

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL Y DEL
AMBIENTE**

PROGRAMA PROFESIONAL DE ING. CIVIL



TEMA:

**“DISEÑO DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON
AGREGADO ANGULAR Y SUB-REDONDEADO UTILIZANDO
ADITIVOS DE LAS MARCAS CHEMA, SIKA Y EUCO, EN LA
CIUDAD DE AREQUIPA – 2013”**

TESIS DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR EL BACHILLER:

IGOR CHOQUENAIRA PACCOSONCCO.

PARA OPTAR EL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

AREQUIPA – PERÚ

2013

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.

“DISEÑO DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON AGREGADO ANGULAR Y SUB-REDONDEADO UTILIZANDO ADITIVOS DE LAS MARCAS CHEMA, SIKA Y EUCO, EN LA CIUDAD DE AREQUIPA – 2013”

Tema de investigación que fue realizado en los laboratorios de suelo y concreto del Programa Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad católica de Santa María.

Igor Choquenaira Paccosoncco.

AGRADECIMIENTO:

A Dios todo poderoso y a nuestra madre la Virgen María.

Por ser lo más grande en mi vida y ser mi fortaleza en cada momento.

A la Universidad Católica de Santa María y al Programa Profesional de Ingeniería Civil.

Por mi formación académica.

A las empresas que colaboraron en la presente investigación.

Lacotel Srl. Distribuidores de aditivo de EUCO.
Ing. Juan Luis Ascencio Gerente General.

Jefe de Sección - Zona Sur Aditivos Construcción EUCO.
Ing. Julio R. Gómez Silva Suárez.

MVS Representaciones SRL Distribuidores de aditivos SIKA.
Ing. Gustavo Camino Buendia Gerente Comercial.

Ing. Renato Días Galdós
Catedrático del Programa Profesional de Ing. Civil - UCSM.

Ing. Olger Febres Rosado
Catedrático del Programa Profesional de Ing. Civil - UCSM.

Ing. Alejandro Hidalgo Valdivia
Catedrático del Programa Profesional de Ing. Civil - UCSM.

A las personas que me apoyaron en la realización de la presente investigación.

Ing. July Neyra Arenas
Catedrático del Programa Profesional de Ing. Civil - UCSM.

Ing. Fernando Garnica Cuba.
Jefe del Laboratorio de Suelos y Concreto de la UCSM.

Ing. Jean Vargas Torres.

Tec. Lab. Narciza Quispe Pilco.
Técnica de Laboratorio de suelos y Concreto de la UCSM.

A mis amigos quienes me ayudaron con la realización de los ensayos en los Laboratorios de Suelos y Concretos de la UCSM.

Silvia Choquenaira Paccosoncco.
Eder Sebastián Quispe Escobedo.
Juan Miranda Chávez.
Manuel Paredes Aranzamendi.
Mayra Ramírez Huamán.
María Laura Bernales Velarde Alvarez
Ruth Gutierrez Grajeda
Alexander Blas Castro.

A mis amigos que me apoyaron en el "Concurso Nacional de Ponencias CONEIC 2013 – Huancayo"
Al Círculo de estudios "Los Greisco"

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres.

Gregorio Flavio Choquenaira Flores.
Constantina Paccosocco Tuni.
Fuente y soporte de todos mis logros
por su incondicional apoyo y en
recompensa a sus esfuerzos.

Mi Hermana.

Silvia Choquenaira Paccosoncco
Con mucho cariño y afecto por ser la
persona que me orienta y me guía
cada día.

A mis amigos.

Con mucho aprecio.



ÍNDICE GENERAL

<i>LISTADO DE FIGURAS</i>	<i>IX</i>
<i>LISTADO DE TABLAS</i>	<i>XIV</i>
<i>GLOSARIO</i>	<i>XXI</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>XXIV</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>XXVI</i>
<i>CAPITULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.</i>	<i>1</i>
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.	4
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.	4
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	4
1.3. HIPÓTESIS.	5
1.4. VARIABLES.	5
<i>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.</i>	<i>6</i>
2.1. HISTORIA DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.	7
2.2. DEFINICIÓN DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.	7
2.3. DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DEL CAC.	8
2.4. VENTAJAS DEL CAC.	13
2.4.1. VENTAJAS PARA EL CONSTRUCTOR.	13
2.4.2. VENTAJAS PARA EL TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN.	14
2.4.3. VENTAJAS PARA EL PROPIETARIO DE LA CONSTRUCCIÓN.	14
2.5. APLICACIONES DEL CAC ALREDEDOR DEL MUNDO.	15
2.5.1. APLICACIONES DEL CAC EN EL PERÚ.	23
<i>CAPITULO 3: PRINCIPIOS BÁSICOS Y REQUERIMIENTOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.</i>	<i>26</i>
3.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO.	27
3.1.1. CAPACIDAD DE PASO.	27
3.1.2. CAPACIDAD DE RELLENO.	27
3.1.3. RESISTENCIA A LA SEGREGACIÓN.	28
3.2. MÉTODOS DE ENSAYO.	28
3.2.1. ENSAYO EXTENSIÓN DE FLUJO.	29
3.2.2. ENSAYO DEL EMBUDO "V".	34

3.2.3.	ENSAYO DE LA CAJA EN "L".	39
3.2.4.	CAJA EN "U".	44
3.3.	PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO.	48
3.3.1.	RESISTENCIA A COMPRESIÓN.	49
3.4.	MATERIALES DEL CAC.	49
3.4.1.	AGUA.	50
3.4.2.	CEMENTO.	52
3.4.3.	AGREGADO.	53
3.4.4.	ADITIVOS.	59
CAPITULO 4: DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON AGREGADO ANGULAR.		65
4.1.	INTRODUCCIÓN.	66
4.2.	ESTUDIO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.	66
4.2.1.	CEMENTO.	66
4.2.2.	AGREGADO FINO.	67
4.2.2.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO.	68
4.2.2.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.	69
4.2.2.3.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO.	72
4.2.2.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO.	76
4.2.2.5.	ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO.	79
4.2.3.	AGREGADO GRUESO.	81
4.2.3.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO.	82
4.2.3.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.	83
4.2.3.3.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.	86
4.2.3.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.	90
4.2.3.5.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO.	93
4.2.4.	AGUA.	95
4.2.5.	ADITIVO.	96
4.3.	DISEÑOS DE MEZCLAS PARA EL CAC.	97
4.3.1.	DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN EL COMITÉ 211 DEL ACI.	97
4.3.2.	DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN WALKER.	114
4.3.3.	DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN OKAMURA.	129
CAPITULO 5: DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON AGREGADO SUB-REDONDEADO.		133
5.1.	INTRODUCCIÓN.	134
5.2.	ESTUDIO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.	134
5.2.1.	CEMENTO.	134

