	Peso Fino (Kg.)
1	6.748	1.725	5.023
2	6.751	1.725	5.026
3	6.747	1.725	5.022
4	6.749	1.725	5.024
5	6.747	1.725	5.022
Promedio	6.748	1.725	5.023

Tabla 3.7. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado fino.

Cálculo del peso unitario compactado.

$$P.U.C. = \frac{(P.suelto - P.recipiente)}{Volumen} = P.U.C. = kg / m^3$$

$$P.U.C. = 1774.34kg / m^3$$

3.2.2.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 128
- MTC E 205-2000
- NTP 400.022 2002

a. Objetivos:

Determinar el peso específico aparente y real, así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaños inferiores a 4.75 (Tamiz No. 4).

b. Equipo utilizado:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%
- Bandejas metálicas.
- Matraz aforado o picnómetro en el que se puede introducir la totalidad de la muestra y capaz de apreciar volúmenes con una exactitud de $\pm 0.1 \text{ cm}^3$.
- Molde cónico, un tronco de cono recto, construido con una chapa metálica de 0.8 mm de espesor como mínimo, y de 40 mm de diámetro interior en su base menor, 90 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 mm de altura.
- Varilla para apisonado, metálica y recta, con un peso de 340 g y terminada por uno de sus extremos en una superficie circular plana para el apisonado de 25 mm de diámetro.
- Un dispositivo que proporcione una corriente de aire caliente de velocidad moderada, en este caso se utilizó una cocina eléctrica.

c. Preparación de la muestra:

- Seleccionar muestra de 1.5 kilogramos del agregado fino y vierta este sobre una bandeja la cual debe de estar llenada de agua completamente. El agregado fino tiene que estar totalmente sumergido en el agua durante 24 horas antes de realizar el ensayo.

d. Procedimiento del ensayo:

- Después del período de inmersión del agregado fino, se decanta cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extiende la muestra sobre una bandeja.
- Se procede a colocar la bandeja sobre la cocina eléctrica, con un badilejo mover continuamente el agregado fino hasta que las partículas estén casi secas.

- Para fijar este punto, cuando se empiece a observar visualmente que se está aproximando el agregado a esta condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, echando en su interior a través de un embudo y sin apelmazar, una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde.
- Si la superficie de las partículas conserva aún exceso de humedad, el cono de agregado mantendrá su forma original, por lo que se continuará agitando y secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, indicativo de que finalmente ha alcanzado el agregado la condición de superficie seca.
- Inmediatamente, se introducen en el picnómetro previamente tarado, 500.0 g del agregado fino, preparado como se ha descrito anteriormente, y se le añade agua hasta aproximadamente un 90 por ciento de su capacidad; para eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana, e incluso agitando o invirtiéndolo si es preciso, transcurrida la cual se enrasa con aguay se determina su peso total (picnómetro, muestra y agua).
- Se saca el agregado fino del matraz y se deseca en el horno a 100 - 110°C, hasta peso constante; se enfría el aire a temperatura ambiente durante 1 a 1-1/2 horas y se determina finalmente su peso seco.

e. Cálculos y resultados:

Datos:

W_o : Peso de la muestra secada en el horno, gramos.

V : Volumen del frasco en cm^3 .

V_a : Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida en el frasco.

W_o	491.91	gr.
V	500	cm^3
V_a	317.69	cm^3

Tabla 3.8. Datos para el cálculo del peso específico del agregado fino.

Cálculo:

- Peso específico de masa (Pem).

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)}$$

$$P_{em} = \frac{491.91}{500 - 317.69}$$

$$P_{em} = 2698.61 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS).

$$P_{eSSS} = \frac{500}{V - V_a}$$

$$P_{eSSS} = \frac{500}{500 - 317.69}$$

$$P_{eSSS} = 2742.58 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico aparente (Pea).

$$Pea = \frac{W_o}{(V - Va) - (500 - W_o)}$$

$$Pea = \frac{491.91}{(500 - 317.69) - (500 - 491.91)}$$

$$Pea = 2823.50 \text{ kg/m}^3$$

- Absorción (ab).

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100$$

$$Ab = \frac{500 - 491.91}{491.91} * 100$$

$$Ab = 1.64\%$$

3.2.2.5. ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 40
- MTC E 213-2000
- NTP 400.013-2002

a. Objetivo:

Determinar la presencia y el contenido de materia orgánica en el agregado fino usado en la preparación de morteros o concreto de cemento hidráulico.

b. Equipo utilizado:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Bandejas metálicas.
- Frasco de vidrio ovalado graduado a 500 ml.
- Hidróxido de sodio al 3%. (Se disuelve 3 partes en peso de hidróxido de sodio en 97 partes de agua destilada).
- Patrón Gardner #11.
- Agregado fino (200gr).

c. Preparación de la muestra:

- Seleccionar una muestra seca de agregado fino, luego cuartear una cierta cantidad.

d. Procedimiento del ensayo:

- Después de un cuarteo, obtenemos una muestra de 500 gr. aproximadamente de agregado fino.
- Llenamos el frasco de vidrio a una altura de $h=1/3$ con la muestra de agregado fino o 250gr.
- Llenamos la botella de vidrio con las $2/3$ de la solución de hidróxido de sodio.
- Tapar el frasco percatándose que no exista ninguna fuga tanto del material como de la solución de hidróxido de sodio.
- Agitar vigorosamente.
- Dejar reposar 24 horas.
- Una vez pasado el tiempo indicado, comparamos con el patrón de Gardner #11 para poder indicar el nivel de impurezas que tiene este agregado.

e. Cálculos y resultados:



Figura 3.2. Vista de la comparación de impurezas orgánicas con del Patrón Gardner #11 para el agregado fino.

Resultado: El nivel que tiene nuestro agregado sobre impurezas inorgánicas es de 1, eso significa que nuestro agregado no contiene impurezas inorgánicas.

3.2.3. AGREGADO GRUESO.

Se define como agregado grueso a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas, que son retenidas en el tamiz 4.75 mm (No. 4) y que cumplen con los límites establecidos en la Norma NTP 400.37.

La procedencia del Agregado grueso utilizado para la presente investigación es de la cantera “La Poderosa” – Arequipa.

3.2.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.

Normas que rigen el ensayo

- ASTM. C 566
- MTC. E 108-200

- NTP. 339.185-2002

a. Objetivo:

Establecer el contenido de humedad que posee el agregado grueso.

b. Equipo utilizado:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Bandejas metálicas.
- Recipientes.
- Horno Electrónico.

c. Preparación de la muestra:

- Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo. El agregado debe estar en su estado natural el cual se encuentra en laboratorio.

d. Procedimiento del ensayo:

- Se realizara el cuarteo del material sacando una muestra representativa,el cual se colocara en 3 recipientes.
- Los 3 recipientes conteniendo el agregado grueso se lleva a la balanza para obtener sus pesos respectivos.
- Colocar las muestras representativas obtenidas en sendos recipientes para ser colocadas en el horno.
- Las muestras para estar secas deberán estar por un lapso de 24 horas en el horno eléctrico el cual estará a una temperatura de 115 ° C.
- Se retirará las muestras del horno y se procederá a pesarlas.
- Luego se procede a pesar los 3 recipientes vacíos.

e. Cálculos y resultados:

Datos:

Muestra	Ag. Húmedo + Recipiente	Ag. Seco + Recipiente	Peso del Recipiente	% Humedad
1	1316.02	1313.93	261.77	0.20
2	1436.59	1434.41	249.69	0.18
3	1260.02	1258.07	236.01	0.19
Promedio	1337.54	1335.47	249.16	0.19

Tabla 3.9. Datos del agregado grueso para obtener el contenido de humedad.

Cálculo:

$$\text{Humedad \%} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso seco}} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = \frac{1088.38 - 1086.31}{1086.31} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = 0.19 \%$$

3.2.3.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.

Normas que rigen el ensayo

- ASTM. C 136
- MTC. E 204-200
- NTP. 400.037-2002

a. Objetivo:

Determinar cuantitativamente los tamaños de las partículas del agregado fino de una muestra seca, por separación a través de tamices de menor a mayor abertura y de este modo hallar el módulo de fineza y el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

b. Equipo utilizado:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Bandejas metálicas.
- Recipientes.
- Serie de tamices para agregado grueso: 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", #4, #8.
- Cepillos.
- Máquina tamizadora.

c. Preparación de la muestra:

- Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo.
- Para el agregado fino se necesitara una muestra mayor a 2000 gr., según norma.

d. Procedimiento del ensayo:

- Después de cuartear el agregado, dejar secando en el horno por 24 horas a una temperatura de 110 °C.
- Retirar del horno la muestra y pesar la cantidad de agregado grueso a tamizar.
- Armar el juego de tamices normados para el agregado grueso según la norma y colocar la muestra.
- Luego llevar el juego de tamices a una maquina tamizadora para realizar su tamizado, esto será por un lapso de 3 min aproximadamente.
- Retirar el agregado retenido en cada malla pesándolo, este dato no será de utilidad después para hallar la curva granulométrica.

e. Cálculos y resultados:

Datos:

GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO				
Cantera: "LA PODEROSA"		Peso inicial de la muestra: 3000.00 gr.		
Malla	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	269.49	8.98	8.98	91.02
3/8"	627.79	20.93	29.91	70.09
1/4"	920.49	30.68	60.59	39.41
# 4	644.94	21.50	82.09	17.91
# 8	432.30	14.41	96.50	3.50
Fondo	104.86	3.50	100.00	0.00
Total	2999.87			
		Modulo de Fineza:	6.120	
		Tamaño Nominal Máximo:	1/2"	

Tabla 3.10. Datos para hallar la granulometría del agregado grueso.

Parámetros NTP 400.037 (% pasante)				Cantera
Abertura	Tamiz	Inferior	Superior	La poderosa
19.0 mm	3/4"	100.00	100.00	100.00
12.5 mm	1/2"	90.00	100.00	91.02
9.50 mm	3/8"	40.00	70.00	70.09
6.30 mm	1/4"	20.00	40.00	39.41
4.75 mm	# 4	0.00	15.00	17.91
2.36 mm	# 8	0.00	5.00	3.50

Tabla 3.11. Parámetros de la curva granulométrica del agregado grueso-
Uso 7.

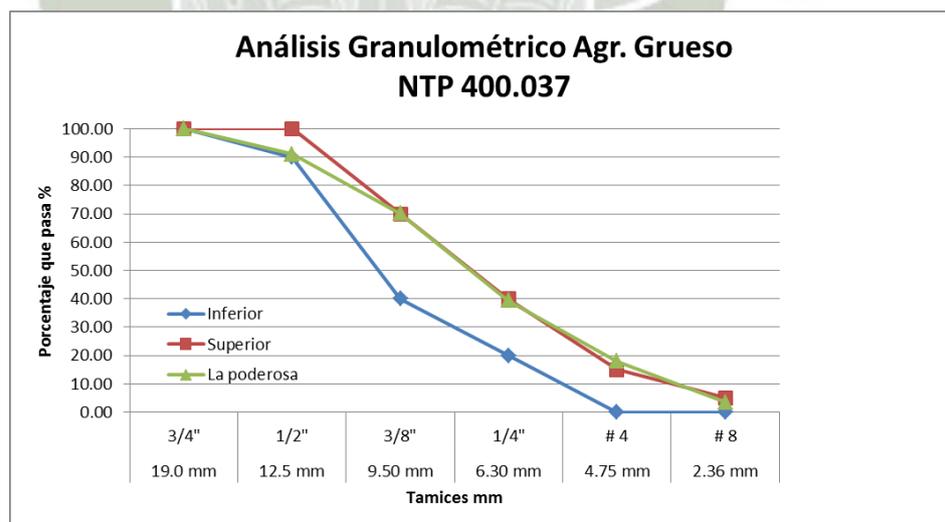


Figura 3.3. Vista de la granulometría del agregado grueso con los parámetros según la norma NTP 400.037 – Uso 7.

3.2.3.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 29
- MTC E 203-2000
- NTP 400.017:2011

a. **Objetivo:**

Determinar el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

b. **Equipo utilizado:**

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Bandejas metálicas.
- Varilla compactadora de acero, cilíndrica con un diámetro de 16 mm y una longitud aproximada de 600 mm, un extremo deberá ser semiesférico con un radio de 8 mm.
- Proctor metálico, que será el recipiente donde se realizarán los ensayos.

c. **Preparación de la muestra:**

- Seleccionar muestra seca de agregado grueso, luego cuartear una cierta cantidad.

d. **Procedimiento del ensayo:**

- Tomar las medidas del proctor metálico, donde se realizarán los ensayos. Considerar la altura y el diámetro del recipiente.
- Tarar el proctor en la balanza antes de realizar los ensayos.

- Se determina por el método de apisonado el peso unitario suelto y compacto de nuestro agregado fino.

Peso unitario suelto:

- Colocar el material en el proctor dejándolo caer libremente a una distancia máxima de 5cm de este.
- Enrasar el material excedente, si sobraré, de la superficie libre del recipiente.
- Pesar el proctor con el agregado y repetir este procedimiento mínimo 3 veces para el agregado grueso.

Peso unitario compactado:

- Colocar el material en el proctor en 3 capas en cada capa aplicaremos 25 golpes de la misma intensidad siguiendo la forma de un espiral.
- Enrasar el material excedente, si sobraré, de la superficie libre del recipiente.
- Pesar el proctor con el agregado y repetir este procedimiento mínimo 3 veces, para el agregado grueso.

e. Cálculos y resultados:

Peso unitario suelto agregado grueso.

Cálculo del volumen del Proctor.

$$V = \left(\frac{(\pi * D^2)}{4} \right) * H = V = m^3$$

Vol. del proctor 1/3 pie ³			
Altura	H=	0.2920	m
Diámetro	D=	0.2030	m
Volumen	V=	0.00945	m³

Tabla 3.12. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso.

Cálculo del peso suelto del agregado.

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO			
Cantera: "LA PODEROSA"		Vol. del proctor 1/3 pie ³	
Muestra	Peso Fino+Proctor	Peso Proctor	Peso Fino (Kg.)
1	18.825	5.206	13.619
2	18.829	5.206	13.623
3	18.824	5.206	13.618
4	18.824	5.206	13.618
5	18.851	5.206	13.645
Promedio	18.831	5.206	13.625

Tabla 3.13. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso.

Cálculo del peso unitario suelto.

$$P.U.S. = \frac{(P.suelto - P.recipiente)}{Volumen} = P.U.S. = kg / m^3$$

$$P.U.S. = 1441.65kg / m^3$$

Peso unitario compactado agregado grueso.

Cálculo del volumen del Proctor.

$$V = \left(\frac{(\pi * D^2)}{4} \right) * H = V = m^3$$

Vol. del proctor 1/3 pie ³			
Altura	H=	0.2920	m
Diámetro	D=	0.2030	m
Volumen	V=	0.00945	m³

Tabla 3.14. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso.

Cálculo del peso compactado del agregado.

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO			
Cantera: "LA PODEROSA"		Vol. del proctor 1/3 pie ³	
Muestra	Peso Fino+Proctor	Peso Proctor	Peso Fino (Kg.)
1	20.159	5.206	14.953
2	20.163	5.206	14.957
3	20.156	5.206	14.950
4	20.165	5.206	14.959
5	20.161	5.206	14.955
Promedio	20.161	5.206	14.955

Tabla 3.15. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso.

Cálculo del peso unitario compactado.

$$P.U.C. = \frac{(P.suelto - P.recipiente)}{Volumen} = P.U.C. = kg / m^3$$

$$P.U.C. = 1582.40 kg / m^3$$

3.2.3.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 127
- MTC E 206-2000
- NTP 400.021 2002

a. Objetivo:

Determinar el peso específico aparente y nominal, así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en

agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 (tamiz No. 4)

b. Equipo utilizado:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%
- Bandejas metálicas
- Canastilla metálica
- Franela
- Balde
- Balanza hidrostática
- Horno

c. Preparación de la muestra:

- Seleccionar una muestra por el método de cuarteomayor a 2.0 kilogramos del agregado grueso y vierta este sobre una bandeja, la cual debe de estar llenada de agua completamente. El agregado grueso tiene que estar totalmente sumergido en el agua durante 24 horas antes de realizar el ensayo.

d. Procedimiento del ensayo:

- Después del período de inmersión del agregado grueso, se decanta cuidadosamente el agua y se extiende la muestra sobre una bandeja.
- Secar el agregado con un paño para llevarlo a la condición saturado con superficie seca y a continuación pese la muestra.
- Luego coloque la muestra en la canasta de alambre y determine su peso sumergido en agua.
- Retire el agregado mojado en una bandeja y métalo al horno por 24 horas para así obtener el peso seco.

- Retire la muestra del horno y pese el agregado grueso para obtener el peso seco.

e. Cálculos y resultados:

Datos:

A: Peso de la muestra seca en gramos.

B: Peso de la muestra saturada con superficieseca, en gramos

C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada, en gramos

A	2328.31	gr.
B	2361.83	gr.
C	1505.10	gr.

Tabla 3.16. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso.

Cálculo:

- Peso específico de masa seca.

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

$$P_{em} = \frac{2328.31}{2361.83 - 1505.10}$$

$$P_{em} = 2717.65 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico saturado superficialmente seco.

$$PeSSS = \frac{B}{B - C}$$

$$PeSSS = \frac{2361.83}{2361.83 - 1505.10}$$

$$PeSSS = 2756.78 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico aparente (Pea).

$$Pea = \frac{A}{A - C}$$

$$Pen = \frac{2328.31}{2328.31 - 1505.10}$$

$$Pen = 2828.31 \text{ kg/m}^3$$

- Absorción (ab).

$$Ab = \frac{B - A}{A} * 100$$

$$Ab = \frac{2361.83 - 2328.31}{2328.31} * 100$$

$$Ab = 1.44 \%$$

3.2.3.5. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 131
- MTC E 207-2000
- NTP 400.019-2002

a. Objetivo:

Determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37.5mm (1½”) naturales o triturados, empleando la máquina de Los Ángeles.

b. Equipo utilizado:

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Bandejas metálicas.
- Tamices.
- Máquina de los Ángeles. El cual debe de cumplir con los requisitos establecidos de la Norma.
- Carga abrasiva que consiste en unas esferas de acero.

c. Preparación de la muestra:

- La muestra destinada al ensayo se obtendrá separando mediante tamizado las distintas fracciones del agregado.
- Se lavara separadamente las fracciones y luego se introducirá al horno.
- Se elegirá la gradación más parecida al agregado que se va usar. Se tomara los pesos de las fracciones indicadas en dicha tabla, de acuerdo con la granulometría elegida.

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)			
mm	(alt.)	mm	(alt.)	A	B	C	D
37,5	(1 1/2")	-25,0	(1")	1250 ± 25			
25,0	(1")	-19,0	(3/4")	1250 ± 25			
19,0	(3/4")	-12,5	(1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,5	(1/2")	-9,5	(3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,5	(3/8")	-6,3	(1/4")			2500 ± 10	
6,3	(1 1/4")	-4,75	(N° 4)			2500 ± 10	
4,75	(N° 4)	-2,36	(N° 8)				5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Tabla 3.17. Tabla de la gradación para realizar el ensayo en la máquina de los ángeles, agregado grueso. Fuente MTC E 207-2000.

d. Procedimiento del ensayo:

- Con esta muestra, procedemos a realizar el ensayo de granulometría para poder así clasificar nuestro agregado según la tabla.
- Según esta tabla, colocamos a nuestro agregado en el tipo B.
- Una vez ya definida la cantidad de material que vamos a necesitar, comenzamos a separar de tal forma que lleguemos a completar lo requerido.
- Al tener los 2.5 kilos con un error de +/- 10 gr, podemos colocarla en la máquina de los Ángeles conjuntamente con las 11 esferas de acero según corresponda la granulometría tipo B.
- En el marcador colocamos el número 500 RPM, y esto es aproximadamente por el lapso de 20 minutos, la máquina de los Ángeles al cumplir ese número de revoluciones se detendrá automáticamente.
- Una vez transcurrido el tiempo, procedemos a vacear el agregado.
- Retiramos las esferas, para poder realizar el tamizado con ayuda de la malla #12.
- Limpiamos la muestra, y dejamos en el horno por un tiempo de 24 horas, después pesamos y hallamos el peso final.

e. Cálculos y resultados:

Datos:

- Agregado limpio, lavado y secado al horno antes de someter a la abrasión:

Peso inicial = 5000.00 gr.

- Agregado retenido en el tamiz #12, lavado y secado al horno después de someterlo a abrasión.

Peso final = 3696.6 gr.

Resultado:

$$\% \text{desgaste} = \frac{W_{\text{final}}}{W_{\text{original}}} * 100\%$$

$$\% \text{desgaste} = \frac{3696.6}{5000.0} * 100\%$$

$$\% \text{desgaste} = 26.1\%$$

3.2.4. AGUA.

El agua a ser empleada debe cumplir con los requisitos dados por las normas como la NTP 339.088, y ser de preferencia potable. Si se hace necesario el usode agua no potable, se deben realizar estudios comparándola con agua potable, manteniendo la similitud en los procedimientos.

En la presente investigación todos los diseños de mezclas para el concreto de alta resistencia fueron realizados con agua potable de las instalaciones del laboratorio de concretos, ubicado en el parque industrial de la ciudad de Arequipa, es por ello, que no se necesita un estudio del agua empleada.

Peso específico del agua= 1000 kg/m³.

3.2.5. SUPERPLASTIFICANTE.

Fueron 2 marcas conocidas de aditivos superplastificantes que se utilizaron para obtener un concreto de alta resistencia, las 2 marcas son reconocidas en todo el Perú.

- **Sika – ViscoCrete 1110. (SUPERPLASTIFICANTE I).**

Es un poderoso superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para concretos de alta resistencia, actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento. Ver ficha técnica (Anexo 02).

En la presente investigación el aditivo Sika – ViscoCrete 1110 para efectos de investigación se llamara “Aditivo I”.

- **Euco Plastol 3000 PC – 200 EXT. (SUPERPLASTIFICANTE II).**

PLASTOL 3000 PC es un aditivo hiperplastificante líquido a base de policarboxilatos de alta tecnología, formulado específicamente para dar alta fluidez y reducción de agua con el empleo de una menor dosis respecto a otros aditivos de la misma tecnología.

PLASTOL 200 EXT es un aditivo hiperplastificante líquido a base de policarboxilatos de alta tecnología, formulado específicamente para aumentar el tiempo de trabajabilidad del concreto de baja relación agua/cemento. Ver ficha técnica (Anexo 03).

En la presente investigación el aditivo EUCO - Plastol 3000 PC y 200 EXT, para efectos de investigación se llamara “Aditivo II”.

3.2.6. MICROSÍLICE.

Fueron 2 marcas conocidas de microsilice que se utilizaron para obtener un concreto de alta resistencia, las 2 marcas son reconocidas en todo el Perú.

- **Sika – Fume. (MICROSÍLICE I).**

Es un polvo compuesto por microsilice (Sílica Fume) de alta calidad y que acondicionado a la mezcla de concreto o mortero, disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. Sika Fume no contiene cloruros y puede utilizarse en concretos y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto. Se utiliza para concretos de alta impermeabilidad y durabilidad como también para concretos de alta resistencia (mayor a 500 kg/cm²). Ver ficha técnica (Anexo 04).

En la presente investigación la microsilice Sika Fume para efectos de investigación se llamara “Microsilice I”.

- **Euco Microsilica. (MICROSÍLICE II).**

Es un microsilice en polvo listo para usarse en concreto. Este producto reacciona químicamente con el hidróxido de calcio en la pasta de cemento, lo cual produce un gel de hidrato de silicato de calcio que mejora de manera significativa la resistencia y durabilidad. Por su alta finura, la microsilica llena el vacío entre las partículas de cemento creando un concreto muy denso y menos permeable. Se aplica principalmente para concreto de alta resistencia de gran durabilidad. Ver ficha técnica (Anexo 05).

En la presente investigación microsilice Euco Microsilica, para efectos de investigación se llamara “Microsilice II”.

3.3. DISEÑOS DE MEZCLAS PARA EL CAR.

Procedemos a la realización de los respectivos diseños de mezclas, se utilizaron 2 métodos de diseños de mezclas, del comité ACI 211.4 y el método máxima compacidad.

3.3.1. DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO DEL ACI 211.4.

El método propuesto por el comité 211.4 del ACI abarca el rango de resistencia entre 450 kgf/cm² y 840 kgf/cm², este método es aplicable a concretos de peso normal. Las consideraciones básicas de este método al igual que en el método para concretos convencionales es la determinación de la cantidad de los materiales requeridos para producir un concreto con las propiedades en estado fresco y endurecido deseadas y a un bajo costo.

El procedimiento consiste en una serie de pasos, con los cuales se debe cumplir los requerimientos de resistencia y trabajabilidad deseados, el método recomienda elaborar varias pruebas en laboratorio y en el campo hasta encontrar la mezcla deseada.

Alcances generales sobre el diseño de mezclas: El siguiente procedimiento corresponde al comité ACI-211.4, que incluyen las tablas y pasos que corresponden a los indicados en dicha norma:

- Se realizaron diseños de mezclas para las siguientes resistencias:
 - $F'c = 700 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 800 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 900 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 1000 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 1100 \text{ kgf/cm}^2$

- Como los diseños que se realizaron no contaban con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, es que se opta por utilizar la resistencia promedio requerida según la siguiente formula que indica el ACI 211.4:

$$F'_{cr} = \frac{F'_c + 98}{0.9}$$

Fórmula para hallar la resistencia promedio requerida.

- Seleccionar el tamaño máximo del agregado, basados en los requerimientos de resistencia, el tamaño máximo del agregado grueso es dado en la tabla 3.18. El ACI 318 establece que el tamaño máximo de un agregado no debe exceder:
 - 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrado.
 - 1/3 del peralte de la losa.
 - 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de esfuerzo, paquetes de barra, torones y ductos de presfuerzo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
menor a < 630	3/4" - 1"
mayor a > 630	3/8" - 1/2"

Tabla 3.18. Cuadro para hallar el Tamaño Máximo Nominal del Agregado - (Fuente ACI).

Se decidió trabajar con un **TMN de 1/2 pulgada**, ya que como buscamos resistencias mayores a 630 el ACI 211.4 nos indica que tenemos que utilizar agregado con tamaño máximo nominal de 1/2" o de 3/8" de pulgada.

- El Seleccionar el slump y la resistencia del concreto requeridos, valores recomendados para el slump se muestran en la tabla 3.19. A pesar que un concreto de alta resistencia es producido exitosamente con la adición de un superplastificante sin una medida inicial del slump, es recomendado un slump de 1 a 2” antes de adicionar el superplastificante. Esto asegurará una adecuada cantidad de agua para la mezcla y permitirá que el superplastificante sea efectivo.

Para un concreto elaborado sin superplastificante es recomendado un slump entre 2 a 4”, este puede ser escogido de acuerdo al trabajo a realizarse. Concretos con menos de 2” de slump son difíciles de consolidar dado el alto contenido de agregado grueso y materiales cementicios.

* SP: Superplastificante

Slump con Superplastificante	Slump sin Superplastificante
1" - 2"	2" - 4"

Tabla 3.19. Slump recomendado para concretos de Alta Resistencia con y sin superplastificante -(Fuente ACI).

- Seleccionar el contenido óptimo de agregado grueso, el óptimo contenido del agregado grueso depende de su resistencia característica y tamaño máximo. El contenido optimo recomendado de agregado grueso, expresado como una fracción del peso unitario compactado, es dado en la tabla 3.20, como una función del tamaño máximo nominal.

El peso seco del agregado grueso por m³ de concreto puede ser calculado usando la siguiente ecuación:

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = \%Psag * P.U.C.$$

(Ecuación3.1.)

En un proporcionamiento de una mezcla de concreto normal, el contenido óptimo de agregado grueso esta dado como una función del tamaño máximo y del módulo de fineza del agregado fino. Las mezclas de concretos de alta resistencia, sin embargo, tienen un alto contenido de materiales cementicios, y por lo tanto no son dependientes del agregado fino para lograr la lubricación y compactación de la mezcla. Por supuesto los valores dados en la tabla 3.20, son recomendados para arenas que tienen un módulo de finura entre 2.5 a 3.2.

Volumen de Agregado Grueso por unidad de volumen de concreto (Para Ag. Fino con módulo de finura entre 2.5 - 3.2)				
Tamaño nominal máximo	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Fracción volumétrica Psag	0.65	0.68	0.72	0.75

Tabla 3.20. Cuadro de volumen de agregado grueso según el tamaño máximo nominal del agregado grueso – (Fuente ACI).

- Estimar el agua de mezcla y el contenido de aire, la cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir un slump dado es dependiente del tamaño máximo, forma de las partículas, gradación del agregado, cantidad de cemento y tipo de plastificante o superplastificante usados. Si se usa un superplastificante, el contenido de agua en este aditivo es tomado en cuenta para el cálculo de la relación agua/cemento: La tabla 3.21, da una primera estimación del agua de mezclado requerida para concretos elaborados con agregados de tamaño máximo entre 1" y 3/8", esta cantidad de agua es estimada sin la adición del aditivo, en la misma tabla también se da los valores estimado de aire atrapado.

Estas cantidades de agua de mezclado son máximas para un agregado bien gradado, angular y limpio que cumple con los límites de la norma ASTM C-33. Dado que la forma de las partículas y la textura superficial del agregado fino puede

influenciar significativamente su contenido de vacíos, el requerimiento de agua de mezclado puede ser diferente de los valores dados.

Los valores dados en la tabla 3.21, son aplicables cuando el agregado fino usado tiene un contenido de vacíos igual a 35%, el contenido de vacíos del agregado fino puede ser calculado usando la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de vacíos, } V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}} \right) \cdot 100$$

(Ecuación 3.2.)

Cuando el contenido de vacíos del agregado fino no es 35%, es necesario un ajuste a la cantidad de agua de mezclado, este ajuste puede ser calculado usando la siguiente ecuación:

$$\text{Ajuste del agua de mezclado, } A, \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35)$$

(Ecuación 3.3.)

Usando la ecuación 3.3. Obtenemos un ajuste de 4.72 kg/m³ por cada punto porcentual del contenido de vacíos de la arena.

Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
3"-4"	195	189	180	177
	Aire Atrapado			
Sin superplastificante	3.0%	2.5%	2.0%	1.5%
Con superplastificante	2.5%	2.0%	1.5%	1.0%

Tabla 3.21. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire - (Fuente ACI).

- Seleccionar la relación agua/materiales cementicios, en la tabla 3.22, valores máximos recomendados para la relación agua/materiales cementicios son mostrados en función del tamaño máximo del agregado para alcanzar diferentes resistencias a compresión en 28 o 56 días. Los valores dados en la tabla 3.22, son para concretos elaborados con superplastificante.

Resistencia promedio F'_{cr} * kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
		3/8"	1/2"	3/4"	1"
500	28	0.49	0.47	0.45	0.42
550	28	0.44	0.42	0.40	0.39
600	28	0.40	0.38	0.36	0.35
650	28	0.36	0.35	0.33	0.32
700	28	0.33	0.32	0.31	0.30
750	28	0.31	0.30	0.28	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25	0.25

Tabla 3.22. Relación Agua/Materiales cementicios para concretos con superplastificante – (Fuente ACI).

Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla 3.22 con un valor de $0.9 (F'_{cr})$.

- Cálculo del contenido de material cementicio, el peso del material cementicio requerido por m³ de concreto puede ser determinado por la división de la cantidad de agua de mezclado entre la relación a/c seleccionada. Sin embargo si las especificaciones incluyen un límite mínimo en la cantidad de material cementicio por m³, este debe ser cumplido.
- Proporcionamiento de la mezcla de prueba base, para determinar las proporciones óptimas primero se debe realizar una mezcla base, los siguientes pasos deben ser seguidos para completar la mezcla:

Contenido de cemento.- Para esta mezcla, el peso del cemento será igual al calculado en el paso anterior.

Contenido del agregado fino se calcula después de determinar los pesos por m^3 de agregado grueso, cemento, agua, y contenido de aire atrapado, el contenido de agregado fino puede ser calculado usando el método de volúmenes absolutos.

- Ya habiendo hallado el diseño de mezclas en estado seco, se procedió a realizar la corrección por humedad utilizando el contenido de humedad y la absorción del agregado grueso y fino.
- Ya teniendo la corrección por humedad, ya tenemos el diseño final para emplear en el respectivo vaciado.
- La cantidad de superplastificante a utilizarse es un porcentaje ente los 0.5% hasta un 2% del peso del cemento a utilizarse, según indican sus respectivas fichas de cada marca de aditivo.
- La cantidad de la microsílíce a utilizarse es un porcentaje ente los 5% hasta un 15% del peso del cemento a utilizarse, según indican sus respectivas fichas de cada marca de la microsílíce.

PROPIEDADES DEL CEMENTO, AGUA Y AGREGADOS		
Cemento		
Marca y tipo	Yura IP	
Procedencia	Arequipa	
Peso Específico (Kg/m ³)	2850.00	
Agua:		
Agua potable	Si	
Peso Específico (Kg/m ³)	1000.00	
Agregados		
Propiedades	Fino	Grueso
Cantera	PODEROSA	PODEROSA
P.U. suelto seco (Kg/m ³)	1667.46	1441.65
P.U. varillado (Kg/m ³)	1774.34	1582.40
P.E. de masa (Kg/m ³)	2698.21	2717.65
Módulo de fineza	2.593	6.120
Absorción	1.64%	1.44%
Contenido de Humedad	0.31%	0.19%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	1/2"

Tabla 3.23. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños del ACI 211.4.

Con las propiedades del cemento, agua y agregados procedemos a realizar los diseños de mezclas según en método del comité 211 ACI. Para resistencias de $F'c = 700, 800, 900, 1000, 1100 \text{ kgf/cm}^2$.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI 211.4 $F'c = 700 \text{ kgf/cm}^2$

A) Resistencia Promedio Requerida ($F'cr$).

$F'c =$	700	kgf/cm²
$F'cr = \frac{F'c + 98}{0.9}$		
$F'cr =$	886.7	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Selección del Contenido Optimo del Agregado Grueso.

Volumen de Agregado Grueso por unidad de volumen de concreto (Para Ag. Fino con módulo de finura entre 2.5 - 3.2)			
Tamaño nominal máximo	3/8"	1/2"	3/4"
Fracción volumétrica Psag.	0.65	0.68	0.72
Peso del Agr. Grueso (Vol.* P.U. Varillado)	1076.03	kg.	

E) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.				
Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para			
	Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}}\right) \cdot 100$	$V =$	34.2	%
--	-------	-------------	----------

Ajustamos el agua del mezclado

$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35)$	$A =$	-3.6	kg/m³
--	-------	-------------	-------------------------

Contenido de agua final	179.4	kg/m³
Aire atrapado %	2.0	%

F) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante				
Resistencia promedio F'_{cr} * kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25
$F'_{cr} =$	886.7	$F'_{cr} =$	798.0	kgf/cm ²
$F'_{cr} =$	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'_{cr}).		
750	0.30			
798.00	0.281			
800	0.28			

G) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.281	
Contenido de Cemento	638.94	kg.

H) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	638.94	2850.00	0.224	0.820
Agr. Grueso	1076.03	2717.65	0.396	
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

I) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.180	m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)	486.909	kg.

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	638.936	1.00
Agr. Fino	486.909	0.76
Agr. Grueso	1076.032	1.68
Agua	179.413	0.28

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	638.94	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	488.42	kg/m ³	32.49	kg/bolsa
Agr. Grueso	1078.08	kg/m ³	71.71	kg/bolsa
Agua	199.34	Lt/m ³	13.26	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	A/C	Superplas.
1.0	0.76	1.69	0.31	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI 211.4 F'c = 800 kgf/cm²

A) Resistencia Promedio Requerida (F'cr).

F'c =	800	kgf/cm²
$F'cr = \frac{F'c + 98}{0.9}$		
F'cr =	997.8	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Selección del Contenido Optimo del Agregado Grueso.

Volumen de Agregado Grueso por unidad de volumen de concreto (Para Ag. Fino con módulo de finura entre 2.5 - 3.2)			
Tamaño nominal máximo	3/8"	1/2"	3/4"
Fracción volumétrica Psag	0.65	0.68	0.72
Peso del Agr. Grueso (Vol.* P.U. Varillado)	1076.03	kg.	

E) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.				
Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para			
	Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}}\right) \cdot 100$	V =	34.2	%
--	------------	-------------	----------

Ajustamos el agua del mezclado

$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35)$	A =	-3.6	kg/m³
--	------------	-------------	-------------------------

Contenido de agua final	179.4	kg/m ³
Aire atrapado %	2.0	%

F) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante				
Resistencia promedio F'_{cr} * kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25
$F'_{cr} =$	997.8	$F'_{cr} =$	898.0	kgf/cm ²
$F'_{cr} =$	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'_{cr}).		
800	0.28			
898.00	0.241			
850	0.26			

G) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.241	
Contenido de Cemento	745.07	kg.

H) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	745.07	2850.00	0.261	0.857
Agr. Grueso	1076.03	2717.65	0.396	
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

I) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.143	m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)	386.427	kg.

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	745.072	1.00
Agr. Fino	386.427	0.52
Agr. Grueso	1076.032	1.44
Agua	179.413	0.24

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	745.07	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	387.62	kg/m ³	22.11	kg/bolsa
Agr. Grueso	1078.08	kg/m ³	61.50	kg/bolsa
Agua	198.00	Lt/m ³	11.29	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	AC	Superplas.
1.0	0.52	1.45	0.27	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI 211.4 F'c = 900 kgf/cm²

A) Resistencia Promedio Requerida (F'cr).

F'c =	900	kgf/cm²
$F'cr = \frac{F'c + 98}{0.9}$		
F'cr =	1108.9	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Selección del Contenido Optimo del Agregado Grueso.

Volumen de Agregado Grueso por unidad de volumen de concreto (Para Ag. Fino con módulo de finura entre 2.5 - 3.2)			
Tamaño nominal máximo	3/8"	1/2"	3/4"
Fracción volumétrica Psag	0.65	0.68	0.72
Peso del Agr. Grueso (Vol.* P.U. Varillado)	1076.03	kg.	

E) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.				
Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para			
	Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}} \right) \cdot 100$$

V =	34.2	%
------------	-------------	----------

Ajustamos el agua del mezclado

$$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35)$$

A =	-3.6	kg/m³
------------	-------------	-------------------------

Contenido de agua final	179.4	kg/m ³
Aire atrapado %	2.0	%

F) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante				
Resistencia promedio F'_{cr} * kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25
$F'_{cr} =$	1108.9	$F'_{cr} =$	998.0	kgf/cm ²
$F'_{cr} =$	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'_{cr} *).		
800	0.28			
998.00	0.201			
850	0.26			

G) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.201	
Contenido de Cemento	893.49	kg.

H) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	893.49	2850.00	0.314	0.909
Agr. Grueso	1076.03	2717.65	0.396	
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

I) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.091	m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)	245.911	kg.

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	893.493	1.00
Agr. Fino	245.911	0.28
Agr. Grueso	1076.032	1.20
Agua	179.413	0.20

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	893.49	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	246.67	kg/m ³	11.73	kg/bolsa
Agr. Grueso	1078.08	kg/m ³	51.28	kg/bolsa
Agua	196.13	Lt/m ³	9.33	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	A/C	Superplas.
1.0	0.28	1.21	0.22	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI 211.4 F'c = 1000 kgf/cm²

A) Resistencia Promedio Requerida (F'cr).

F'c =	1000	kgf/cm²
$F'cr = \frac{F'c + 98}{0.9}$		
F'cr =	1220.0	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Selección del Contenido Optimo del Agregado Grueso.

Volumen de Agregado Grueso por unidad de volumen de concreto (Para Ag. Fino con módulo de finura entre 2.5 - 3.2)			
Tamaño nominal máximo	3/8"	1/2"	3/4"
Fracción volumétrica Psag	0.65	0.68	0.72
Peso del Agr. Grueso (Vol.* P.U. Varillado)	1076.03	kg.	

E) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.				
Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para			
	Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}} \right) \cdot 100 \quad V = 34.2 \quad \%$$

Ajustamos el agua del mezclado

$$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35) \quad A = -3.6 \quad \text{kg/m}^3$$

Contenido de agua final	179.4	kg/m ³
Aire atrapado %	2.0	%

F) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante				
Resistencia promedio F'_{cr} * kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25
$F'_{cr} =$	1220.0	$F'_{cr} =$	1098.0	kgf/cm ²
$F'_{cr} =$	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'_{cr}).		
800	0.28			
1098.00	0.161			
850	0.26			

G) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.161	
Contenido de Cemento	1115.75	kg.

H) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	1115.75	2850.00	0.391	0.987
Agr. Grueso	1076.03	2717.65	0.396	
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

I) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.013	m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)	35.486	kg.

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	1115.754	1.00
Agr. Fino	35.486	0.03
Agr. Grueso	1076.032	0.96
Agua	179.413	0.16

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	1115.75	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	35.60	kg/m ³	1.36	kg/bolsa
Agr. Grueso	1078.08	kg/m ³	41.06	kg/bolsa
Agua	193.34	Lt/m ³	7.36	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	A/C	Superplas.
1.0	0.03	0.97	0.17	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI 211.4 $F'c = 1100 \text{ kgf/cm}^2$

A) Resistencia Promedio Requerida ($F'cr$).

$F'c =$	1100	kgf/cm²
	$F'cr = \frac{F'c + 98}{0.9}$	
$F'cr =$	1331.1	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Selección del Contenido Optimo del Agregado Grueso.

Volumen de Agregado Grueso por unidad de volumen de concreto (Para Ag. Fino con módulo de finura entre 2.5 - 3.2)			
Tamaño nominal máximo	3/8"	1/2"	3/4"
Fracción volumétrica Psag	0.65	0.68	0.72
Peso del Agr. Grueso (Vol.* P.U. Varillado)	1076.03	kg.	

E) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.				
Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para			
	Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}} \right) \cdot 100$$

$V =$	34.2	%
-------	-------------	----------

Ajustamos el agua del mezclado

$$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35)$$

$A =$	-3.6	kg/m³
-------	-------------	-------------------------

Contenido de agua final	179.4	kg/m³
Aire atrapado %	2.0	%

F) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante				
Resistencia promedio F'_{cr} * kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25

$F'_{cr} =$	1331.1	$F'_{cr} =$	1198.0	kgf/cm ²
-------------	--------	-------------	--------	---------------------

$F'_{cr} =$	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'_{cr}).
800	0.28	
1198.00	0.121	
850	0.26	

G) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.121	
Contenido de Cemento	1485.21	kg.

H) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	1485.21	2850.00	0.521	1.116
Agr. Grueso	1076.03	2717.65	0.396	
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

I) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	-0.116	m ³
Peso del Agr. Fino (Vol. * P.E. masa)	-314.292	kg.