5.2.2.	AGREGADO FINO.	134
5.2.2.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO.	135
5.2.2.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO.	135
5.2.2.3.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO.	135
5.2.2.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO.	135
5.2.2.5.	ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO.	135
5.2.3.	AGREGADO GRUESO.	136
5.2.3.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO.	136
5.2.3.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.	137
5.2.3.3.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.	138
5.2.3.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.	141
5.2.3.5.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO.	143
5.2.4.	AGUA.	144
5.2.5.	ADITIVO.	144
5.3.	DISEÑOS DE MEZCLAS PARA EL CAC.	144
5.3.1.	DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN EL COMITÉ 211 DEL ACI.	144
5.3.2.	DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN WALKER.	157
5.3.3.	DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN OKAMURA.	170
CAPITULO 6: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO CON AGREGADO ANGULAR.		174
6.1.	SECUENCIA DE LOS ENSAYOS DEL CAC PARA EL AGREGADO ANGULAR.	175
6.2.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO COMITÉ 211 ACI.	176
6.2.1.	RESULTADOS EN ESTADO FRESCO COMITÉ 211 ACI.	176
6.2.2.	RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO COMITÉ 211 ACI.	181
6.3.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO WALKER.	182
6.3.2.	RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO DISEÑO WALKER.	187
6.4.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO OKAMURA.	188
6.4.1.	RESULTADOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO OKAMURA.	188
6.4.2.	RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO DISEÑO OKAMURA.	190
CAPITULO 7: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO CON AGREGADO SUB-REDONDEADO.		191
7.1.	SECUENCIA DE LOS ENSAYOS DEL CAC PARA EL AGREGADO SUB-REDONDEADO.	192

7.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO COMITÉ 211 ACI.	192
7.2.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO COMITÉ 211 ACI.	192
7.2.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO COMITÉ 211 ACI.	197
7.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO WALKER.	198
7.3.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO WALKER.	198
7.3.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO DISEÑO WALKER.	203
7.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO OKAMURA.	204
7.4.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO OKAMURA.	204
7.4.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO DISEÑO OKAMURA.	206
<i>CAPITULO 8: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE Y COSTOS.</i>	207
8.1. ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO.	208
8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO ANGULAR.	208
8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO SUB-REDONDEADO.	210
8.2. ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO.	212
8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO ANGULAR.	212
8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO SUB-REDONDEADO.	215
8.3. ANÁLISIS DE COSTOS.	218
8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO ANGULAR.	218
8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO SUB-REDONDEADO.	225
8.4. ANÁLISIS DE LOS ADITIVOS.	232
<i>CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</i>	236
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	247
<i>ANEXOS.</i>	250

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 2.1. Torre del puente colgante Shin-Kiba Ohashi (Japón) de concreto autocompactante pretensado. (Okamura y Ouchi, 1998).</i>	16
<i>Figura 2.2. Vista aérea del puente colgante Akashi-Kaikyo en Kobe, Japón. (Ouchi, 2003).</i>	17
<i>Figura 2.3. Vista de uno de los anclajes del puente colgante Akashi-Kaikyo en Kobe, Japón construidos con concreto autocompactante.</i>	18
<i>Figura 2.4. Tanque de gas licuado de la Compañía de Gas Osaka (Japón) construido con concreto autocompactante.</i>	19
<i>Figura 2.5. Vista del Puente de la Ronda de la Hispanidad sobre el río Ebro en Zaragoza.</i>	22
<i>Figura 2.6. Vista del Edificio el Capital, Lima – Perú</i>	24
<i>Figura 2.7. Vista del Edificio Industrial más alto del Perú, planta de cementos Yura – Arequipa.</i>	25
<i>Figura 3.1. Vista del equipo solicitado por la norma para el ensayo de Extensión De Flujo.</i>	31
<i>Figura 3.2. Vista del equipo utilizado en el laboratorio para el ensayo de Extensión De Flujo.</i>	31
<i>Figura 3.3. Vista del equipo solicitado por la norma para el ensayo del Embudo “V”.</i>	36
<i>Figura 3.4. Vista del equipo utilizado en el laboratorio para el ensayo del Embudo “V”.</i>	36
<i>Figura 3.5. Vista del equipo solicitado por la norma para el ensayo de la Caja “L”.</i>	41
<i>Figura 3.6. Vista del equipo utilizado en el laboratorio para el ensayo de la Caja “L”.</i>	41
<i>Figura 3.7. Vista del equipo solicitado por la norma para el ensayo de la Caja “U”.</i>	45
<i>Figura 3.8. Vista del equipo utilizado en el laboratorio para el ensayo de la Caja “U”.</i>	45
<i>Figura 3.9. Vista de cómo actúa el aditivo sobre las partículas de cemento.</i>	63

<i>Figura 3.10. Vista de una microfotografía de partículas de cemento en una solución de agua/cemento sin aditivo (a) y con aditivo superplastificante (b) (Metha y Monteiro, 1994).</i>	63
<i>Figura 4.1. Vista de la granulometría del agregado fino con los parámetros según la norma NTP 400.037.</i>	72
<i>Figura 4.2. Vista de la comparación de impurezas orgánicas con del Patrón Gardner #11 para el agregado fino.</i>	81
<i>Figura 4.3. Vista de la granulometría del agregado grueso (angular) con los parámetros según la norma NTP 400.037 – Uso 7.</i>	86
<i>Figura 4.4. Vista de la dosificación por del método comité ACI 211, para cada resistencia requerida.</i>	113
<i>Figura 4.5. Vista de la dosificación en Kg/m³ para cada resistencia (ACI).</i>	113
<i>Figura 4.6. Vista de la dosificación por del método de Walker, para cada resistencia requerida.</i>	128
<i>Figura 4.7. Vista de la dosificación en Kg/m³ para cada resistencia (Walker).</i>	128
<i>Figura 4.8. Vista de la dosificación método de Okamura.</i>	132
<i>Figura 4.9. Vista de la dosificación en Kg/m³ (Okamura).</i>	132
<i>Figura 5.1. Vista de la granulometría del agregado grueso (sub-redondeado) con los parámetros según la norma NTP 400.037 Uso 7.</i>	138
<i>Figura 5.2. Vista de la dosificación por del método comité ACI 211, para cada resistencia requerida. (sub-redondeado).</i>	156
<i>Figura 5.3. Vista de la dosificación en Kg/m³ para cada resistencia ACI. (sub-redondeado).</i>	156
<i>Figura 5.4. Vista de la dosificación por del método de Walker, para cada resistencia requerida (sub-redondeado).</i>	169
<i>Figura 5.5. Vista de la dosificación en Kg/m³ para cada resistencia Walker (sub-redondeado).</i>	169
<i>Figura 5.6. Vista de la dosificación método de Okamura (sub-redondeado).</i>	173
<i>Figura 5.7. Vista de la dosificación en Kg/m³ Okamura (sub-redondeado).</i>	173
<i>Figura 6.1. Vista de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo I con agregado angular.</i>	181

<i>Figura 6.2. Vista de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo II con agregado angular.</i>	182
<i>Figura 6.3. Vista de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo I con agregado angular.</i>	187
<i>Figura 6.4. Vista de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo II con agregado angular.</i>	188
<i>Figura 6.5. Vista de la resistencia a la compresión método de Okamura, aditivo I y II con agregado angular.</i>	190
<i>Figura 7.1. Vista de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo I con agregado sub-redondeado.</i>	197
<i>Figura 7.2. Vista de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo II con agregado sub-redondeado.</i>	198
<i>Figura 7.3. Vista de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo I con agregado sub-redondeado.</i>	203
<i>Figura 7.4. Vista de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo II con agregado sub-redondeado.</i>	204
<i>Figura 7.5. Vista de la resistencia a la compresión método de Okamura, aditivo I y II con agregado sub-redondeado.</i>	206
<i>Figura 8.1. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 210kgf/cm², Agr. Angular.</i>	213
<i>Figura 8.2. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 210kgf/cm², Agr. Angular.</i>	213
<i>Figura 8.3. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 280kgf/cm², Agr. Angular.</i>	214
<i>Figura 8.4. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 280kgf/cm², Agr. Angular.</i>	215
<i>Figura 8.5. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 210kgf/cm², Agr. Sub-redondeado.</i>	216
<i>Figura 8.6. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 280kgf/cm², Agr. Sub-redondeado.</i>	216
<i>Figura 8.7. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 210kgf/cm², Agr. Sub-redondeado.</i>	217

<i>Figura 8.8. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 280kgf/cm², Agr. Sub-redondeado.</i>	217
<i>Figura 8.9. Vista de los análisis comparativos de los costos unitarios utilizando agregado angular.</i>	223
<i>Figura 8.10. Vista de los análisis comparativos de los costos unitarios adicionando partidas, utilizando agregado angular.</i>	225
<i>Figura 8.11. Vista de los análisis comparativos de los costos unitarios utilizando agregado sub-redondeado.</i>	230
<i>Figura 8.12. Vista de los análisis comparativos de los costos unitarios adicionando partidas, utilizando agregado sub-redondeado.</i>	232
<i>Figura 8.13. Vista del porcentaje de aditivo por m³ utilizado en los diseños de mezclas con agregado angular.</i>	232
<i>Figura 8.14. Vista del costo de aditivo por m³ utilizado en los diseños de mezclas con agregado angular.</i>	233
<i>Figura 8.15. Vista del porcentaje de aditivo por m³ utilizado en los diseños de mezclas con agregado sub-redondeado.</i>	233
<i>Figura 8.16. Vista del costo de aditivo por m³ utilizado en los diseños de mezclas con agregado sub-redondeado.</i>	234
<i>Figura 8.17. Vista de a/c VS resistencia a la compresión con el uso de agregado grueso angular.</i>	234
<i>Figura 8.18. Vista de a/c VS resistencia a la compresión con el uso de agregado grueso sub-redondeado.</i>	235
<i>Figura Anexo 01: Se puede observar los 4 equipos para realizar los ensayos del concreto autocompactante en estado fresco la caja "L", la caja en "U", el embudo "V" y la bandeja con el cono de abrams.</i>	264
<i>Figura Anexo 02: Realizando el ensayo de flujo de asentamiento en la bandeja de 1 metro por 1 metro con el cono de abrams en la posición invertida.</i>	264
<i>Figura Anexo 03: Midiendo la extensibilidad del asentamiento del concreto autocompactado.</i>	265
<i>Figura Anexo 04: Verificando a simple vista que el concreto no presente ni exudación ni segregación, teniendo una pasta uniforme.</i>	265

<i>Figura Anexo 05: Realizando el ensayo del Embudo “V” para determinar el tiempo que tarda paso del concreto autocompactante por la aberturas estrechas del embudo que evalúa la capacidad de relleno y la capacidad de paso. _____</i>	<i>266</i>
<i>Figura Anexo 06: Terminando de llenar la caja “L” con el concreto autocompactado. _____</i>	<i>266</i>
<i>Figura Anexo 07: Después de abrir la compuerta de la caja “L”, el concreto pasa delante de la cual se encajan longitudes verticales de barras de armado, midiendo la capacidad de paso y resistencia a la segregación. _____</i>	<i>267</i>
<i>Figura Anexo 08: Ensayo de la caja “U” colocando el concreto autocompactado en el primer compartimiento. _____</i>	<i>267</i>
<i>Figura Anexo 09: Abriendo la compuerta de la caja “U” para que el concreto pase las rejas de acero en la parte inferior para el segundo compartimiento por peso propio. _____</i>	<i>268</i>
<i>Figura Anexo 10: Midiendo las diferencias de altura del concreto en el primer compartimiento y en el segundo compartimiento. _____</i>	<i>268</i>