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	1485.209	1.00
Agr. Fino	-314.292	-0.21
Agr. Grueso	1076.032	0.72
Agua	179.413	0.12

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	1485.21	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	-315.27	kg/m ³	-9.02	kg/bolsa
Agr. Grueso	1078.08	kg/m ³	30.85	kg/bolsa
Agua	188.68	Lt/m ³	5.40	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	AC	Superplas.
1.0	-0.21	0.73	0.13	0.5 - 2.0%

RESUMEN DISEÑOS DE MEZCLAS POR EL MÉTODO DEL ACI 211.4.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO COMITÉ ACI 211.4										
Materiales	F' _c =700		F' _c =800		F' _c =900		F' _c =1000		F' _c =1100	
	F' _{cr} =886.7		F' _{cr} =997.8		F' _{cr} =1108.9		F' _{cr} =1220.0		F' _{cr} =1331.1	
	kg/m ³	Diseño	kg/m ³	Diseño	kg/m ³	Diseño	kg/m ³	Diseño	kg/m ³	Diseño
Cemento	638.94	1.00	745.07	1.00	893.49	1.00	1115.75	1.00	1485.21	1.00
Agr. Fino	488.42	0.76	387.62	0.52	246.67	0.28	35.60	0.03	-315.27	-0.21
Agr. Grueso	1078.08	1.69	1078.08	1.45	1078.08	1.21	1078.08	0.97	1078.08	0.73
Agua	199.34	0.31	198.00	0.27	196.13	0.22	193.34	0.17	188.68	0.13

Tabla 3.24. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método del comité ACI 211.4.

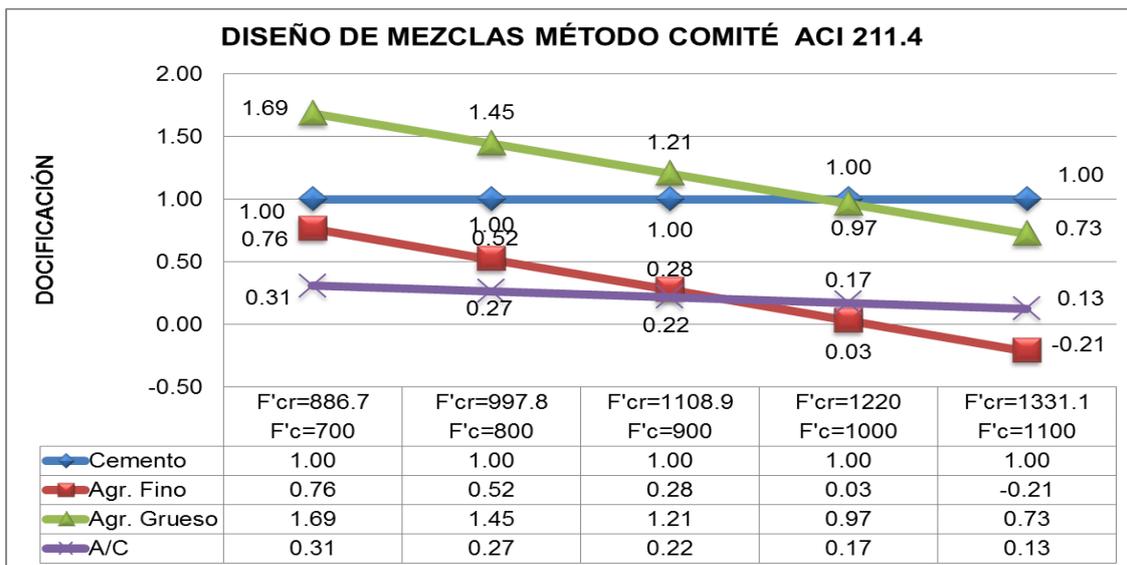


Figura 3.4. Vista de la dosificación por del método comité ACI 211.4, para cada resistencia requerida.

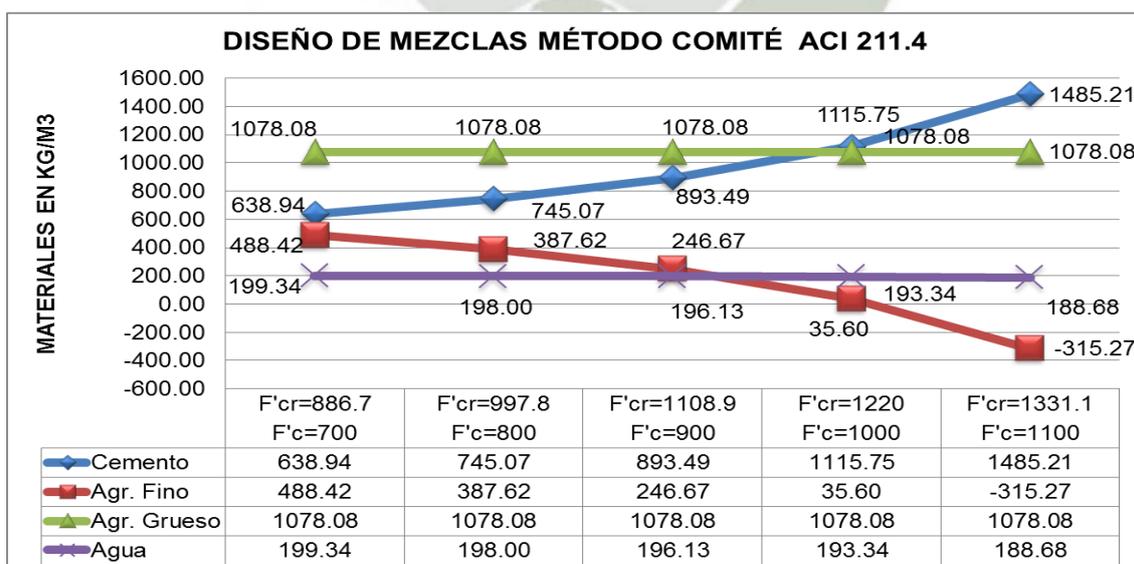


Figura 3.5. Vista de la dosificación en Kg/m3 para cada resistencia ACI 211.4.

3.3.2. DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO MÁXIMA COMPACIDAD.

Alcances generales sobre el diseño de mezclas: El siguiente procedimiento corresponde al diseño por el método de Máxima Compacidad, que incluyen las tablas y pasos que se realizaron para hallar el diseño de mezclas.

Se realizó el método de máxima compacidad de la combinación de los agregados mediante ensayos de laboratorio, para alcanzar el mejor acomodo de las partículas de agregado fino y grueso que ayuda a conseguir un concreto de mayor resistencia.

Calculo del volumen del Proctor donde se realizó la combinación de agregados para hallar la máxima compacidad.

$$V = \left(\frac{(\pi * D^2)}{4} \right) * H = V = m^3$$

Vol. del proctor 1/3 pie ³			
Altura	H=	0.2920	m
Diámetro	D=	0.2030	m
Volumen	V=	0.00945	m³

Tabla 3.25. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario compactado de la combinación de agregado.

MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD DE AGREGADOS COMBINADOS						
Cantera: "LA PODEROSA"				Vol. del proctor 1/3 pie ³		
Muestra	Grueso	Fino	Peso + Proctor	Peso Proctor	Peso (Kg.)	P.U.C. (Kg.)
M1	60.0%	40.0%	23.055	5.205	17.850	1888.75
M2	57.5%	42.5%	23.120	5.205	17.915	1895.62
M3	55.0%	45.0%	23.225	5.205	18.020	1906.73
M4	52.5%	47.5%	23.370	5.205	18.165	1922.08
M5	50.0%	50.0%	23.405	5.205	18.200	1925.78
M6	47.5%	52.5%	23.265	5.205	18.060	1910.97
M7	45.0%	55.0%	23.095	5.205	17.890	1892.98
M8	42.5%	57.5%	23.015	5.205	17.810	1884.51
M9	40.0%	60.0%	22.955	5.205	17.750	1878.16

Tabla 3.26. Tabla del P.U.C. para hallar la máxima compacidad de agregado combinados.

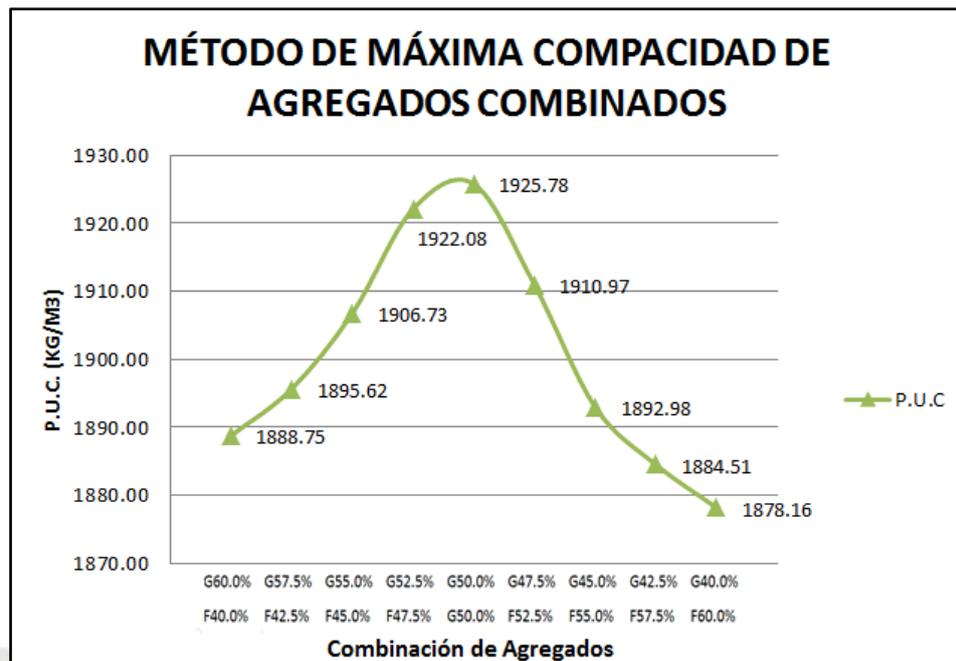


Figura 3.6. Grafica del P.U.C vs. Porcentaje de agregado combinados.

Según la Figura 3.6., se observa que máxima compacidad de agregados combinados es en el orden de un 51% de agregado grueso y un 49 % de agregado fino el cual se utilizara como dato para hallar los volúmenes de agregado grueso y fino en los diseños de mezclas.

- Se realizaron diseños de mezclas para las siguientes resistencias:
 - $F'c = 700 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 800 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 900 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 1000 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 1100 \text{ kgf/cm}^2$

- Como los diseños que se realizaron no contaban con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, es que se opta por utilizar la resistencia promedio requerida.

$$F'_{cr} = \frac{F'_c + 98}{0.9}$$

Fórmula para hallar la resistencia promedio requerida.

- Seleccionar el tamaño máximo del agregado, basados en los requerimientos de resistencia, el tamaño máximo del agregado grueso es dado en la tabla 3.18. El ACI 318 establece que el tamaño máximo de un agregado no debe exceder:
 - 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrado.
 - 1/3 del peralte de la losa.
 - 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de esfuerzo, paquetes de barra, torones y ductos de presfuerzo.
- Se decidió trabajar con un **TMN de 1/2 pulgada** (según la Tabla 3.18), ya que como buscamos resistencias mayores a 630 el ACI 211.4 nos indica que tenemos que utilizar agregado con tamaño máximo nominal de 1/2" o de 3/8" de pulgada.
- El asentamiento que se utilizó fue para columnas que el slump permitido es de **1 a 2 pulgadas** como se muestra en la **tabla 3.19**.
- Para hallar el contenido de aire atrapado se basa en una tabla la cual depende del tamaño máximo nominal de nuestro agregado grueso el cual es de 1/2 pulgada y por consiguiente el porcentaje con el cual se trabaja de **aire atrapado es de 2.0%**. Según la **tabla 3.21**.
- El asentamiento que se utilizó para el volumen de agua fue el de 2 a 3 pulgadas y el tamaño máximo nominal del agregado

que es de 1/2 pulgada. Por lo tanto la cantidad de agua para el agregado es de $183\text{Lt}/\text{m}^3$, **según la tabla 3.21.**

- Se procede a calcular la relación agua cemento según la resistencia requerida con la siguiente tabla, para poder hallar el contenido del cemento. Según la **tabla 3.22.**

Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla 3.22 con un valor de 0.9 (F'_{cr*}).

- Se procede a calcular el volumen absoluto de masa con el cemento, agua y aire, por diferencia de volúmenes se halla el volumen sobrante el cual será tomado por el agregado grueso y fino.
- Se procede a calcular el volumen del agregado grueso y fino, este volumen está determinado por el método de máxima compacidad por agregado combinados el cual es un 51% de agregado grueso y un 49% de agregado fino.
- Ya habiendo hallado el diseño de mezclas en estado seco, se procedió a realizar la corrección por humedad utilizando el contenido de humedad y la absorción del agregado grueso y fino.
- Ya teniendo la corrección por humedad, ya tenemos el diseño final para emplear en el respectivo vaciado.
- La cantidad del aditivo a utilizarse es un porcentaje entre el 0.5% hasta un 2% del peso del cemento a utilizarse, según indican sus respectivas fichas de cada marca de aditivo.

PROPIEDADES DEL CEMENTO, AGUA Y AGREGADOS		
Cemento		
Marca y tipo	Yura IP	
Procedencia	Arequipa	
Peso Específico (Kg/m ³)	2850.00	
Agua:		
Agua potable	Si	
Peso Específico (Kg/m ³)	1000.00	
Agregados		
Propiedades	Fino	Grueso
Cantera	PODEROSA	PODEROSA
P.U. suelto seco (Kg/m ³)	1667.46	1441.65
P.U. varillado (Kg/m ³)	1774.34	1582.40
P.E. de masa (Kg/m ³)	2698.21	2717.65
Módulo de fineza	2.593	6.120
Absorción	1.64%	1.44%
Contenido de Humedad	0.31%	0.19%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	1/2"

Tabla 3.27. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños de Máxima compacidad.

Con las propiedades del cemento, agua y agregados procedemos a realizar los diseños de mezclas según en método del comité 211 ACI. Para resistencias de $F'c = 700, 800, 900, 1000, 1100 \text{ kgf/cm}^2$

DISEÑO MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD $F'c = 700 \text{ kgf/cm}^2$

A) Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$).

$F'c =$	700	kgf/cm²
	$F'cr = \frac{F'c + 98}{0.9}$	
$F'cr =$	886.7	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.

Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171

Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}} \right) \cdot 100$$

$V =$	34.2	%
-------	-------------	----------

Ajustamos el agua del mezclado

$$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35)$$

$A =$	-3.6	kg/m³
-------	-------------	-------------------------

Contenido de agua final	179.4	kg/m³
Aire atrapado %	2.0	%

E) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante				
Resistencia promedio $F'cr^*$ kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25

F'cr =	886.7	F'cr* =	798.0	kgf/cm ²
F'cr =	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'cr*).		
750	0.30			
798.00	0.281			
800	0.28			

F) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.281	
Contenido de Cemento	638.94	kg.

G) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	638.94	2850.00	0.224	0.424
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

H) Volúmen del Agregado Fino y del Agregado Grueso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.576	m ³
Volumen de Agregado Fino 49%	0.282	m ³
Volumen de Agregado Grueso 51%	0.294	m ³

I) Cálculo Peso en estado seco del Agregado Fino y grueso

Peso seco Agr. Fino (Vol.*P.E. masa)	762.070	kg/m ³
Peso seco Agr. Grueso (Vol.*P.U.Varillado)	465.167	kg/m ³

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	638.936	1.00
Agr. Fino	762.070	1.19
Agr. Grueso	465.167	0.73
Agua	179.413	0.28

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	638.94	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	764.43	kg/m ³	50.85	kg/bolsa
Agr. Grueso	466.05	kg/m ³	31.00	kg/bolsa
Agua	195.36	Lt/m ³	12.99	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	A/C	Superplas.
1.0	1.20	0.73	0.31	0.5 - 2.0%

DISEÑO MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD $F'c = 800 \text{ kgf/cm}^2$

A) Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$).

$F'c =$	800	kgf/cm²
$\frac{F'cr = F'c + 98}{0.9}$		
$F'cr =$	997.8	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.

Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}} \right) \cdot 100$$

$V =$	34.2	%
-------	-------------	----------

Ajustamos el agua del mezclado

$$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35)$$

$A =$	-3.6	kg/m³
-------	-------------	-------------------------

Contenido de agua final	179.4	kg/m ³
Aire atrapado %	2.0	%

E) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante				
Resistencia promedio $F'cr^*$ kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25

F'cr =	997.8	F'cr* =	898.0	kgf/cm ²
F'cr =	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'cr*).		
800	0.28			
898.00	0.241			
850	0.26			

F) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.241	
Contenido de Cemento	745.07	kg.

G) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	745.07	2850.00	0.261	0.461
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

H) Volúmen del Agregado Fino y del Agregado Grueso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.539	m ³
Volumen de Agregado Fino 49%	0.264	m ³
Volumen de Agregado Grueso 51%	0.275	m ³

I) Cálculo Peso en estado seco del Agregado Fino y grueso

Peso seco Agr. Fino (Vol.*P.E. masa)	712.833	kg/m ³
Peso seco Agr. Grueso (Vol.*P.U.Varillado)	435.113	kg/m ³

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	745.072	1.00
Agr. Fino	712.833	0.96
Agr. Grueso	435.113	0.58
Agua	179.413	0.24

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	745.07	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	715.04	kg/m ³	40.79	kg/bolsa
Agr. Grueso	435.94	kg/m ³	24.87	kg/bolsa
Agua	194.33	Lt/m ³	11.09	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	A/C	Superplas.
1.0	0.96	0.59	0.26	0.5 - 2.0%

DISEÑO MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD $F'c = 900 \text{ kgf/cm}^2$

A) Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$).

$F'c =$	900	kgf/cm²
	$\frac{F'cr = F'c + 98}{0.9}$	
$F'cr =$	1108.9	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.

Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}} \right) \cdot 100 \quad V = 34.2 \quad \%$$

Ajustamos el agua del mezclado

$$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35) \quad A = -3.6 \quad \text{kg/m}^3$$

Contenido de agua final	179.4	kg/m ³
Aire atrapado %	2.0	%

E) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante				
Resistencia promedio $F'cr^*$ kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25

F'cr =	1108.9	F'cr* =	998.0	kgf/cm ²
F'cr =	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'cr*).		
800	0.28			
998.00	0.201			
850	0.26			

F) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.201	
Contenido de Cemento	893.49	kg.

G) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	893.49	2850.00	0.314	0.513
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

H) Volúmen del Agregado Fino y del Agregado Grueso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.487	m ³
Volumen de Agregado Fino 49%	0.239	m ³
Volumen de Agregado Grueso 51%	0.248	m ³

I) Cálculo Peso en estado seco del Agregado Fino y grueso

Peso seco Agr. Fino (Vol.*P.E. masa)	643.980	kg/m ³
Peso seco Agr. Grueso (Vol.*P.U.Varillado)	393.086	kg/m ³

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	893.493	1.00
Agr. Fino	643.980	0.72
Agr. Grueso	393.086	0.44
Agua	179.413	0.20

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	893.49	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	645.98	kg/m ³	30.73	kg/bolsa
Agr. Grueso	393.83	kg/m ³	18.73	kg/bolsa
Agua	192.89	Lt/m ³	9.18	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	A/C	Superplas.
1.0	0.72	0.44	0.22	0.5 - 2.0%

DISEÑO MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD $F'c = 1000 \text{ kgf/cm}^2$

A) Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$).

$F'c =$	1000	kgf/cm²
	$\frac{F'cr = F'c + 98}{0.9}$	
$F'cr =$	1220.0	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.

Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}}\right) \cdot 100$	$V =$	34.2	%
--	-------	-------------	----------

Ajustamos el agua del mezclado

$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35)$	$A =$	-3.6	kg/m³
--	-------	-------------	-------------------------

Contenido de agua final	179.4	kg/m ³
Aire atrapado %	2.0	%

E) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante

Resistencia promedio $F'cr^*$ kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25

F'cr =	1220.0	F'cr* =	1098.0	kgf/cm ²
F'cr =	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'cr*).		
800	0.28			
1098.00	0.161			
850	0.26			

F) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.161	
Contenido de Cemento	1115.75	kg.

G) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	1115.75	2850.00	0.391	0.591
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

H) Volúmen del Agregado Fino y del Agregado Grueso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.409	m ³
Volumen de Agregado Fino 49%	0.200	m ³
Volumen de Agregado Grueso 51%	0.209	m ³

I) Cálculo Peso en estado seco del Agregado Fino y grueso

Peso seco Agr. Fino (Vol.*P.E. masa)	540.872	kg/m ³
Peso seco Agr. Grueso (Vol.*P.U.Varillado)	330.149	kg/m ³

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	1115.754	1.00
Agr. Fino	540.872	0.48
Agr. Grueso	330.149	0.30
Agua	179.413	0.16

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	1115.75	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	542.55	kg/m ³	20.67	kg/bolsa
Agr. Grueso	330.78	kg/m ³	12.60	kg/bolsa
Agua	190.73	Lt/m ³	7.27	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	A/C	Superplas.
1.0	0.49	0.30	0.17	0.5 - 2.0%

DISEÑO MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD $F'c = 1100 \text{ kgf/cm}^2$

A) Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$).

$F'c =$	1100	kgf/cm²
	$\frac{F'cr = F'c + 98}{0.9}$	
$F'cr =$	1331.1	kgf/cm²

B) Asentamiento :

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R.	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Slump con Superplastificante	1"	2"
Slump sin Superplastificante	2"	4"

C) Verificación y selección del Tamaño Nominal Máximo.

Resistencia requerida del concreto (kgf/cm ²)	Tamaño máximo del agregado
resistencia menor a < 630	3/4" - 1"
resistencia mayor a > 630	3/8" - 1/2"

TNM=	1/2"	pulg.
-------------	-------------	--------------

D) Estimación de agua de mezclado y contenido de aire

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire basado en el uso de una arena con 35% de vacíos.

Slump	Agua de mezclado en kg/m ³ para Tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1"-2"	183	174	168	165
2"-3"	189	183	174	171
Aire Atrapado %				
Sin Superplas.	3.0	2.5	2.0	1.5
Con Superplas.	2.5	2.0	1.5	1.0

Calculamos el contenido de vacíos de arena

$$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C.}{\text{Peso específico}} \right) \cdot 100$$

$V =$	34.2	%
-------	-------------	----------

Ajustamos el agua del mezclado

$$A \text{ kg/m}^3 = 4.72 \cdot (V - 35)$$

$A =$	-3.6	kg/m³
-------	-------------	-------------------------

Contenido de agua final	179.4	kg/m ³
Aire atrapado %	2.0	%

E) Selección de la Relación Agua / Materiales Cementicios.

Relación Agua/Materiales cementicios con superplastificante				
Resistencia promedio $F'cr^*$ kgf/cm ²	Edad (días)	Relación a/mc para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados.		
		3/8"	1/2"	3/4"
750	28	0.31	0.30	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25

F'cr =	1331.1	F'cr* =	1198.0	kgf/cm ²
F'cr =	a/mc	Nota: La resistencia promedio requerida deberá ser reajustada para usar la tabla con 0.9 (F'cr*).		
800	0.28			
1198.00	0.121			
850	0.26			

F) Contenido de Materiales Cementicios

Contenido de agua	179.4	Lt/m ³
Relación agua/ materiales cemento (a/mc)	0.121	
Contenido de Cemento	1485.21	kg.

G) Volúmenes Absolutos de Material sin contar el Agregado Fino.

Material	Pesos (kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	1485.21	2850.00	0.521	0.721
Agua	179.41	1000.00	0.179	
Aire	2.00		0.020	

H) Volúmen del Agregado Fino y del Agregado Grueso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.279	m ³
Volumen de Agregado Fino 49%	0.137	m ³
Volumen de Agregado Grueso 51%	0.143	m ³

I) Cálculo Peso en estado seco del Agregado Fino y grueso

Peso seco Agr. Fino (Vol.*P.E. masa)	369.481	kg/m ³
Peso seco Agr. Grueso (Vol.*P.U.Varillado)	225.531	kg/m ³

J) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	1485.209	1.00
Agr. Fino	369.481	0.25
Agr. Grueso	225.531	0.15
Agua	179.413	0.12

K) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	1485.21	kg/m ³	42.50	kg/bolsa
Agr. Fino	370.63	kg/m ³	10.61	kg/bolsa
Agr. Grueso	225.96	kg/m ³	6.47	kg/bolsa
Agua	187.15	Lt/m ³	5.36	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	A/C	Superplas.
1.0	0.25	0.15	0.13	0.5 - 2.0%

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DEL MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO MÁXIMA COMPACIDAD										
Materiales	F'c=700		F'c=800		F'c=900		F'c=1000		F'c=1100	
	F'cr=886.7		F'cr=997.8		F'cr=1108.9		F'cr=1220.0		F'cr=1331.1	
	kg/m ³	Diseño								
Cemento	638.94	1.00	745.07	1.00	893.49	1.00	1115.75	1.00	1485.21	1.00
Agr. Fino	764.43	1.20	715.04	0.96	645.98	0.72	542.55	0.49	370.63	0.25
Agr. Grueso	466.05	0.73	435.94	0.59	393.83	0.44	330.78	0.30	225.96	0.15
Agua	195.36	0.31	194.33	0.26	192.89	0.22	190.73	0.17	187.15	0.13

Tabla 3.28. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método Máxima Compacidad.

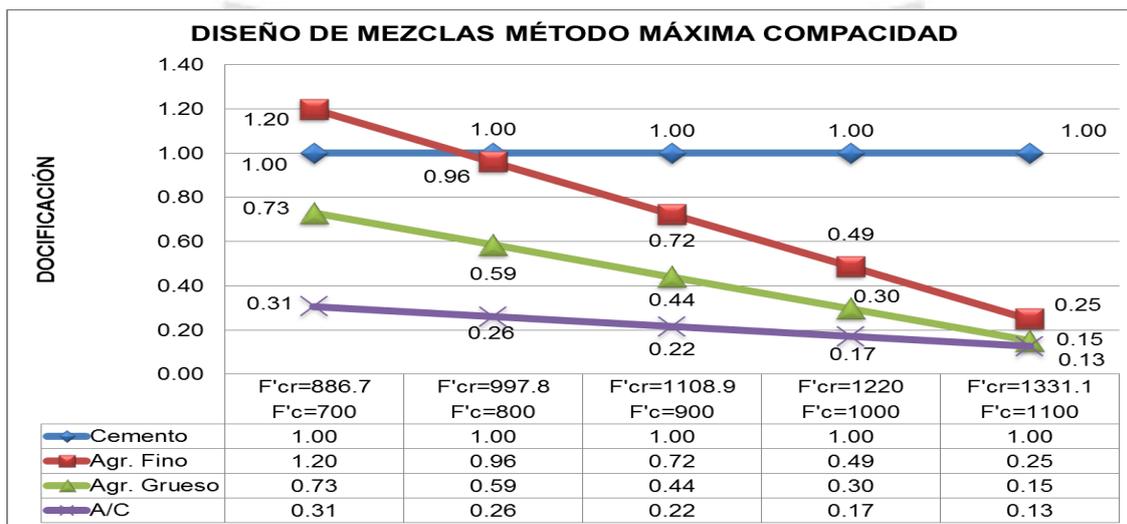


Figura 3.7. Vista de la dosificación por del método de Máxima Compacidad, para cada resistencia requerida.

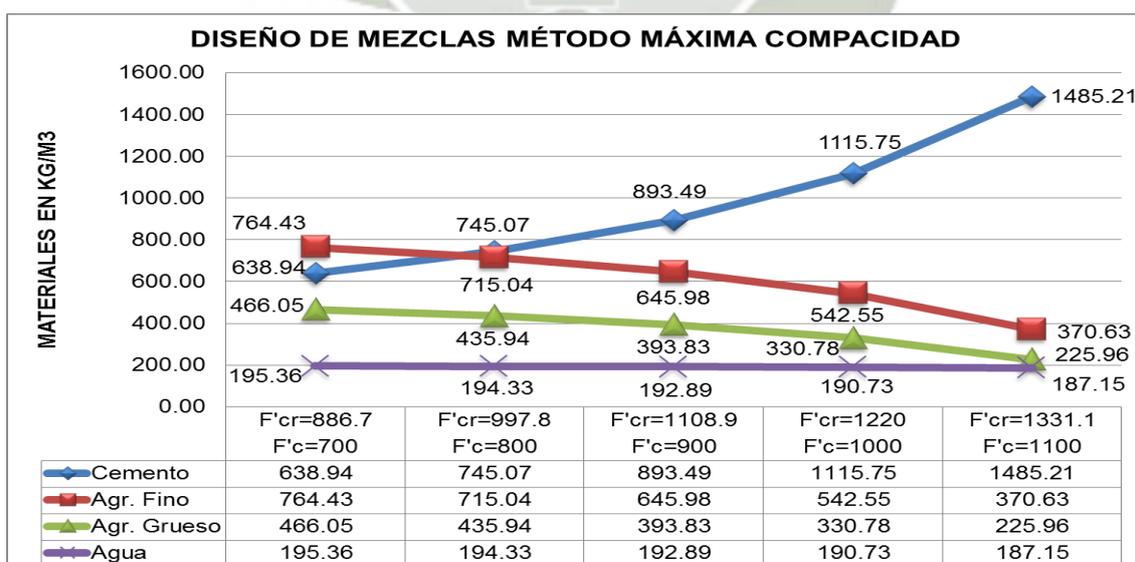


Figura 3.8. Vista de la dosificación en Kg/m3 para cada resistencia método de Máxima Compacidad.

**CAPITULO 4:
RESULTADOS DE LOS
ENSAYOS DEL
CONCRETO DE ALTA
RESISTENCIA EN
ESTADO FRESCO Y
ENDURECIDO.**

4.1. SECUENCIA DE LOS ENSAYOS DEL CAR.

Teniendo los diseños de mezclas $F'c = 700, 800, 900, 1000, 1100$ kgf/cm² los cuales se utilizaran en el vaceado, lo primero que se realizó fue el obtener la dosis exacta del porcentaje óptimo de superplastificante para cada diseño.

Se realizaron varios ensayos los cuales nos permitieron obtener el porcentaje óptimo de superplastificante. Ya que si se colocaba la dosis máxima permitida en la ficha técnica de cada superplastificante, al momento de vacear se presentaba el problema de la segregación y/o exudación haciendo de esta una mezcla no apta para su uso.

A cada diseño de mezcla se añade microsílíce en cantidades de 5%, 10% y 15%. Según lo indicado en su ficha técnica.

Es así que, con las dosificaciones en kg., de agua, cemento, agregados, superplastificante y microsílíce se procede a realizar el mezclado en el trompo y se procede a realizar los ensayos del concreto de alta resistencia en estado fresco.

El procedimiento de los ensayos fue el siguiente:

- Todos los datos del concreto de alta resistencia en estado fresco fueron registrados en las fichas de recolección de datos de concreto de alta resistencia (Anexo 06) los cuales se describe en el ítem 6.2.

Después de los ensayos en estado fresco del concreto de alta resistencia se procede a vacear en los testigos, para luego llevarlos a la posa de curado y romper las probetas a los 3, 7, 14 y 28 días.

4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO COMITÉACI 211.4.

4.2.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO COMITÉ ACI 211.4.

4.2.1.1. DISEÑO PATRÓN (ACI).

FICHA DE INVESTIGACIÓN								
		UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
		PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
MÉTODO DE DISEÑO	ACI 211.4		F'c	700	kgf/cm ²	F'cr	886.7	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA				
CEMENTO	638.94	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³			
AGREGADO FINO	488.42	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.76	kg/m ³			
AGREGADO GRUESO	1078.08	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	1.69	kg/m ³			
AGUA	199.34	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.31				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA								
CÓDIGO ACI700PATRÓN								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	NO		SLUMP	1.5	Pulg.			
Cantidad	NO	kg/m ³	PESO UNITARIO	2308.58	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	NO		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	NO	kg/m ³						

FICHA DE INVESTIGACIÓN								
		UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
		PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
MÉTODO DE DISEÑO	ACI 211.4		F'c	800	kgf/cm ²	F'cr	997.8	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA				
CEMENTO	745.07	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³			
AGREGADO FINO	387.62	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.52	kg/m ³			
AGREGADO GRUESO	1078.08	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	1.45	kg/m ³			
AGUA	198.00	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.27				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA								
CÓDIGO ACI800PATRÓN								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE	NO		SLUMP	0.5	Pulg.			
Cantidad	NO	kg/m ³	PESO UNITARIO	2312.42	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE	NO		OBSERVACIÓN:	MESA VIBRADORA				
Cantidad	NO	kg/m ³						

4.2.1.2. MICROSÍLICE I Y SUPERPLASTIFICANTE I (ACI).

 FICHA DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 								
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
MÉTODO DE DISEÑO	ACI 211.4		F'c	700	kgf/cm ²	F'cr	886.7	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA				
CEMENTO	638.94	kg/m ³	CEMENTO	1.00				kg/m ³
AGREGADO FINO	488.42	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.76				kg/m ³
AGREGADO GRUESO	1078.08	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	1.69				kg/m ³
AGUA	199.34	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.31				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA								
CÓDIGO ACI700M5S1.1-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	5.00%		SLUMP	10.4	Pulg.			
Cantidad	31.95	kg/m ³	PESO UNITARIO	2346.00	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.10%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	7.03	kg/m ³						
CÓDIGO ACI700M10S1.2-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	10.00%		SLUMP	11.0	Pulg.			
Cantidad	63.89	kg/m ³	PESO UNITARIO	2377.28	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.20%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	7.67	kg/m ³						
CÓDIGO ACI700M15S1.4-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	15.00%		SLUMP	9.0	Pulg.			
Cantidad	95.84	kg/m ³	PESO UNITARIO	2409.17	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.40%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	8.95	kg/m ³						

 FICHA DE INVESTIGACIÓN 								
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA								
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
MÉTODO DE DISEÑO	ACI 211.4		F'c	800	kgf/cm ²	F'cr	997.8	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA				
CEMENTO	745.07	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³			
AGREGADO FINO	387.62	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.52	kg/m ³			
AGREGADO GRUESO	1078.08	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	1.45	kg/m ³			
AGUA	198.00	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.27				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA								
CÓDIGO ACI800M5S1.3-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	5.00%		SLUMP	10.0	Pulg.			
Cantidad	37.25	kg/m ³	PESO UNITARIO	2357.49	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.30%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	9.69	kg/m ³						
CÓDIGO ACI800M10S1.4-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	10.00%		SLUMP	10.5	Pulg.			
Cantidad	74.51	kg/m ³	PESO UNITARIO	2393.97	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.40%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	10.43	kg/m ³						
CÓDIGO ACI800M15S1.6-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	15.00%		SLUMP	9.2	Pulg.			
Cantidad	111.76	kg/m ³	PESO UNITARIO	2431.16	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.60%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	11.92	kg/m ³						

 FICHA DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 								
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
MÉTODO DE DISEÑO	ACI 211.4		F'c	900	kgf/cm ²	F'cr	1108.9	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA				
CEMENTO	893.49	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³			
AGREGADO FINO	246.67	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.28	kg/m ³			
AGREGADO GRUESO	1078.08	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	1.21	kg/m ³			
AGUA	196.13	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.22				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CÓDIGO ACI900M5S1.5-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	5.00%		SLUMP	4.5	Pulg.			
Cantidad	44.67	kg/m ³	PESO UNITARIO	2373.56	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.50%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	13.40	kg/m ³						
CÓDIGO ACI900M10S1.6-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	10.00%		SLUMP	5.5	Pulg.			
Cantidad	89.35	kg/m ³	PESO UNITARIO	2417.30	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.60%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	14.30	kg/m ³						
CÓDIGO ACI900M15S1.8-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	15.00%		SLUMP	3.5	Pulg.			
Cantidad	134.02	kg/m ³	PESO UNITARIO	2461.90	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.80%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	16.08	kg/m ³						

 FICHA DE INVESTIGACIÓN 								
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA								
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
MÉTODO DE DISEÑO	ACI 211.4		F'c	1000	kgf/cm ²	F'cr	1220.0	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA				
CEMENTO	1115.75	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³			
AGREGADO FINO	35.60	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.03	kg/m ³			
AGREGADO GRUESO	1078.08	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	0.97	kg/m ³			
AGUA	193.34	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.17				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA								
CÓDIGO ACI1000M5S1.7-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	5.00%		SLUMP	0.9	Pulg.			
Cantidad	55.79	kg/m ³	PESO UNITARIO	2397.62	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.70%		OBSERVACIÓN:	MESA VIBRADORA				
Cantidad	18.97	kg/m ³						
CÓDIGO ACI1000M10S1.8-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	10.00%		SLUMP	1.0	Pulg.			
Cantidad	111.58	kg/m ³	PESO UNITARIO	2452.25	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	1.80%		OBSERVACIÓN:	MESA VIBRADORA				
Cantidad	20.08	kg/m ³						
CÓDIGO ACI1000M15S2.0-I								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE I	15.00%		SLUMP	-----	Pulg.			
Cantidad	167.36	kg/m ³	PESO UNITARIO	-----	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	-----	Presenta			
			EXUDACIÓN	-----	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE I	2.00%		OBSERVACIÓN:	MEZCLA SECA				
Cantidad	22.32	kg/m ³						

RESULTADOS EN ESTADO FRESCO MÉTODO COMITÉ ACI 211.4												
	F'c=700			F'c=800			F'c=900			F'c=1000		
	F'cr=886.7			F'cr=997.8			F'cr=1108.9			F'cr=1220.0		
Microsílice I	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%
Superplastificante I	1.1%	1.2%	1.4%	1.3%	1.4%	1.6%	1.5%	1.6%	1.8%	1.7%	1.8%	2.0%
Slump	10.4"	11.0"	9.0"	10.0"	10.5"	9.2"	4.5"	5.5"	3.5"	0.9"	1.0"	NO

Tabla 4.1. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco del método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

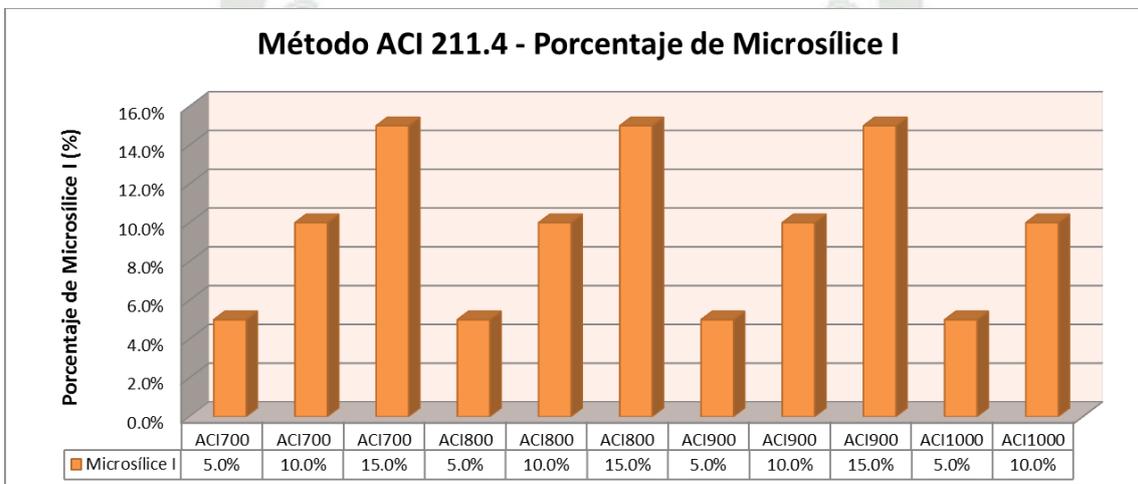


Figura 4.1. Gráfico del porcentaje de microsíllice I para cada diseño de mezclas del método ACI 211.4.

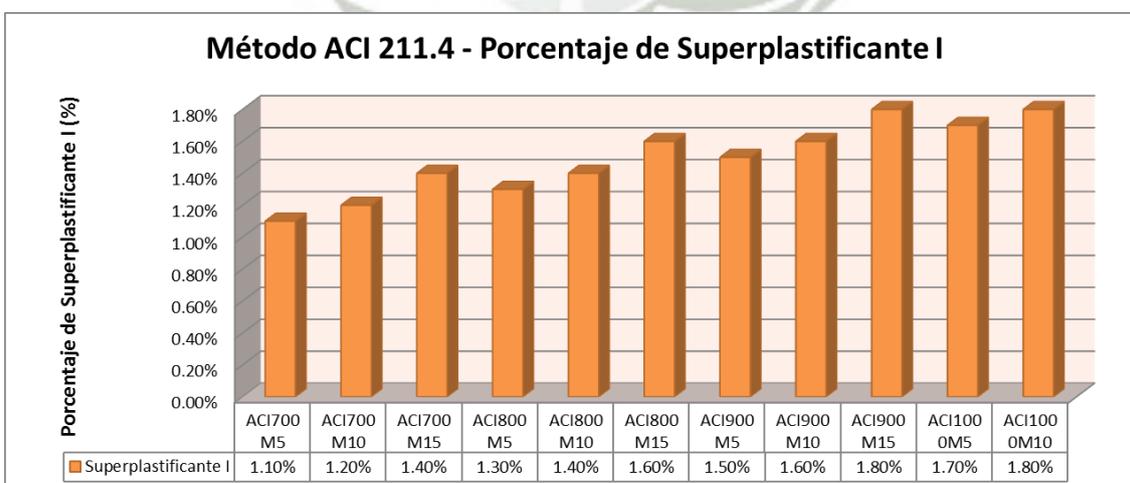


Figura 4.2. Gráfico del porcentaje de superplastificante I para cada diseño de mezclas del método ACI 211.4.