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 3.1. El concreto como un sistema de 5 componentes.</i>	50
<i>Tabla 3.2. Tipos de aditivos químicos según la norma ASTM C 494.</i>	60
<i>Tabla 4.1. Datos del agregado fino para obtener el contenido de humedad.</i>	69
<i>Tabla 4.2. Datos para hallar la granulometría del agregado fino.</i>	71
<i>Tabla 4.3. Parámetros de la granulometría del agregado fino.</i>	71
<i>Tabla 4.4. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.</i>	74
<i>Tabla 4.5. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado fino.</i>	74
<i>Tabla 4.6. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado fino.</i>	75
<i>Tabla 4.7. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado fino.</i>	75
<i>Tabla 4.8. Datos para el cálculo del peso específico del agregado fino.</i>	78
<i>Tabla 4.9. Datos del agregado grueso (Angular) para obtener el contenido de humedad.</i>	83
<i>Tabla 4.10. Datos para hallar la granulometría del agregado grueso (angular).</i>	85
<i>Tabla 4.11. Parámetros de la curva granulometría del agregado grueso (angular) – Uso 7.</i>	85
<i>Tabla 4.12. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso (angular).</i>	88
<i>Tabla 4.13. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso (angular).</i>	88
<i>Tabla 4.14. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso (angular).</i>	89
<i>Tabla 4.15. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (angular).</i>	89
<i>Tabla 4.16. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (angular).</i>	91

<i>Tabla 4.17. Tabla de la gradación para realizar el ensayo en la máquina de los ángeles, agregado grueso (angular). Fuente MTC E 207-2000.</i>	94
<i>Tabla 4.18. Cuadro de los valores para hallar la resistencia promedio requerida (Fuente ACI).</i>	98
<i>Tabla 4.19. Cuadro de asentamiento (slump) según el tipo de estructura (Fuente ACI).</i>	99
<i>Tabla 4.20. Cuadro de contenido de aire según el tamaño máximo nominal del agregado grueso – (Fuente ACI).</i>	100
<i>Tabla 4.21. Cuadro de volumen de agua utilizando el TMN. del agregado grueso y el asentamiento utilizado (Fuente ACI).</i>	100
<i>Tabla 4.22. Cuadro de relación agua cemento según la resistencia promedio requerida – (Fuente ACI).</i>	101
<i>Tabla 4.23. Cuadro de selección del peso del agregado grueso según el TMN. del agregado grueso (Fuente ACI).</i>	101
<i>Tabla 4.24. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños del ACI.</i>	102
<i>Tabla 4.25. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método del comité ACI 211.</i>	113
<i>Tabla 4.26. Cuadro de volumen de agua utilizando el TMN. del agregado grueso y el asentamiento utilizado– (Fuente Walker).</i>	116
<i>Tabla 4.27. Cuadro de selección del peso del agregado fino según el TMN del agregado grueso y el factor del cemento (Fuente Walker).</i>	116
<i>Tabla 4.28. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños de Walker.</i>	117
<i>Tabla 4.29. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método Walker.</i>	128
<i>Tabla 4.30. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para el diseño de Walker.</i>	130
<i>Tabla 4.31. Cuadro de resumen del diseño de Okamura.</i>	132
<i>Tabla 5.1. Datos del agregado grueso para obtener el contenido de humedad (sub-redondeado).</i>	136

<i>Tabla 5.2. Datos para hallar la granulometría del agregado grueso (sub-redondeado).</i>	137
<i>Tabla 5.3. Parámetros de la curva granulometría del agregado grueso (sub-redondeado) – Uso 7.</i>	138
<i>Tabla 5.4. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso (sub-redondeado).</i>	139
<i>Tabla 5.5. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso (sub-redondeado).</i>	139
<i>Tabla 5.6. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (sub-redondeado).</i>	140
<i>Tabla 5.7. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (sub-redondeado).</i>	140
<i>Tabla 5.8. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (sub-redondeado).</i>	141
<i>Tabla 5.9. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños del ACI. (sub-redondeado).</i>	145
<i>Tabla 5.10. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método del comité ACI 211. (sub-redondeado).</i>	156
<i>Tabla 5.11. Cuadro de volumen de agua utilizando el TMN. del agregado grueso (redondeado) y el asentamiento utilizado– (Fuente Walker).</i>	157
<i>Tabla 5.12. Cuadro de selección del peso del agregado fino según el TMN del agregado grueso (redondeado) y el factor del cemento (Fuente Walker).</i>	158
<i>Tabla 5.13. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños de Walker. (sub-redondeado).</i>	158
<i>Tabla 5.14. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método Walker. (sub-redondeado).</i>	169
<i>Tabla 5.15. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños de Walker.</i>	171
<i>Tabla 5.16. Cuadro de resumen del diseño de Okamura (sub-redondeado).</i>	173
<i>Tabla 6.1. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método ACI, aditivo I con agregado angular.</i>	180

<i>Tabla 6.2. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método ACI, aditivo II con agregado angular.</i>	180
<i>Tabla 6.3. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo I con agregado angular.</i>	181
<i>Tabla 6.4. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo II con agregado angular.</i>	181
<i>Tabla 6.5. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método Walker, aditivo I con agregado angular.</i>	186
<i>Tabla 6.6. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método Walker, aditivo II con agregado angular.</i>	186
<i>Tabla 6.7. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo I con agregado angular.</i>	187
<i>Tabla 6.8. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo II con agregado angular.</i>	187
<i>Tabla 6.9. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método de Okamura, aditivo I con agregado angular.</i>	189
<i>Tabla 6.10. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método de Okamura, aditivo II con agregado angular.</i>	190
<i>Tabla 6.11. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método de Okamura, aditivo I y II con agregado angular.</i>	190
<i>Tabla 7.1. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método ACI, aditivo I con agregado sub-redondeado.</i>	196
<i>Tabla 7.2. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método ACI, aditivo II con agregado sub-redondeado.</i>	196
<i>Tabla 7.3. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo I con agregado sub-redondeado.</i>	197
<i>Tabla 7.4. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo II con agregado sub-redondeado.</i>	197
<i>Tabla 7.5. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método Walker, aditivo I con agregado sub-redondeado.</i>	202
<i>Tabla 7.6. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método Walker, aditivo II con agregado sub-redondeado.</i>	202

<i>Tabla 7.7. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo I con agregado sub-redondeado.</i>	203
<i>Tabla 7.8. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo II con agregado sub-redondeado.</i>	203
<i>Tabla 7.9. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método de Okamura, aditivo I con agregado sub-redondeado.</i>	205
<i>Tabla 7.10. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método de Okamura, aditivo II con agregado sub-redondeado.</i>	205
<i>Tabla 7.11. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método de Okamura, aditivo I y II con agregado sub-redondeado.</i>	206
<i>Tabla 8.1. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 210 kgf/cm², agregado angular.</i>	218
<i>Tabla 8.2. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 210 kgf/cm², aditivo I - agregado angular.</i>	218
<i>Tabla 8.3. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 210 kgf/cm², aditivo II - agregado angular.</i>	219
<i>Tabla 8.4. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Walker 210 kgf/cm², agregado angular.</i>	219
<i>Tabla 8.5. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 210 kgf/cm², aditivo I - agregado angular.</i>	219
<i>Tabla 8.6. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 210 kgf/cm², aditivo II - agregado angular.</i>	220
<i>Tabla 8.7. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Walker 280 kgf/cm², agregado angular.</i>	220
<i>Tabla 8.8. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 280 kgf/cm², aditivo I - agregado angular.</i>	220
<i>Tabla 8.9. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 280 kgf/cm², aditivo II - agregado angular.</i>	221
<i>Tabla 8.10. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Okamura, agregado angular.</i>	221
<i>Tabla 8.11. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Okamura, aditivo I - agregado angular.</i>	221

<i>Tabla 8.12. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Okamura, aditivo II - agregado angular.</i>	222
<i>Tabla 8.13. Cuadro de análisis comparativos de los costos unitario utilizando agregado angular.</i>	222
<i>Tabla 8.14. Cuadro de análisis de costos unitarios para la partida del encofrado.</i>	223
<i>Tabla 8.15. Cuadro de análisis de costos unitarios para la partida de tarrajeo.</i>	224
<i>Tabla 8.16. Cuadro de análisis comparativos de los costos unitario adicionando partidas - agregado angular.</i>	224
<i>Tabla 8.17. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 210 kgf/cm², agregado sub-redondeado.</i>	226
<i>Tabla 8.18. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 210 kgf/cm², aditivo I - agregado sub-redondeado.</i>	226
<i>Tabla 8.19. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 210 kgf/cm², aditivo II - agregado sub-redondeado.</i>	226
<i>Tabla 8.20. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 280 kgf/cm², agregado sub-redondeado.</i>	227
<i>Tabla 8.21. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 280 kgf/cm², aditivo I - agregado sub-redondeado.</i>	227
<i>Tabla 8.22. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 280 kgf/cm², aditivo II - agregado sub-redondeado.</i>	227
<i>Tabla 8.23. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Walker 210 kgf/cm², agregado sub-redondeado.</i>	228
<i>Tabla 8.24. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 210 kgf/cm², aditivo I - agregado sub-redondeado.</i>	228
<i>Tabla 8.25. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 210 kgf/cm², aditivo II - agregado sub-redondeado.</i>	228
<i>Tabla 8.26. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Okamura, agregado sub-redondeado.</i>	229
<i>Tabla 8.27. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Okamura, aditivo I - agregado sub-redondeado.</i>	229

Tabla 8.28. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Okamura, aditivo II - agregado sub-redondeado. _____ 229

Tabla 8.29. Cuadro de análisis comparativos de los costos unitario utilizando agregado sub-redondeado. _____ 230

Tabla 8.30. Cuadro de análisis comparativos de los costos unitario adicionando partidas – agregado sub-redondeado. _____ 231



GLOSARIO

CAC:

Concreto autocompactante

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 cemento 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 obtenida.

Aire atrapado:

Cantidad de aire residual, propio de una mezcla después de su compactación.

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 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 de Clinker de cemento portland y puzolana, en el cual la puzolana está presente en no más 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 u hormigón (concreto) fresco.

Concreto:

Mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados finos y grueso. En el concreto normal, comúnmente se utilizan como medio aglomerante, el cemento portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escoria y/o aditivos químicos.

Concreto Autocompactante:

El concreto autocompactante es capaz de fluir y consolidarse bajo su propio peso. Y es suficientemente cohesivo para llenar todos los espacios, de cualquier tamaño y forma, sin segregación y sangrado (exudación).

Curado:

Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad), durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u 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 sólidos 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 (consultar también revenimiento y consistencia).

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 (ULTIMA EDICIÓN)

RESUMEN

El concreto autocompactante, (CAC) se puede definir como aquel concreto que, es capaz de fluir en el interior del encofrado, rellenándolo de forma natural, pasando entre las barras de armadura y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso.

Esto supone grandes ventajas frente al concreto convencional. Estas inciden, entre otros, en:

Aspectos cualitativos, como disminuir en la dependencia de la formación y experiencia de los operarios para, obtener compactaciones correctas y al aumentar la posibilidad de proyectos más complejos en lo que respecta al diseño.

Aspectos económicos: a pesar de tener un costo de material mayor que el concreto convencional, en lo que se refiere a un análisis de costo unitario como partida, disminuye los costos de personal y equipos asociados a la compactación, y reduce considerablemente los plazos de ejecución.

Aspectos medioambientales; al reducir los ruidos, especialmente importante en plantas de prefabricación y obras en entornos urbanos.

Aspectos relativos al ambiente de trabajo y la salud laboral mejorando las condiciones ambientales y eliminando los riesgos laborales imputables a la compactación.