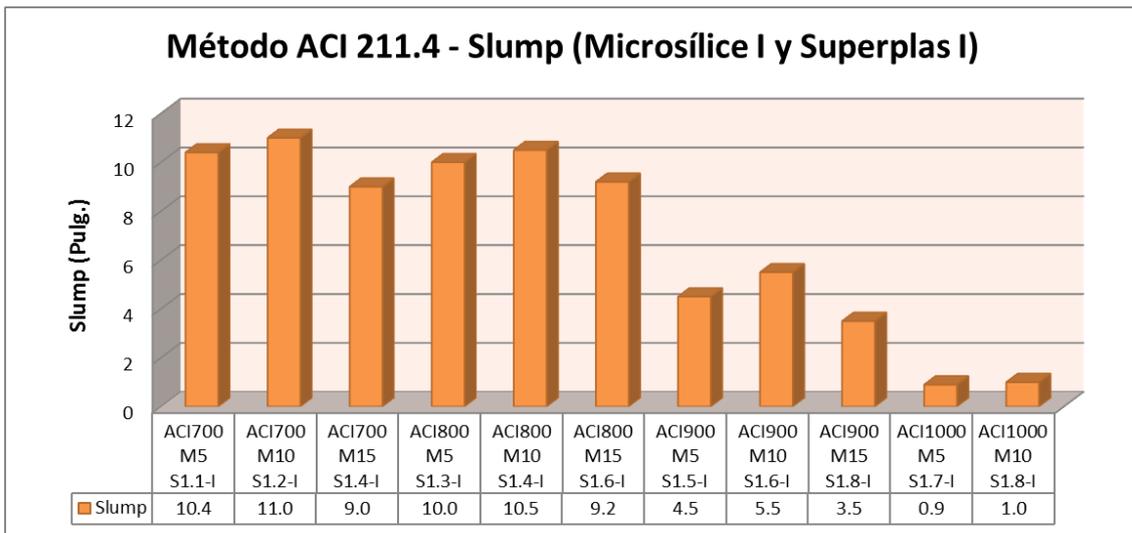
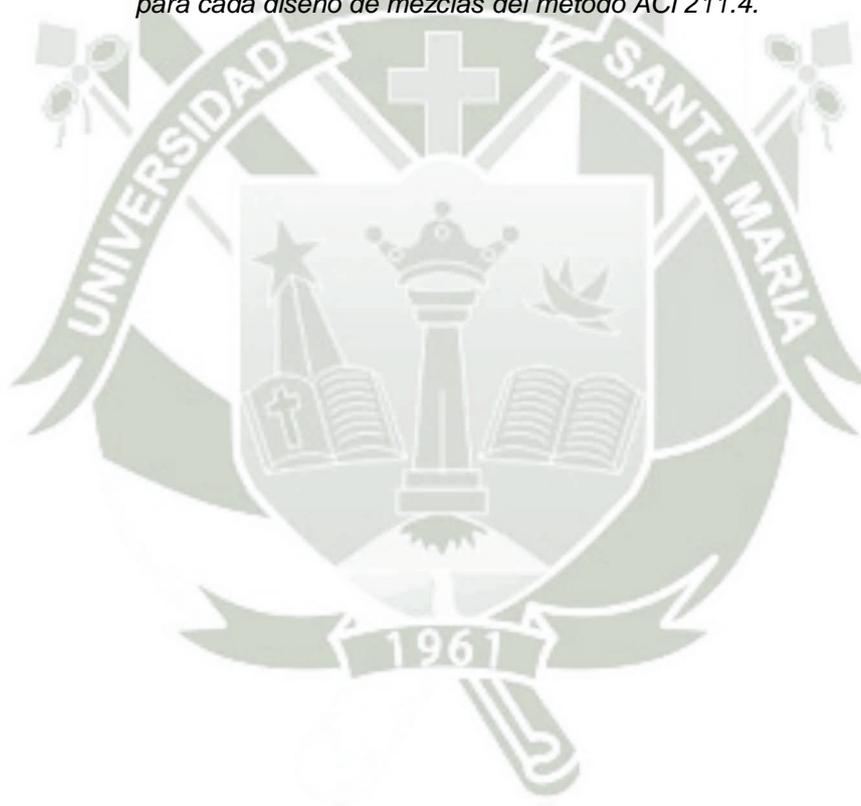


Figura 4.3. Gráfico del Slumpobtenidos con el microsilíce I y superplastificante I para cada diseño de mezclas del método ACI 211.4.



4.2.1.3. MICROSÍLICE II Y SUPERPLASTIFICANTE II (ACI).

FICHA DE INVESTIGACIÓN								
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA								
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
MÉTODO DE DISEÑO	ACI 211.4		F'c	700	kgf/cm ²	F'cr	886.7	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA				
CEMENTO	638.94	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³			
AGREGADO FINO	488.42	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.76	kg/m ³			
AGREGADO GRUESO	1078.08	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	1.69	kg/m ³			
AGUA	199.34	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.31				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA								
CÓDIGO ACI700M5S1.5-II								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE II	5.00%		SLUMP	8.8	Pulg.			
Cantidad	31.95	kg/m ³	PESO UNITARIO	2348.45	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE II	1.50%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	9.58	kg/m ³						
CÓDIGO ACI700M10S1.6-II								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE II	10.00%		SLUMP	9.5	Pulg.			
Cantidad	63.89	kg/m ³	PESO UNITARIO	2379.73	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE II	1.60%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	10.22	kg/m ³						
CÓDIGO ACI700M15S1.7-II								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE II	15.00%		SLUMP	8.3	Pulg.			
Cantidad	95.84	kg/m ³	PESO UNITARIO	2411.01	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE II	1.70%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	10.86	kg/m ³						

FICHA DE INVESTIGACIÓN								
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA								
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
MÉTODO DE DISEÑO	ACI 211.4		F'c	800	kgf/cm ²	F'cr	997.8	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA				
CEMENTO	745.07	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³			
AGREGADO FINO	387.62	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.52	kg/m ³			
AGREGADO GRUESO	1078.08	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	1.45	kg/m ³			
AGUA	198.00	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.27				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA								
CÓDIGO ACI800M5S1.7-II								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE II	5.00%		SLUMP	7.0	Pulg.			
Cantidad	37.25	kg/m ³	PESO UNITARIO	2360.35	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE II	1.70%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	12.67	kg/m ³						
CÓDIGO ACI800M10S1.8-II								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE II	10.00%		SLUMP	7.5	Pulg.			
Cantidad	74.51	kg/m ³	PESO UNITARIO	2396.83	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE II	1.80%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	13.41	kg/m ³						
CÓDIGO ACI800M15S1.9-II								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE II	15.00%		SLUMP	6.5	Pulg.			
Cantidad	111.76	kg/m ³	PESO UNITARIO	2433.31	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE II	1.90%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	14.16	kg/m ³						

 FICHA DE INVESTIGACIÓN 								
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA								
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"								
MÉTODO DE DISEÑO	ACI 211.4		F'c	900	kgf/cm ²	F'cr	1108.9	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA				
CEMENTO	893.49	kg/m ³	CEMENTO	1.00				kg/m ³
AGREGADO FINO	246.67	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.28				kg/m ³
AGREGADO GRUESO	1078.08	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	1.21				kg/m ³
AGUA	196.13	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.22				
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA								
CÓDIGO ACI900M5S1.9-II								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE II	5.00%		SLUMP	3.1	Pulg.			
Cantidad	44.67	kg/m ³	PESO UNITARIO	2376.99	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE II	1.90%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	16.98	kg/m ³						
CÓDIGO ACI900M10S2.0-II								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE II	10.00%		SLUMP	2.5	Pulg.			
Cantidad	89.35	kg/m ³	PESO UNITARIO	2420.73	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta			
			EXUDACIÓN	NO	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE II	2.00%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA				
Cantidad	17.87	kg/m ³						
CÓDIGO ACI900M15S2.2-II								
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSÍLICE II	15.00%		SLUMP	-----	Pulg.			
Cantidad	134.02	kg/m ³	PESO UNITARIO	-----	kg/m ³			
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	-----	Presenta			
			EXUDACIÓN	-----	Presenta			
SUPERPLASTIFICANTE II	2.20%		OBSERVACIÓN:	MEZCLA SECA				
Cantidad	19.66	kg/m ³						

RESULTADOS EN ESTADO FRESCO MÉTODO COMITÉ ACI 211.4												
	F'c=700			F'c=800			F'c=900			F'c=1000		
	F'cr=886.7			F'cr=997.8			F'cr=1108.9			F'cr=1220.0		
Microsílice II	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%
Superplastificante II	1.5%	1.6%	1.7%	1.7%	1.8%	1.9%	1.9%	2.0%	2.2%	NO	NO	NO
Slump	8.8"	9.5"	8.3"	7.0"	7.5"	6.5"	3.1"	2.5"	NO	NO	NO	NO

Tabla 4.2. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco del método ACI 211.4, microsíllice II y superplastificante II.

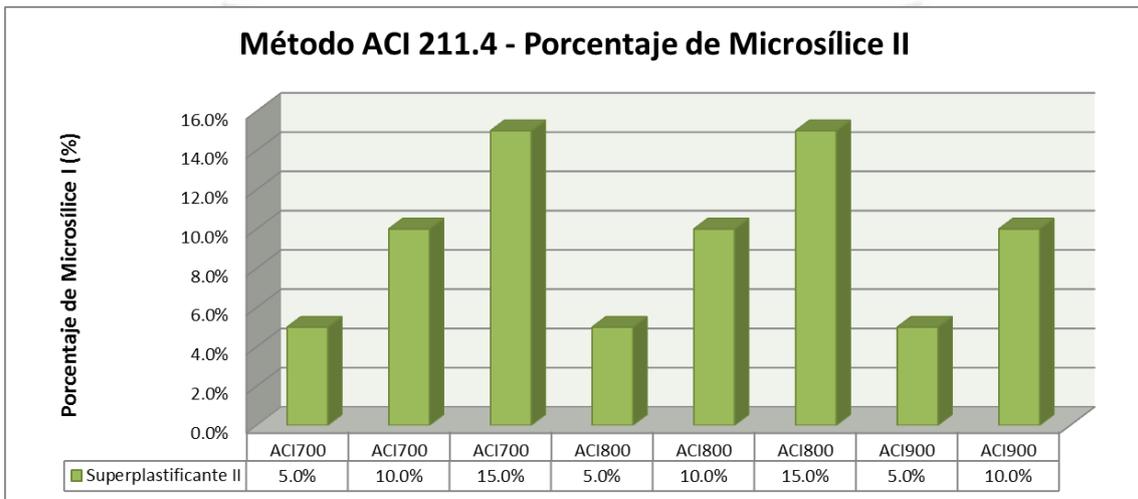


Figura 4.4. Gráfico del porcentaje de microsíllice II para cada diseño de mezclas método del ACI 211.4.

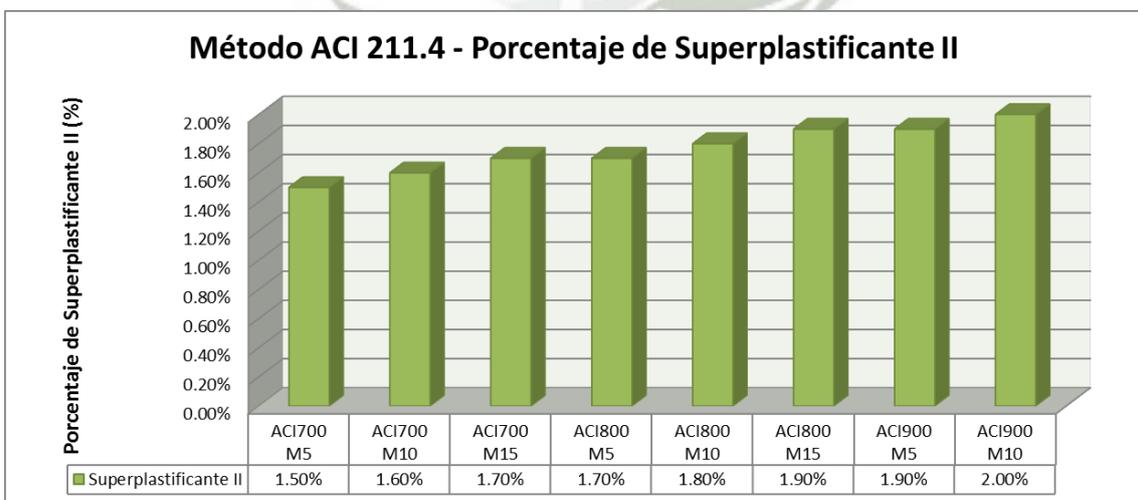


Figura 4.5. Gráfico del porcentaje de superplastificante II para cada diseño de mezclas método del ACI 211.4.

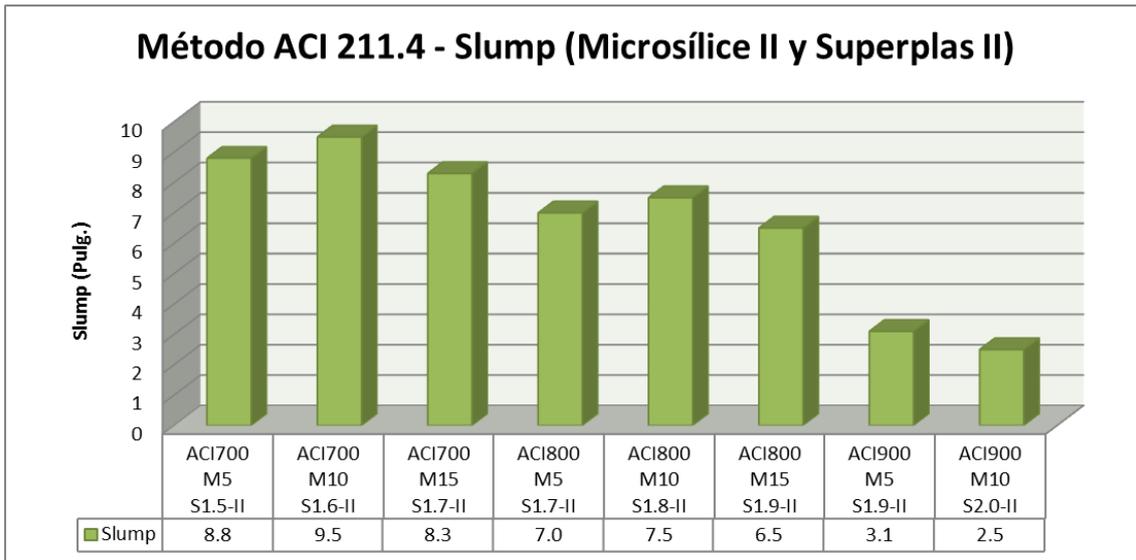


Figura 4.6. Gráfico del Slump obtenidos con el microsílíce II y superplastificante II para cada diseño de mezclas del método ACI 211.4.



4.2.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO COMITÉ 211.4 ACI.

4.2.2.1. DISEÑO PATRÓN (ACI).

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - PATRÓN					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
ACI700 PATRÓN	0.0	445.6	535.8	620.9	691.6
ACI800 PATRÓN	0.0	176.6	212.3	246.0	285.8

Tabla 4.3. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ y $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4, patrón.

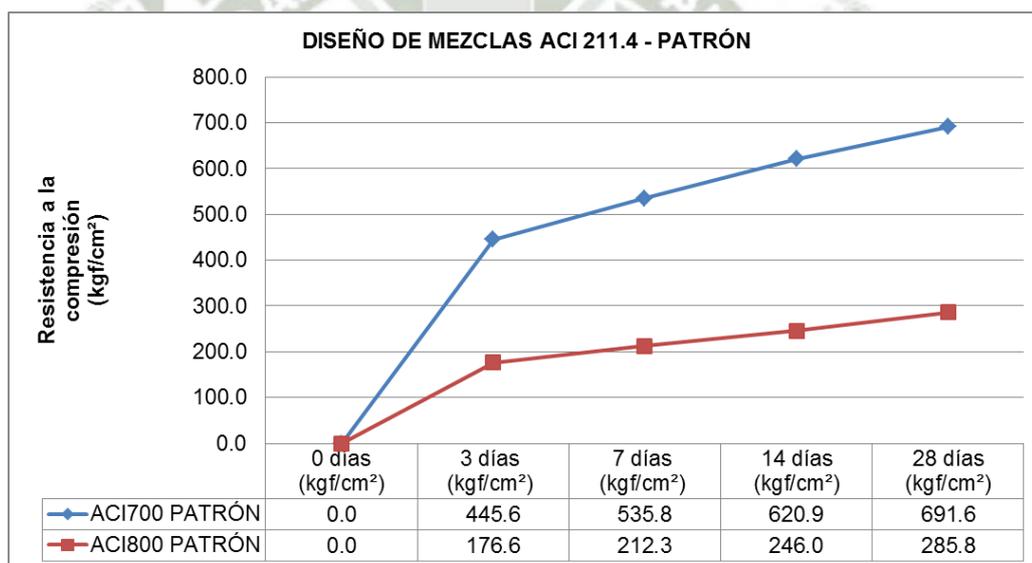


Figura 4.7. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ y $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4, patrón.

➤ RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - TRACCIÓN INDIRECTA PATRÓN				
CÓDIGO	Fuerza (kg)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	28 días (kgf/cm ²)
ACI700 PATRÓN	28180	30.2	14.1	42.1
ACI800 PATRÓN	14130	30.1	15.2	19.7

Tabla 4.4. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para $F'c=700$ y $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4, patrón.

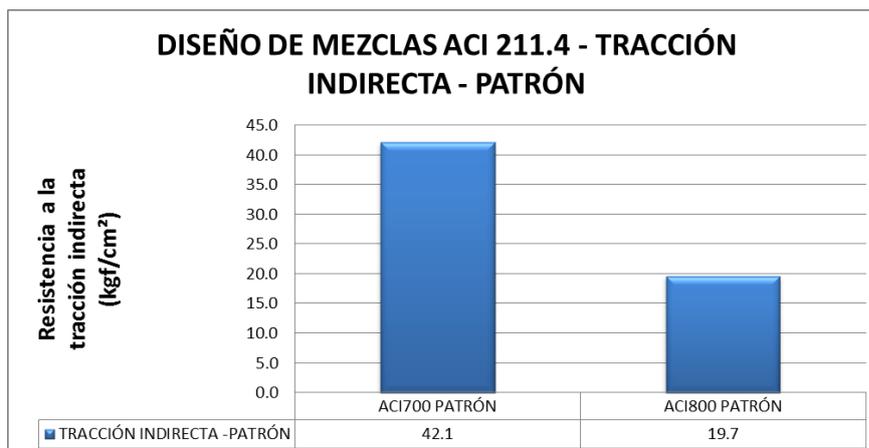


Figura 4.8. Gráfico de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para $F'c=700$ y $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4, patrón.

4.2.2.2. MICROSÍLICE I Y SUPERPLASTIFICANTE I (ACI).

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - MICROSÍLICE I y SUPERPLASTIFICANTE I						
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)	
ACI700 M5 S1.1-I	0.0	603.9	774.5	897.5	929.2	
ACI700 M10 S1.2-I	0.0	694.6	835.1	967.8	1032.4	
ACI700 M15 S1.4-I	0.0	690.4	830.1	962.0	1042.7	

Tabla 4.5. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

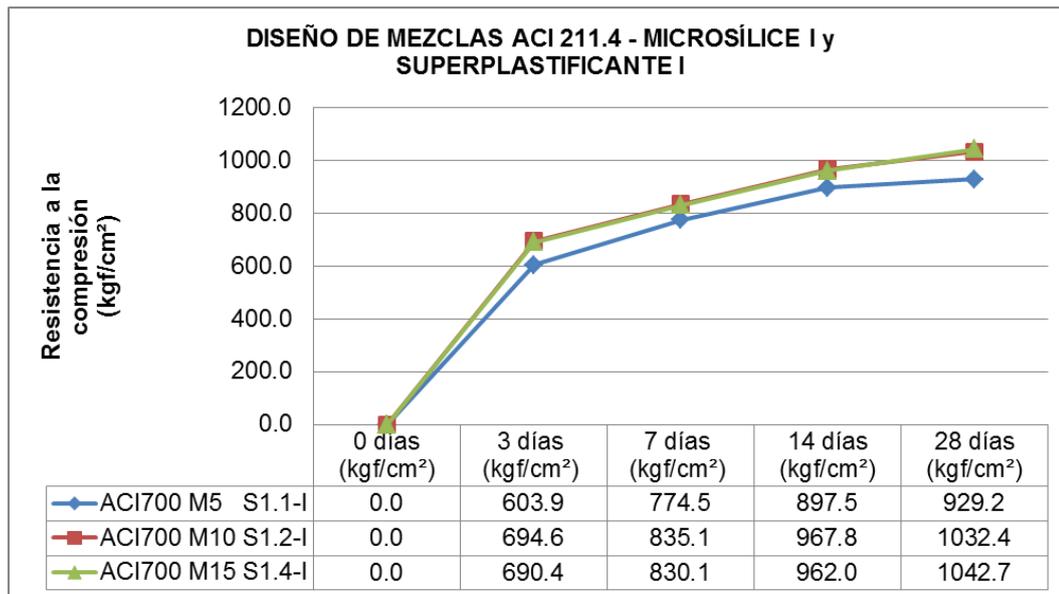


Figura 4.9. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - MICROSÍLICE I y SUPERPLASTIFICANTE I

CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
ACI800 M5 S1.3-I	0.0	550.2	721.1	865.4	961.5
ACI800 M10 S1.4-I	0.0	685.6	824.3	955.2	1053.8
ACI800 M15 S1.6-I	0.0	716.9	861.8	998.8	1065.4

Tabla 4.6. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

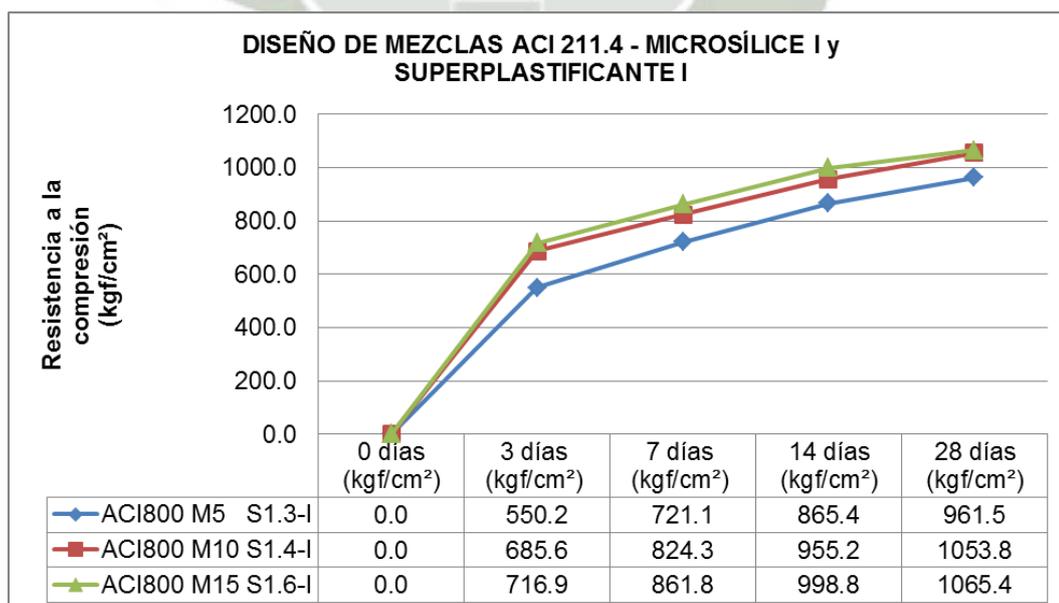


Figura 4.10. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - MICROSÍLICE I y SUPERPLASTIFICANTE I					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
ACI900 M5 S1.5-I	0.0	614.4	800.9	928.1	1023.9
ACI900 M10 S1.6-I	0.0	684.2	822.6	953.2	1122.2
ACI900 M15 S1.8-I	0.0	678.0	815.2	1000.9	1112.1

Tabla 4.7. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

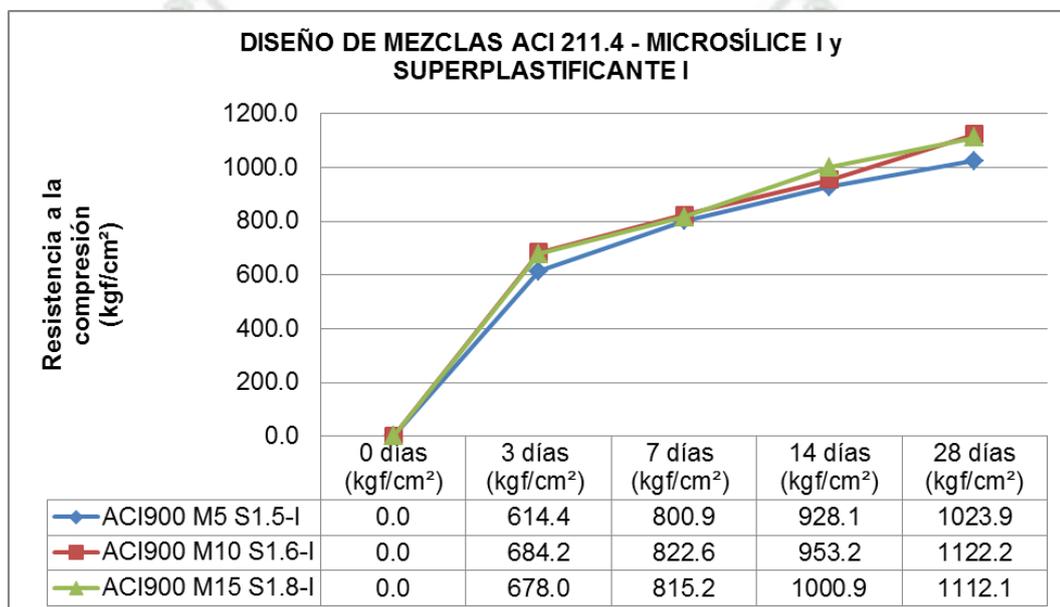


Figura 4.11. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - MICROSÍLICE I y SUPERPLASTIFICANTE I					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
ACI1000 M5 S1.7-I	0.0	590.3	709.7	822.5	938.2
ACI1000 M10 S1.8-I	0.0	619.8	745.2	863.6	985.1

Tabla 4.8. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=1000$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

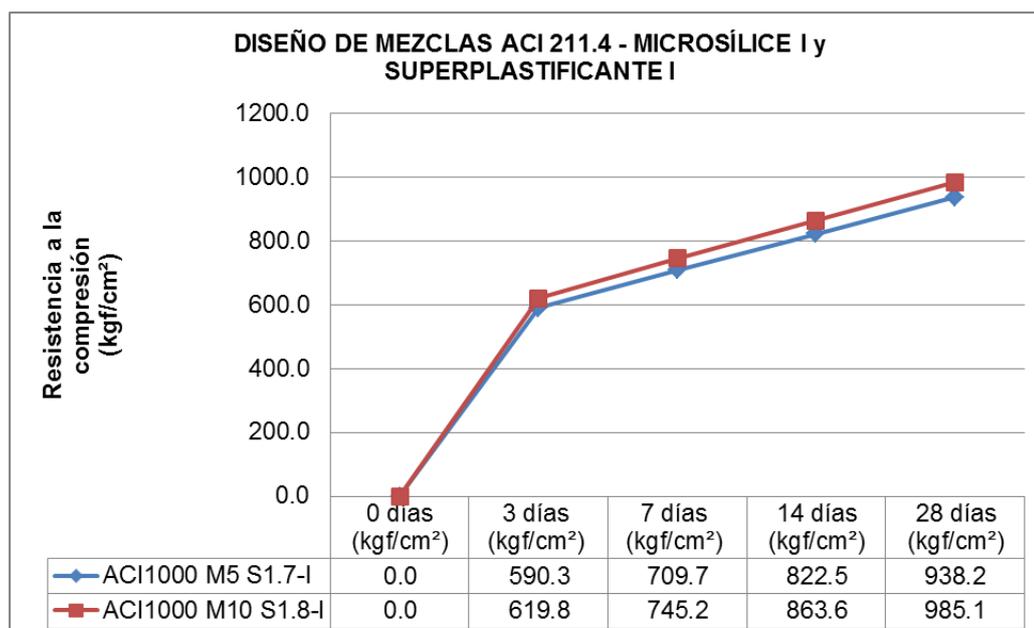


Figura 4.12. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=1000 \text{ kgf/cm}^2$, método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

➤ **RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.**

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - TRACCIÓN INDIRECTA - I				
CÓDIGO	Fuerza (kgf)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	28 días (kgf/cm ²)
ACI700 M5 S1.1-I	31260	30.5	15.5	42.1
ACI700 M10 S1.2-I	32630	30.1	15.1	45.7
ACI700 M15 S1.4-I	32270	30.2	16.4	41.5
ACI800 M5 S1.3-I	32050	30.4	15.3	43.9
ACI800 M10 S1.4-I	33450	30.3	15.4	45.6
ACI800 M15 S1.6-I	33080	30.1	15.2	46.0
ACI900 M5 S1.5-I	33320	30.4	15.3	45.6
ACI900 M10 S1.6-I	34780	30.1	15.2	48.4
ACI900 M15 S1.8-I	34400	30.4	15.1	47.7
ACI1000 M5 S1.7-I	32280	30.3	15.3	44.3
ACI1000 M10 S1.8-I	33700	30.1	15.2	46.9

Tabla 4.9. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método ACI 211.4, microsíllice I y superplastificante I.

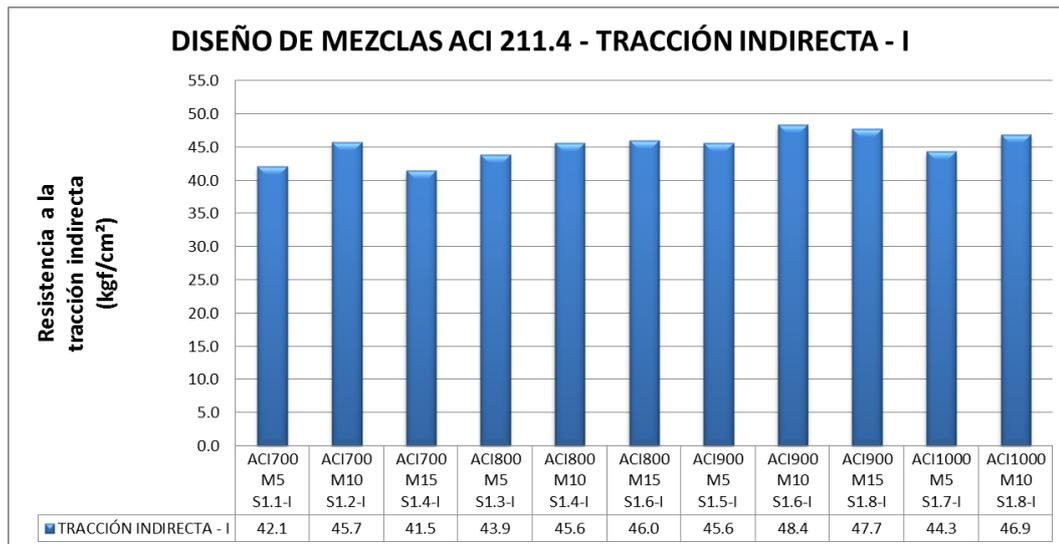


Figura 4.13. Gráfico de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.

4.2.2.3. MICROSÍLICE II Y SUPERPLASTIFICANTE II (ACI).

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - MICROSÍLICE II y SUPERPLASTIFICANTE II					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
ACI700 M5 S1.5-II	0.0	508.2	651.6	755.2	781.8
ACI700 M10 S1.6-II	0.0	602.2	724.1	839.1	868.7
ACI700 M15 S1.7-II	0.0	580.9	698.4	809.4	877.3

Tabla 4.10. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.

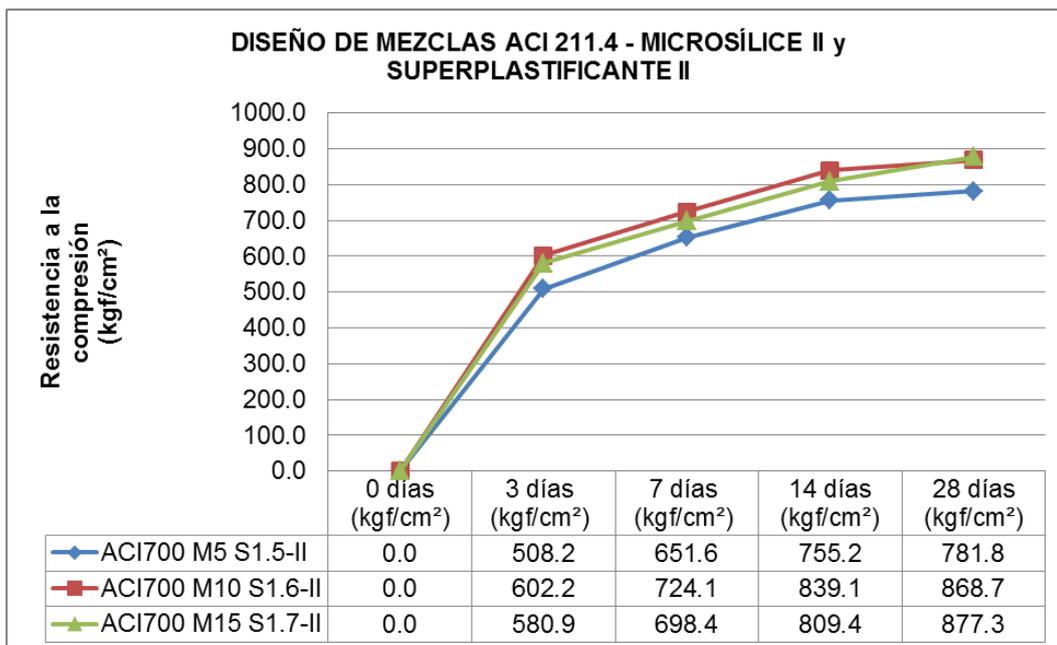


Figura 4.14. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - MICROSÍLICE II y SUPERPLASTIFICANTE II

CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
ACI800 M5 S1.7-II	0.0	467.8	613.1	735.7	817.5
ACI800 M10 S1.8-II	0.0	593.3	713.3	826.6	896.0
ACI800 M15 S1.9-II	0.0	609.5	732.7	849.1	905.8

Tabla 4.11. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.

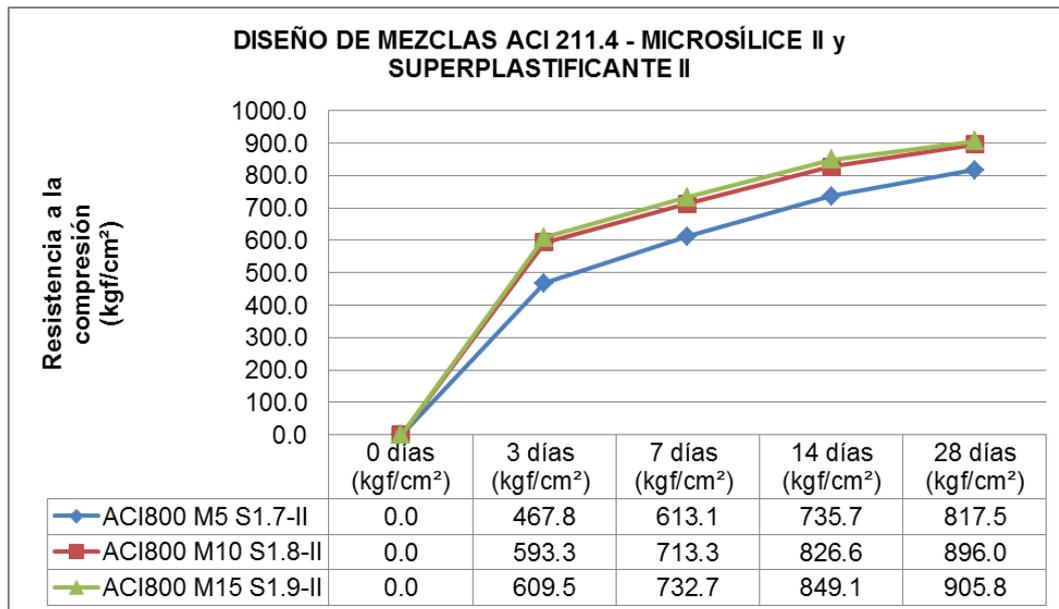


Figura 4.15. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4 microsíllice II y superplastificante II.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - MICROSÍLICE II y SUPERPLASTIFICANTE II					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
ACI900 M5 S1.9-II	0.0	517.0	674.0	781.1	861.7
ACI900 M10 S2.0-II	0.0	533.3	629.1	749.0	914.4

Tabla 4.12. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsíllice II y superplastificante II.

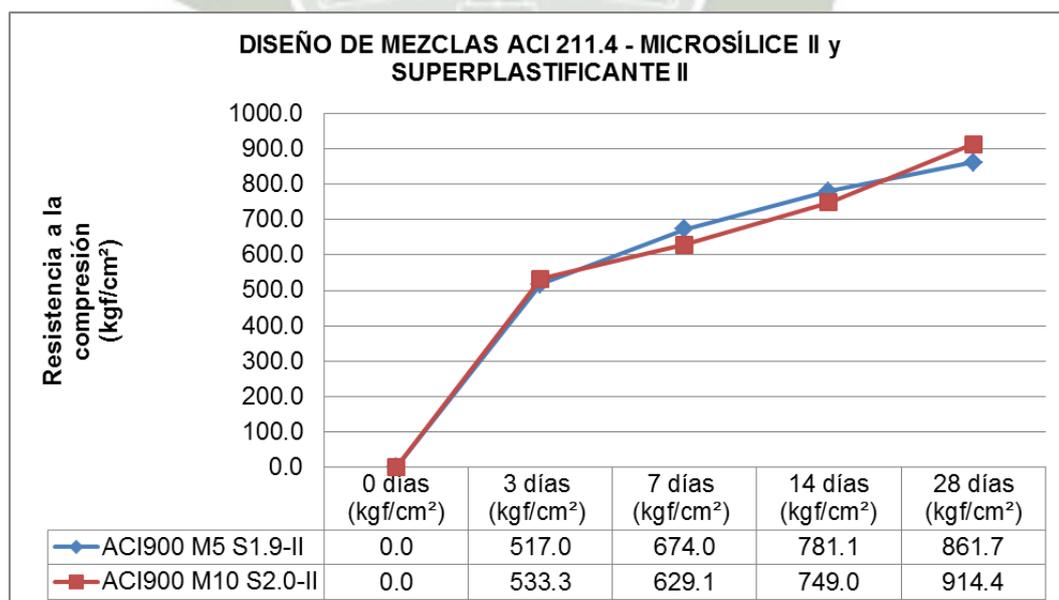


Figura 4.16. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsíllice II y superplastificante II.

➤ RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.

DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 - TRACCIÓN INDIRECTA - II				
CÓDIGO	Fuerza (kgf)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	28 días (kgf/cm ²)
ACI700 M5 S1.5-II	31730	30.4	14.2	46.8
ACI700 M10 S1.6-II	31890	30.1	15.2	44.4
ACI700 M15 S1.7-II	28290	30.4	15.3	38.7
ACI800 M5 S1.7-II	28430	30.2	15.1	39.7
ACI800 M10 S1.8-II	28570	30.1	15.4	39.2
ACI800 M15 S1.9-II	29850	30.2	15.2	41.4
ACI900 M5 S1.9-II	30000	30.1	15.3	41.5
ACI900 M10 S2.0-II	30150	30.3	15.2	41.7

Tabla 4.13. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.

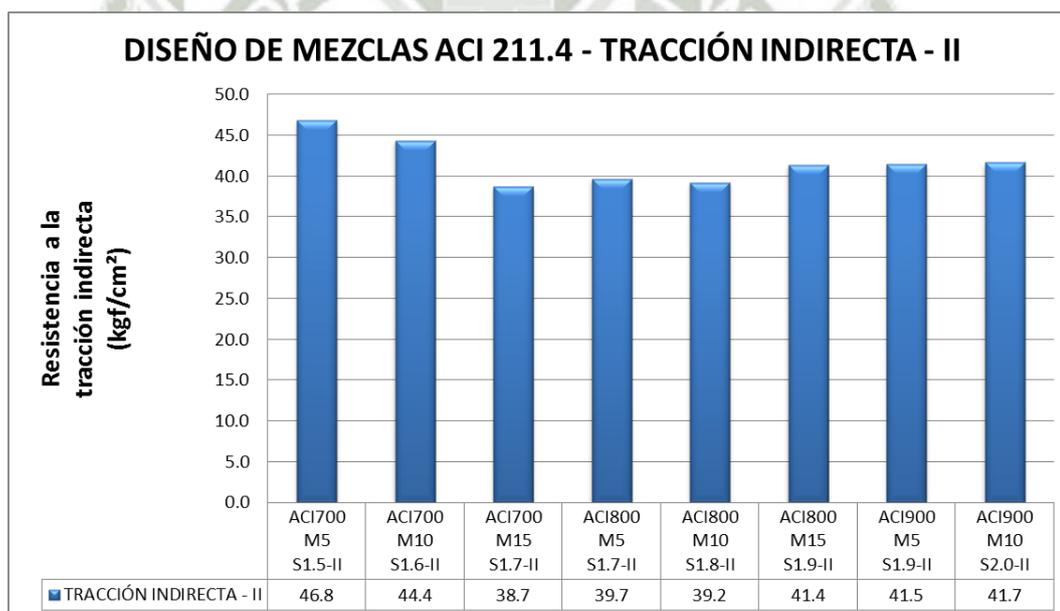


Figura 4.17. Gráfico de resumen de la resistencia a la a la tracción indirecta para método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.

4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MÉTODODE MÁXIMA COMPACIDAD.

4.3.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO MÁXIMA COMPACIDAD.