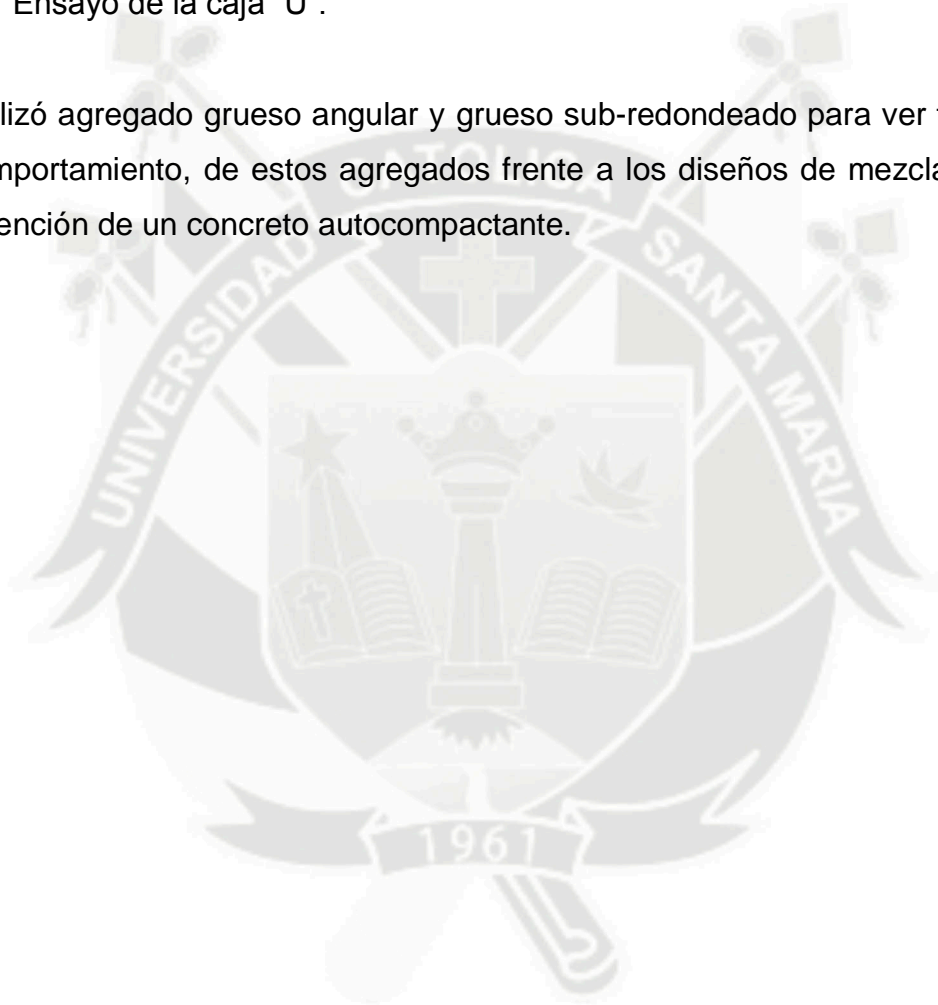
Para conseguirlo, es necesario que el concreto autocompactante, en estado fresco posea las siguientes propiedades:

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

Estas propiedades son medidas en estado fresco por los siguientes ensayos, que están normados por los comités españoles:

- Ensayo de extensión de flujo.
- Ensayo del embudo “V”.
- Ensayo de la caja “L”.
- Ensayo de la caja “U”.

Se utilizó agregado grueso angular y grueso sub-redondeado para ver también el comportamiento, de estos agregados frente a los diseños de mezclas, para la obtención de un concreto autocompactante.



INTRODUCCIÓN.

Generalmente, todo el concreto utilizado habitualmente en la construcción actual, depende directamente de una compactación por un equipo llamado vibrador, durante su colocación en el interior del encofrado. Sin embargo, este método, cuya eficacia depende en gran medida de la habilidad del operario que lo ejecuta, puede dar lugar a falta de uniformidad o buena compactación, dejando de este modo a la vista las famosas cangrejas.

Este problema no es nuevo, ha existido siempre desde la utilización del concreto, es por eso que se ha desarrollado aditivos químicos, los cuales incorporándose a un diseño de concreto convencional, se puede obtener un concreto de alta fluidez sin modificar la relación de agua/cemento, este opta el nombre de concreto autocompactable, aunque conlleva un estricto control en la utilización de aditivos.

El concreto juega un papel sumamente importante. Este producto a lo largo de los años ha sido sometido a investigaciones variadas, ya que la mayoría de las obras que nos rodean y que se realizan son efectuadas con este material.

La presente investigación se desarrolló bajo los parámetros y métodos de ensayo, para la obtención de un concreto autocompactante, según las normas españolas, ya que respecto al estudio del concreto autocompactante son ellos los que tienen un mejor avance científico en la obtención del concreto autocompactado publicando así libros, revistas y formándole en algunos casos comités de profesionales los cuales ven directamente este tipo de concreto.

Con la parte experimental se realizaron diseños de mezclas con los cuales se pudo obtener un concreto autocompactante, aunque estos diseños tienen algunas limitaciones cabe resaltar que con la incorporación de los aditivos superplastificantes se lograron grandes resultados experimentales en los laboratorios de suelos y concreto de la Universidad Católica de Santa María.



**CAPITULO 1:
GENERALIDADES DE
LA INVESTIGACIÓN.**

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En la actualidad, en Arequipa, no se trabaja con un concreto acorde con las exigencias de estructuras especiales densamente armadas, y tampoco con gran cantidad de acero en zonas muy estrechas de poca accesibilidad para la vibradora, donde el vibrado se hace muy difícil y donde se pueden presentar cangrejas externas e internas y de este modo obtener la consecuencia de una reducción drástica en la resistencia requerida de servicio, éste mismo, independientemente de la calidad de los materiales utilizados como agregados, agua, cemento y aditivo; y todo esto después lleva a una reparación, la cual implicaría un costo adicional a la obra.

1.1.2. DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA.

En el ámbito de la construcción, es de gran importancia para las empresas constructoras y para los clientes en general, que se les brinde la mejor calidad en los productos que se utilizarán en las construcciones, y en este caso se habla de un producto fundamental: el concreto que juega un papel sumamente importante.

Este producto a lo largo de los años ha sido sometido a investigaciones variadas, debido a que la mayoría de las obras, que nos rodean y que se realizan son efectuadas con este material.

El método de compactación comúnmente utilizado por el personal de obra para un concreto convencional, es la vibración con aguja, tras el vertido del concreto en el interior del encofrado.

Sin embargo este método, cuya eficacia depende en gran medida de la habilidad del operario que lo ejecuta, puede dar lugar a la falta de uniformidad o buena compactación, apareciendo de este modo cangrejeras internas, que no se pueden ver a simple vista, como en las uniones de columnas con vigas.

Además que el uso de la vibradora ocasiona problemas a los trabajadores, como al entorno que se encuentra alrededor. Debido a que la vibración, afecta directamente al operador perturbando la circulación sanguínea hacia las manos y el ruido que produce el vibrador resulta incómodo, para los trabajadores que están alrededor.

Generalmente el operario lo que busca en un concreto convencional, es darle una trabajabilidad y en muchos de los casos el trabajador para obtener esta trabajabilidad le aumenta agua a la mezcla, variando así de este modo la relación de agua/cemento del diseño de mezclas original obtenido en laboratorio, con la cual afecta considerablemente la resistencia f'_c del concreto y el uso que se le dé a éste.

“Asimismo, la zona que más ha impulsado este desarrollo fue el sur del país, liderado por Arequipa, ciudad en la cual el año 2012 se construyeron tres nuevos centros comerciales. Le siguiéndole Lima junto con la costa norte y al final, se ubica el centro del país. El sector de construcción de la ciudad es el segundo más dinámico del país, después de Lima, acorde con el Estudio de Edificaciones Urbanas elaborado por el Instituto de Construcción y Desarrollo de la Cámara Peruana de la Construcción”.

Fuente: Instituto de Construcción y Desarrollo de la Cámara Peruana de la Construcción.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar un Concreto Autocompactable mediante pruebas de laboratorio, a partir de diseños de mezcla de concreto convencional, con la incorporación de aditivos, y la utilización de agregado angular y sub-redondeado, para solucionar el problema de las cangrejeras en estructuras especiales.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Realizar ensayos en el estado fresco, según las normas española para obtener un concreto autocompactante y para comprobar su alta trabajabilidad y fluidez.

Determinar las propiedades físicas del agregado angular y sub-redondeado en la elaboración de un concreto autocompactante.

Realizar ensayos a compresión de cilindros, hechos con concreto autocompactable a distintas edades (siete, catorce, veintiocho días), para evaluar el avance evolutivo del comportamiento de su resistencia.

Conocer la eficiencia de los aditivos superplastificantes de las marcas Chema, Sika y Euco, para la realización de un concreto autocompactable.

Realizar un análisis costo-eficiencia de los aditivos superplastificantes, del agregado angular y sub-redondeado de las canteras de la ciudad de Arequipa.

Obtener las características, ventajas, eficiencia, trabajabilidad, costos y resistencias, logradas con diseños hechos con materiales de las canteras de la ciudad de Arequipa.

1.3. HIPÓTESIS.

Dado que, para obtener un concreto autocompactante de alto desempeño que cumpla con las características necesarias; es probable que, con la incorporación de aditivos a los diseños de mezclas realizados logremos obtener un concreto autocompactante según las normas establecidas.

1.4. VARIABLES.

VARIABLES	INDICADORES	UNIDADES DE ESTUDIO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Diseño de concreto autocompactante con agregado angular.	Aditivos Chema	Diseño de Mezclas.	Ensayos en laboratorio.	Equipos mecánicos y eléctricos de laboratorio.
	Aditivos Sika			
	Aditivos Euco			
Diseño de concreto autocompactante con agregado sub-redondeado.	Aditivos Chema	Diseño de Mezclas.	Ensayos en laboratorio.	Equipos mecánicos y eléctricos de laboratorio.
	Aditivos Sika			
	Aditivos Euco			



CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.

2.1. HISTORIA DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.

Debido a una preocupación muy seria, por la falta de una buena compactación y uniformidad en el hormigón (**nombre con el cual se conoce al concreto en el Japón y Europa**) que se encontró en estructuras ya concluidas en Japón y siendo este uno de los principales factores, que hacían deficiente la durabilidad en las estructuras, a principios de los años 80, añadiendo a ello, la reducción de la mano de obra especializada en la industria de la construcción japonesa, es que a mediados del año 80 se inicia la investigación del Concreto Autocompactado bajo la dirección del Profesor Okamura de la Universidad de Tokio (Japón).

Es así que en 1986 el Profesor Okamura introdujo el concepto del Hormigón Autocompactable (HAC), previamente recibió el nombre de *High Performance Concrete* pasándose a denominar posteriormente Hormigón Autocompactante (*Self-Compacting Concrete*).

A partir de entonces, Ozawa y Maekawa llevaron importantes investigaciones sobre este tipo de hormigón en la Universidad de Tokio. En 1988, se realizó con éxito el primer prototipo de hormigón autocompactante. Este prototipo funcionó satisfactoriamente desde el punto de vista de la retracción, calor de hidratación, densidad y otras propiedades.

El objetivo del mismo era buscar un hormigón de calidad, compacto y durable para estructuras fuertemente armadas, donde el proceso de vibración era complicado.

2.2. DEFINICIÓN DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.

El concreto autocompactado, ha sufrido una serie de definiciones a lo largo de su estudio que en la realidad significan lo mismo, desde su

primera definición por el Profesor Okamura Hajime, de la Universidad de Tokio la cual defino como:

“Que sin presentar segregación, separación o sangrado es capaz de fluir en el interior del encofrado rellenando de forma natural el volumen del mismo, y pasa entre las barras de armadura sin otro medio de compactación durante su puesta en obra que la consolidación debida a su propio peso”.

Okamura H., (1997), Self-Compacting High-Performance Concrete. Concrete International, July 1997

En la actualidad la definición del concreto autocompactante, es definido por diversas opiniones de diferentes investigadores que utilizan y siguen investigando el tema de Concreto autocompactante, una de ella y la que mayor se emplea en cuanto a su definición es:

“Concreto Autocompactable es un tipo de concreto que se caracteriza por la capacidad tiene la propiedad de fluir y rellenar cualquier parte del encofrado solamente por la acción de su propio peso, sin ser necesaria una compactación por medios mecánicos, y sin existir bloqueo ni segregación: de ahí su denominación auto-compactante.”

Ahmed Loukili, (2011), Self Compacting Concrete, Primera edición, Willey & Sons.

Este tipo de concreto discurre entre los encofrados y las armaduras sin la necesidad de aplicar medios de compactación internos o externos y manteniéndose, durante su puesta en obra, homogéneo y estable sin presentar segregaciones.