4.3.1.1. DISEÑO PATRÓN (MC).

 FICHA DE INVESTIGACIÓN 						
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA						
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"						
MÉTODO DE DISEÑO	MÁXIMA COMPACIDAD	F'c	700	kgf/cm ²	F'cr	886.7 kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA		
CEMENTO	638.94	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³	
AGREGADO FINO	764.43	kg/m ³	AGREGADO FINO	1.20	kg/m ³	
AGREGADO GRUESO	466.05	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	0.73	kg/m ³	
AGUA	195.36	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.31		
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA						
CÓDIGO MC700PATRÓN						
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO			
MICROSÍLICE I	NO		SLUMP	1.5	Pulg.	
Cantidad	NO	kg/m ³	PESO UNITARIO	1982.19	kg/m ³	
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta	
			EXUDACIÓN	NO	Presenta	
SUPERPLASTIFICANTE I	NO		OBSERVACIÓN:	NINGUNA		
Cantidad	NO	kg/m ³				



4.3.1.2. MICROSÍLICE I Y SUPERPLASTIFICANTE I (MC).

 FICHA DE INVESTIGACIÓN 							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
MÉTODO DE DISEÑO	MÁXIMA COMPACIDAD	F'c	700	kgf/cm ²	F'cr	886.7	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA			
CEMENTO	638.94	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³		
AGREGADO FINO	764.43	kg/m ³	AGREGADO FINO	1.20	kg/m ³		
AGREGADO GRUESO	466.05	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	0.73	kg/m ³		
AGUA	195.36	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.31			
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA							
CÓDIGO MC700M5S1.0-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	5.00%		SLUMP	11.1	Pulg.		
Cantidad	31.95	kg/m ³	PESO UNITARIO	2019.61	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.00%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	7.03	kg/m ³					
CÓDIGO MC700M10S1.2-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	10.00%		SLUMP	10.8	Pulg.		
Cantidad	63.89	kg/m ³	PESO UNITARIO	2050.89	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.20%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	7.67	kg/m ³					
CÓDIGO MC700M15S1.3-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	15.00%		SLUMP	9.8	Pulg.		
Cantidad	95.84	kg/m ³	PESO UNITARIO	2082.79	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.30%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	8.95	kg/m ³					

 FICHA DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 							
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
MÉTODO DE DISEÑO	MÁXIMA COMPACIDAD	F'c	800	kgf/cm ²	F'cr	997.8	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA			
CEMENTO	745.07	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³		
AGREGADO FINO	715.04	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.96	kg/m ³		
AGREGADO GRUESO	435.94	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	0.59	kg/m ³		
AGUA	194.33	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.26			
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA							
CÓDIGO MC800M5S1.2-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	5.00%		SLUMP	8.5	Pulg.		
Cantidad	31.95	kg/m ³	PESO UNITARIO	2044.19	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.20%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	7.03	kg/m ³					
CÓDIGO MC800M10S1.4-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	10.00%		SLUMP	9.0	Pulg.		
Cantidad	63.89	kg/m ³	PESO UNITARIO	2075.47	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.40%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	7.67	kg/m ³					
CÓDIGO MC800M15S1.5-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	15.00%		SLUMP	7.9	Pulg.		
Cantidad	95.84	kg/m ³	PESO UNITARIO	2107.37	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.50%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	8.95	kg/m ³					

 FICHA DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 							
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
MÉTODO DE DISEÑO	MÁXIMA COMPACIDAD	F'c	900	kgf/cm ²	F'cr	1108.9	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA			
CEMENTO	893.49	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³		
AGREGADO FINO	645.98	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.72	kg/m ³		
AGREGADO GRUESO	393.83	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	0.44	kg/m ³		
AGUA	192.89	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.22			
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA							
CÓDIGO MC900M5S1.4-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	5.00%		SLUMP	7.4	Pulg.		
Cantidad	31.95	kg/m ³	PESO UNITARIO	2078.56	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.40%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	7.03	kg/m ³					
CÓDIGO MC900M10S1.6-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	10.00%		SLUMP	8.0	Pulg.		
Cantidad	63.89	kg/m ³	PESO UNITARIO	2109.84	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.60%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	7.67	kg/m ³					
CÓDIGO MC900M15S1.7-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	15.00%		SLUMP	6.8	Pulg.		
Cantidad	95.84	kg/m ³	PESO UNITARIO	2141.74	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.70%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	8.95	kg/m ³					

 FICHA DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 							
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
MÉTODO DE DISEÑO	MÁXIMA COMPACIDAD	F'c	1000	kgf/cm ²	F'cr	1220.0	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA			
CEMENTO	1115.75	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³		
AGREGADO FINO	542.55	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.49	kg/m ³		
AGREGADO GRUESO	330.78	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	0.30	kg/m ³		
AGUA	190.73	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.17			
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA							
CÓDIGO MC1000M5S1.6-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	5.00%		SLUMP	4.5	Pulg.		
Cantidad	31.95	kg/m ³	PESO UNITARIO	2130.04	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.60%		OBSERVACIÓN:	MESA VIBRADORA			
Cantidad	7.03	kg/m ³					
CÓDIGO MC1000M10S1.8-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	10.00%		SLUMP	5.0	Pulg.		
Cantidad	63.89	kg/m ³	PESO UNITARIO	2161.32	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	1.80%		OBSERVACIÓN:	MESA VIBRADORA			
Cantidad	7.67	kg/m ³					
CÓDIGO MC1000M15S2.0-I							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE I	15.00%		SLUMP	-----	Pulg.		
Cantidad	95.84	kg/m ³	PESO UNITARIO	-----	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	-----	Presenta		
			EXUDACIÓN	-----	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE I	2.00%		OBSERVACIÓN:	MEZCLA SECA			
Cantidad	8.95	kg/m ³					

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO MÁXIMA COMPACIDAD												
	F'c=700			F'c=800			F'c=900			F'c=1000		
	F'cr=886.7			F'cr=997.8			F'cr=1108.9			F'cr=1220.0		
Microsilice I	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%
Superplastificante I	1.0%	1.2%	1.3%	1.2%	1.4%	1.5%	1.4%	1.6%	1.7%	1.6%	1.8%	2.0%
Slump	11.1"	10.8"	9.8"	8.5"	9.0"	7.9"	7.4"	8.0"	6.8"	4.5"	5.0"	NO

Tabla 4.14. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco del método Máxima Compacidad, microsilice I y superplastificante I.

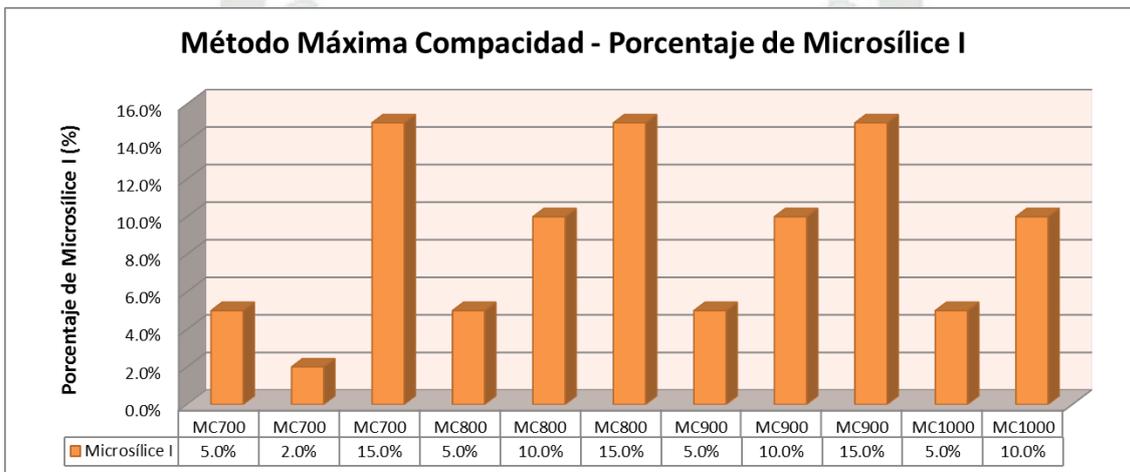


Figura 4.18. Gráfico del porcentaje de microsilice I para cada diseño de mezclas del método Máxima Compacidad.

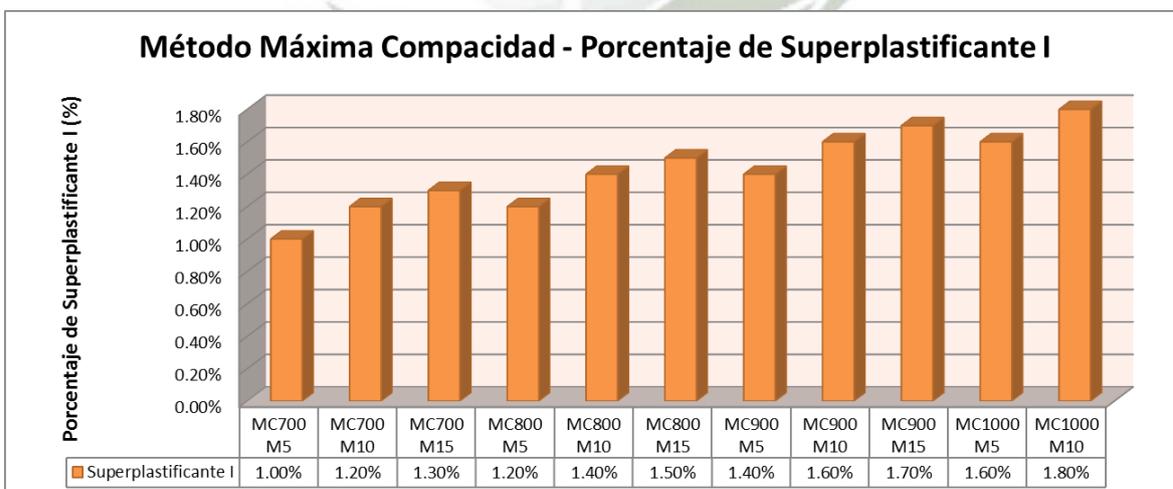


Figura 4.19. Gráfico del porcentaje de superplastificante I para cada diseño de mezclas del método Máxima Compacidad.

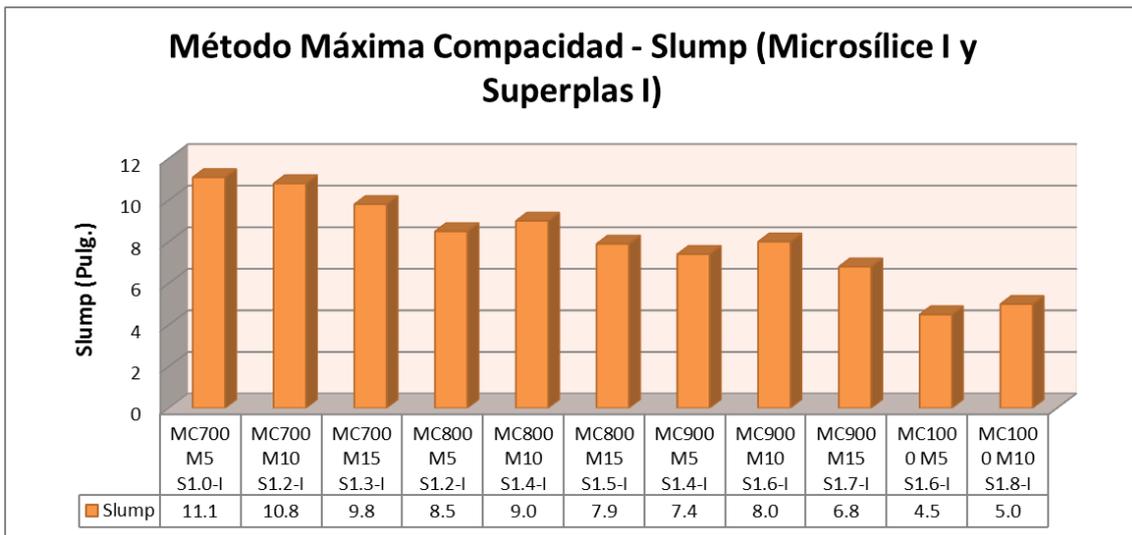
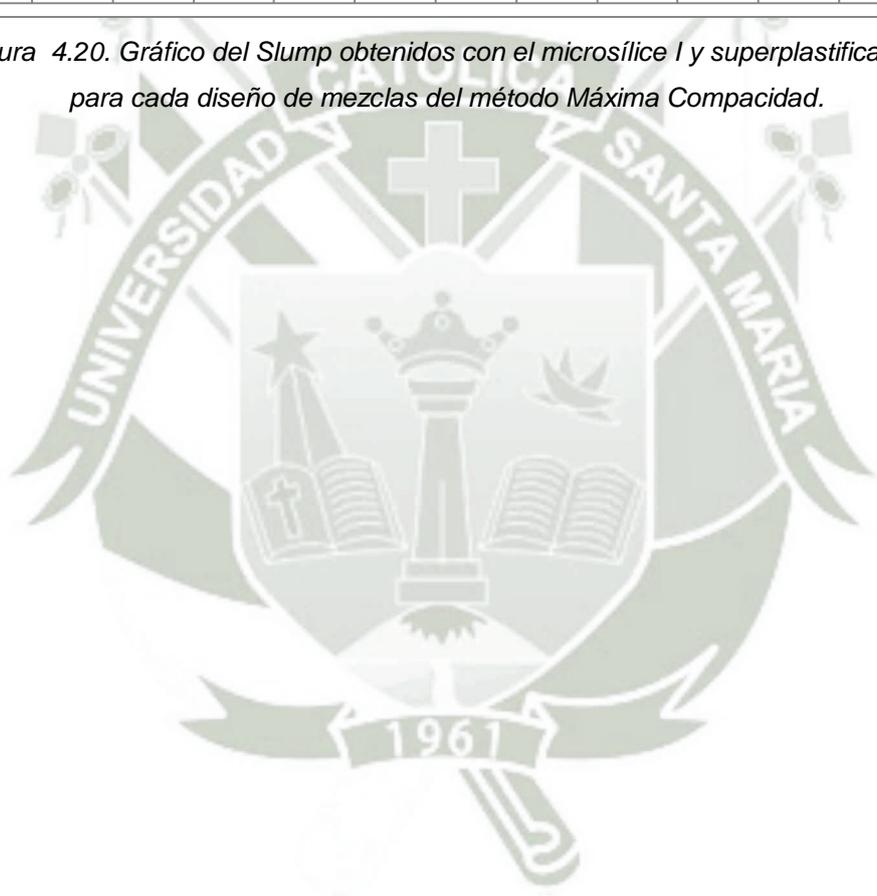


Figura 4.20. Gráfico del Slump obtenidos con el microsíllice I y superplastificante I para cada diseño de mezclas del método Máxima Compacidad.



4.3.1.3. MICROSÍLICE II Y SUPERPLASTIFICANTE II (MC).

 FICHA DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 						
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"						
MÉTODO DE DISEÑO	MÁXIMA COMPACIDAD	F'c	700	kgf/cm ²	F'cr	886.7 kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA		
CEMENTO	638.94	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³	
AGREGADO FINO	764.43	kg/m ³	AGREGADO FINO	1.20	kg/m ³	
AGREGADO GRUESO	466.05	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	0.73	kg/m ³	
AGUA	195.36	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.31		
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA						
CÓDIGO MC700M5S1.4-II						
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO			
MICROSÍLICE II	5.00%		SLUMP	11.0	Pulg.	
Cantidad	31.95	kg/m ³	PESO UNITARIO	2022.06	kg/m ³	
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta	
			EXUDACIÓN	NO	Presenta	
SUPERPLASTIFICANTE II	1.40%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA		
Cantidad	9.58	kg/m ³				
CÓDIGO MC700M10S1.6-II						
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO			
MICROSÍLICE II	10.00%		SLUMP	11.5	Pulg.	
Cantidad	63.89	kg/m ³	PESO UNITARIO	2053.34	kg/m ³	
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta	
			EXUDACIÓN	NO	Presenta	
SUPERPLASTIFICANTE II	1.60%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA		
Cantidad	10.22	kg/m ³				
CÓDIGO MC700M15S1.7-II						
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO			
MICROSÍLICE II	15.00%		SLUMP	10.6	Pulg.	
Cantidad	95.84	kg/m ³	PESO UNITARIO	2084.63	kg/m ³	
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta	
			EXUDACIÓN	NO	Presenta	
SUPERPLASTIFICANTE II	1.70%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA		
Cantidad	10.86	kg/m ³				

 FICHA DE INVESTIGACIÓN 							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
MÉTODO DE DISEÑO	MÁXIMA COMPACIDAD	F'c	800	kgf/cm ²	F'cr	997.8	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA			
CEMENTO	745.07	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³		
AGREGADO FINO	715.04	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.96	kg/m ³		
AGREGADO GRUESO	435.94	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	0.59	kg/m ³		
AGUA	194.33	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.26			
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA							
CÓDIGO MC800M5S1.6-II							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE II	5.00%		SLUMP	9.1	Pulg.		
Cantidad	31.95	kg/m ³	PESO UNITARIO	2046.64	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE II	1.60%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	9.58	kg/m ³					
CÓDIGO MC800M10S1.8-II							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE II	10.00%		SLUMP	9.5	Pulg.		
Cantidad	63.89	kg/m ³	PESO UNITARIO	2077.92	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE II	1.80%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	10.22	kg/m ³					
CÓDIGO MC800M15S1.9-II							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE II	15.00%		SLUMP	8.7	Pulg.		
Cantidad	95.84	kg/m ³	PESO UNITARIO	2109.21	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE II	1.90%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	10.86	kg/m ³					

 FICHA DE INVESTIGACIÓN 							
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA							
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"							
MÉTODO DE DISEÑO	MÁXIMA COMPACIDAD	F'c	900	kgf/cm ²	F'cr	1108.9	kgf/cm ²
AGREGADO FINO	CANTERA: PODEROSA		AGREGADO GRUESO	CANTERA: PODEROSA			
CEMENTO	893.49	kg/m ³	CEMENTO	1.00	kg/m ³		
AGREGADO FINO	645.98	kg/m ³	AGREGADO FINO	0.72	kg/m ³		
AGREGADO GRUESO	393.83	kg/m ³	AGREGADO GRUESO	0.44	kg/m ³		
AGUA	192.89	Lt/m ³	RELACIÓN A/C	0.22			
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA							
CÓDIGO MC900M5S1.8-II							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE II	5.00%		SLUMP	2.1	Pulg.		
Cantidad	31.95	kg/m ³	PESO UNITARIO	2081.02	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE II	1.80%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	9.58	kg/m ³					
CÓDIGO MC900M10S2.0-II							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE II	10.00%		SLUMP	3.0	Pulg.		
Cantidad	63.89	kg/m ³	PESO UNITARIO	2112.30	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	NO	Presenta		
			EXUDACIÓN	NO	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE II	2.00%		OBSERVACIÓN:	NINGUNA			
Cantidad	10.22	kg/m ³					
CÓDIGO MC900M15S2.2-II							
MICROSÍLICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO				
MICROSÍLICE II	15.00%		SLUMP	-----	Pulg.		
Cantidad	95.84	kg/m ³	PESO UNITARIO	-----	kg/m ³		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN	-----	Presenta		
			EXUDACIÓN	-----	Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE II	2.20%		OBSERVACIÓN:	MEZCLA SECA			
Cantidad	10.86	kg/m ³					

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO MÁXIMA COMPACIDAD												
	F'c=700			F'c=800			F'c=900			F'c=1000		
	F'cr=886.7			F'cr=997.8			F'cr=1108.9			F'cr=1220.0		
Microsílice II	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%	5.0%	10.0%	15.0%
Superplastificante II	1.4%	1.6%	1.7%	1.6%	1.8%	1.9%	1.8%	2.0%	2.2%	NO	NO	NO
Slump	11.0"	11.5"	10.6"	9.1"	9.5"	8.7"	2.1"	3.0"	NO	NO	NO	NO

Tabla 4.15. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco del método Máxima Compacidad, microsílice II y superplastificante II.

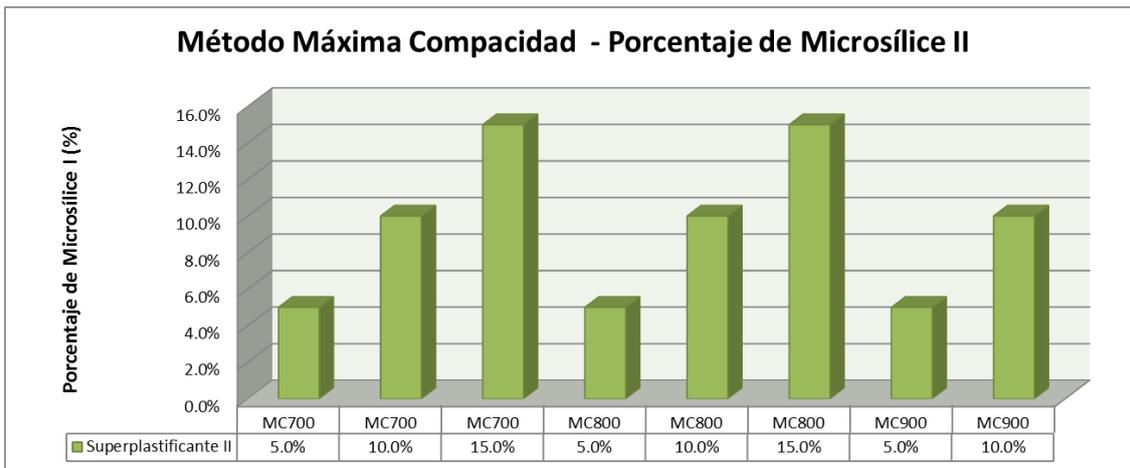


Figura 4.21. Gráfico del porcentaje de microsílice II para cada diseño de mezclas método Máxima Compacidad.

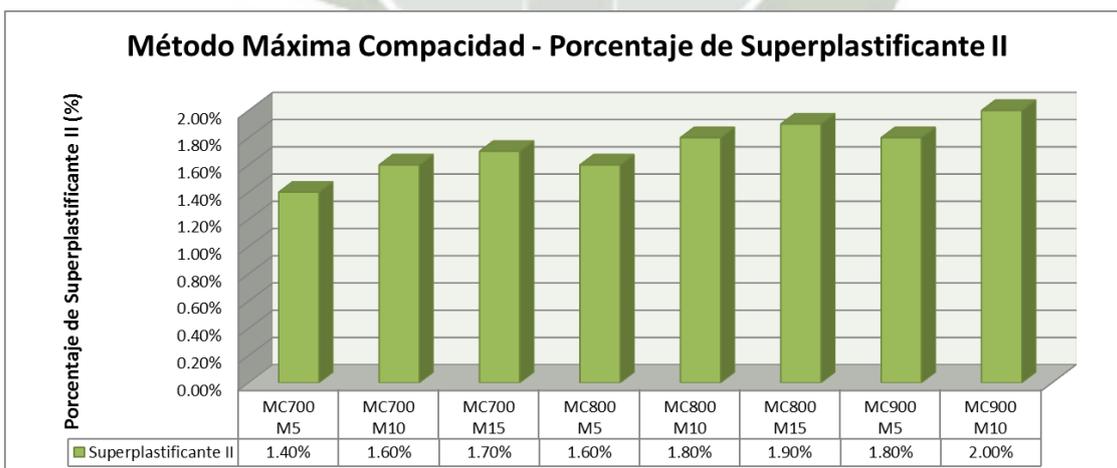


Figura 4.22. Gráfico del porcentaje de superplastificante II para cada diseño de mezclas método Máxima Compacidad.

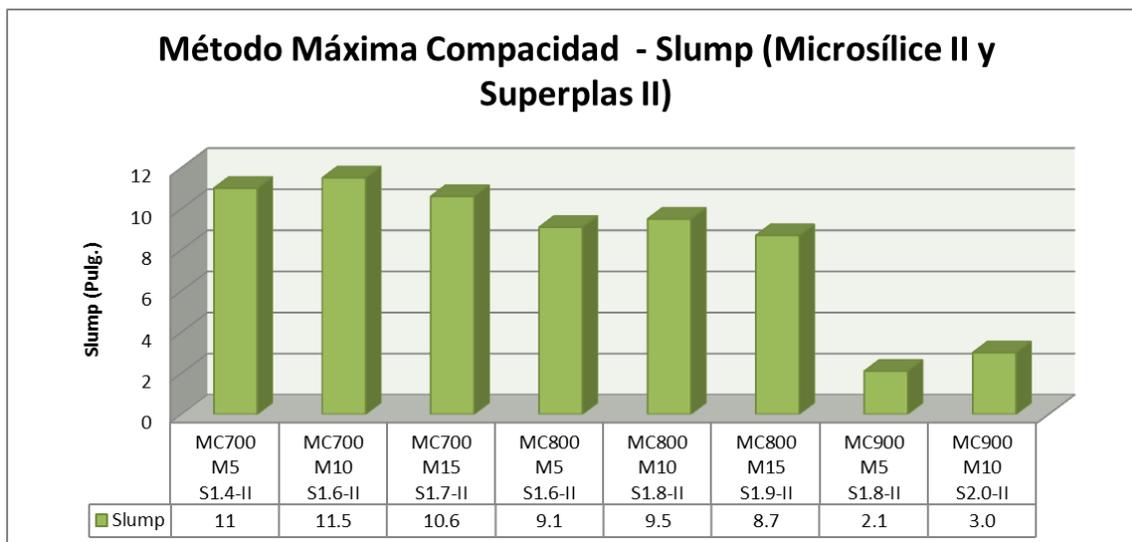


Figura 4.23. Gráfico del Slump obtenidos con el microsíllice II y superplastificante II para cada diseño de mezclas del método Máxima Compacidad.



4.3.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO MÁXIMA COMPACIDAD.

4.3.2.1. DISEÑO PATRÓN (MC).

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - PATRÓN					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
MC700 PATRÓN	0.0	463.0	596.6	675.1	731.7

Tabla 4.16. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700 \text{ kgf/cm}^2$, método Máxima Compacidad, patrón.

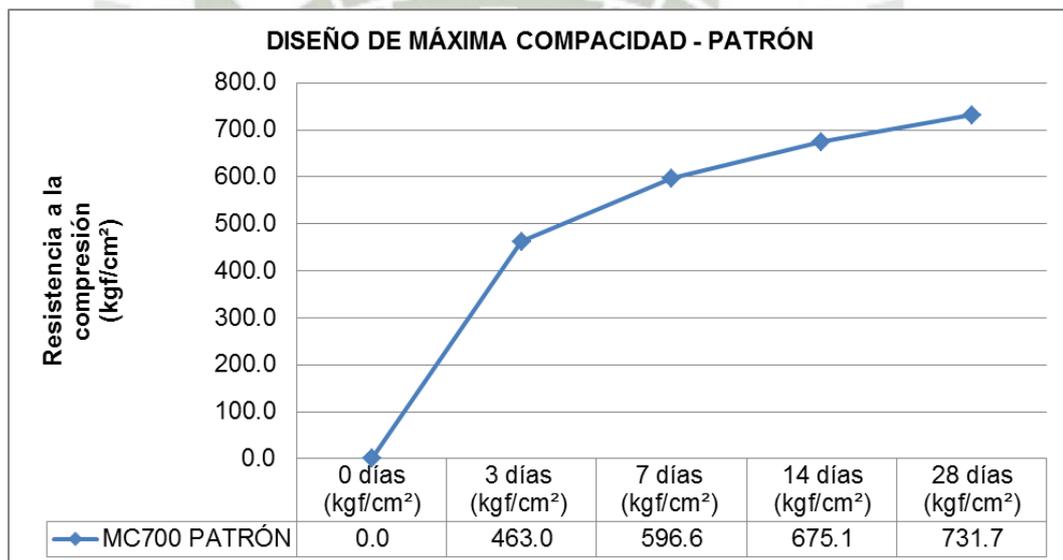


Figura 4.24. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700 \text{ kgf/cm}^2$, método Máxima Compacidad, patrón.

➤ RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - TRACCIÓN INDIRECTA PATRÓN				
CÓDIGO	Fuerza (kgf)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	28 días (kgf/cm ²)
MC700 PATRÓN	30150	30.2	14.1	45.1

Tabla 4.17. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para $F'c=700 \text{ kgf/cm}^2$, método Máxima Compacidad, patrón.

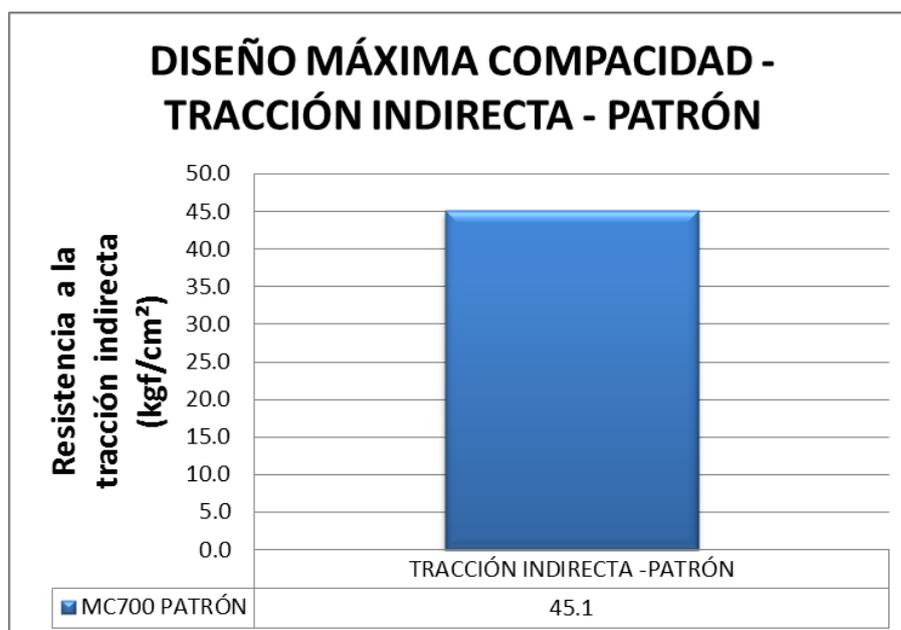


Figura 4.25. Gráfico de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, patrón.

4.3.2.2. MICROSÍLICE I Y SUPERPLASTIFICANTE I (MC).

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - MICROSÍLICE I y SUPERPLASTIFICANTE I					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
MC700 M5 S1.0-I	0.0	608.0	779.6	903.5	935.3
MC700 M10 S1.2-I	0.0	691.9	831.8	963.9	1039.3
MC700 M15 S1.3-I	0.0	695.0	835.6	968.4	1049.7

Tabla 4.18. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice I y superplastificante I.

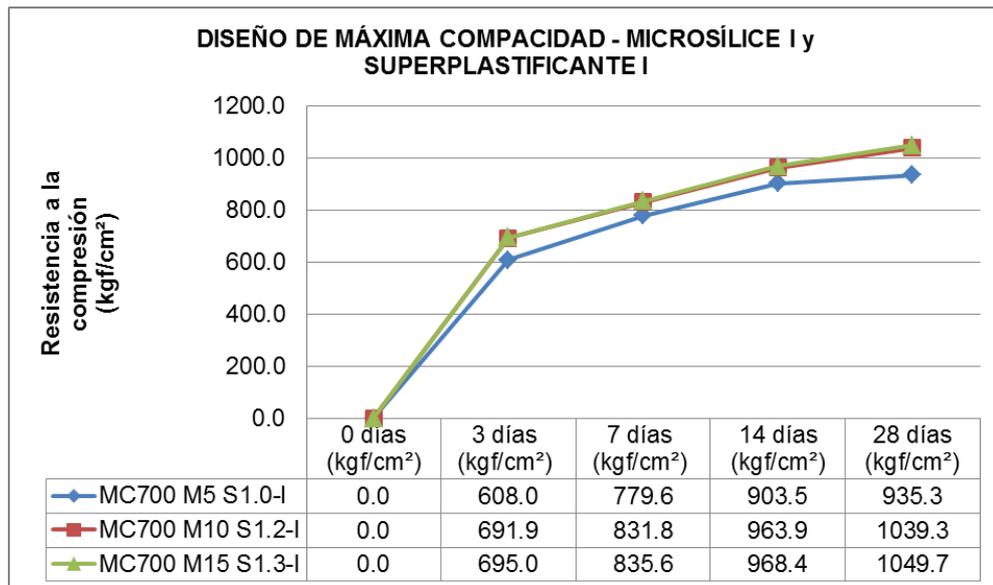


Figura 4.26. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice I y superplastificante I.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - MICROSÍLICE I y SUPERPLASTIFICANTE I

CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
MC800 M5 S1.2-I	0.0	583.4	764.6	917.5	1019.4
MC800 M10 S1.4-I	0.0	720.0	865.6	1003.1	1117.3
MC800 M15 S1.5-I	0.0	760.0	913.8	1058.9	1129.6

Tabla 4.19. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice I y superplastificante I.

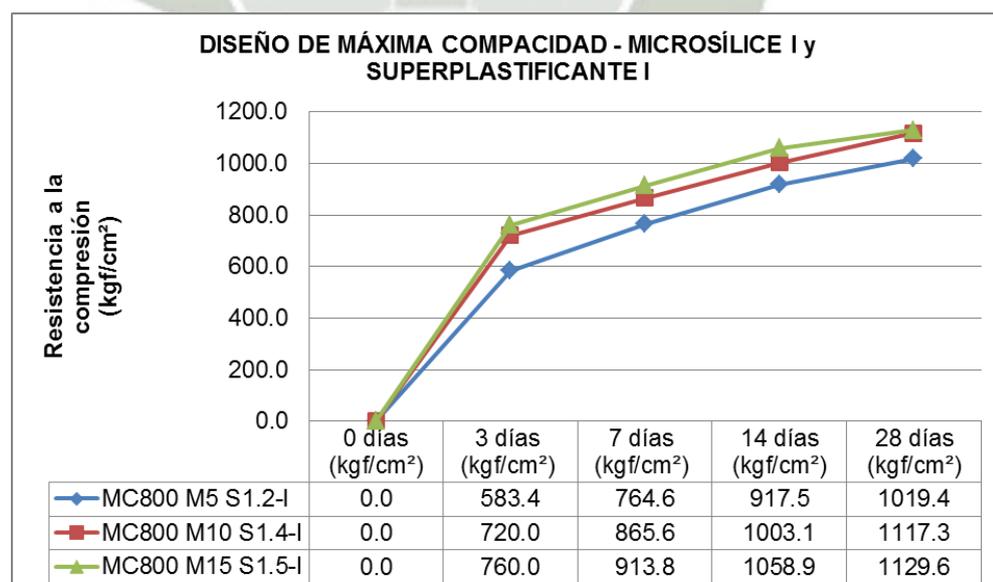


Figura 4.27. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice I y superplastificante I.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - MICROSÍLICE I y SUPERPLASTIFICANTE I					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
MC900 M5 S1.4-I	0.0	630.3	821.7	952.2	1050.5
MC900 M10 S1.6-I	0.0	718.3	863.6	1000.8	1151.3
MC900 M15 S1.7-I	0.0	695.6	836.3	1026.9	1141.0

Tabla 4.20. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice I y superplastificante I.

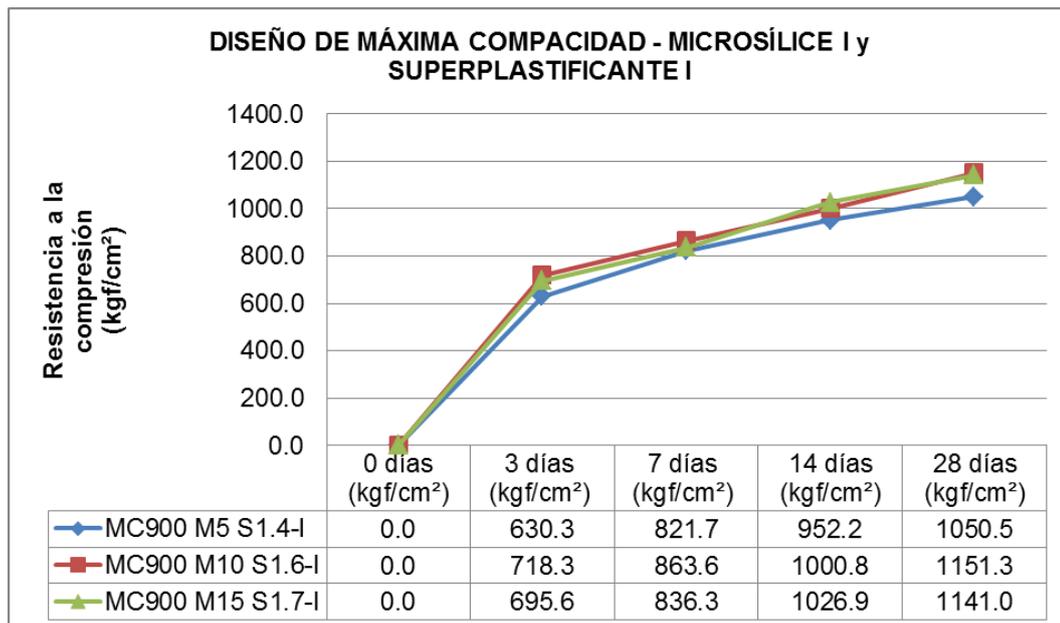


Figura 4.28. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice I y superplastificante I.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - MICROSÍLICE I y SUPERPLASTIFICANTE I					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
MC1000 M5 S1.6-I	0.0	814.7	979.4	1135.0	1294.7
MC1000 M10 S1.8-I	0.0	830.0	997.8	1156.4	1359.4

Tabla 4.21. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=1000$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice I y superplastificante I.

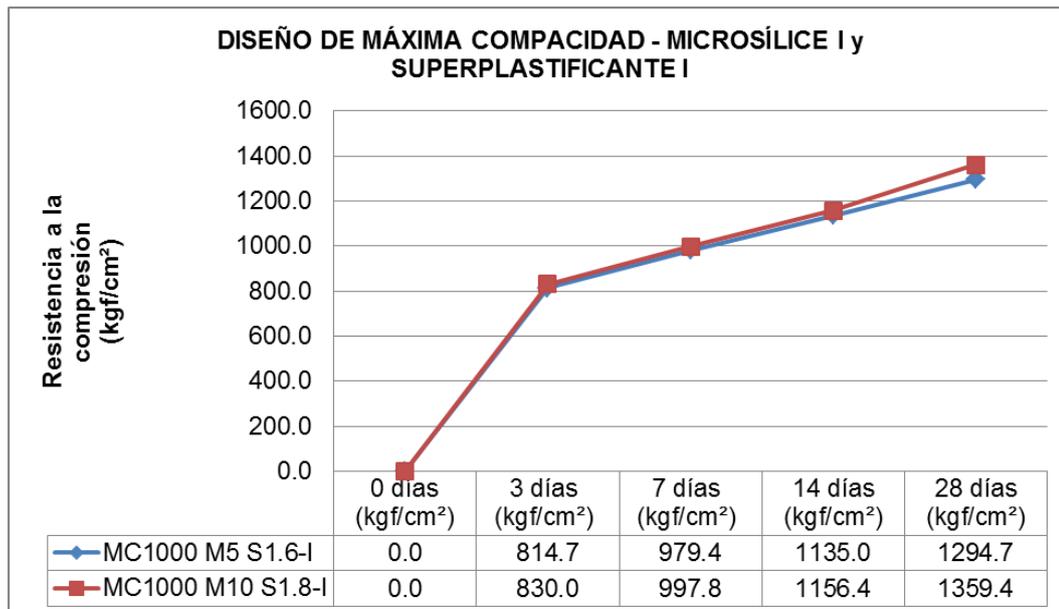


Figura 4.29. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=1000$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice I y superplastificante I.

➤ **RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.**

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - TRACCIÓN INDIRECTA - I				
CÓDIGO	Fuerza (kgf)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	28 días (kgf/cm ²)
MC700 M5 S1.0-I	31450	30.4	15.2	43.3
MC700 M10 S1.2-I	32670	30.5	15.3	44.6
MC700 M15 S1.3-I	32310	30.1	15.2	45.0
MC800 M5 S1.2-I	32090	30.2	15.4	43.9
MC800 M10 S1.4-I	33490	30.1	15.4	46.0
MC800 M15 S1.5-I	33120	30.4	15.6	44.5
MC900 M5 S1.4-I	33360	30.5	15.2	45.8
MC900 M10 S1.6-I	34820	30.4	15.3	47.7
MC900 M15 S1.7-I	34440	30.2	15.1	48.1
MC1000 M5 S1.6-I	32320	30.2	15.2	44.8
MC1000 M10 S1.8-I	35110	30.4	15.2	48.4

Tabla 4.22. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método Máxima Compacidad, microsíllice I y superplastificante I.

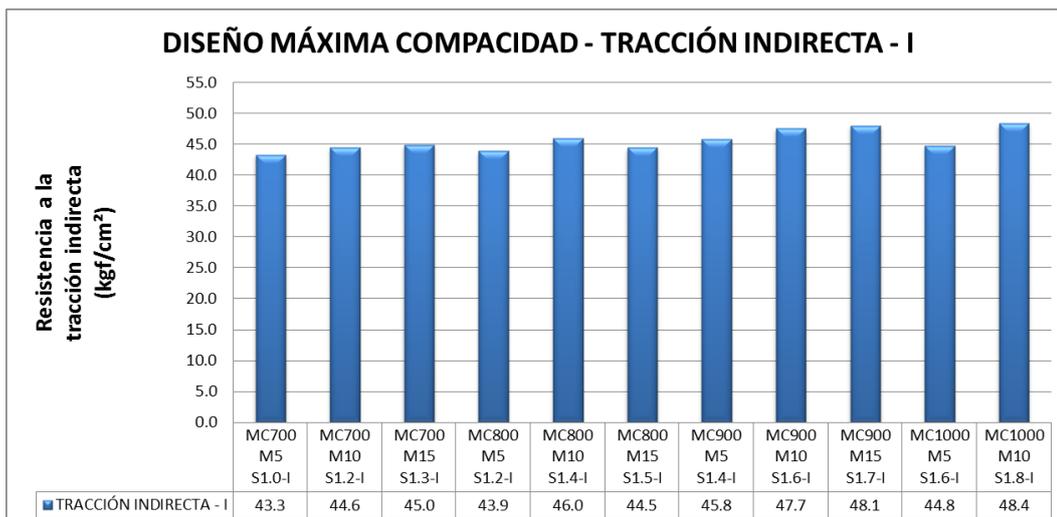


Figura 4.30. Gráfico de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.



4.3.2.3. MICROSÍLICE II Y SUPERPLASTIFICANTE II (MC).

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - MICROSÍLICE II y SUPERPLASTIFICANTE II					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
MC700 M5 S1.4-II	0.0	490.8	629.4	729.4	755.1
MC700 M10 S1.6-II	0.0	587.7	706.5	818.8	839.0
MC700 M15 S1.7-II	0.0	561.1	674.6	781.8	847.4

Tabla 4.23. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílize II y superplastificante II.

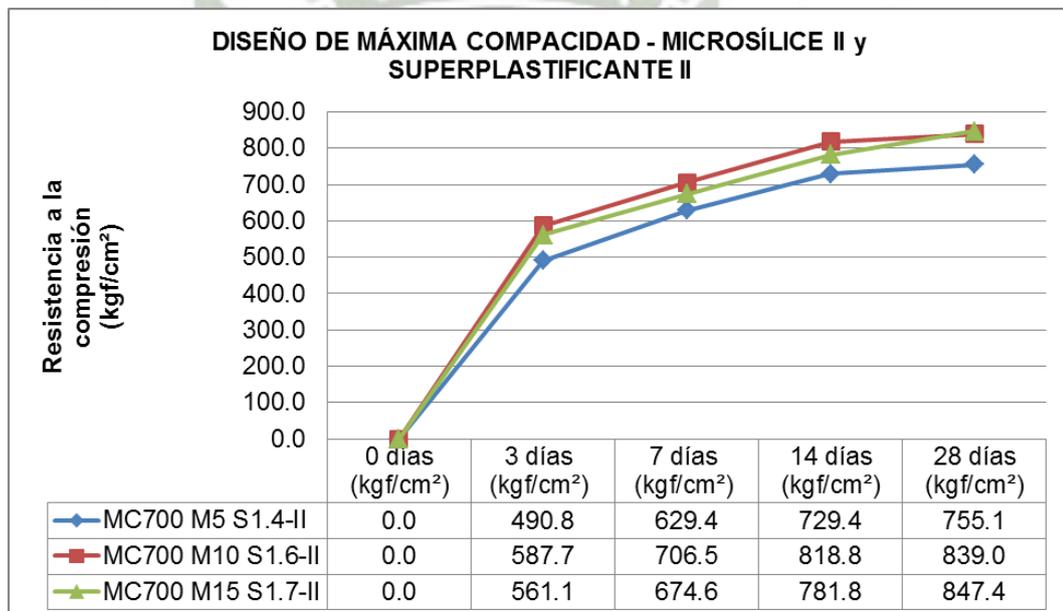


Figura 4.31. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílize II y superplastificante II.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - MICROSÍLICE II y SUPERPLASTIFICANTE II					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
MC800 M5 S1.6-II	0.0	506.4	663.7	796.5	885.0
MC800 M10 S1.8-II	0.0	649.2	780.4	904.4	969.9
MC800 M15 S1.9-II	0.0	659.8	793.2	919.3	980.6

Tabla 4.24. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílize II y superplastificante II.

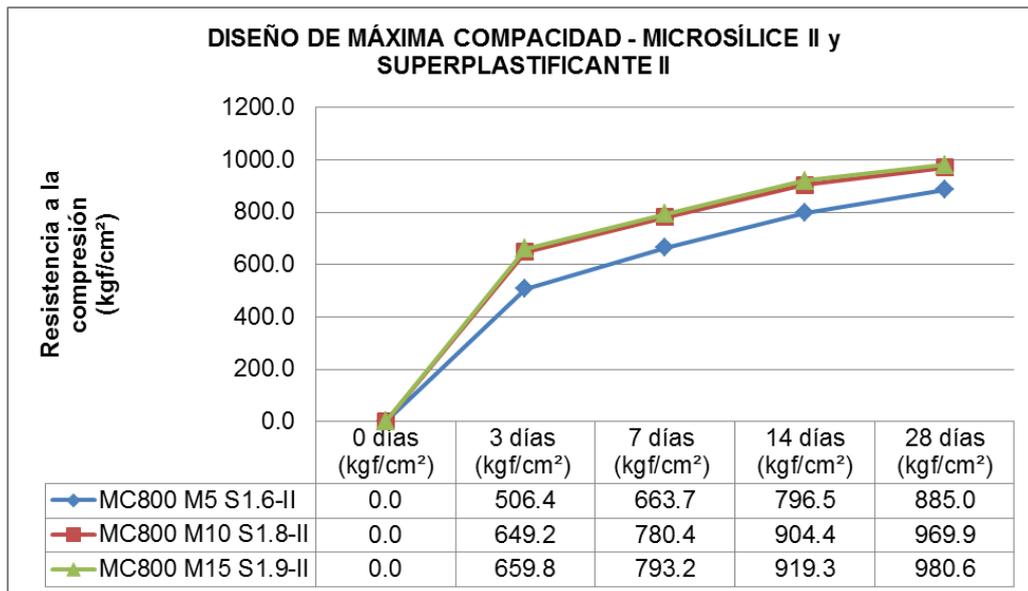


Figura 4.32. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice II y superplastificante II.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD - MICROSÍLICE II y SUPERPLASTIFICANTE II					
CÓDIGO	0 días (kgf/cm ²)	3 días (kgf/cm ²)	7 días (kgf/cm ²)	14 días (kgf/cm ²)	28 días (kgf/cm ²)
MC900 M5 S1.8-II	0.0	602.5	785.4	910.2	1004.2
MC900 M10 S2.0-II	0.0	664.8	799.2	926.2	1065.6

Tabla 4.25. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice II y superplastificante II.

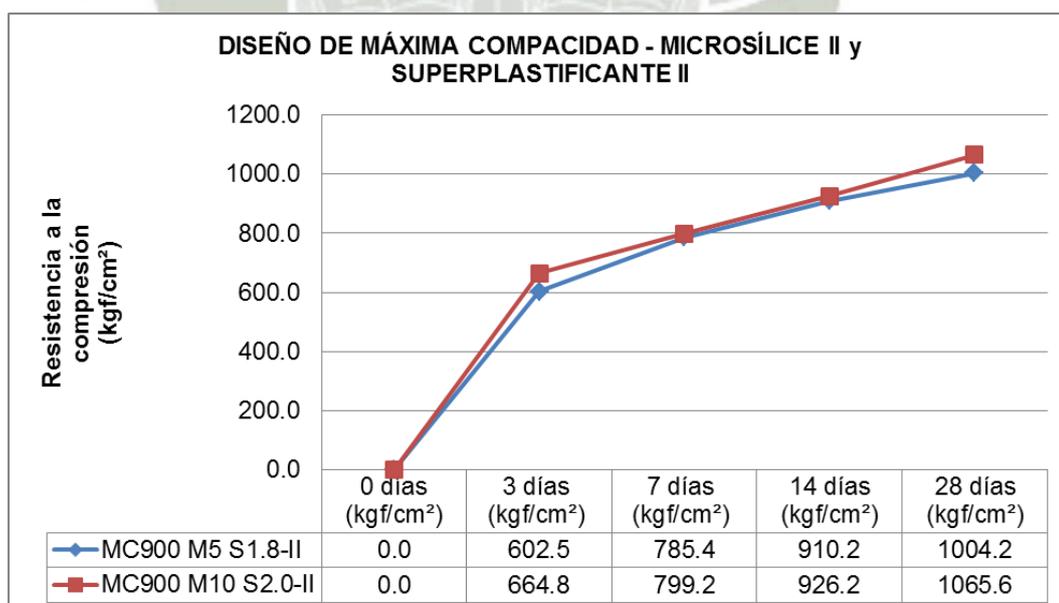


Figura 4.33. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsíllice II y superplastificante II.

➤ RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.

DISEÑO MÁXIMA COMPACIDAD -TRACCIÓN INDIRECTA - II				
CÓDIGO	Fuerza (kgf)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	28 días (kgf/cm ²)
MC700 M5 S1.4-II	29230	30.4	14.2	43.1
MC700 M10 S1.6-II	29260	30.1	15.2	40.7
MC700 M15 S1.7-II	32270	30.4	15.3	44.2
MC800 M5 S1.6-II	32430	30.2	15.1	45.3
MC800 M10 S1.8-II	32590	30.1	15.4	44.8
MC800 M15 S1.9-II	32880	30.2	15.2	45.6
MC900 M5 S1.8-II	33040	30.1	15.3	45.7
MC900 M10 S2.0-II	33420	30.3	15.2	46.2

Tabla 4.26. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.

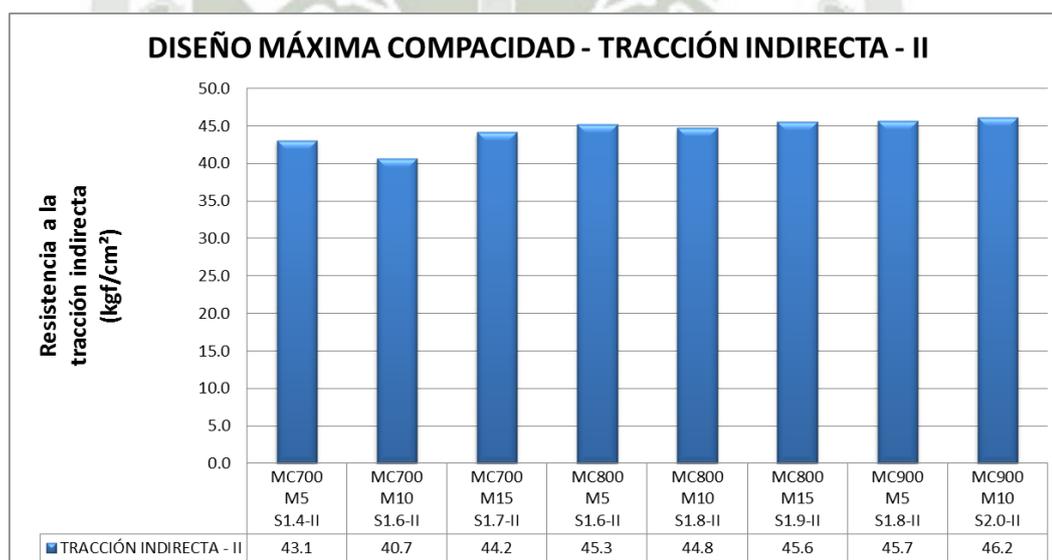


Figura 4.34. Gráfico de resumen de la resistencia a la a la tracción indirecta para método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.

**CAPITULO 5: ANÁLISIS
DE LOS RESULTADOS
DE LA INFLUENCIA
DE LA MICROSÍLICE Y
SUPERPLASTIFICANTE
EN EL
CAR, RESISTENCIA Y
COSTOS.**

5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO.

5.1.1. DISEÑO MÉTODO DEL ACI 211.4.

- Se realizaron los ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas ACI 211.4 $F'c = 700, 800, 900, 1000 \text{ kgf/cm}^2$, en los cuales se utilizó cantidades de 5%, 10% y 15% de microsílíce I y microsílíce II.
- Se realizaron los ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas del ACI 211.4 $F'c = 700, 800, 900, 1000 \text{ kgf/cm}^2$, en los cuales se utilizó la cantidad de aditivos más óptima sin que la mezcla pueda segregarse tanto como para el superplastificante I y superplastificante II.
- A continuación se mostrara los análisis comparativos entre superplastificante I, microsílíce I y superplastificante II, microsílíce II por el Método del ACI 211.4.

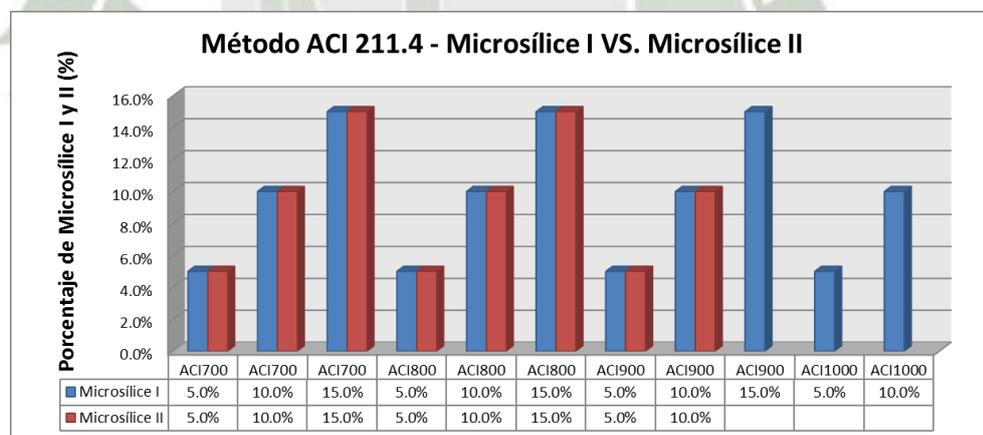


Figura 5.1. Gráfico del análisis comparativo entre la cantidad de Microsílíce I y Microsílíce II con el método ACI 211.4.

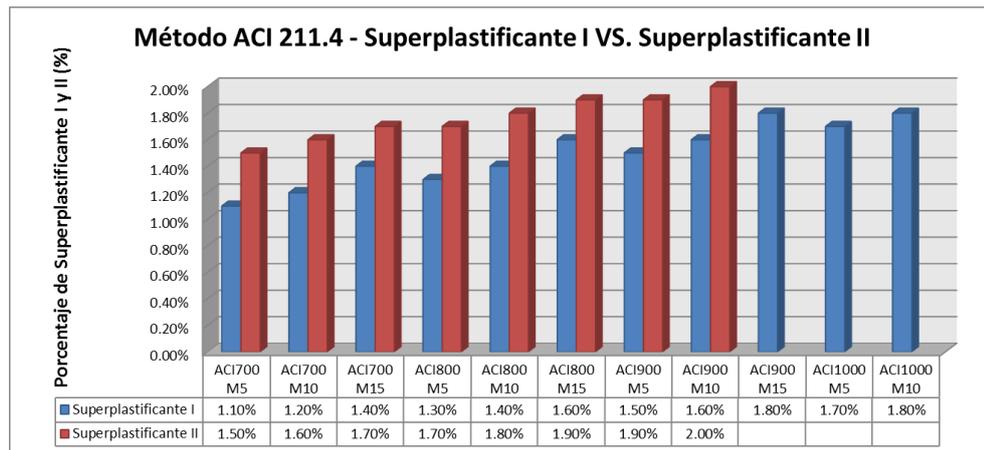


Figura 5.2. Gráfico del análisis comparativo entre la cantidad de Superplastificante I y Superplastificante II con el método ACI 211.4.

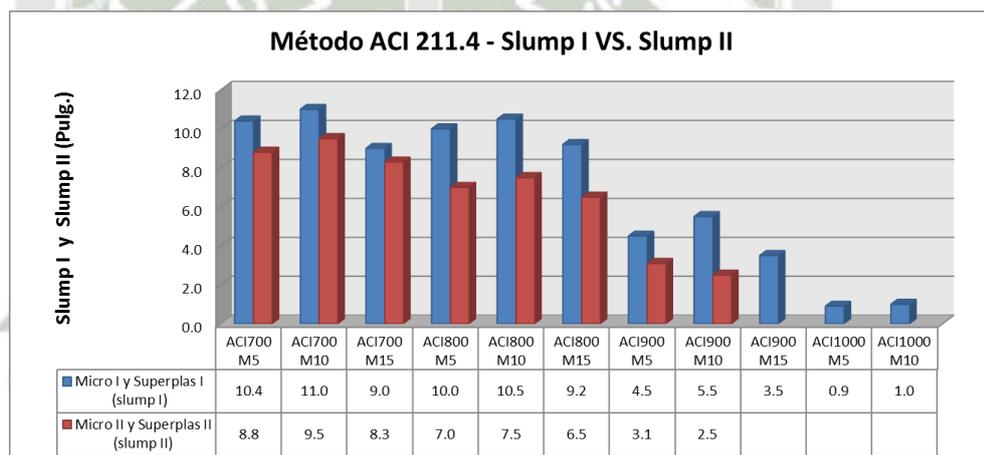


Figura 5.3. Gráfico del análisis comparativo entre el Slump I y Slump II obtenido por el método ACI 211.4.

5.1.2. DISEÑOS MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD.

- Se realizaron los ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas para Máxima Compacidad con $F'c = 700, 800, 900, 1000 \text{ kgf/cm}^2$, en los cuales se utilizó cantidades de 5%, 10% y 15% de microsilíce I y microsilíce II.

- Se realizaron los ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas de Máxima Compacidad $F'c = 700, 800, 900, 1000\text{kgf/cm}^2$, en los cuales se utilizó la cantidad de aditivos más óptima sin que la mezcla pueda segregarse ni exudarse tanto como para el superplastificante I y superplastificante II.
- A continuación se mostrara los análisis comparativos entre superplastificante I, microsílíce I y superplastificante II, microsílíce II por el método de Máxima Compacidad.

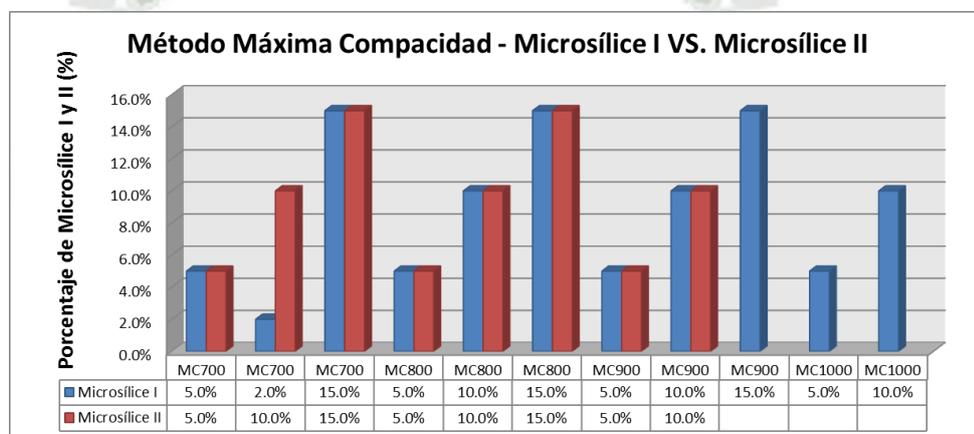


Figura 5.4 Gráfico del análisis comparativo entre la cantidad de Microsílíce I y Microsílíce II con el método Máxima Compacidad.

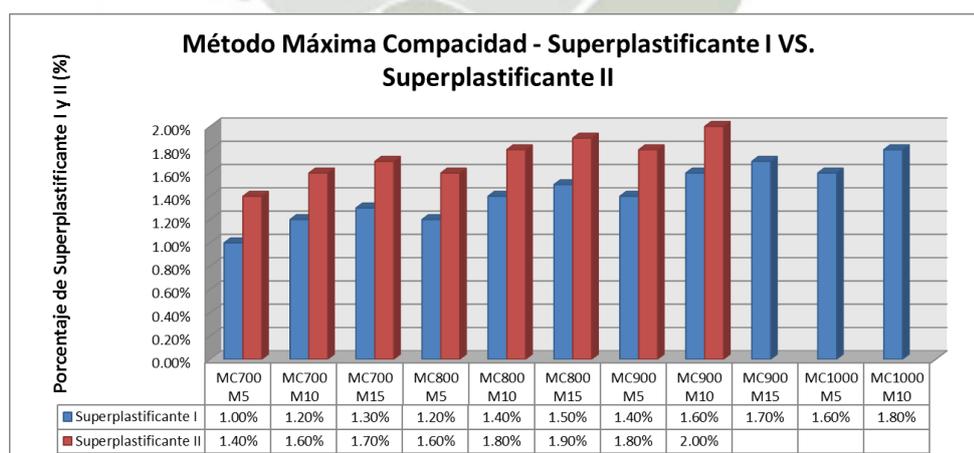


Figura 5.5. Gráfico del análisis comparativo entre la cantidad de Superplastificante I y Superplastificante II con el método Máxima Compacidad.

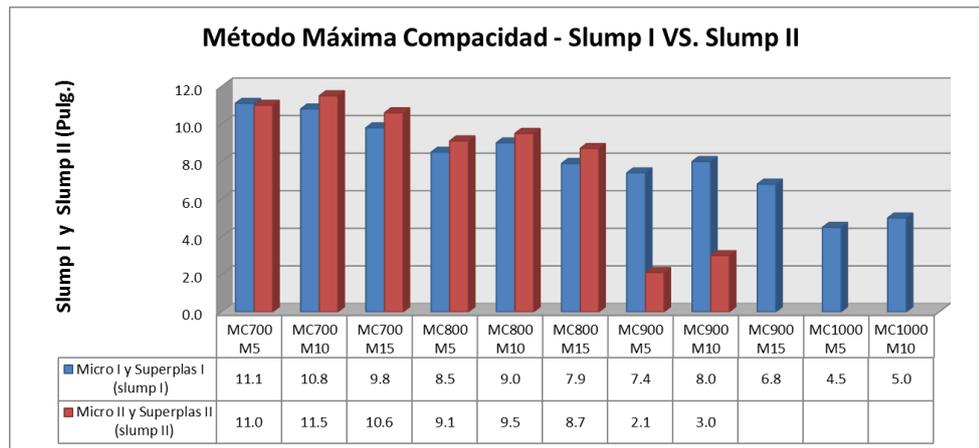


Figura 5.6. Gráfico del análisis comparativo entre el Slump I y Slump II obtenido por el método Máxima Compacidad.

5.1.3. DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 VS MÁXIMA COMPACIDAD.

Con el análisis desarrollado en el ítem 5.1.1. y 5.1.2., realizaremos el análisis en estado fresco de los resultados entre los métodos de diseño de mezclas del ACI 211.4 y Máxima compacidad.

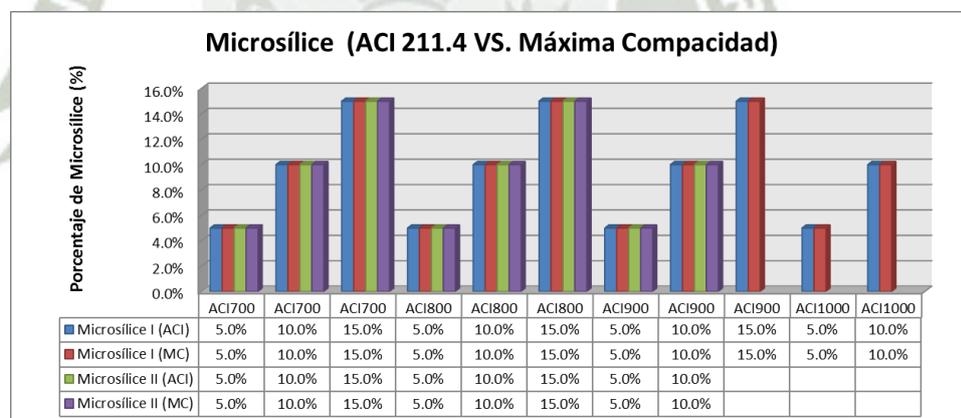


Figura 5.7. Gráfico del análisis comparativo del diseño de mezclas del ACI 211.4 VS. Máxima Compacidad de la cantidad de Microsílice.

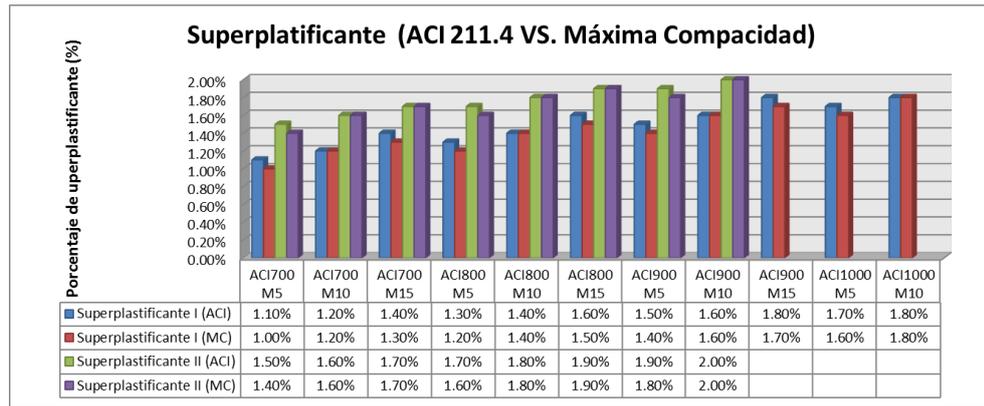


Figura 5.8. Gráfico del análisis comparativo del diseño de mezclas del ACI 211.4 VS. Máxima Compacidad de la cantidad de Superplastificante.

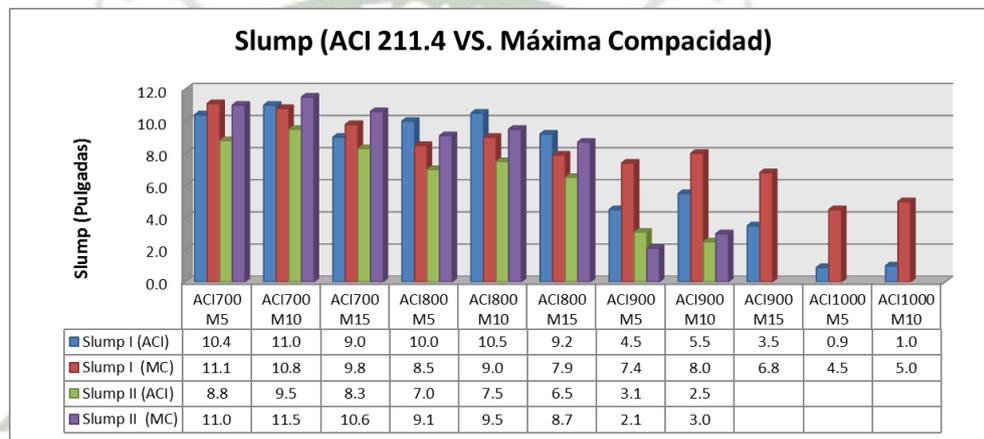


Figura 5.9. Gráfico del análisis comparativo del diseño de mezclas del ACI 211.4 VS. Máxima Compacidad del Slump obtenido.

5.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO.

5.2.1. DISEÑO MÉTODO DEL ACI 211.4.

- Resistencia a la Compresión en kgf/cm².

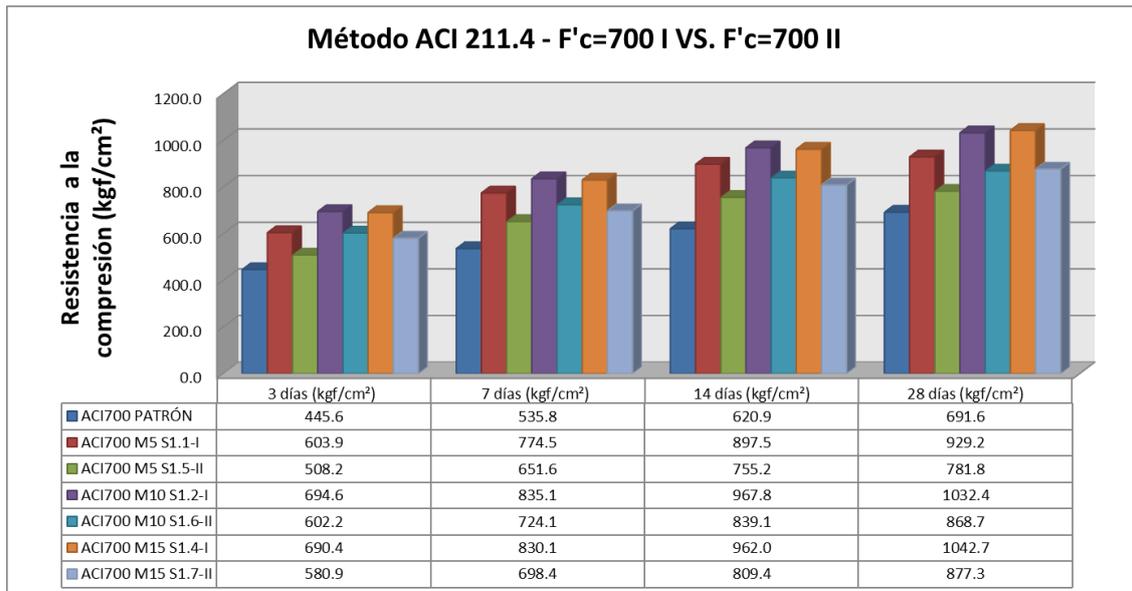


Figura 5.10. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 211.4 (F'c=700 I kgf/cm² VS. F'c=700 II kgf/cm²).

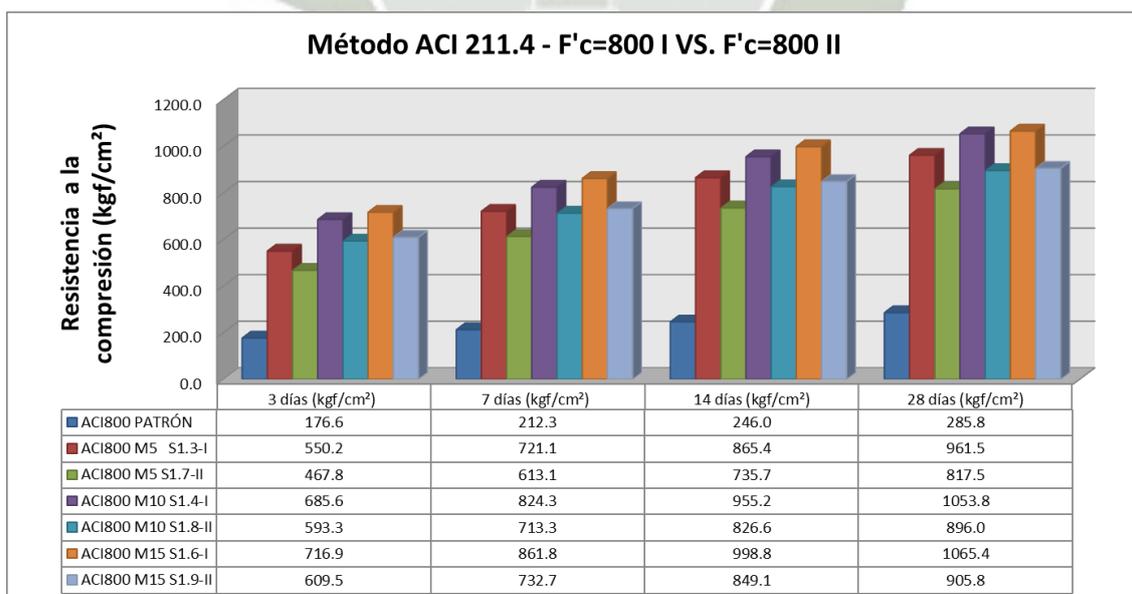


Figura 5.11. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 211.4 (F'c=800 I kgf/cm² VS. F'c=800 II kgf/cm²).

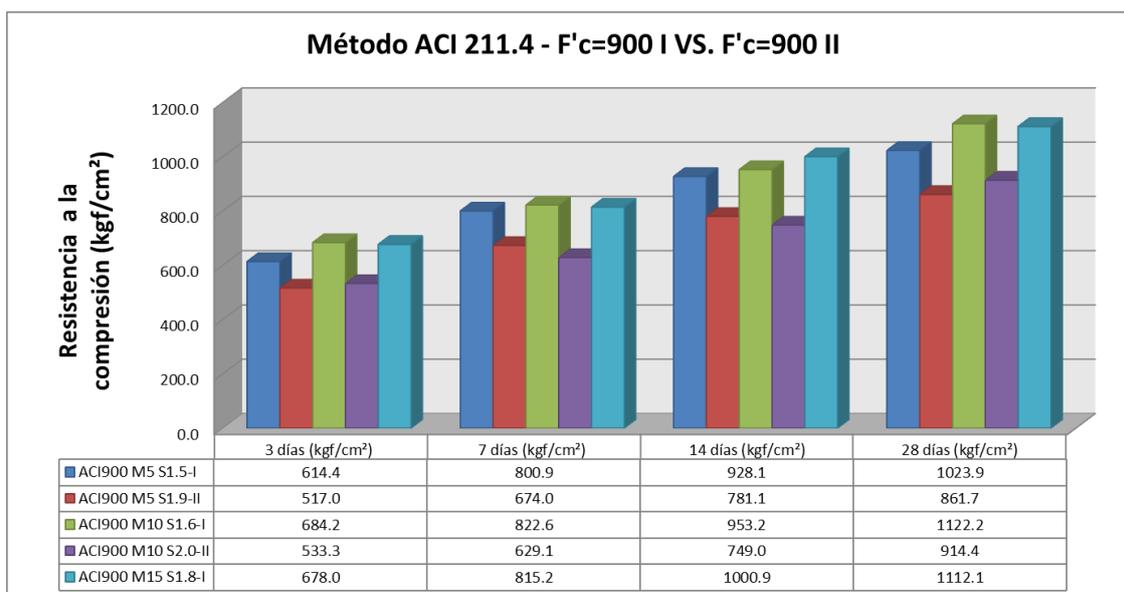


Figura 5.12. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 211.4 (F'c=900 I kgf/cm² VS. F'c=900 II kgf/cm²).

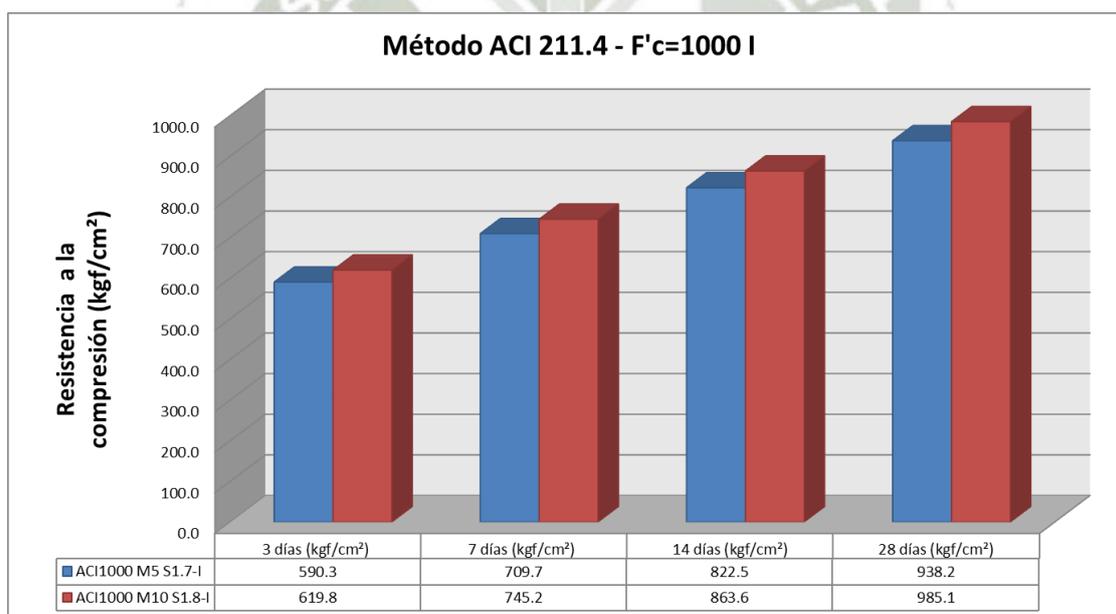


Figura 5.13. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 211.4 (F'c=1000 I kgf/cm²).

- Resistencia a la Tracción Indirecta en kgf/cm^2 .

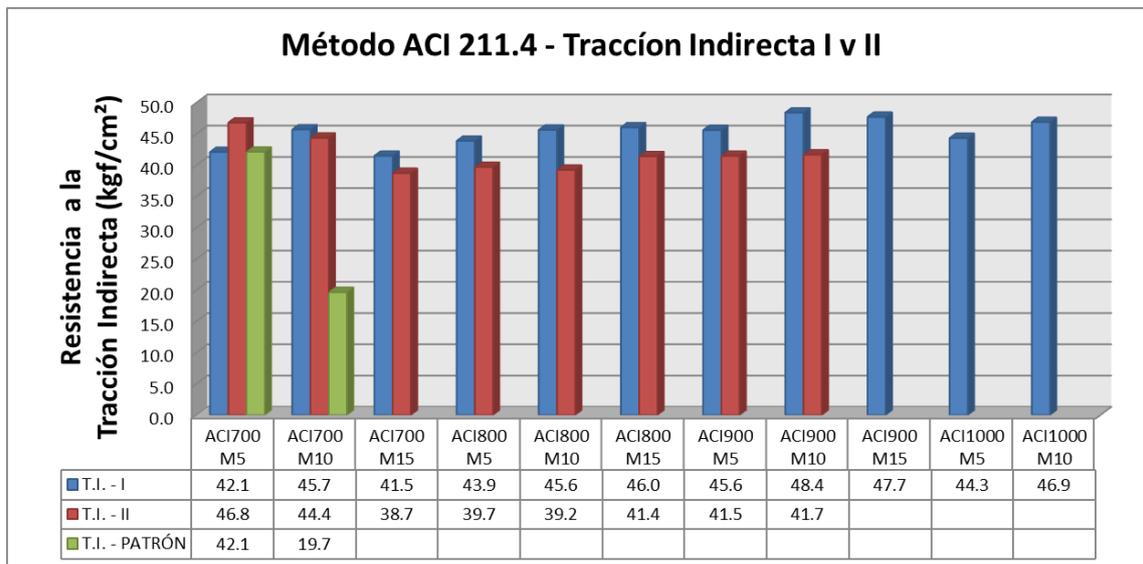


Figura 5.14. Análisis comparativo a la resistencia a la tracción indirecta método ACI 211.4 para todos los $F'c$ diseñados en kgf/cm^2 .

5.2.2. DISEÑO MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD.

- Resistencia a la Compresión en kgf/cm^2 .

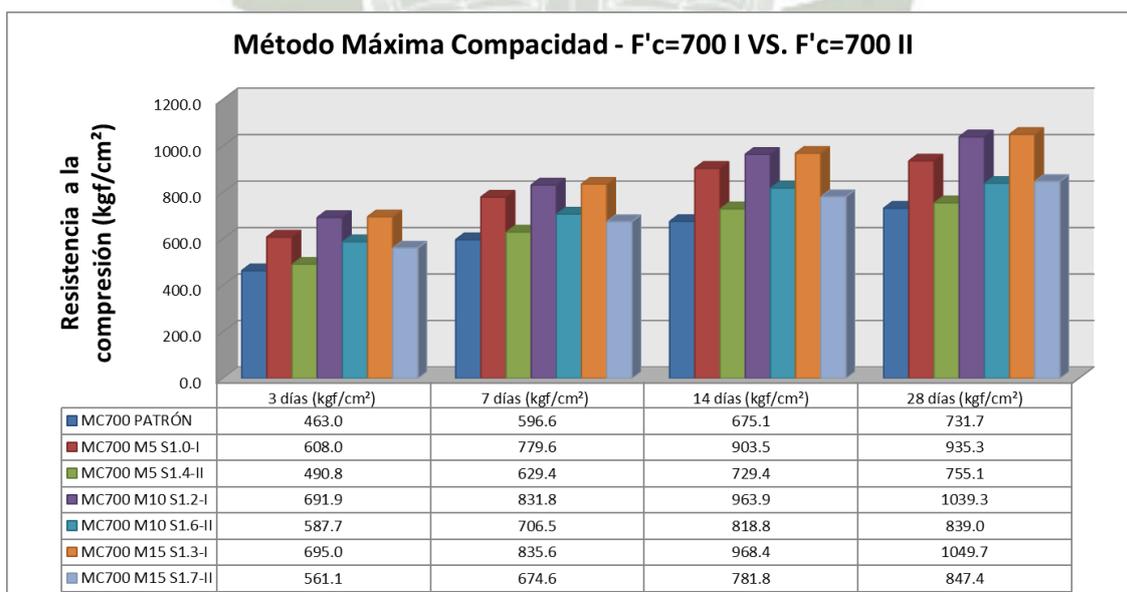


Figura 5.15. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Máxima Compacidad ($F'c=700$ I kgf/cm^2 VS. $F'c=700$ II kgf/cm^2).

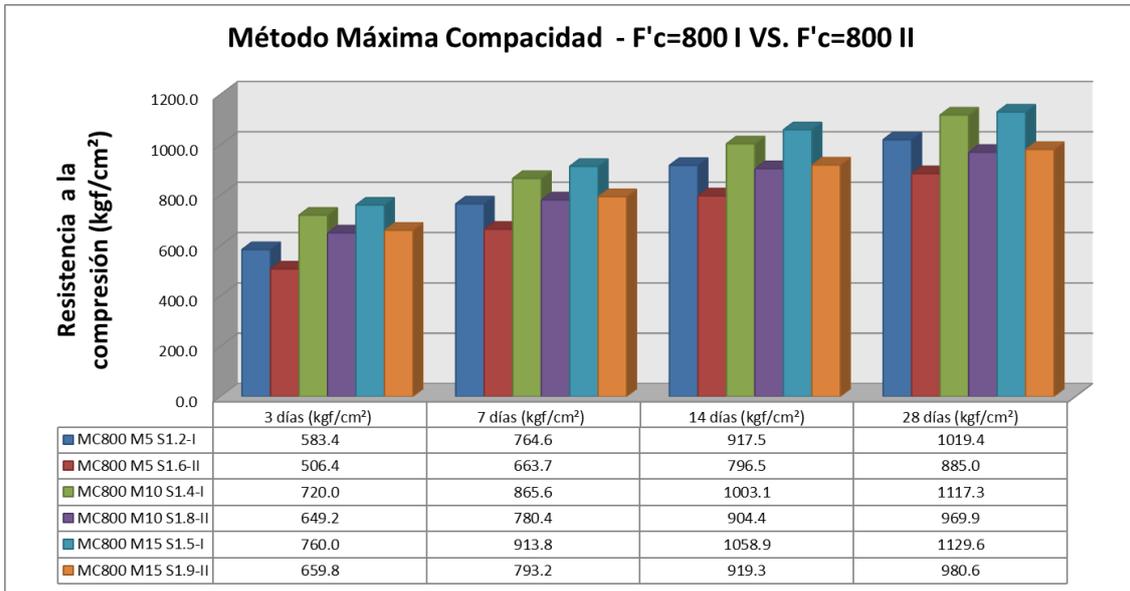


Figura 5.16. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Máxima Compacidad (F'c=800 I kgf/cm² VS. F'c=800 II kgf/cm²).

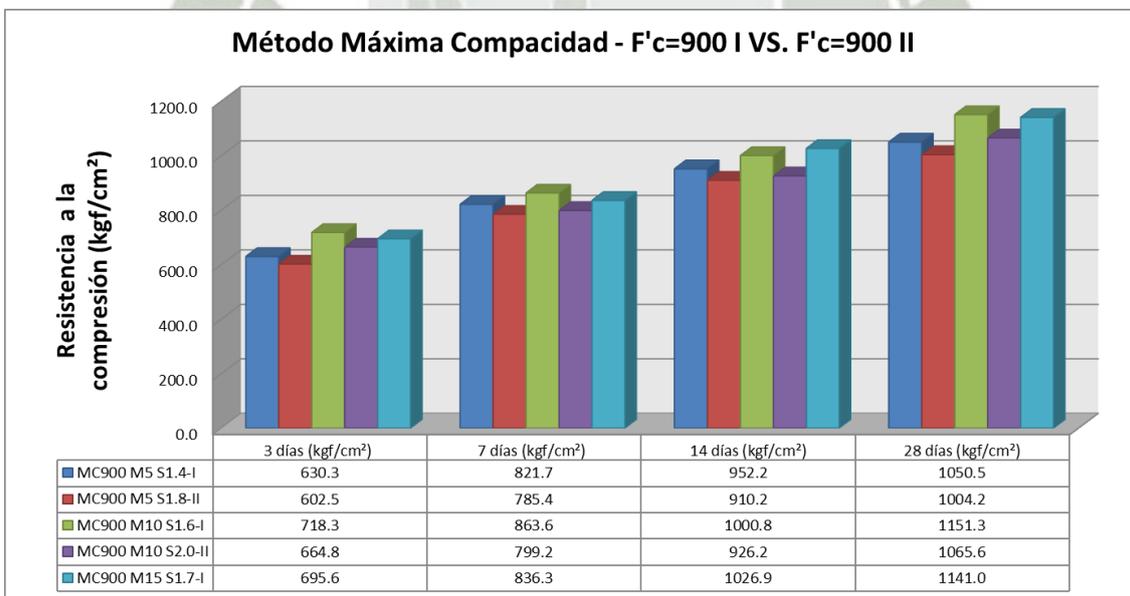


Figura 5.17. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Máxima Compacidad (F'c=900 I kgf/cm² VS. F'c=900 II kgf/cm²).

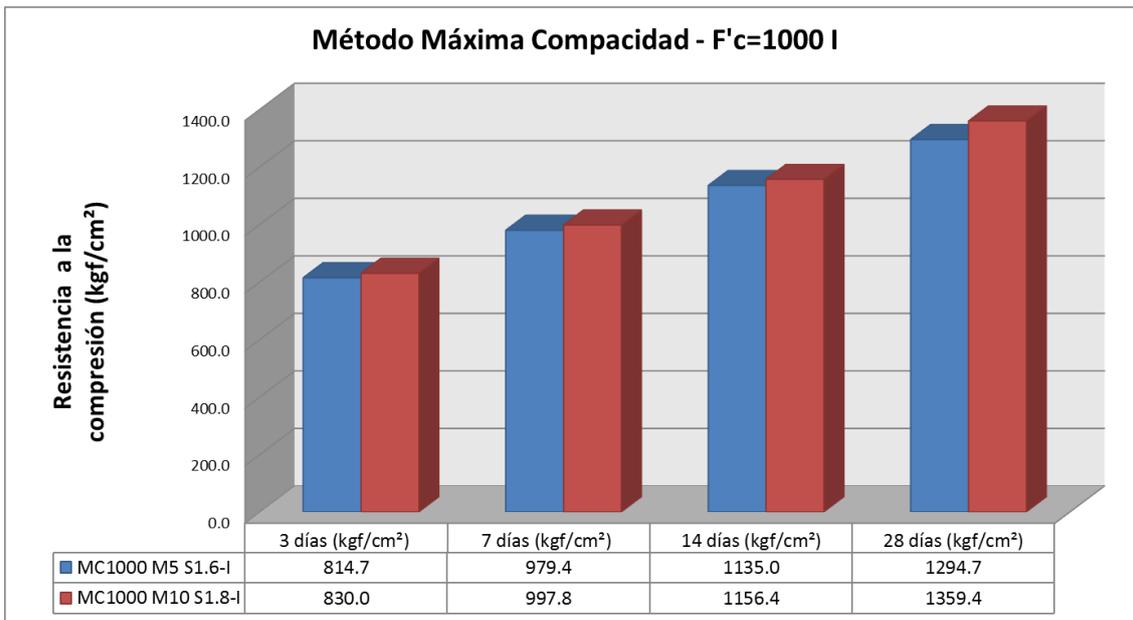


Figura 5.18. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Máxima Compacidad ($F'c=1000$ I kgf/cm²).

- Resistencia a la Tracción Indirecta en kgf/cm².

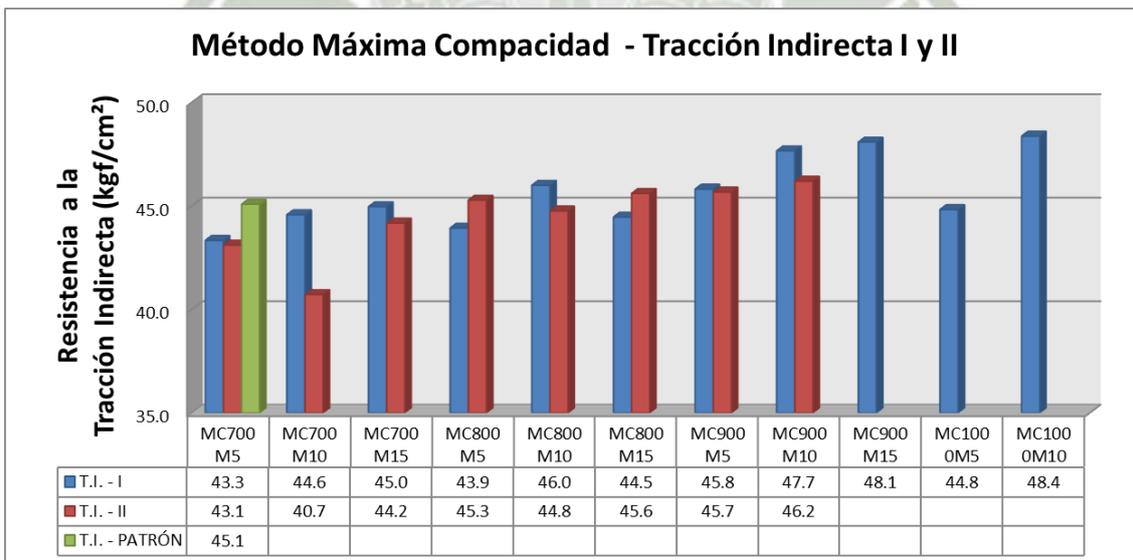


Figura 5.19. Análisis comparativo a la resistencia a la tracción indirecta método Máxima Compacidad para todos los $F'c$ diseñados en kgf/cm².

5.2.3. DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.4 VS MÁXIMA COMPACIDAD.

- Resistencia a la Compresión en kgf/cm².

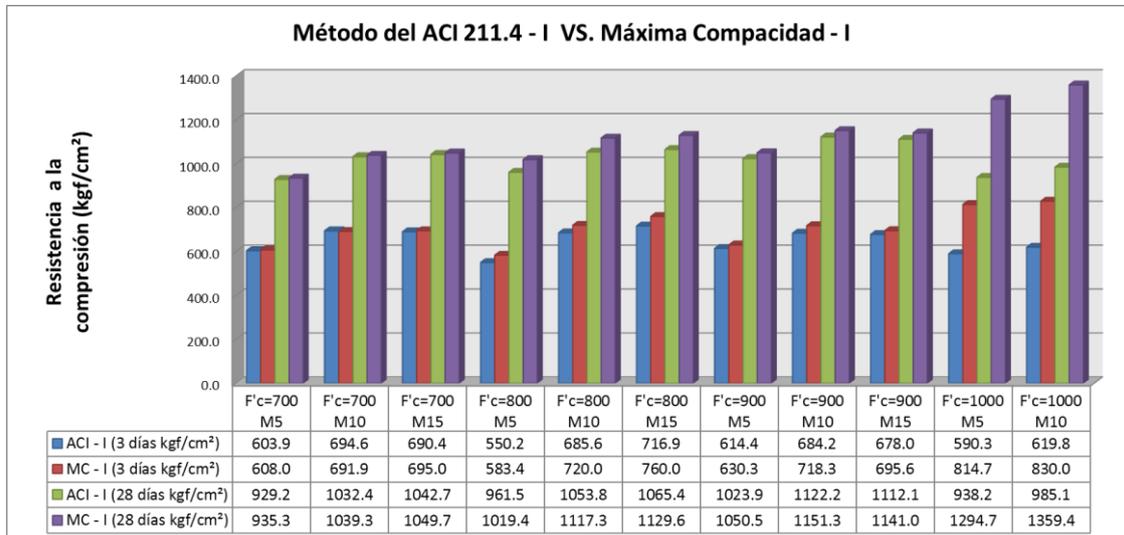


Figura 5.20. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método del ACI 211.4 – I VS. Máxima Compacidad - I en kgf/cm².

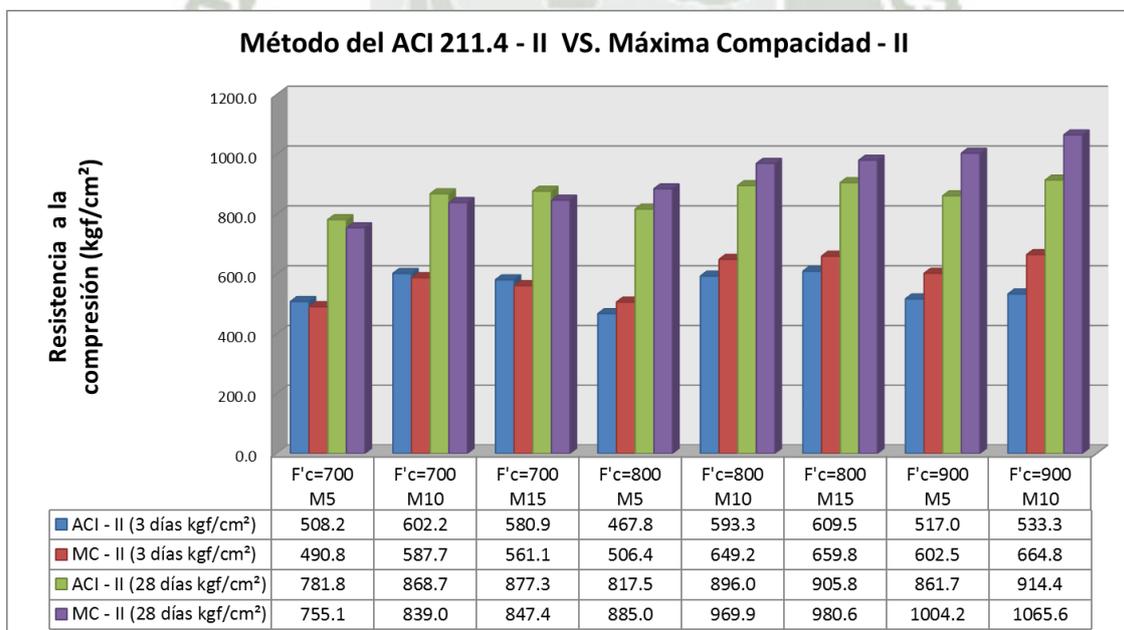


Figura 5.20. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método del ACI 211.4 – II VS. Máxima Compacidad – II en kgf/cm².

- Resistencia a la Tracción Indirecta en kgf/cm^2 .

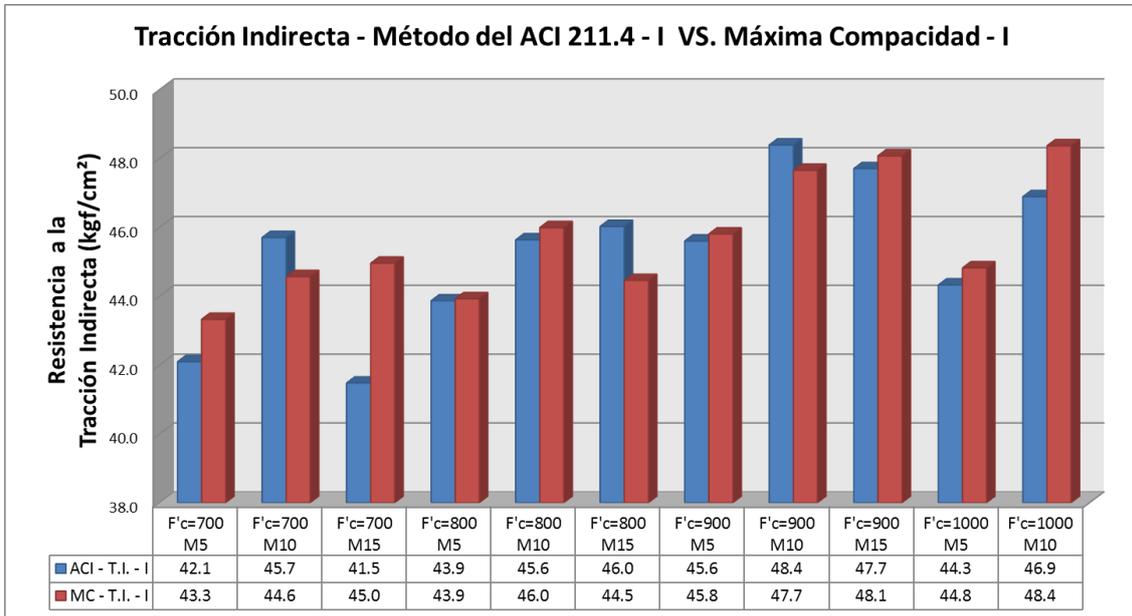


Figura 5.21. Análisis comparativo a la resistencia a la tracción indirecta método del ACI 211.4 – I VS. Máxima Compacidad – I en kgf/cm^2 .

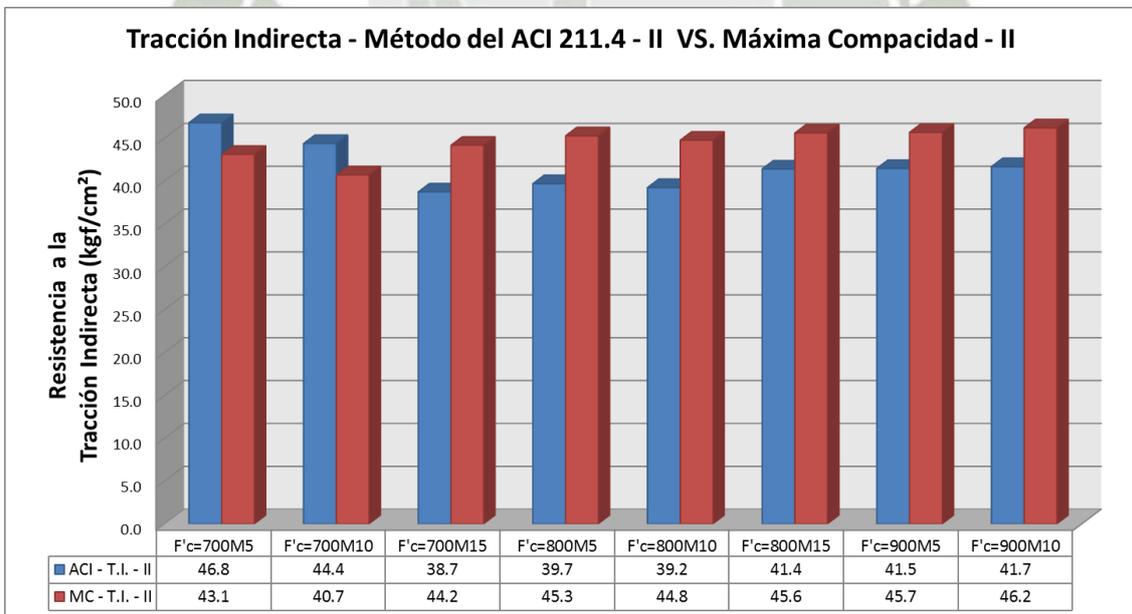


Figura 5.22. Análisis comparativo a la resistencia a la tracción indirecta método del ACI 211.4 – II VS. Máxima Compacidad – II en kgf/cm^2 .

5.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.

5.3.1. DISEÑOS MÉTODO ACI 211.4.

Se realizó el análisis de costos unitarios de los diseños de concreto de alta resistencia con la utilización de microsílíce y superplastificante.

➤ **Análisis de costos unitarios diseños ACI 211.4 Patrón.**

PLACA - COLUMNAS (PATRÓN)							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kg/cm ² (PATRÓN ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				536.03
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.4884	40.00	19.54	
39	Agua potable	m ³		0.1993	1.10	0.22	416.32
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.1. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 211.4

$$F'c=700 \text{ kgf/cm}^2$$

PLACA - COLUMNAS (PATRÓN)							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kg/cm ² (PATRÓN ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				566.91
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		17.5311	20.00	350.62	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.3876	40.00	15.50	
39	Agua potable	m ³		0.1980	1.10	0.22	447.20
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.2. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 211.4

$$F'c=800 \text{ kgf/cm}^2$$

➤ **Análisis de costos unitarios diseños ACI 211.4 - I.**

ACI700 M5 S1.1-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			792.95
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.4884	40.00	19.54	
39	Agua potable	m ³		0.1993	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		1.5973	109.00	174.11	
	Superplastificante I	Cil.		0.0332	2498.00	82.81	673.25
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.3. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

Código ACI700 M5 S1.1-I.

ACI700 M10 S1.2-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			974.59
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.4884	40.00	19.54	
39	Agua potable	m ³		0.1993	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		3.1947	109.00	348.22	
	Superplastificante I	Cil.		0.0362	2498.00	90.34	854.89
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.4. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

Código ACI700 M10 S1.2-I.

ACI700 M15 S1.4-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO: 15.00 m ³ /día			costo unitario directo(S/.) por m ³				1163.75
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.4884	40.00	19.54	
39	Agua potable	m ³		0.1993	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		4.7920	109.00	522.33	
	Superplastificante I	Cil.		0.0422	2498.00	105.40	1044.05
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.5.Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

CódigoACI700 M15 S1.4-I.

ACI800 M5 S1.3-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO: 15.00 m ³ /día			costo unitario directo(S/.) por m ³				901.63
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.3876	40.00	15.50	
39	Agua potable	m ³		0.1980	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		1.8627	109.00	203.03	
	Superplastificante I	Cil.		0.0457	2498.00	114.16	781.92
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.6.Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

CódigoACI800 M5 S1.3-I.

ACI800 M10 S1.4-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO: 15.00 m ³ /día			costo unitario directo(S/.) por m ³				1113.41
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.3876	40.00	15.50	
39	Agua potable	m ³		0.1980	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		3.7254	109.00	406.07	
	Superplastificante I	Cil.		0.0492	2498.00	122.90	993.70
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.7.Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

CódigoACI800 M10 S1.4-I.

ACI800 M15 S1.6-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO: 15.00 m ² /día			costo unitario directo(S/.) por m ²				1333.92
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.3876	40.00	15.50	
39	Agua potable	m ³		0.1980	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		5.5880	109.00	609.09	
	Superplastificante I	Cil.		0.0562	2498.00	140.39	1214.21
EQUIPO							
37	Herramienta	%MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.8.Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

CódigoACI800 M15 S1.6-I.

ACI900 M5 S1.5-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO: 15.00 m ² /día			costo unitario directo(S/.) por m ²				1053.48
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		21.0234	21.00	441.49	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.2467	40.00	9.87	
39	Agua potable	m ³		0.1961	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		2.2337	109.00	243.47	
	Superplastificante I	Cil.		0.0632	2498.00	157.87	933.78
EQUIPO							
37	Herramienta	%MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.9.Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

CódigoACI900 M5 S1.5-I.

ACI900 M10 S1.6-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO: 15.00 m ² /día			costo unitario directo(S/.) por m ²				1307.46
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		21.0234	21.00	441.49	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.2467	40.00	9.87	
39	Agua potable	m ³		0.1961	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		4.4675	109.00	486.96	
	Superplastificante I	Cil.		0.0674	2498.00	168.37	1187.75
EQUIPO							
37	Herramienta	%MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.10.Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

CódigoACI900 M10 S1.6-I.

ACI900 M15 S1.8-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ²			1572.16
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		21.0234	21.00	441.49	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.2467	40.00	9.87	
39	Agua potable	m ³		0.1961	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		6.7012	109.00	730.43	
	Superplastificante I	Cil.		0.0759	2498.00	189.60	1452.46
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.11. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

Código ACI900 M15 S1.8-I.

ACI1000 M5 S1.7-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 1000 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ²			1281.13
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		26.2530	21.00	551.31	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.0356	40.00	1.42	
39	Agua potable	m ³		0.1933	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		2.7894	109.00	304.04	
	Superplastificante I	Cil.		0.0895	2498.00	223.57	1161.42
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.12. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

Código ACI1000 M5 S1.7-I.

ACI1000 M10 S1.8-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 1000 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ²			1598.16
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		26.2530	21.00	551.31	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.0356	40.00	1.42	
39	Agua potable	m ³		0.1933	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 kg.)	bls.		5.5788	109.00	608.09	
	Superplastificante I	Cil.		0.0947	2498.00	236.56	1478.46
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.13. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4

Código ACI1000 M10 S1.8-I.

➤ **Análisis de costos unitarios diseños ACI 211.4 - II.**

ACI700 M5 S1.5-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				806.45
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eq	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grues	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.4884	40.00	19.54	
39	Agua potable	m ³		0.1993	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 l	bls.		1.2779	105.00	134.18	
	Superplastificante	Cil..		0.0532	2561.00	136.25	686.75
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.14. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI700 M5 S1.5-II.

ACI700 M10 S1.6-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				949.84
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eq	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grues	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.4884	40.00	19.54	
39	Agua potable	m ³		0.1993	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 l	bls.		2.5557	105.00	268.35	
	Superplastificante	Cil..		0.0568	2561.00	145.46	830.13
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.15. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI700 M10 S1.6-II.

ACI700 M15 S1.7-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				1092.98
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grues	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.4884	40.00	19.54	
39	Agua potable	m ³		0.1993	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 l	bls.		3.8336	105.00	402.53	
	Superplastificante	Cil.		0.0603	2561.00	154.43	973.28
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.16. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI700 M15 S1.7-II.

ACI800 M5 S1.7-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				921.19
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grues	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.3876	40.00	15.50	
39	Agua potable	m ³		0.1980	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 l	bls.		1.4901	105.00	156.46	
	Superplastificante	Cil.		0.0704	2561.00	180.29	801.49
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.17. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI800 M5 S1.7-II.

ACI800 M10 S1.8-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				1088.16
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grues	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.3876	40.00	15.50	
39	Agua potable	m ³		0.1980	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 l	bls.		2.9803	105.00	312.93	
	Superplastificante	Cil.		0.0745	2561.00	190.79	968.46
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.18. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI800 M10 S1.8-II.

ACI800 M15 S1.9-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				1255.12
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grues	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.3876	40.00	15.50	
39	Agua potable	m ³		0.1980	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 l	bls.		4.4704	105.00	469.39	
	Superplastificante	Cil..		0.0786	2561.00	201.29	1135.42
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.19. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código
ACI800 M15 S1.9-II.

ACI900 M5 S1.9-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				1081.27
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		21.0234	21.00	441.49	
5	Agregado Grues	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.2467	40.00	9.87	
39	Agua potable	m ³		0.1961	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 l	bls.		1.7870	105.00	187.64	
	Superplastificante	Cil..		0.0943	2561.00	241.50	961.57
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.20. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código
ACI900 M5 S1.9-II.

ACI900 M10 S2.0-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (ACI 211.4)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				1281.71
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		21.0234	21.00	441.49	
5	Agregado Grues	m ³		1.0781	75.00	80.86	
4	Agregado Fino	m ³		0.2467	40.00	9.87	
39	Agua potable	m ³		0.1961	1.10	0.22	
	Microsilice I (20 l	bls.		3.5740	105.00	375.27	
	Superplastificante	Cil..		0.0993	2561.00	254.31	1162.01
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.21. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código
ACI900 M10 S2.0-II.

5.3.2. DISEÑOS MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD.

➤ **Análisis de costos unitarios diseños Máxima Compacidad Patrón.**

PLACA - COLUMNAS (PATRON)							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				501.16
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.4661	75.00	34.95	
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58	
39	Agua potable	m ³		0.1954	1.10	0.21	381.46
EQUIPO							
37	Herramienta	%MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasolina 4 HP 2.40"	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.22. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Máxima Compacidad $F'c=700$ kgf/cm².

➤ **Análisis de costos unitarios diseños Máxima Compacidad - I.**

MC700 M5 S1.0-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				750.46
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grues	m ³		0.4661	75.00	34.95	
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58	
39	Agua potable	m ³		0.1954	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		1.5973	109.00	174.11	
	Superplastificant	Cil..		0.0301	2498.00	75.19	630.75
EQUIPO							
37	Herramienta	%MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.23. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC700 M5 S1.0-I.

MC700 M10 S1.2-I								
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)								
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día					costo unitario directo(S/.) por m ³	939.81
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal	
MANO DE OBRA								
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69		
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65		
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02		
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75		
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86	
MATERIALES								
21	Cemento portlan	bls		15.0338	21.00	315.71		
5	Agregado Grues	m ³		0.4661	75.00	34.95		
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58		
39	Agua potable	m ³		0.1954	1.10	0.21		
	Microsilice I (20 l	bls.		3.1947	109.00	348.22		
	Superplastificante	Cil..		0.0362	2498.00	90.43	820.11	
EQUIPO								
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85		
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00		
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85	

Tabla 5.24. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC700 M10 S1.2-I.

MC700 M15 S1.3-I								
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)								
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día					costo unitario directo(S/.) por m ³	1121.41
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal	
MANO DE OBRA								
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69		
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65		
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02		
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75		
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86	
MATERIALES								
21	Cemento portlan	bls		15.0338	21.00	315.71		
5	Agregado Grues	m ³		0.4661	75.00	34.95		
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58		
39	Agua potable	m ³		0.1954	1.10	0.21		
	Microsilice I (20 l	bls.		4.7920	109.00	522.33		
	Superplastificante	Cil..		0.0392	2498.00	97.92	1001.71	
EQUIPO								
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85		
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00		
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85	

Tabla 5.25. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC700 M15 S1.3-I.

MC800 M5 S1.2-I								
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)								
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día					costo unitario directo(S/.) por m ³	857.82
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal	
MANO DE OBRA								
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69		
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65		
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02		
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75		
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86	
MATERIALES								
21	Cemento portlan	bls		17.5311	21.00	368.15		
5	Agregado Grues	m ³		0.4359	75.00	32.70		
4	Agregado Fino	m ³		0.7150	40.00	28.60		
39	Agua potable	m ³		0.1943	1.10	0.21		
	Microsilice I (20 l	bls.		1.8627	109.00	203.03		
	Superplastificante	Cil..		0.0422	2498.00	105.42	738.11	
EQUIPO								
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85		
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00		
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85	

Tabla 5.26. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC800 M5 S1.2-I.

MC800 M10 S1.4-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S./) por m ²				1078.34
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grues	m ³		0.4359	75.00	32.70	
4	Agregado Fino	m ³		0.7150	40.00	28.60	
39	Agua potable	m ³		0.1943	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		3.7254	109.00	406.07	
	Superplastificante	Cil.		0.0492	2498.00	122.90	958.63
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.27. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC800 M10 S1.4-I.

MC800 M15 S1.5-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S./) por m ²				1290.11
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grues	m ³		0.4359	75.00	32.70	
4	Agregado Fino	m ³		0.7150	40.00	28.60	
39	Agua potable	m ³		0.1943	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		5.5880	109.00	609.09	
	Superplastificante	Cil.		0.0527	2498.00	131.64	1170.40
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.28. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC800 M15 S1.5-I.

MC900 M5 S1.4-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S./) por m ²				1007.64
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		21.0234	21.00	441.49	
5	Agregado Grues	m ³		0.3938	75.00	29.54	
4	Agregado Fino	m ³		0.6460	40.00	25.84	
39	Agua potable	m ³		0.1929	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		2.2337	109.00	243.47	
	Superplastificante	Cil.		0.0590	2498.00	147.38	887.93
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.29. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC900 M5 S1.4-I.

MC900 M10 S1.6-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				1272.11
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		21.0234	21.00	441.49	
5	Agregado Grues	m ³		0.3938	75.00	29.54	
4	Agregado Fino	m ³		0.6460	40.00	25.84	
39	Agua potable	m ³		0.1929	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		4.4675	109.00	486.96	
	Superplastificante	Cil..		0.0674	2498.00	168.37	1152.40
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.30. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC900 M10 S1.6-I.

MC900 M15 S1.7-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				1526.07
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		21.0234	21.00	441.49	
5	Agregado Grues	m ³		0.3938	75.00	29.54	
4	Agregado Fino	m ³		0.6460	40.00	25.84	
39	Agua potable	m ³		0.1929	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		6.7012	109.00	730.43	
	Superplastificante	Cil..		0.0716	2498.00	178.86	1406.37
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.31. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC900 M15 S1.7-I.

MC1000 M5 S1.6-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 1000 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				1232.12
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		26.2530	21.00	551.31	
5	Agregado Grues	m ³		0.3308	75.00	24.81	
4	Agregado Fino	m ³		0.5425	40.00	21.70	
39	Agua potable	m ³		0.1907	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		2.7894	109.00	304.04	
	Superplastificante	Cil..		0.0842	2498.00	210.33	1112.41
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.32. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC1000 M5 S1.6-I.

MC1000 M10 S1.8-I							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 1000 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				1562.39
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		26.2530	21.00	551.31	
5	Agregado Grues	m ³		0.3308	75.00	24.81	
4	Agregado Fino	m ³		0.5425	40.00	21.70	
39	Agua potable	m ³		0.1907	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		5.5788	109.00	608.09	
	Superplastificant	Cil.		0.0947	2498.00	236.56	1442.68
EQUIPO							
37	Herramienta	%MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.33. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC1000 M10 S1.8-I.

➤ **Análisis de costos unitarios diseños ACI 211.4 - II.**

MC700 M5 S1.4-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				762.62
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eqi	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grues	m ³		0.4661	75.00	34.95	
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58	
39	Agua potable	m ³		0.1954	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		1.2779	105.00	134.18	
	Superplastificant	Cil.		0.0497	2561.00	127.28	642.92
EQUIPO							
37	Herramienta	%MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.34. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC700 M5 S1.4-II.

MC700 M10 S1.6-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				914.97
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eq	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grues	m ³		0.4661	75.00	34.95	
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58	
39	Agua potable	m ³		0.1954	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		2.5557	105.00	268.35	
	Superplastificante	Cil..		0.0568	2561.00	145.46	795.27
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.35. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC700 M10 S1.6-II.

MC700 M15 S1.7-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 700 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				1058.12
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eq	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		15.0338	21.00	315.71	
5	Agregado Grues	m ³		0.4661	75.00	34.95	
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58	
39	Agua potable	m ³		0.1954	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		3.8336	105.00	402.53	
	Superplastificante	Cil..		0.0603	2561.00	154.43	938.41
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.36. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC700 M15 S1.7-II.

MC800 M5 S1.6-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				875.37
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eq	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grues	m ³		0.4359	75.00	32.70	
4	Agregado Fino	m ³		0.7150	40.00	28.60	
39	Agua potable	m ³		0.1943	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		1.4901	105.00	156.46	
	Superplastificante	Cil..		0.0662	2561.00	169.54	755.66
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.37. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC800 M5 S1.6-II.

MC800 M10 S1.8-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				1053.10
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eq	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grues	m ³		0.4359	75.00	32.70	
4	Agregado Fino	m ³		0.7150	40.00	28.60	
39	Agua potable	m ³		0.1943	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		2.9803	105.00	312.93	
	Superplastificante	Cil.		0.0745	2561.00	190.79	933.39
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.38. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC800 M15 S1.9-II.

MC800 M15 S1.9-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 800 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				1220.06
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eq	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		17.5311	21.00	368.15	
5	Agregado Grues	m ³		0.4359	75.00	32.70	
4	Agregado Fino	m ³		0.7150	40.00	28.60	
39	Agua potable	m ³		0.1943	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		4.4704	105.00	469.39	
	Superplastificante	Cil.		0.0786	2561.00	201.29	1100.35
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.39. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC800 M10 S1.8-II.

MC900 M5 S1.8-II							
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)							
RENDIMIENTO:		15.00 m ² /día	costo unitario directo(S/.) por m ²				1033.12
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69	
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65	
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02	
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75	
47	Operador de eq	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86
MATERIALES							
21	Cemento portlan	bls		21.0234	21.00	441.49	
5	Agregado Grues	m ³		0.3938	75.00	29.54	
4	Agregado Fino	m ³		0.6460	40.00	25.84	
39	Agua potable	m ³		0.1929	1.10	0.21	
	Microsilice I (20 l	bls.		1.7870	105.00	187.64	
	Superplastificante	Cil.		0.0893	2561.00	228.70	913.41
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85	
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85

Tabla 5.40. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC900 M5 S1.8-II.

MC900 M10 S2.0-II								
PARTIDA: PLACA - COLUMNA CONCRETO 900 kgf/cm ² (Máxima Compacidad)								
RENDIMIENTO:		15.00 m ³ /día				costo unitario directo(S/.) por m ³		1246.36
I.U.	descripción de	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal	
MANO DE OBRA								
47	Capataz	H-H	0.20	0.1067	25.20	2.69		
47	Operario	H-H	1.00	0.5333	21.84	11.65		
47	Oficial	H-H	2.00	1.0667	19.71	21.02		
47	Peón	H-H	5.00	2.6667	18.28	48.75		
47	Operador de eq	H-H	1.00	0.5333	20.16	10.75	94.86	
MATERIALES								
21	Cemento portlan	bls		21.0234	21.00	441.49		
5	Agregado Grues	m ³		0.3938	75.00	29.54		
4	Agregado Fino	m ³		0.6460	40.00	25.84		
39	Agua potable	m ³		0.1929	1.10	0.21		
	Microsilice I (20 l	bls.		3.5740	105.00	375.27		
	Superplastificante	Cil.		0.0993	2561.00	254.31	1126.66	
EQUIPO								
37	Herramienta	% MO		0.0300	94.86	2.85		
48	Mezcladora de c	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00		
49	Vibrador a gasol	H-M	0.80	0.8000	7.50	6.00	24.85	

Tabla 5.41. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad
Código MC900 M10 S2.0-II.

5.3.3. COSTOS DISEÑO ACI 211.4 VS MÁXIMA COMPACIDAD.

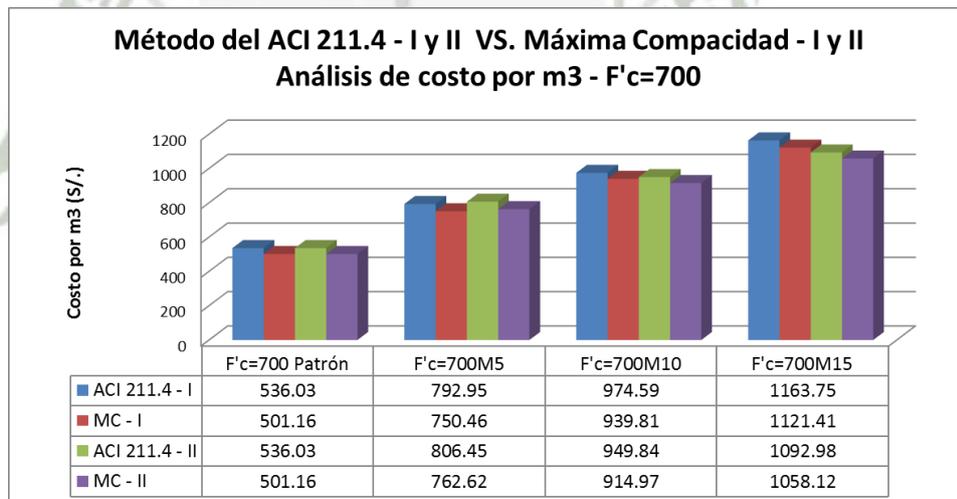


Figura 5.23. Análisis comparativo de costos unitarios método del ACI 211.4 - I y II VS. Máxima Compacidad - I y II para F'c=700 kgf/cm².

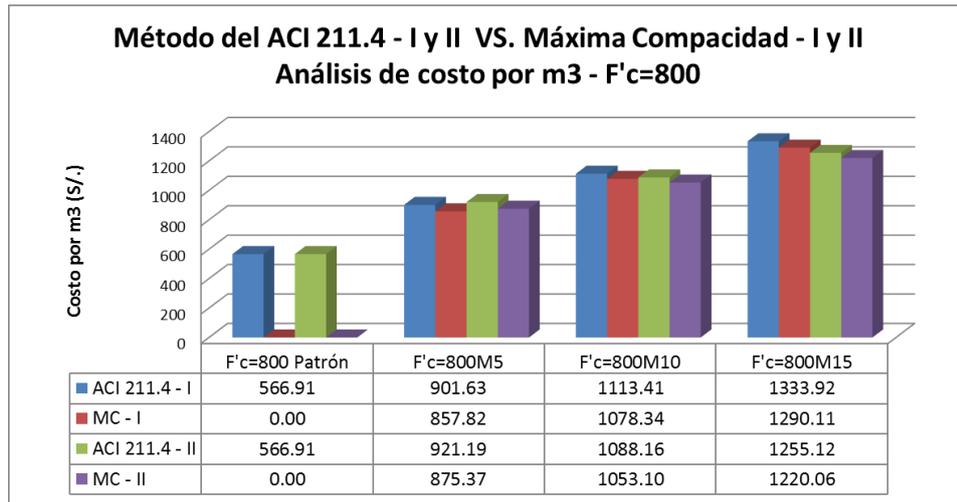


Figura 5.24. Análisis comparativo de costos unitarios método del ACI 211.4 – I y II VS. Máxima Compacidad – I y II para F'^c=800 kgf/cm².

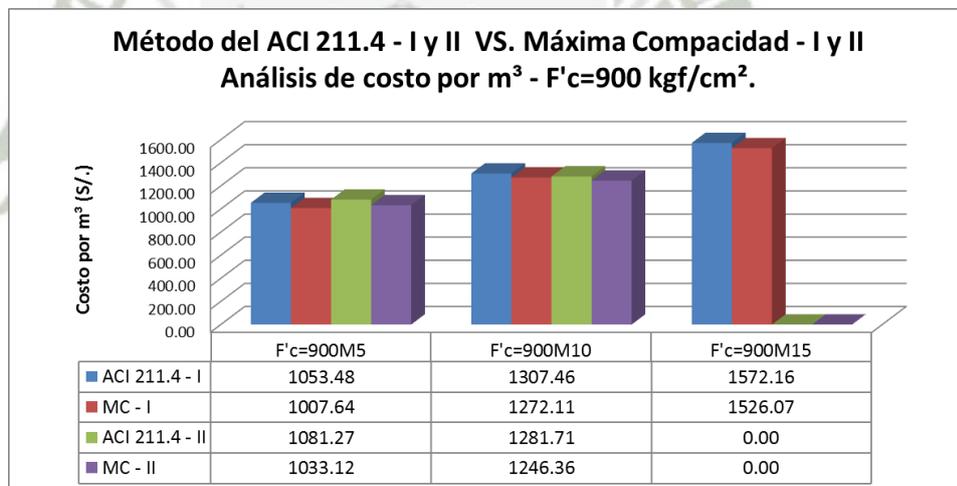


Figura 5.25. Análisis comparativo de costos unitarios método del ACI 211.4 – I y II VS. Máxima Compacidad – I y II para F'^c=900 kgf/cm².

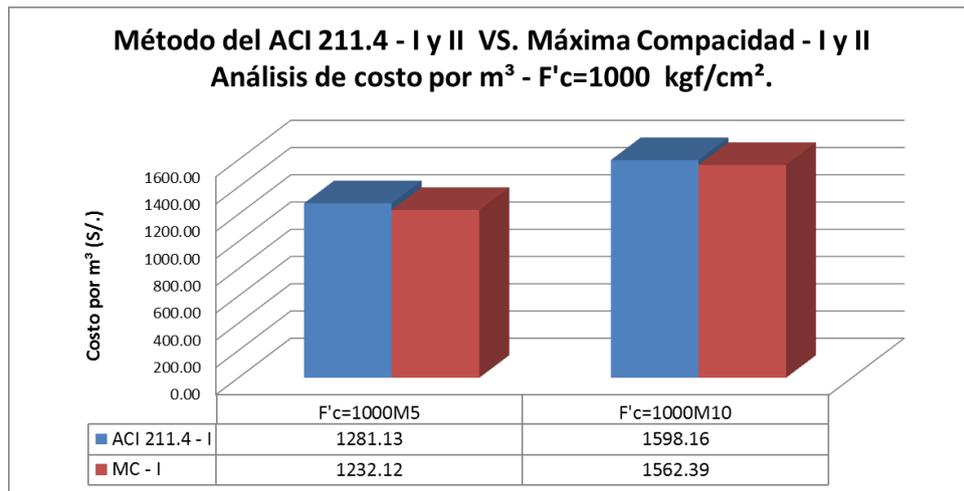
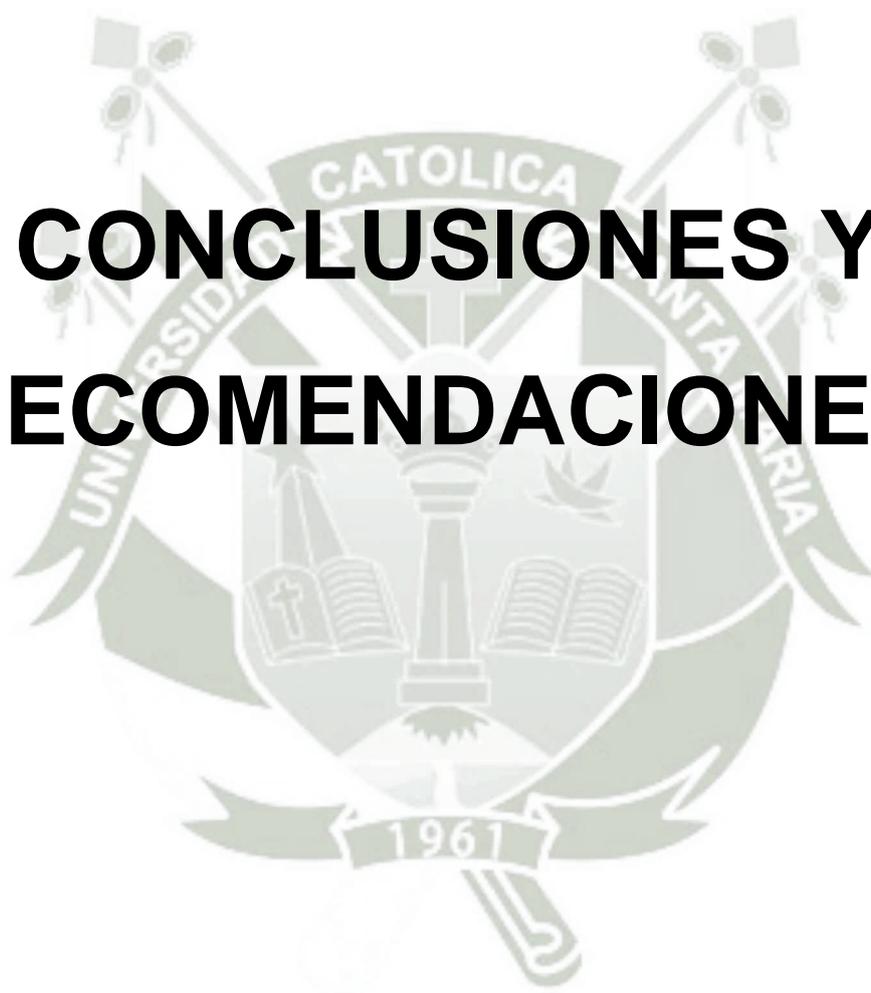


Figura 5.26. Análisis comparativo de costos unitarios método del ACI 211.4 - I y II VS. Máxima Compacidad - I y II para F'c=1000 kgf/cm².



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.



Conclusiones Generales.

➤ Generales.

- En la presente investigación, se pudo comprobar la gran influencia que tiene la incorporación de microsílíce y superplastificante para obtener un concreto de alta resistencia tanto en estado fresco como en estado endurecido comparadas con un concreto patrón a partir de diseños de mezcla de concreto convencional con la incorporación de superplastificante.
- El método de Máxima Compacidad al momento de realizar los diseños de mezclas dio como resultado que se utiliza mayor cantidad de agregado fino que de agregado grueso, esto se ve reflejado ya que al tener mayor cantidad de agregado fino los diseños poseían una mejor pasta y esto a la vez eran más trabajables.
- El método de ACI 211.4 al momento de realizar los diseños de mezclas dio los resultados que utilizaba mayor cantidad de agregado grueso que de agregado fino, esto se ve reflejado ya que al tener mayor cantidad de agregado grueso los diseños no poseían una mejor pasta y esto a la vez eran menos trabajables.
- En el método del ACI 211.4 y el método de Máxima Compacidad se pudo observar una relación directa entre ellos, que entre mayor resistencia de diseño se requería mayor era la cantidad de cemento a utilizarse.
- En el método del ACI 211.4 los resultados en estado fresco (Slump) con la incorporación del microsílíce I y superplastificantes I los resultados fueron superiores al del microsílíce II y superplastificantes II
- En el método del Máxima Compacidad los resultados en estado fresco (Slump) con la incorporación del microsílíce I y superplastificantes I los resultados fueron superiores al del microsílíce II y superplastificantes II
- En el método del ACI 211.4 los resultados en estado endurecido de la resistencia a la compresión con la incorporación del microsílíce I y superplastificantes I los resultados fueron superiores al del microsílíce II y superplastificantes II

- En el método del Máxima Compacidad los resultados en estado endurecido de la resistencia a la compresión con la incorporación del microsílíce I y superplastificantes I los resultados fueron superiores al del microsílíce II y superplastificantes II
- Mediante los ensayos en estado fresco, se pudo observar un mejor comportamiento en la trabajabilidad del concreto con los diseños que tenían incorporado microsílíce y superplastificantes que el diseño patrón.
- Se pudo comprobar que las resistencias a compresión en todas las edades, de un concreto de alta resistencia con la incorporación de microsílíce y superplastificantes fueron superiores a la de un diseño patrón.
- Mediante los ensayos en estado fresco se comprobó que los diseños por el método de Máxima Compacidad dieron slump superiores a los del diseño del ACI 211.4.
- Mediante los ensayos en estado endurecido se comprobó que los diseños por el método de Máxima Compacidad dieron resistencias a la compresión superiores a los del diseño del ACI 211.4.
- En el método del ACI 211.4 y el método de Máxima Compacidad se pudo observar que en el estado endurecido cuando se realizó el ensayo a tracción indirecta (método brasileño), no hubo tanta diferencia comparando ambos métodos de diseño utilizados.
- Con el análisis de costos unitarios que se realizó se demostró, que por el método del ACI 211.4 es ligeramente más caro que por el método de Máxima Compacidad por m³.
- Para concretos generados con los materiales de la cantera La Poderosa, se puede concluir que el porcentaje óptimo de la microsílíce es del 10% con el cual se obtuvo la máxima resistencia a la compresión de 1359.40 kgf/cm², el uso de porcentajes mayores puede generar problemas de trabajabilidad y en el proceso del curado del concreto.
- Se concluye que el alcance de la presente Tesis de Investigación y los resultados obtenidos están en función de los agregados de la cantera “La Poderosa”, Cemento Yura Tipo IP y con agua de la ciudad de Arequipa.

- Se concluye que al utilizar piedra Chancada obtenemos mejores resultados que las piedras redondeadas, por su mayor fricción que otorga al CAR.

➤ **De los diseños de mezclas.**

- La tendencia de los diseños de mezclas por método del ACI 211.4, al momento de tener las dosificaciones en unidad de volumen con respecto al cemento, se pudo observar que el agregado grueso, fino y el agua tienden a ser dosificaciones menores cuando el F'_{cr} de diseño aumenta.
- La tendencia de los diseños de mezclas por el momento del ACI 211.4 al momento de tener las dosificaciones en Kg/m^3 ., se observó que el agregado grueso se mantiene casi constante con la cantidad de agua, en cambio el agregado fino disminuye mientras la resistencia de diseño (F'_{cr}) aumenta. Y el cemento aumenta mientras que la resistencia de diseño (F'_{cr}) aumenta. Con esto podemos concluir que en el diseño del ACI 211.4 funciona de la siguiente manera: que la cantidad de agregado fino es inversamente proporcional a la cantidad de cemento en kg/m^3 cuando la resistencia a compresión de diseño aumenta el agregado grueso con agua se mantiene constante para $F'_c = 700, 800, 900, 1000$ y 1100 kgf/cm^2 .
- El diseño de $F'_c=1100 \text{ Kgf/cm}^2$ se sale del contexto del diseño por el método de comité 211.4 del ACI, aun así se le incorpore la mayor cantidad de aditivo permitido, la mezcla no funciona por la baja cantidad de agregado fino y porque la relación a/c es de 0.13 y la cantidad de agregado grueso es demasiado alto. Además que la cantidad de cemento a utilizarse es bastante.
- La tendencia de los diseños de mezclas por el método de Máxima Compacidad, al momento de tener las dosificaciones en unidad de

volumen con respecto al cemento, se pudo observar que el agregado grueso, fino y el agua tienden a ser dosificaciones menores cuando el F'_{cr} de diseño aumenta.

- La tendencia de los diseños de mezclas por el método de Máxima de Compacidad al momento de tener las dosificaciones en Kg/m^3 ., se puede observar que las cantidades bajan del agregado grueso, agregado fino y agua, mientras la resistencia (F'_{cr}) de diseño aumenta. Y la cantidad de cemento aumenta mientras que la resistencia de diseño (F'_{cr}) aumenta. Con esto podemos concluir que en el diseño de Máxima Compacidad funciona de la siguiente manera: que la cantidad de agregado fino, agregado grueso y agua es inversamente proporcional a la cantidad de cemento en kg/m^3 cuando la resistencia de diseño (F'_{cr}) aumenta para $F'_c = 700, 800, 900, 1000$ y $1100 \text{ kgf}/\text{cm}^2$.

➤ **De los ensayos en estado fresco.**

- Se realizaron ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas del ACI 211.4 $F'_c = 700, 800, 900, 1000 \text{ kgf}/\text{cm}^2$, en los cuales se utilizó la cantidad de aditivos más óptima sin que la mezcla pueda segregarse tanto como para el superplastificante I y superplastificante II. Donde se logró obtener slump en el rango de 11 pulgadas hasta 1 pulgada.
- Se realizaron ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas de Máxima Compacidad $F'_c = 700, 800, 900, 1000 \text{ kgf}/\text{cm}^2$, en los cuales se utilizó la cantidad de aditivos más óptima sin que la mezcla pueda segregarse tanto como para el superplastificante I y superplastificante II. Donde se logró obtener slump en el rango de 11.1 pulgadas hasta 2.1 pulgada.

- Después del análisis entre los diseños del ACI 211.4 VS. Máxima Compacidad se obtuvo mayor slump en los diseños por el método de Máxima Compacidad.

➤ **De las resistencias a la compresión y tracción indirecta.**

- Al realizar el diseño de $F'c=700$ kgf/cm² por el método del ACI 211.4 para el concreto patrón se logró obtener resistencia a la compresión de 691.6 kgf/cm², y una resistencia a la tracción indirecta de 42.1 Kgf/cm², este diseño de mezcla no cuenta ni con microsilíce ni con superplastificante, esto equivale a un 6.08 % de la resistencia a la compresión.
- Se obtuvo resistencias a la compresión a los 28 días de 1122.2 kgf/cm² por el método de diseño del ACI 211.4 utilizando microsilíce I y superplastificante I.
- Se obtuvo resistencias a la compresión a los 28 días de 905.8 kgf/cm² por el método de diseño del ACI 211.4 utilizando microsilíce II y superplastificante II.
- Se obtuvo resistencias a la tracción indirecta a los 28 días de 48.4 kgf/cm² por el método de diseño del ACI 211.4 utilizando microsilíce I y superplastificante I.
- Se obtuvo resistencias a la tracción indirecta a los 28 días de 46.8 kgf/cm² por el método de diseño del ACI 211.4 utilizando microsilíce II y superplastificante II.
- Al realizar el diseño de $F'c=700$ kgf/cm² por el método de Máxima Compacidad para el concreto patrón se logró obtener resistencia a la compresión de 731.7 kgf/cm², y una resistencia a la tracción indirecta de 45.1 Kgf/cm², este diseño de mezcla no cuenta ni con

microsílice ni con superplastificante, esto equivale a un 6.16 % de la resistencia a la compresión.

- Se obtuvo resistencias a la compresión a los 28 días de 1359.4kgf/cm² por el método de diseño de Máxima Compacidad utilizando microsílice I y superplastificante I.
- Se obtuvo resistencias a la compresión a los 28 días de 1065.6kgf/cm² por el método de diseño de Máxima Compacidad utilizando microsílice II y superplastificante II.
- Se obtuvo resistencias a la tracción indirecta a los 28 días de 48.4 kgf/cm² por el método de diseño de Máxima Compacidad utilizando microsílice I y superplastificante I.
- Se obtuvo resistencias a la tracción indirecta a los 28 días de 46.2kgf/cm² por el método de diseño de Máxima Compacidad utilizando microsílice II y superplastificante II.
- En todos los diseños de mezclas tanto como por el método del ACI 211.4 y Máxima Compacidad, las resistencias a la compresión a los 28 días fueron superiores a las resistencias de diseño.
- Por el método de ACI 211.4 y Máxima Compacidad, el ensayo al tracción indirecta por el método brasilero está en el orden de 4.15% y 5.65% de la resistencia a la compresión.

➤ **De los costos.**

- El análisis de costos unitarios para el diseño de $F'c=700$ kgf/cm² por el método del ACI 211.4 nos dio un costo por m³ de 515.39 soles y para $F'c=800$ kgf/cm² es de 542.74 soles.

- En el análisis de costos unitarios para los diseños por el método del ACI 211.4 utilizando microsílce I y superplastificante I están entre el rango de 792.95 soles y 1598.16 soles por m³.
 - En el análisis de costos unitarios para los diseños por el método del ACI 211.4 utilizando microsílce II y superplastificante II están entre el rango de 806.45 soles y 1281.71 soles por m³.
 - En el análisis de costos unitarios para el diseño de $F'c=700$ kgf/cm² por el método de Máxima Compacidad nos dio un costo por m³ de 501.16 soles.
 - En el análisis de costos unitarios para los diseños por el método de Máxima Compacidad utilizando microsílce I y superplastificante I están entre el rango de 750.46 soles y 1562.16 soles por m³.
 - En el análisis de costos unitarios para los diseño por el método de Máxima Compacidad utilizando microsílce II y superplastificante II están entre el rango de 762.62 soles y 1246.36 soles por m³.
- **Dela microsílce y superplastificante.**
- Por el método de ACI 211.4 y Máxima Compacidadse observó que la microsílce en cantidades de 5%, 10% y 15% influyeron en el estado fresco y endurecido del concreto.
 - Por el método de ACI 211.4 se utilizó cantidades de superplastificante I en el rango de 1.1% a 1.8%.
 - Por el método de ACI 211.4 se utilizó cantidades de superplastificante II en el rango de 1.5% a 2.0%.
 - Por el método de Máxima Compacidad se utilizó cantidades de superplastificante I en el rango de 1.0% a 1.8%.

- Por el método de Máxima Compacidad se utilizó cantidades de superplastificante II en el rango de 1.4% a 2.0%.

Recomendaciones.

- Para realizar un buen diseño de mezclas, recomendamos realizar diferentes diseños de pruebas para poder determinar cuál de estos diseños ofrece mejores resultados y es el más económico.
- Se recomienda el uso de la microsílíce y superplastificante a la hora de realizar concretos de alta resistencia, debido a que la relación agua cemento es baja.
- Tener un estricto control en la cantidad de superplastificante a utilizarse en los diseños de mezclas del concreto de alta resistencia, se recomienda antes de utilizar estos superplastificantes en obra hacer ensayos en laboratorio para la cantidad optima a utilizarse.
- Se recomienda el uso de guantes, mascarillas y lentes de protección cuando se está trabajando con la microsílíce para evitar cualquier evento que cause daños a la salud de los operadores.
- Realizar ensayos en laboratorio para hallar la cantidad optima de microsílíce a utilizar según el diseño que se requiere.
- Para obtener un concreto de alta resistencia se recomienda tener agregados de calidad y realizar los ensayos respectivos de sus propiedades físicas, en especial tener un cuidado en la granulometría del agregado grueso, para que cumplan con el Uso adecuado según norma.

- El uso de superplastificante permite mayor tiempo de mezclados y colocación; sin embargo, es importante tener en cuenta los riesgos del reemplado por inicio del proceso de fraguado y/o exceso de mezclado.
- Se recomienda la adquisición de briquetas de 4 x 8 pulg. que cumplan la norma técnica correspondiente.
- Se recomienda la construcción de nuevas pozas para el curado de probetas de concreto, ya que la capacidad de las actuales pozas existentes es insuficiente.
- Se recomienda volver a realizar los ensayos cuando se tenga un cambio de los materiales debido a que el alcance de la presente tesis de Investigación está en función a los agregados de la cantera “La Poderosa”, Con cemento Yura Tipo IP y agua utilizada en la ciudad de Arequipa.
- Se recomienda volver a realizar los ensayos en estado fresco y endurecido, cuando se trabaje a temperatura extremas, porque es probable que se requiera incorporación de otros aditivos y observar su influencia en el concreto de alta resistencia.
- Si bien es cierto este trabajo de investigación se realizó con el método del ACI 211.4. **Pero después de realizar la presente investigación se recomienda que se incluya dentro de este método del comité ACI 211.4 el ensayo de Máxima Compacidad para el cálculo correcto de la cantidad de agregado grueso y agregado fino para los diseños de mezclas, ya que al utilizar este método nos dio buenos resultados tanto en trabajabilidad (slump) como en la resistencia a la compresión.**

BIBLIOGRAFÍA

- Ing. Enrique Riva López; Concreto de Alta Resistencia; Fondo Editorial ICG; Segunda Edición 2012
- Ing. Enrique Pasquel Carbajal; Tópicos de Tecnología del Concreto; Impreso Lima, Perú 1999; Segunda edición.
- American Concrete Institute. ACI 211.4, ``High-Strength Concrete``, 1998.
- American Concrete Institute. ACI 363R-92, ``State-of-the Art Report on High-Strength Concrete``, 1997.
- Ing. Favio Abanto Castillo; Tecnología del Concreto; Editorial San Marcos; Primera Edición.
- American Concrete Institute. (ACI 318R-95), "Building code requirements for structural concrete Código ACI 318-95, and commentary" , 1995
- Materiales de la Construcción; Fondo Editorial ICG; Segunda edición 2010.
- Ing. Enrique Riva López; Diseño de Mezclas; Fondo Editorial ICG; Primera Edición 2010.
- Ing. Enrique Riva López; Materiales para el Concreto; Fondo Editorial ICG; Segunda Edición 2010.
- Norma Técnica Peruana; NTP 400.037:2002
- Norma Técnica Peruana; NTP 339.220:2008
- Norma Técnica Peruana; NTP 400.017:2011
- Norma Técnica Peruana; NTP 400.021 2002
- Eckart R. Buhler ``Guía para el uso de concreto de alta resistencia``, Master Builders Technologies, 1998.
- "Concreto de Alta Resistencia"; National Ready Concrete Association.
- American Concrete Institute. Diseño de mezclas comité 211.4 ACI.
- Hoja técnica microsílíce SIKA – MVS REPRESENTACIONES.
- Hoja técnica microsílíce EUCO - LACOTEL S.R.L SERVICIOS Y SUMINISTROS

- ASTM. C 566.
- ASTM. C 136.
- ASTM C 29.
- ASTM C 128.
- ASTM C 40.
- ASTM. C 566.
- ASTM C 127.
- ASTM C 131.
- MTC. E 108-200.
- MTC. E 204-200.
- MTC E 203-2000.
- MTC E 205-2000.
- MTC E 213-2000.
- MTC E 206-2000.
- MTC. E 108-2000.
- MTC E 207-2000.
- NTP. 339.185-2002.
- NTP. 400.037-2002.
- NTP 400.017:2011.
- NTP 400.022 2002.
- NTP 400.013-2002.
- NTP 400.021 2002.
- NTP 400.019-2002.



LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 2.1. Water Tower Place, Chicago. (1975).</i>	20
<i>Figura 2.2. Edificio River Plaza, Chicago. (1977).</i>	21
<i>Figura 2.3. Edificio Scotia Plaza, Toronto. (1988).</i>	22
<i>Figura 2.4. South Wacker Drive, Chicago. (1990).</i>	23
<i>Figura 2.5. Two Union Square, Estados Unidos. (1990).</i>	24
<i>Figura 2.6. Petronas Towers, Malasia. (1990).</i>	26
<i>Figura 2.7. Jin Mao Tower, Shanghai. (1999).</i>	27
<i>Figura 2.8. The Plaza 66 Tower, Shanghai. (2007).</i>	28
<i>Figura 2.9. Burj Dubai., Dubai (2010).</i>	29
<i>Figura 2.10. Edificio el Capital, Lima – Perú</i>	30
<i>Figura 2.11. Edificio Planta de cementos Yura – Arequipa.</i>	31
<i>Figura 2.12. The Westin Lima Hotel. Perú</i>	32
<i>Figura 2.13. Vista de cómo actúa el aditivo sobre las partículas de cemento.</i>	56
<i>Figura 2.14. Microfotografía de partículas de cemento en una solución de agua/cemento sin aditivo (a) y con aditivo superplastificante (b).</i>	56
<i>Figura 3.1. Vista de la granulometría del agregado fino con los parámetros según la norma NTP 400.037.</i>	64
<i>Figura 3.2. Vista de la comparación de impurezas orgánicas con del Patrón Gardner #11 para el agregado fino.</i>	74
<i>Figura 3.3. Vista de la granulometría del agregado grueso con los parámetros según la norma NTP 400.037 – Uso 7.</i>	78
<i>Figura 3.4. Vista de la dosificación por del método comité ACI 211.4, para cada resistencia requerida.</i>	109
<i>Figura 3.5. Vista de la dosificación en Kg/m³ para cada resistencia ACI 211.4.</i>	109
<i>Figura 3.6. Grafica del P.U.C vs. Porcentaje de agregado combinados.</i>	111
<i>Figura 3.7. Vista de la dosificación por del método de Máxima Compacidad, para cada resistencia requerida.</i>	125
	213

<i>Figura 3.8. Vista de la dosificación en Kg/m³ para cada resistencia método de Máxima Compacidad.</i>	125
<i>Figura 4.1. Gráfico del porcentaje de microsílíce I para cada diseño de mezclas del método ACI 211.4.</i>	133
<i>Figura 4.2. Gráfico del porcentaje de superplastificante I para cada diseño de mezclas del método ACI 211.4.</i>	133
<i>Figura 4.3. Gráfico del Slump obtenidos con el microsílíce I y superplastificante I para cada diseño de mezclas del método ACI 211.4.</i>	134
<i>Figura 4.4. Gráfico del porcentaje de microsílíce II para cada diseño de mezclas método del ACI 211.4.</i>	138
<i>Figura 4.5. Gráfico del porcentaje de superplastificante II para cada diseño de mezclas método del ACI 211.4.</i>	138
<i>Figura 4.6. Gráfico del Slump obtenidos con el microsílíce II y superplastificante II para cada diseño de mezclas del método ACI 211.4.</i>	139
<i>Figura 4.7. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para F'c=700 y F'c=800 kgf/cm², método ACI 211.4, patrón.</i>	140
<i>Figura 4.8. Gráfico de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para F'c=700 y F'c=800 kgf/cm², método ACI 211.4, patrón.</i>	141
<i>Figura 4.9. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para F'c=700 kgf/cm², método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	142
<i>Figura 4.10. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para F'c=800 kgf/cm², método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	142
<i>Figura 4.11. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para F'c=900 kgf/cm², método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	143
<i>Figura 4.12. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para F'c=1000 kgf/cm², método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	144
<i>Figura 4.13. Gráfico de resumen de la resistencia a la a la tracción indirecta para método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	145
<i>Figura 4.14. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para F'c=700 kgf/cm², método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.</i>	146
<i>Figura 4.15. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para F'c=800 kgf/cm², método ACI 211.4 microsílíce II y superplastificante II.</i>	147

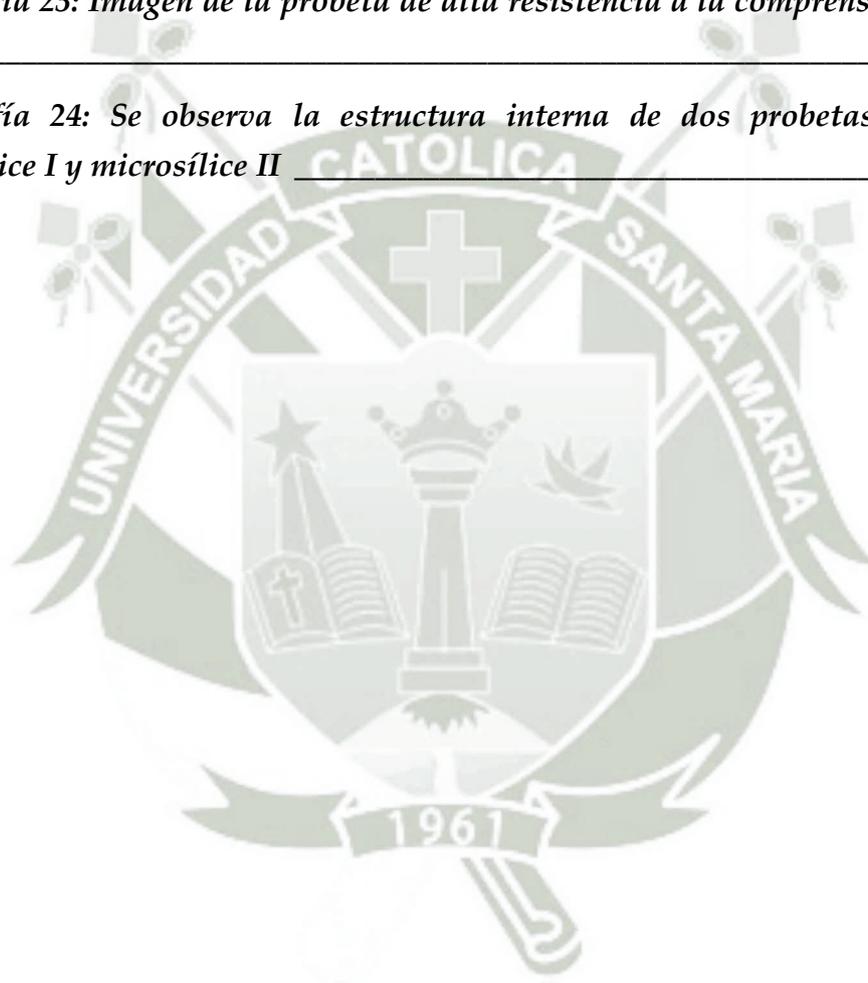
<i>Figura 4.16. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.</i>	147
<i>Figura 4.17. Gráfico de resumen de la resistencia a la a la tracción indirecta para método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.</i>	148
<i>Figura 4.18. Gráfico del porcentaje de microsílíce I para cada diseño de mezclas del método Máxima Compacidad.</i>	154
<i>Figura 4.19. Gráfico del porcentaje de superplastificante I para cada diseño de mezclas del método Máxima Compacidad.</i>	154
<i>Figura 4.20. Gráfico del Slump obtenidos con el microsílíce I y superplastificante I para cada diseño de mezclas del método Máxima Compacidad.</i>	155
<i>Figura 4.21. Gráfico del porcentaje de microsílíce II para cada diseño de mezclas método Máxima Compacidad.</i>	159
<i>Figura 4.22. Gráfico del porcentaje de superplastificante II para cada diseño de mezclas método Máxima Compacidad.</i>	159
<i>Figura 4.23. Gráfico del Slump obtenidos con el microsílíce II y superplastificante II para cada diseño de mezclas del método Máxima Compacidad.</i>	160
<i>Figura 4.24. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, patrón.</i>	161
<i>Figura 4.25. Gráfico de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, patrón.</i>	162
<i>Figura 4.26. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	163
<i>Figura 4.27. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	163
<i>Figura 4.28. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	164
<i>Figura 4.29. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=1000$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	165
<i>Figura 4.30. Gráfico de resumen de la resistencia a la a la tracción indirecta para método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	166

<i>Figura 4.31. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.</i>	167
<i>Figura 4.32. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.</i>	168
<i>Figura 4.33. Gráfico de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.</i>	168
<i>Figura 4.34. Gráfico de resumen de la resistencia a la a la tracción indirecta para método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.</i>	169
<i>Figura 5.1. Gráfico del análisis comparativo entre la cantidad de Microsílíce I y Microsílíce II con el método ACI 211.4.</i>	171
<i>Figura 5.2. Gráfico del análisis comparativo entre la cantidad de Superplastificante I y Superplastificante II con el método ACI 211.4.</i>	172
<i>Figura 5.3. Gráfico del análisis comparativo entre el Slump I y Slump II obtenido por el método ACI 211.4.</i>	172
<i>Figura 5.4 Gráfico del análisis comparativo entre la cantidad de Microsílíce I y Microsílíce II con el método Máxima Compacidad.</i>	173
<i>Figura 5.5. Gráfico del análisis comparativo entre la cantidad de Superplastificante I y Superplastificante II con el método Máxima Compacidad.</i>	173
<i>Figura 5.6. Gráfico del análisis comparativo entre el Slump I y Slump II obtenido por el método Máxima Compacidad.</i>	174
<i>Figura 5.7. Gráfico del análisis comparativo del diseño de mezclas del ACI 211.4 VS. Máxima Compacidad de la cantidad de Microsílíce.</i>	174
<i>Figura 5.8. Gráfico del análisis comparativo del diseño de mezclas del ACI 211.4 VS. Máxima Compacidad de la cantidad de Superplastificante.</i>	175
<i>Figura 5.9. Gráfico del análisis comparativo del diseño de mezclas del ACI 211.4 VS. Máxima Compacidad del Slump obtenido.</i>	175
<i>Figura 5.10. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 211.4 ($F'c=700$ I kgf/cm² VS. $F'c=700$ II kgf/cm²).</i>	176
<i>Figura 5.11. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 211.4 ($F'c=800$ I kgf/cm² VS. $F'c=800$ II kgf/cm²).</i>	176

<i>Figura 5.12. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 211.4 ($F'c=900$ I kgf/cm^2 VS. $F'c=900$ II kgf/cm^2).</i>	177
<i>Figura 5.13. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 211.4 ($F'c=1000$ I kgf/cm^2).</i>	177
<i>Figura 5.14. Análisis comparativo a la resistencia a la tracción indirecta método ACI 211.4 para todos los $F'c$ diseñados en kgf/cm^2.</i>	178
<i>Figura 5.15. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Máxima Compacidad ($F'c=700$ I kgf/cm^2 VS. $F'c=700$ II kgf/cm^2).</i>	178
<i>Figura 5.16. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Máxima Compacidad ($F'c=800$ I kgf/cm^2 VS. $F'c=800$ II kgf/cm^2).</i>	179
<i>Figura 5.17. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Máxima Compacidad ($F'c=900$ I kgf/cm^2 VS. $F'c=900$ II kgf/cm^2).</i>	179
<i>Figura 5.18. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Máxima Compacidad ($F'c=1000$ I kgf/cm^2).</i>	180
<i>Figura 5.19. Análisis comparativo a la resistencia a la tracción indirecta método Máxima Compacidad para todos los $F'c$ diseñados en kgf/cm^2.</i>	180
<i>Figura 5.20. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método del ACI 211.4 – I VS. Máxima Compacidad - I en kgf/cm^2.</i>	181
<i>Figura 5.20. Análisis comparativo a la resistencia a la compresión método del ACI 211.4 – II VS. Máxima Compacidad – II en kgf/cm^2.</i>	181
<i>Figura 5.21. Análisis comparativo a la resistencia a la tracción indirecta método del ACI 211.4 – I VS. Máxima Compacidad – I en kgf/cm^2.</i>	182
<i>Figura 5.22. Análisis comparativo a la resistencia a la tracción indirecta método del ACI 211.4 – II VS. Máxima Compacidad – II en kgf/cm^2.</i>	182
<i>Figura 5.23. Análisis comparativo de costos unitarios método del ACI 211.4 – I y II VS. Máxima Compacidad – I y II para $F'c=700$ kgf/cm^2.</i>	198
<i>Figura 5.24. Análisis comparativo de costos unitarios método del ACI 211.4 – I y II VS. Máxima Compacidad – I y II para $F'c=800$ kgf/cm^2.</i>	199
<i>Figura 5.25. Análisis comparativo de costos unitarios método del ACI 211.4 – I y II VS. Máxima Compacidad – I y II para $F'c=900$ kgf/cm^2.</i>	199
<i>Figura 5.26. Análisis comparativo de costos unitarios método del ACI 211.4 – I y II VS. Máxima Compacidad – I y II para $F'c=1000$ kgf/cm^2.</i>	200

<i>Fotografía 01: Briquetas de 4 pulgadas de diámetro por 6 pulgadas de altura.</i>	246
<i>Fotografía 02: Platos de retención de acero para refrentado de probetas de 4 pulgadas.</i>	247
<i>Fotografía 03: Método del cuarteo para el ensayo de máxima compacidad.</i>	247
<i>Fotografía 04: Realizando el método de peso unitario varillado para hallar la máxima compacidad según el porcentaje de agregados finos y gruesos mezclados.</i>	247
<i>Fotografía 05: Realizando los diseños de mezclas en el laboratorio de UCSM.</i>	248
<i>Fotografía 06: Diseño de mezcla del concreto patrón.</i>	248
<i>Fotografía 07: Verificando el slump del concreto patrón.</i>	249
<i>Fotografía 08: Diseño de mezcla del concreto con influencia de la microsílíce y superplastificante.</i>	249
<i>Fotografía 09: Verificando el slump del concreto con la influencia de la microsílíce y superplastificante.</i>	250
<i>Fotografía 10: Probetas con microsílíce y superplastificante después de desencofrar.</i>	250
<i>Fotografía 11: Concreto patrón $F'c = 800 \text{ kgf/cm}^2$ después de desencofrar.</i>	251
<i>Fotografía 12: Probetas en la mesa vibradora con relación a/c muy bajas.</i>	251
<i>Fotografía 13: Ensayo a la resistencia de comprensión para las probetas de 4 x 8 pulgadas.</i>	252
<i>Fotografía 14: Máxima fuerza a la comprensión de la probeta de 4 x 8 pulgada, Método de Máxima Compacidad.</i>	252
<i>Fotografía 15: Máxima fuerza a la comprensión de la probeta de 4 x 8 pulgada, Método de ACI.</i>	253
<i>Fotografía 16: Máxima fuerza a la comprensión de la probeta de 4 x 8 pulgada, Método de Máxima Compacidad, "Concreto Patrón".</i>	253
<i>Fotografía 17: Máxima fuerza a la comprensión de la probeta de 4 x 8 pulgada, Método de ACI, "Concreto Patrón".</i>	254
<i>Fotografía 18: Ensayo a la resistencia de comprensión para las probetas de 6 x 12 pulgadas.</i>	254
	218

<i>Fotografía 19: Máxima fuerza a la comprensión de las probetas de 6 x 12 pulgadas, Método ACI.</i>	_____	255
<i>Fotografía 20: Ensayo de tracción indirecta para las probetas de 6 x 12 pulgadas, Método Brasileiro.</i>	_____	255
<i>Fotografía 21: Máxima fuerza a la tracción indirecta para las probetas de 6 x 12 pulgadas Método Brasileiro, "Máxima Compacidad".</i>	_____	256
<i>Fotografía 22: Máxima fuerza a la tracción indirecta de las probetas de 6 x 12 pulgadas Método Brasileiro, "Método ACI".</i>	_____	256
<i>Fotografía 23: Imagen de la probeta de alta resistencia a la comprensión, Falla frágil.</i>	_____	257
<i>Fotografía 24: Se observa la estructura interna de dos probetas uno con microsílíce I y microsílíce II</i>	_____	257



LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 2.1. El concreto como un sistema de 5 componentes.</i>	38
<i>Tabla 3.2. Rangos para la composición química de la microsílice. Fuente “Tecnología del concreto de alto desempeño”. Pablo Portugal Barriga</i>	52
<i>Tabla 3.1. Datos del agregado fino para obtener el contenido de humedad.</i>	62
<i>Tabla 3.2. Datos para hallar la granulometría del agregado fino.</i>	64
<i>Tabla 3.3. Parámetro inferior y superior de la granulometría del agregado fino.</i>	64
<i>Tabla 3.4. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.</i>	66
<i>Tabla 3.5. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado fino.</i>	67
<i>Tabla 3.6. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.</i>	67
<i>Tabla 3.7. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado fino.</i>	68
<i>Tabla 3.8. Datos para el cálculo del peso específico del agregado fino.</i>	71
<i>Tabla 3.9. Datos del agregado grueso para obtener el contenido de humedad.</i>	76
<i>Tabla 3.10. Datos para hallar la granulometría del agregado grueso.</i>	78
<i>Tabla 3.11. Parámetros de la curva granulometría del agregado grueso– Uso</i>	78
<i>Tabla 3.12. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso.</i>	81
<i>Tabla 3.13. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso.</i>	81
<i>Tabla 3.14. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso.</i>	82
<i>Tabla 3.15. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso.</i>	82
<i>Tabla 3.16. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso.</i>	84

<i>Tabla 3.17. Tabla de la gradación para realizar el ensayo en la máquina de los ángeles, agregado grueso. Fuente MTC E 207-2000.</i>	86
<i>Tabla 3.18. Cuadro para hallar el Tamaño Máximo Nominal del Agregado - (Fuente ACI).</i>	92
<i>Tabla 3.19. Slump recomendado para concretos de Alta Resistencia con y sin superplastificante -(Fuente ACI).</i>	93
<i>Tabla 3.20. Cuadro de volumen de agregado grueso según el tamaño máximo nominal del agregado grueso - (Fuente ACI).</i>	94
<i>Tabla 3.21. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire - (Fuente ACI).</i>	95
<i>Tabla 3.22. Relación Agua/Materiales cementicios para concretos con superplastificante - (Fuente ACI).</i>	96
<i>Tabla 3.23. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños del ACI 211.4.</i>	98
<i>Tabla 3.24. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método del comité ACI 211.4.</i>	109
<i>Tabla 3.25. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario compactado de la combinación de agregado.</i>	110
<i>Tabla 3.26. Tabla del P.U.C. para hallar la máxima compacidad de agregado combinados.</i>	110
<i>Tabla 3.27. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños de Máxima compacidad.</i>	114
<i>Tabla 3.28. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método Máxima Compacidad.</i>	125
<i>Tabla 4.1. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco del método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	133
<i>Tabla 4.2. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco del método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.</i>	138
<i>Tabla 4.3. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ y $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4, patrón.</i>	140
<i>Tabla 4.4. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para $F'c=700$ y $F'c=800$ kgf/cm², método ACI 211.4, patrón.</i>	141

<i>Tabla 4.5. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700\text{kgf/cm}^2$, método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 4.6. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800\text{kgf/cm}^2$, método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 4.7. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900\text{kgf/cm}^2$, método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 4.8. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=1000\text{kgf/cm}^2$, método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 4.9. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método ACI 211.4, microsílíce I y superplastificante I.</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 4.10. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700\text{kgf/cm}^2$, método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 4.11. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800\text{kgf/cm}^2$, método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 4.12. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900\text{kgf/cm}^2$, método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 4.13. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método ACI 211.4, microsílíce II y superplastificante II.</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 4.14. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco del método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 4.15. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco del método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 4.16. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700\text{kgf/cm}^2$, método Máxima Compacidad, patrón.</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 4.17. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para $F'c=700\text{kgf/cm}^2$, método Máxima Compacidad, patrón.</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 4.18. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700\text{kgf/cm}^2$, método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 4.19. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800\text{kgf/cm}^2$, método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 4.20. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900\text{kgf/cm}^2$, método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	<i>164</i>

<i>Tabla 4.21. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=1000$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	164
<i>Tabla 4.22. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método Máxima Compacidad, microsílíce I y superplastificante I.</i>	165
<i>Tabla 4.23. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=700$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.</i>	167
<i>Tabla 4.24. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=800$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.</i>	167
<i>Tabla 4.25. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión para $F'c=900$ kgf/cm², método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.</i>	168
<i>Tabla 4.26. Cuadro de resumen de la resistencia a la tracción indirecta para método Máxima Compacidad, microsílíce II y superplastificante II.</i>	169
<i>Tabla 5.1. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 211.4 $F'c=700$ kgf/cm²</i>	183
<i>Tabla 5.2. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 211.4 $F'c=800$ kgf/cm²</i>	183
<i>Tabla 5.3. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI700 M5 S1.1-I.</i>	184
<i>Tabla 5.4. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI700 M10 S1.2-I.</i>	184
<i>Tabla 5.5. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI700 M15 S1.4-I.</i>	185
<i>Tabla 5.6. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI800 M5 S1.3-I.</i>	185
<i>Tabla 5.7. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI800 M10 S1.4-I.</i>	185
<i>Tabla 5.8. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI800 M15 S1.6-I.</i>	186
<i>Tabla 5.9. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI900 M5 S1.5-I.</i>	186

<i>Tabla 5.10. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI900 M10 S1.6-I.</i>	186
<i>Tabla 5.11. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI900 M15 S1.8-I.</i>	187
<i>Tabla 5.12. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI1000 M5 S1.7-I.</i>	187
<i>Tabla 5.13. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI1000 M10 S1.8-I.</i>	187
<i>Tabla 5.14. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI700 M5 S1.5-II.</i>	188
<i>Tabla 5.15. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI700 M10 S1.6-II.</i>	188
<i>Tabla 5.16. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI700 M15 S1.7-II.</i>	189
<i>Tabla 5.17. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI800 M5 S1.7-II.</i>	189
<i>Tabla 5.18. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI800 M10 S1.8-II.</i>	189
<i>Tabla 5.19. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI800 M15 S1.9-II.</i>	190
<i>Tabla 5.20. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI900 M5 S1.9-II.</i>	190
<i>Tabla 5.21. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 211.4 Código ACI900 M10 S2.0-II.</i>	190
<i>Tabla 5.22. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Máxima Compacidad $F'c=700 \text{ kgf/cm}^2$.</i>	191
<i>Tabla 5.23. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC700 M5 S1.0-I.</i>	191
<i>Tabla 5.24. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC700 M10 S1.2-I.</i>	192
<i>Tabla 5.25. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC700 M15 S1.3-I.</i>	192

<i>Tabla 5.26. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC800 M5 S1.2-I.</i>	192
<i>Tabla 5.27. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC800 M10 S1.4-I.</i>	193
<i>Tabla 5.28. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC800 M15 S1.5-I.</i>	193
<i>Tabla 5.29. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC900 M5 S1.4-I.</i>	193
<i>Tabla 5.30. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC900 M10 S1.6-I.</i>	194
<i>Tabla 5.31. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC900 M15 S1.7-I.</i>	194
<i>Tabla 5.32. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC1000 M5 S1.6-I.</i>	194
<i>Tabla 5.33. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC1000 M10 S1.8-I.</i>	195
<i>Tabla 5.34. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC700 M5 S1.4-II.</i>	195
<i>Tabla 5.35. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC700 M10 S1.6-II.</i>	196
<i>Tabla 5.36. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC700 M15 S1.7-II.</i>	196
<i>Tabla 5.37. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC800 M5 S1.6-II.</i>	196
<i>Tabla 5.38. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC800 M15 S1.9-II.</i>	197
<i>Tabla 5.39. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC800 M10 S1.8-II.</i>	197
<i>Tabla 5.40. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC900 M5 S1.8-II.</i>	197
<i>Tabla 5.41. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Máxima Compacidad Código MC900 M10 S2.0-II.</i>	198

GLOSARIO

CAR:

Concreto de alta resistencia.

Adiciones:

Materiales minerales que se incorporan al cemento, generalmente en molienda conjunta como ciertas rocas naturales o no (puzolanas, escoria granulada de alto horno, caliza, humo de sílice) que actúan, o bien aumentado las propiedades hidráulicas del cemento o mejorando otras cualidades debido a una adecuada granulometría (aumento de la trabajabilidad y retención de agua, disminución de la porosidad y capilaridad, reducción de la figuración, etc).

Aditivos:

Material que se incorpora al cemento en cantidades limitadas durante la fabricación, ya sea como “aditivo de proceso” para ayudar en la fabricación o manipulación del concreto, o como un “aditivo funcional” para modificar las propiedades del producto final.

Aditivo reductor de agua:

Aditivo que reduce la cantidad de agua de mezcla necesaria para producir hormigón (concreto) de una consistencia dada.

Asentamiento:

Medida de la consistencia del mortero o hormigón (concreto) fresco expresada por el descenso de una masa plástica representativa de la mezcla, al quedar libre del soporte metálico en que fue moldeado.

Calor de hidratación:

Cantidad de calor producido durante los procesos de fraguado y endurecimiento del cemento debido a las reacciones fisicoquímicas.

Cemento portland:

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker de cemento portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de la formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

Cemento portland puzolánico:

Cemento portland producido mediante la molienda conjunta del Clinker de cemento portland y puzolana, en el cual la puzolana está presente en nomás del 15% en masa del cemento Portland puzolánico.

Compactación:

Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de una mezcla de mortero o de hormigón (concreto) fresco.

Concreto:

Mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados finos y grueso. En el concreto normal, comúnmente se utiliza como medio aglomerante, el cemento portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escoria y/o aditivos químicos.

Curado:

Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero o hormigón (concreto).

Plasticidad:

Aquella propiedad de la pasta, concreto, mortero, grout o revoque fresco que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo.

Plastificante:

Aditivo que aumenta la plasticidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento portland.

Relación agua cemento (a/c):

Relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto.

Sangrado (exudación):

Flujo del agua de la mezcla del concreto fresco, a la superficie causado por el asentamiento de los materiales solidos de la mezcla.

Segregación:

Separación de los componentes del concreto fresco (agregado y mortero), resultando en una mezcla sin uniformidad.

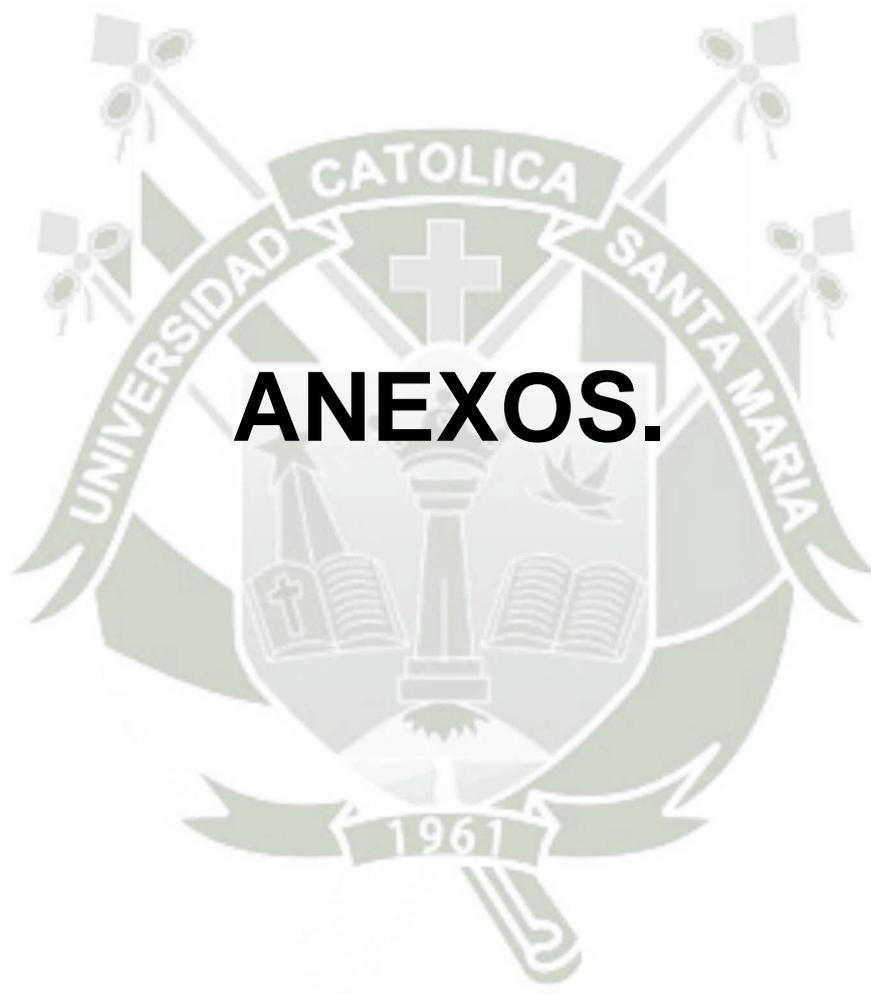
Trabajabilidad:

Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque frescos, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado.

Vibración:

Agitación de las frecuencias del concreto fresco a través de aparatos mecánicos, con propósitos de consolidación.

Fuente: Las definiciones son extraídas, del libro de Materiales de la Construcción del Fondo Editorial ICG, segunda edición 2010 (última edición)



ANEXOS.

➤ Anexo 01: Ficha técnica del Cemento Portland Tipo IP – Yura.



CEMENTO PORTLAND TIPO IP

YURA ASTM C 595/595M-10
NTP 334.090

REQUERIMIENTOS QUIMICOS:

Óxido de Magnesio, MgO, %	2.04	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	1.65	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2.23	5.00 Máximo

REQUERIMIENTOS FISICOS:

Peso Específico (g/cm ³)	2.85	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	-0.040	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	181	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	220	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	3.86	12.00 Máximo
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm ²)		Mínimo :
03 días	20.78 (212)	12.99 (132.56)
07 días	25.97 (265)	19.99 (203.94)
28 días	32.93 (336)	24.98 (254.93)

Arequipa, 02 Julio 2013



Ing. Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jeje de Control de Calidad
Yura S.A

➤ Anexo 02: Ficha técnica del aditivo SIKA VISCOCRETE 1110.

Construcción

Hoja Técnica
Edición 4, 06.02.12, CG
Sika® ViscoCrete® 1110

Sika® ViscoCrete® 1110

Aditivo Superplastificante con Retardo

Descripción General	Es un poderoso superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para concretos autocompactantes.
Campos de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> ■ Es adecuado para la producción de concreto en obra, así como para el concreto pre-mezclado. ■ Facilita la extrema reducción de agua, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante. ■ Se usa para los siguientes tipos de concreto: <ul style="list-style-type: none"> - Concreto autocompactante. - Para concretos bajo agua, sistemas tremie. (la relación agua – material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45) - Concreto para climas cálidos y/o sometido a trayectos largos o espera antes de su utilización. - Concreto de alta reducción de agua (hasta 30%) - Concreto de alta resistencia. - Inyección de lachada de cementos con alta fluidez. ■ La alta reducción de agua y la excelente fluidez tienen una influencia positiva sobre las aplicaciones antes mencionadas.
Ventajas	<p>Sika® ViscoCrete® 1110 actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto autocompactante. ■ Alta Impermeabilidad. ■ Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia). ■ Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración). ■ Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica. ■ A dosis altas mantiene el slump por más de dos horas (Hacer pruebas de diseño) Esto puede variar por las condiciones ambientales y el tipo de cemento que use. ■ Reduce la carbonatación del concreto. ■ Aumenta la durabilidad del concreto. ■ Reduce la exudación y la segregación. ■ Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero. <p>Sika® ViscoCrete® 1110 no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.</p>
Datos Básicos	
Aspecto	Líquido.
Color	Marrón claro.
Presentación	■ Cilindro x 200 L.
Almacenamiento	12 meses a partir de la fecha de producción, en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
Datos Técnicos	
Densidad	1,06 kg/L ± 0,01
Norma	Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo G y ASTM C-1017

1
Sika® ViscoCrete® 1110 1/3



Aplicación	
Consumo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento. ■ Para concretos fluidos y autocompactantes: 1% - 2 % cm³ por kilogramo de cemento.
Aplicación	<p>Sika® ViscoCrete® 1110 se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo.</p> <p>Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 60 segundos del tiempo de mezclado.</p> <p>Cuando se trabaja con relaciones a/c bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos.</p> <p>El uso de Sika® ViscoCrete® 1110 garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete® 1110 debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos.</p> <p>El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® S.</p>
Importante	<p>Para Concretos Fluidos y Concretos Autocompactantes.</p> <p>Sika® ViscoCrete® 1110 también puede usarse para concretos fluidos y autocompactantes mediante la utilización de dosificaciones especiales de mezclado.</p> <p>Cuando el Sika® ViscoCrete® 1110 está Congelado.</p> <p>Descongelarlo lentamente a temperatura ambiente y mezclarlo en forma intensiva.</p> <p>Combinaciones.</p> <p>Sika® ViscoCrete® 1110 puede combinarse con los siguientes productos Sika: Sika®1, Sika® CNI, Sika® Fume y SikaAer®, entre otros.</p> <p>Se recomienda realizar un ensayo previo si se realizan combinaciones de varios de los productos antes mencionados. Favor consultar a nuestro servicio técnico.</p>
Instrucciones de Seguridad	
Precauciones de manipulación	<p>Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p>
Ecología	<p>No desechar en vías acuáticas ni en el suelo. Cumplir las normas locales al respecto.</p>
Toxicidad	<p>No tóxico según los códigos suizos vigentes sobre salud y seguridad.</p>
Observaciones	<p>La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe</p>
Nota Legal	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p>



“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°3
la misma que deberá ser destruida”

Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurin "
S/N, MZ "B" Lote 5 y 6 Lurin, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070
E-mail: construccion@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe



Sika®

➤ Anexo 03: Ficha técnica aditivos EUCO PLASTOL 3000 PC Y 200 EXT.

Hoja de técnica del producto



PLASTOL 3000 PC

ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE Y REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO

DESCRIPCION

PLASTOL 3000 PC es un aditivo líquido a base de poliacrilatos de alta tecnología, formulado específicamente para dar alta fluidez y reducción de agua con el empleo de una menor dosis respecto a otros aditivos de la misma tecnología.

APLICACIONES PRINCIPALES

PLASTOL 3000 PC esta especialmente recomendado cuando se requiere:

- Concretos para la elaboración de elementos prefabricados.
- Concreto de alta fluidez.
- Concreto autoconsolidado.
- Concretos de resistencias rápidas.
- Concreto de alto desempeño.

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

- Rápido desarrollo de resistencias tempranas, reduciendo el uso de curadores.
- Se puede redosificar hasta 3 veces el aditivo en la mezcla, sin exceder la dosis máxima.
- Proporciona alta fluidez en mezclas secas.
- Incrementa la cohesividad del concreto fluido así como también disminuye la segregación.
- Reduce la permeabilidad del concreto.
 - Incrementa la resistencia a la compresión en todas las edades.
 - Mejora la durabilidad en el concreto debido a que reduce la permeabilidad.
 - No contiene cloruros ni agentes corrosivos.

- Menores relaciones agua/cemento en la matriz del concreto.
- Menores dosis para alcanzar la fluidez deseada.

INFORMACION TECNICA

Apariencia	: Líquido
Color	: Ámbar
Densidad	: 1.09 g/mL
pH	: 6.29 +/- 0.5
Solubilidad	: Soluble en agua

DOSIFICACION

PLASTOL 3000 PC se dosifica entre el 0.8 al 2.0% del peso del cemento, de acuerdo a las características deseadas.

PRESENTACION

Cilindro 180 kg.

Balde 20 kg.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

1 año.

PLASTOL 3000 PC debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y bajo techo.

DIRECCIONES PARA SU USO

PLASTOL 3000 PC se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra húmeda dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra.

Hoja de técnica del producto

Agregue **PLASTOL 3000 PC** al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco.

Se deben hacer ensayos previos en laboratorio con el fin de establecer la dosis que alcanza los efectos de fluidez o reducción de agua deseados.

PLASTOL 3000 PC 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.

PRECAUCIONES/RESTRICCIONES

- Se debe proteger el **PLASTOL 3000 PC** contra el congelamiento.
- No mezclar con aditivo base Naftaleno.
- En combinación a base de lignosulfonato puede incrementarse considerablemente la inclusión de aire.
- Se utiliza **PLASTOL 3000 PC** en muchos y diferentes diseños de mezcla. Se debe consultar con nuestro Departamento Técnico cada vez que se tengan dudas respecto a su uso o compatibilidad con otros aditivos.
- Si desea obtener resistencia alta a edades tempranas se recomienda utilizar aditivos acelerantes tal como el Accelguard 80 y Accelguard 90.
- Y si desea mejorar tiempo de trabajabilidad del aditivo se sugiere utilizar el Euco WR- 75 y el Euco WO.
- No utilice aire para su agitación.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Durante la manipulación usar las medidas de seguridad apropiadas. Usar el equipo de protección personal apropiado.

Evitar el contacto con la piel, ojos y vías respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua, para mayor información consultar la Hoja de Seguridad del producto.

Las directivas que contiene este documento son el resultado de los ensayos y de la experiencia en buenas prácticas industriales. Debido a la diversidad de materiales y sustratos así como el gran número de posibles aplicaciones que puedan presentarse, nosotros no aceptamos responsabilidad por los resultados que el cliente, contratista, aplicador pudiera obtener. Recomendamos realizar los ensayos preliminares o contactarse con el departamento de **QUIMICA SUIZA - EUCO**

Hoja Técnica versión 00 fecha Noviembre 2011.

Hoja de técnica del producto



PLASTOL 200 EXT

ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE Y REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO CON
TRABAJABILIDAD SUPER EXTENDIDA

DESCRIPCION

PLASTOL 200 EXT es un aditivo líquido a base de policarboxilatos de alta tecnología, formulado específicamente para aumentar el tiempo de trabajabilidad del concreto de baja relación agua/cemento.

APLICACIONES PRINCIPALES

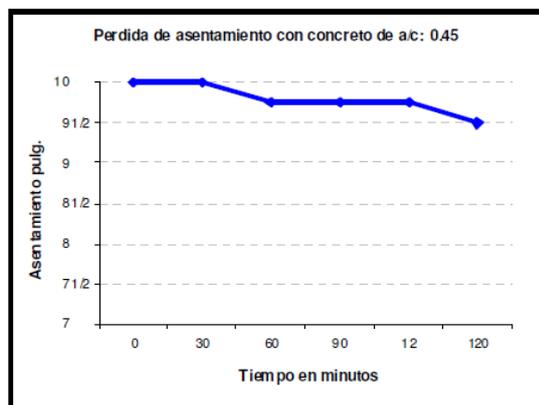
PLASTOL 200 EXT está especialmente recomendado cuando se requiere:

- Tiempo de trabajabilidad de (1:30 a 2:00 horas) en mezclas de concreto de baja relación agua: cemento.
- Concreto de alta fluidez.
- Concreto autoconsolidado.
- Concreto bombeados
- Concretos masivos.
- Concreto autonivelante.
- Concreto autocompactante.
- Concreto de alto desempeño.

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

- Adicionado en la planta, permite que el concreto sea transportado a largas distancias.
- Se puede redosificar hasta 3 veces el aditivo en la mezcla, sin exceder la dosis máxima.
- Por el alto asentamiento (slump) que proporciona al concreto permite una buena colocación del mismo evitando la formación de cangrejas.
- Incrementa la cohesividad del concreto fluido así como también disminuye la segregación.
- Reduce la permeabilidad del concreto.

- Incrementa la resistencia a la compresión.
- Mejora el acabado del concreto (textura).
- Mejora la durabilidad en el concreto debido a que reduce la permeabilidad.
- No contiene cloruros ni agentes corrosivos.



INFORMACION TECNICA

- Apariencia : Líquido
 Color : Ámbar
 Densidad : 1.08 g/mL
 pH : 6.09 +/- 0.5
 Solubilidad : Soluble en agua

DOSIFICACION

PLASTOL 200 EXT se dosifica entre el 0.8 al 2.0% del peso del cemento, de acuerdo a las características deseadas.

Hoja de técnica del producto



PRESENTACION

Cilindro 180 kg.

Balde 20 kg.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

1 año.

PLASTOL 200 EXT debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y bajo techo.

DIRECCIONES PARA SU 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.

Se deben hacer ensayos previos en laboratorio con el fin de establecer la dosis que alcanza los efectos de fluidez o reducción de agua deseados.

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.

Colocación - El concreto tratado con **PLASTOL 200 EXT** puede ser colocado de la misma manera que el concreto convencional.

PRECAUCIONES/RESTRICCIONES

- Se debe proteger el **PLASTOL 200 EXT** contra el congelamiento.
- No mezclar con aditivo base Naftaleno.
- En combinación a base de lignosulfonato puede incrementarse considerablemente la inclusión de aire.

- Se utiliza **PLASTOL 200 EXT** en muchos y diferentes diseños de mezcla. Se debe consultar con nuestro Departamento Técnico cada vez que se tengan dudas respecto a su uso o compatibilidad con otros aditivos.

- Se agrega a la mezcla independientemente de otros aditivos.

- No utilice aire para su agitación.

- No lo dosifique directamente sobre el cemento seco.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Durante la manipulación usar las medidas de seguridad apropiadas. Usar el equipo de protección personal apropiado.

Evitar el contacto con la piel, ojos y vías respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua, para mayor información consultar la Hoja de Seguridad del producto.

Las directivas que contiene este documento son el resultado de los ensayos y de la experiencia en buenas prácticas industriales. Debido a la diversidad de materiales y sustratos así como el gran número de posibles aplicaciones que puedan presentarse, nosotros no aceptamos responsabilidad por los resultados que el cliente, contratista, aplicador pudiera obtener. Recomendamos realizar los ensayos preliminares o contactarse con el departamento de **QUIMICA SUIZA - EUCO**

Hoja Técnica versión 00 fecha Noviembre 2011.

➤ Anexo 04: Ficha técnica de microsílíce Sika Fume

Construcción

Hoja Técnica
Edición 4, 27/03/07, LC
Sika® Fume

Sika® Fume

Aditivo para Concreto y Mortero bajo el agua

Descripción
General

Es un aditivo en polvo compuesto por microsílíce (Sílica Fume) de alta calidad y que acondicionado a la mezcla de concreto o mortero, disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. Sika® Fume no contiene cloruros y puede utilizarse en concretos y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto.

Campos de aplicación

- En el concreto bajo agua en puertos, puentes, presas, reparaciones, rellenos, entre otros.
- En concretos de alta impermeabilidad y durabilidad.
- En concretos de alta resistencia (mayor a 500 kg/cm²).
- En concretos bombeados y proyectados.
- En morteros y lechadas de inyección.

Ventajas

- Disminuye la pérdida de cemento y elementos finos.
- Aumenta la resistencia mecánica.
- Aumenta la impermeabilidad.
- Aumenta la resistencia química.
- Aumenta la adherencia al acero.
- Permite utilizar mezclas altamente fluidas con alta cohesión.
- Aumenta la cohesión y disminuye la exudación de la mezcla fresca.
- Aumenta la durabilidad frente a agentes agresivos.
- Aumenta la resistencia a abrasión.

Datos Básicos

Aspecto: Polvo.

Color: Gris.

Presentación: Bolsa de 20 kg

Almacenamiento: Se puede almacenar durante un año en su envase original cerrado en un lugar fresco y bajo techo.

Datos Técnicos

Gravedad Específica: 2,2

Blaine (superficie específica): 18,000 – 22,000 m²/kg.

Análisis Químico

SiO ₂	93.0 % min.	
Fe ₂ O ₃	0.80 % máx.	
Al ₂ O ₃	0.40 % máx.	
CaO	0.60 % máx.	
MgO	0.60 % máx.	
Na ₂ O	0.20 % máx.	
K ₂ O	1.2 % máx.	
C (libre)	2.0 % máx.	
SO ₃	0.40 % máx.	
L.O.I.	3.5 % máx.	



1
Sika® Fume 1/2

Construcción

Finura (diámetro promedio)	0.1 – 0.2 μ m
Porcentaje pasando 45 μm	95 – 100 %
Partícula	Esférica
Forma	Amorfa
Norma	Cumple con la norma CSA – A 3001 – 03
Aplicación	
Consumo	Puede utilizarse en dosis de aproximadamente 10 % del peso del cemento. Se recomienda realizar ensayos previos para definir el consumo exacto.
Método de aplicación	Se puede mezclar con productos Sikament® o ViscoCrete. La dosificación del concreto se realiza de acuerdo a la práctica normal para concreto bajo agua o para la aplicación específica que se requiera. La utilización conjunta de ambos productos asegura las características de cohesión, adherencia y resistencia en el concreto bajo agua. Sika® Fume se adiciona a la mezcladora junto con el cemento o la arena. El aditivo Sikament® se agrega diluido en el agua de amasado.
Instrucciones de Seguridad	
Precauciones de manipulación	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
Observaciones	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe
Nota Legal	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe .

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°3
la misma que deberá ser destruida"**



Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurin"
S/N, MZ "B" Lote 5 y 6 Lurin, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070
E-mail: construccion@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe



➤ Anexo 05: Ficha técnica de microsílíce EUCO MICROSÍLICA

EUCO MICROSILICA

ADICION PARA CONCRETO Y MORTEROS EN POLVO

EUCO MICROSILICA es un aditivo en polvo listo para usarse en concreto. Este producto reacciona químicamente con el hidróxido de calcio en la pasta de cemento, lo cual produce un gel de hidrato de silicato de calcio que mejora de manera significativa la resistencia y durabilidad. Por su alta finura, la microsílíce llena el vacío entre las partículas de cemento creando un concreto muy denso y menos permeable.

PROPIEDADES:

Apariencia.....polvo gris de textura fina
Gravedad Específica.....2.2
Densidad (granel).....aprox. 481kg/m³
Contenido Microsílíce.....100%
SiO₂ Amorfo92 -98%
..

APLICACIONES PRINCIPALES

- Concretos de altas resistencias
- Concreto de alta densidad
- Plataformas para puentes
- Estructuras para estacionamientos
- Ambientes marinos
- Shotcrete.
- Concretos de alta resistencia química.

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

- Altas resistencias a la compresión y a la flexión a todas las edades para una mejor capacidad estructural.
- Desarrollo de altas resistencias a edades tempranas para tiempos de ciclo de producción más cortos.
- Le da al concreto una permeabilidad baja para una mejor resistencia a la penetración de agua y sal.
- Mejor resistencia a la abrasión y a químicos para una mayor expectativa de vida/duración.
- Mayores resistencias a descascaramiento y ciclos de hielo - deshielo.
- Mejora el comportamiento del concreto, incrementa la producción y baja los costos de transporte y avance de obras.
- Aumenta la cohesión y reduce el lavado de finos.

DOSIFICACION

MICROSILICA normalmente se dosifica a razón de 5 - 10% por peso del cemento. Póngase en contacto con su representante de **Química Suiza S.A.** para que lo guíe cuando se necesiten dosificaciones más altas de hasta 15% por peso del cemento.

Colocación: El concreto tratado con **MICROSILICA** puede ser colocado de la misma manera que el concreto convencional.

Acabado: El concreto que contiene **MICROSILICA** va a exudar mucho menos que el concreto convencional; a dosificaciones más altas el exudado será prácticamente eliminado. Las fisuras por retracción plástica ocurren debido a una rápida pérdida de humedad en la superficie del concreto.

DIRECCIONES PARA SU USO

Dada la finura de las partículas de **MICROSILICA**, el aditivo debe estar muy bien mezclado dispersándolo completamente con las partículas de cemento. La dispersión adecuada se logra cuando se agrega primero la microsílíce en el proceso de mezclado. Una secuencia típica de mezcla sería:

1. **MICROSILICA**
2. agregado grueso más arena y 75% agua
3. Aditivo inclusor de aire (si es necesario)
4. Cemento
5. Reductor de agua de alto rango **EUCO 37**
6. 25% de agua restante

La necesidad de agua aumentará cuando se use microsílíce. La mayoría de las mezclas necesitan del uso de un reductor de agua de alto rango para mantener la trabajabilidad, un bajo contenido de agua y una relación baja de agua/cemento. Dado que el concreto con **MICROSILICA** tendrá una cantidad reducida de agua por exudado para reemplazar la que se ha evaporado, será más susceptible a fisuras por retracción plástica.

Así también, las fisuras por retracción plástica son más frecuentes cuando se presenta humedad baja, viento, temperaturas ambientales altas y del concreto en cualquier combinación. Cuando existen esas condiciones, debe utilizarse un retardante de evaporación como **EUCOBAR**. Observe que las fisuras por retracción plástica en concreto con **MICROSILICA** van a ocurrir a niveles de evaporación más bajos que el concreto normal.

Se pueden utilizar métodos diferentes a **EUCOBAR** para ayudar a reducir la posibilidad de retracción plástica. Estos incluyen la construcción de rompevientos, aplicación de rocío nebulizado entre cada operación de acabado, cubrir el concreto con yute mojado y reduciendo la temperatura del concreto con hielo o agregados enfriados. También se puede colocar el concreto en las últimas horas

➤ Anexo 06: ficha de investigación de recolección de datos.

 FICHA DE INVESTIGACIÓN 								
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA								
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE								
MÉTODO DE DISEÑO			F'c		kg/cm2	F'cr		kg/cm2
AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO					
CEMENTO		Kg/m3	CEMENTO					Kg/m3
AGREGADO FINO		Kg/m3	AGREGADO FINO					Kg/m3
AGREGADO GRUESO		Kg/m3	AGREGADO GRUESO					Kg/m3
AGUA		Lt/m3	RELACIÓN A/C					
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO								
CÓDIGO								
MICROSILICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSILICE II			SLUMP			Pulg.		
Cantidad		Kg/m3	PESO UNITARIO			Kg/m3		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN			Presenta		
			EXUDACIÓN			Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE II			OBSERVACIÓN:					
Cantidad		Kg/m3						
CÓDIGO								
MICROSILICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSILICE II			SLUMP			Pulg.		
Cantidad		Kg/m3	PESO UNITARIO			Kg/m3		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN			Presenta		
			EXUDACIÓN			Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE II			OBSERVACIÓN:					
Cantidad		Kg/m3						
CÓDIGO								
MICROSILICE			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO					
MICROSILICE II			SLUMP			Pulg.		
Cantidad		Kg/m3	PESO UNITARIO			Kg/m3		
SUPERPLASTIFICANTE			SEGREGACIÓN			Presenta		
			EXUDACIÓN			Presenta		
SUPERPLASTIFICANTE II			OBSERVACIÓN:					
Cantidad		Kg/m3						

➤ Anexo 07: Costo del superplastificante SIKA VISCOCRETE 1110.

MVS
REPRESENTACIONES S.R.L.

Amp. La Negrita D-1
Teléfono: 20-1609 * 21-6315 Telefax: (054) 20-0075
E-mail: mvsarequipa@sppedy.com.pe E-mail: mvsventas@sppedy.com.pe

Cot. 2013-0801 MVS REPRESENTACIONES

RUC N° 20411582982 **Email** mvsarequipa@sppedy.com.pe **Web:** www.mvsrepresentaciones.com

Arequipa, 14 de agosto de 2013

Señor(es)
Transportes CH & P Señor Jesus de Nazareno S.A.C.
Pte.-

Att. Sr. Transportes CH & P Señor Jesus de Nazareno S.A.C.

Ref.

Estimado(s) Señor(es):

Por medio de la presente los saludamos y de acuerdo con su Solicitud de Cotización, hacemos llegar nuestra mejor propuesta por los siguientes productos:

Item	Cantidad	Producto	P.Unit. S/.	P.Total S/.
1	5,00	Sika Viscocrete 1110, Cilindro x 200 lts.	2.498,00 <i>2638,00</i>	12.490,00

CONDICIONES DE VENTA

I.G.V. : Precios en Nuevos Soles, incluyen IGV 18 %

Tiempo de Entrega : De acuerdo a Stock y producción en Lima, puesto en Arequipa 10 días. despues de recibida la Orden de Compra

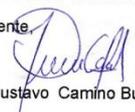
Entrega : En la agencia de transportes de su preferencia, flete pagadero destino.

Forma de Pago : Contado.

Validez de Oferta : 15 días

ASESORAMIENTO TÉCNICO GRATUITO EN OBRA

A la espera de su Orden de Compra, quedamos de Uds.

Atentamente 

P.P-
Carlos Gustavo Camino Buendia
Gerente
MVS REPRESENTACIONES
GCB/pyv

- Anexo 08: Costo del superplastificante EUCO PLASTOL 3000 PC Y 200 EXT.

LACOTEL S.R.L.

Calvario 219-Miraflores Arequipa

Telefax 054 – 225789

Lacotel19@hotmail.com

RUC: 20498080031

Atte.: Igor Choquenaira P.
Presente.-

17-08-2013

Ref. COTIZACION de ADITIVOS EUCO

Estimados señores:

En atención a su **Solicitud**, nos complace ofrecerles de nuestra representación EUCO, (Euclid Chemical Company – USA), los siguientes aditivos para la construcción, que detallo a continuación:

PLASTOL 200: Aditivo Hiperplastificante y reductor de agua de alto rango con trabajabilidad super extendida.

Cilindro x 180 Kg.

Precio Unitario: **S/. 2,638.06**

PLASTOL 3000: Aditivo Hiperplastificante y reductor de agua de alto rango.

Cilindro x 180 Kg.

Precio Unitario: **S/. 2,485.08**

PLASTOL 5000: Aditivo Hiperplastificante de ultima generacion.

Cilindro x 180 Kg.

Precio Unitario: **S/. 2,310.04**

CONDICIONES DE VENTA:

Los precios : Incluyen el IGV.

Forma de pago : Factura a 15 días

Mercadería : Puesta en sus almacenes de Arequipa.

Plazo de entrega : 05 días después de haber recibido la O/C.

Además, les brindamos asesoramiento técnico

Sin otro particular y a la espera de sus gratas órdenes, quedamos de Uds.

Atentamente,

LACOTEL S.R.L.

JUAN ASCENCIO.

054 - 225789

054 – 959825748

RPM - # 846224

- Anexo 09: Costo del microsílíce Sika Fume.

➤ Anexo 10: Costo del microsílíce EUCO MICROSÍLICA.

Presente.-

01-10-2013

Ref. COTIZACION de ADITIVOS EUCO

Estimados señores:

En atención a su **Solicitud**, nos complace ofrecerles de nuestra representación **EUCO**, (Euclid Chemical Company – USA), el siguiente aditivo para la construcción, que detallo a continuación:

EUCO MICROSILICA: Adición para concreto y mortero en polvo.

Bolsa x 20 Kg.

Precio Unitario: **S/.105.00**

CONDICIONES DE VENTA:

Los precios : Incluyen el IGV.

Forma de pago : Factura a 15 días.

Mercadería : Puesta en sus almacenes de Arequipa.

Plazo de entrega : Inmediato.

Además, les brindamos asesoramiento técnico

Sin otro particular y a la espera de sus gratas órdenes, quedamos de Uds.

Atentamente,

LACOTEL S.R.L.
JUAN ASCENCIO.
054 - 225789
054 - 959825748
RPM - # 846224



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

CONSTANCIA

El que suscribe, **Ing. Fernando Garnica Cuba**, Encargado del Laboratorio de Suelos y Concreto del Programa Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

HACE CONSTAR

que los señores Bachilleres en Ingeniería Civil:

ALEXANDER BLAS CASTRO Código N° 2002244811
CESAR FLORES ALVAREZ Código N° 2004245741

han realizado los ensayos de Laboratorio de Suelos para complementar su trabajo de Tesis para optar el título de Ingeniero Civil cuyo título es: **“Influencia de la adición de microsilice y superplastificante en las propiedades de un concreto de alta resistencia en la ciudad de Arequipa”**.

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos del Parque Industrial han sido elaborados entre el 20/12/2013 y el 27/03/2014.

Los ensayos ejecutados por los tesisistas fueron los siguientes:

- Diseños de Mezclas (16) – Vaciados de Concreto
- Ensayos de Compresión Axial Probetas de Concreto
- Ensayos de Tracción Indirecta de Probetas de Concreto – Ensayo Brasilerero

Asimismo se deja constancia que los señores tesisistas dejan al Laboratorio de Concreto en calidad de donación los siguientes equipos:

- 09 Moldes Metálicos para Probetas de Concreto de diámetro D=4”
- 01 Juego de Platos de Retención de Acero para refrentado de Probetas de concreto de diámetro D=4”
- 02 Placas de Acero de 20 cm x 30 cm con un espesor e=1/2”

Anexo 08: Imágenes de los ensayos realizados en los laboratorios de suelos y concretos para obtención de un concreto alta resistencia.



Fotografía 01: Briquetas de 4 pulgadas de diámetro por 6 pulgadas de altura.



Fotografía 02: Platos de retención de acero para refrentado de probetas de 4 pulgadas.



Fotografía 03: Método del cuarteo para el ensayo de máxima compacidad.



Fotografía 04: Realizando el método de peso unitario varillado para hallar la máxima compacidad según el porcentaje de agregados finos y gruesos mezclados.



Fotografía 05: Realizando los diseños de mezclas en el laboratorio de UCSM.



Fotografía 06: Diseño de mezcla del concreto patrón.



Fotografía 07: Verificando el slump del concreto patrón.



Fotografía 08: Diseño de mezcla del concreto con influencia de la microsílíce y superplastificante.



Fotografía 09: Verificando el slump del concreto con la influencia de la microsílíce y superplastificante.



Fotografía 10: Probetas con microsílíce y superplastificante después de desencofrar.



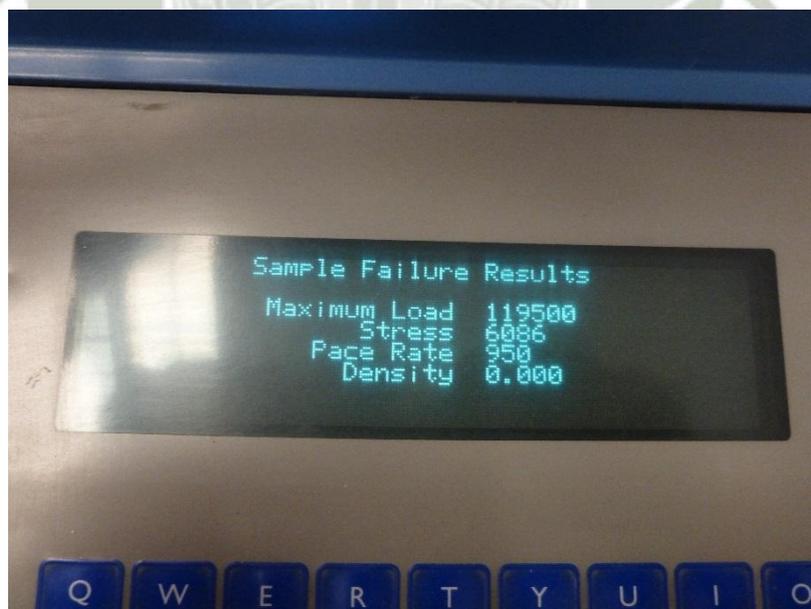
Fotografía 11: Concreto patrón $F'c = 800 \text{ kgf/cm}^2$ después de desencofrar.



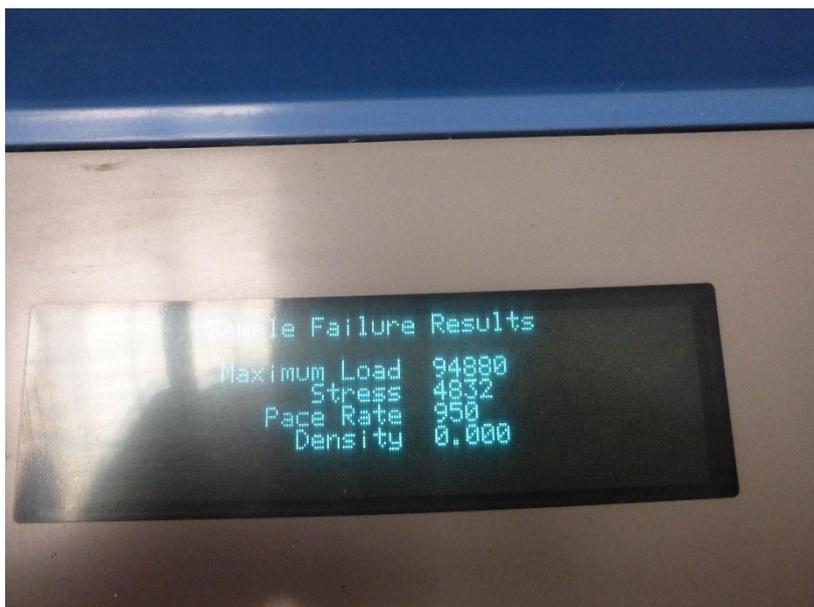
Fotografía 12: Probetas en la mesa vibradora con relación a/c muy bajas.



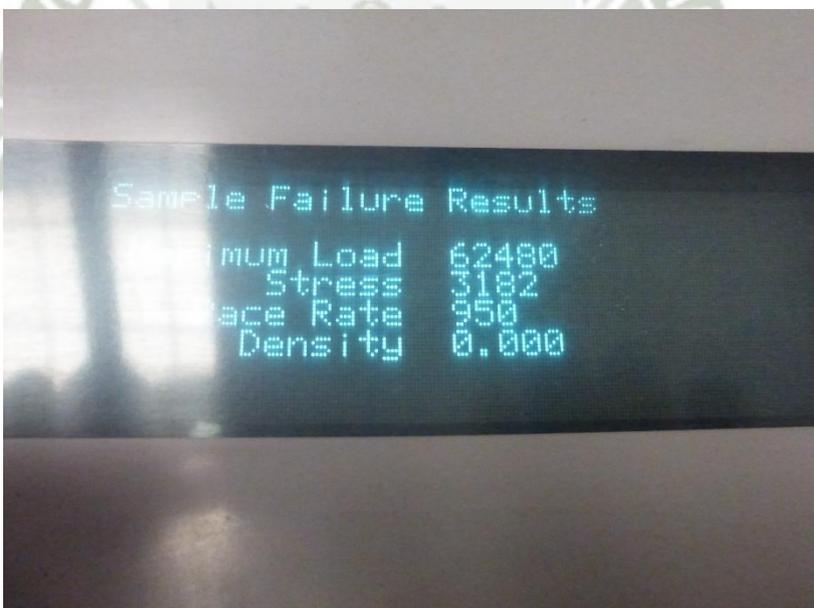
Fotografía 13: Ensayo a la resistencia de compresión para las probetas de 4 x 8 pulgadas.



Fotografía 14: Máxima fuerza a la compresión de la probeta de 4 x 8 pulgadas, Método de Máxima Compacidad.



Fotografía 15: Máxima fuerza a la compresión de la probeta de 4 x 8 pulgada, Método de ACI.



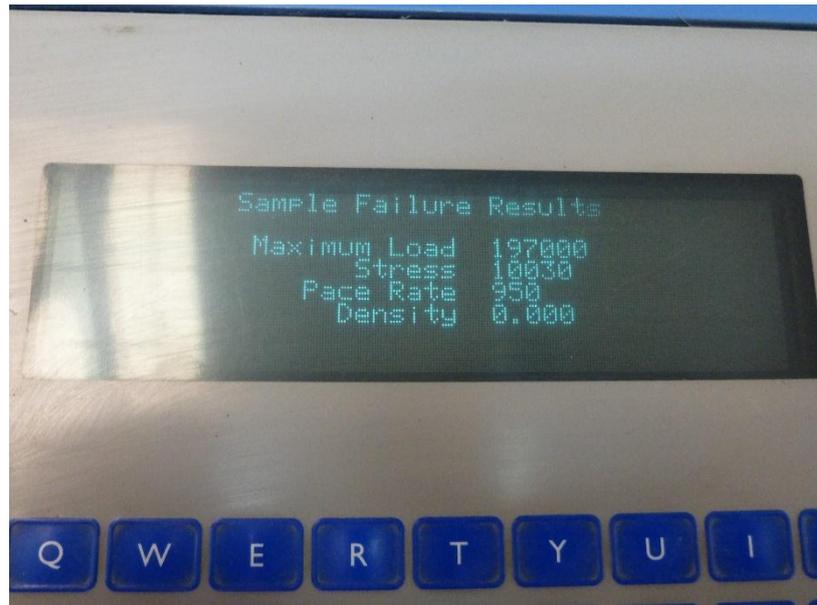
Fotografía 16: Máxima fuerza a la compresión de la probeta de 4 x 8 pulgada, Método de Máxima Compacidad, "Concreto Patrón".



Fotografía 17: Máxima fuerza a la compresión de la probeta de 4 x 8 pulgada, Método de ACI, "Concreto Patrón".



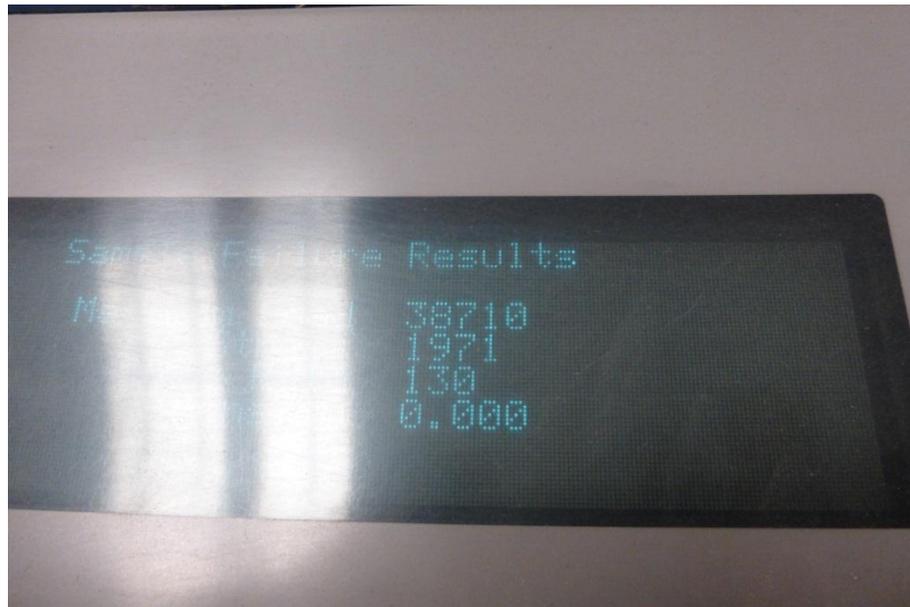
Fotografía 18: Ensayo a la resistencia de compresión para las probetas de 6 x 12 pulgadas.



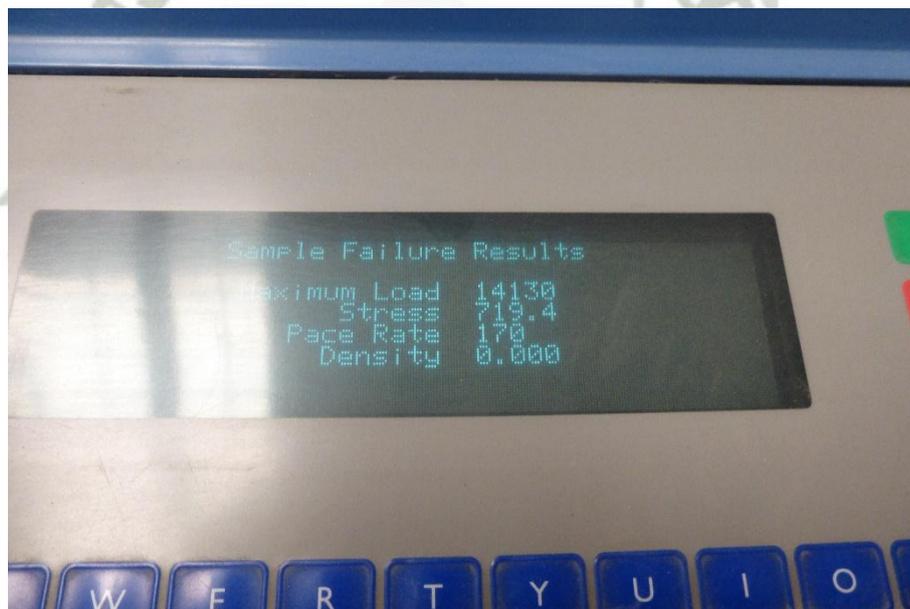
Fotografía 19: Máxima fuerza a la compresión de las probetas de 6 x 12 pulgadas, Método ACI.



Fotografía 20: Ensayo de tracción indirecta para las probetas de 6 x 12 pulgadas, Método Brasileiro.



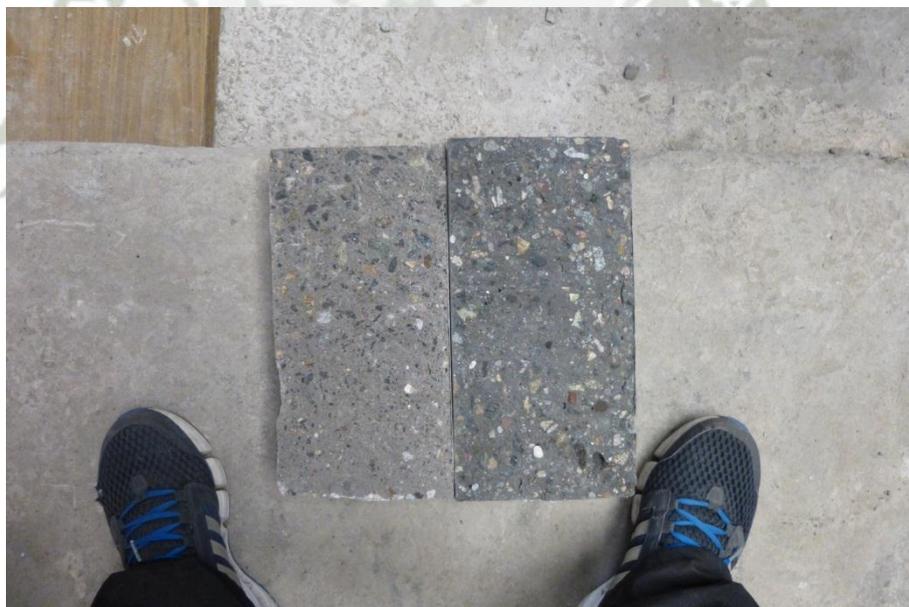
Fotografía 21: Máxima fuerza a la tracción indirecta para las probetas de 6 x 12 pulgadas Método Brasileiro, "Máxima Compacidad".



Fotografía 22: Máxima fuerza a la tracción indirecta de las probetas de 6 x 12 pulgadas Método Brasileiro, "Método ACI".



*Fotografía 23: Imagen de la probeta de alta resistencia a la compresión,
Falla frágil.*



*Fotografía 24: Se observa la estructura interna de dos probetas uno con
microsílice I y microsíllice II*



AREQUIPA, MAYO DEL 2014.