2.3. DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DEL CAC.

La tecnología del concreto autocompactante se desarrolló originariamente en Japón y fue posible gracias a un desarrollo muy anterior de los aditivos

superplastificantes para concreto. En la actualidad, en Europa se ha adoptado el concreto autocompactante con entusiasmo, tanto en el sector del concreto prefabricado como en el concreto preparado y obra civil. Las aplicaciones prácticas vienen acompañadas de una importante investigación de las características físicas y mecánicas del concreto autocompactado y la amplia gama de conocimientos generados, esta misma tecnología no tardó tanto en expandirse a EE.UU.

A la misma vez, con el uso del material en el país de EE.UU. se introdujo al Sur de América esta tecnología, incluido nuestro país Perú, aunque no con la difusión necesaria ya que esta tecnología solo la manejan las plantas de premezclado que existen en todo el territorio peruano y en algunas plantas de concreto prefabricado.

Pero todo esto parte de un proceso de evolución por su real importancia como tema innovador para todo el sector construcción y de mayor importancia en empresas constructoras a nivel de todo el mundo.

Este desarrollo del concreto autocompactante parte de la idea original propuesta por Okamura (1986), con la intención de solucionar los problemas de durabilidad en las estructuras de concreto armado, que se habían detectado y que se atribuían a una disminución en los niveles de calidad de mano de obra especializada, para la ejecución de los procesos de compactación. El objetivo era crear un producto que garantizase la compactación, sin que el factor humano fuera una variable capaz de afectar al producto final.

A partir de ahí, los principales trabajos de investigación sobre este tema fueron llevados a cabo por Ozawa y Maekawa (Okamura 1999) en la Universidad de Tokio. El punto clave de estos estudios era la trabajabilidad y la homogeneidad del concreto.

La primera obra donde se empleó un concreto autocompactante fue realizada en Japón en 1988 utilizando materiales existentes en el

mercado (Okamura y Ouchi 1999). Este concreto funcionó satisfactoriamente desde el punto de vista de la retracción, calor de hidratación, densidad después del endurecimiento y otras propiedades.

La primera ponencia, sobre el concreto autocompactante, fue realizada por Ozawa, en la Segunda Conferencia del Pacífico y Este de Asia de Ingeniería Estructural y Construcción (EASEC-2), en enero de 1989. La presentación realizada por Ozawa en la Conferencia Internacional de CANMET y ACI, en Estambul, en mayo de 1992, aceleró la difusión del concepto en todo el mundo.

Después del seminario ACI sobre el concreto de alto rendimiento, cuyo anfitrión fue el profesor Paul Zia, en Bangkok, en noviembre de 1994; el concreto autocompactante se convirtió en el tema común de mayor interés en todo el mundo, para investigadores e ingenieros interesados en la durabilidad del concreto y en un sistema racional de construcción.

Inicialmente el concreto autocompactado fue tratado simplemente como un concreto especial de alto desempeño (Ozawa, Maelawa y Okamura 1992), y su utilización se restringía a las grandes empresas de construcción japonesa.

A partir de estas fechas algunos comités como el JCA (Japan Cement Association), el JCI (Japan Concrete Institute) el JSCE (Japan Society of Civil Engineers), y el comité RILEM empezaron a realizar una serie de actividades con el objetivo de fomentar el desarrollo del concreto autocompactado. Entre estas actividades cabe destacar la publicación en 1997 del "State of the Art of RILEM Technical Committee 174-SCC" editado por Skarendahl y Petersson. Este libro hace una recopilación sobre los trabajos realizados hasta el momento donde se plantean conceptos relacionados con la reología, la capacidad de paso, la trabajabilidad, resistencia a la segregación, los tipos de finos o las propuestas de dosificación, y sus evoluciones, así como los métodos de ensayos más utilizados.

En 1996, la conferencia realizada por Okamura, en la Convención del ACI, en Nueva Orleans, fomentó el interés por el concreto autocompactado en Norteamérica.

En septiembre de 1999 se realizó el primer congreso internacional sobre el concreto autocompactado en Estocolmo, contando con la participación de delegados de 13 países, con Japón y Suecia como mayores colaboradores. Los principales temas analizados estaban relacionados con los materiales, la dosificación, las propiedades y principalmente con las aplicaciones del concreto autocompactado.

Dos años más tarde, en el segundo congreso internacional (RILEM) realizado en Tokio, se pudo observar un gran aumento del interés y de la utilización del concreto autocompactado. Más de un 25% de los trabajos presentados estaban relacionados con aplicaciones en construcciones civiles y de edificación.

En agosto de 2003, tuvo lugar en Islandia el tercer congreso internacional (RILEM), en él se puso de manifiesto la creciente tendencia a la utilización del concreto autocompactado, además de una clara preocupación sobre el comportamiento del concreto, su reología y sus propiedades mecánicas.

Finalmente en el último congreso RILEM realizado en Chicago en el 2005, se pudo observar que el desarrollo y la utilización del concreto autocompactado siguen una tendencia creciente.

Asimismo, el bajo índice de trabajos escritos sobre dosificación es un indicativo de que el concreto autocompactado ya no es un secreto y que los investigadores siguen centrando cada vez más sus investigaciones en el comportamiento reológico y en las propiedades mecánicas de estos hormigones.

En Europa, en 1997, varias empresas y universidades dieron inicio al proyecto “BriteEuram BE96-3801 - Rational Production and Improved Working Environment Through Using Self Compacting Concrete”. Dicho proyecto tenía como principales objetivos desarrollar la tecnología para la fabricación del concreto autocompactado e introducir esta tecnología en la producción, transporte y ejecución a gran escala.

Finalizado en el año 2000 este proyecto, generó un documento bastante completo que aporta información sobre distintos aspectos del concreto, en estado fresco y endurecido.

Además, en Europa, se han formado comisiones para establecer parámetros fijos para el concreto autocompactado entre ellas se destaca la comisión europea conocida como GROWTH Project – GR 2-2000-30024 con participación de Alemania, Suecia, Holanda, Inglaterra, Dinamarca, Islandia, Francia y Bélgica. Sus objetivos se orientan hacia la normalización del concreto autocompactado identificando sus principales características, de manera que se pueda reproducir el mismo concreto en distintos países.

Asimismo ya existen varias guías como la “The European guidelines for Self- Compacting Concrete; Specification, Production and Use” preparada por el “Self-Compacting Concrete European Group” fundado en enero del 2004. La “Betons Auto-Plaçants; Recommandations provisoires”, preparada por la “Association Française de Génie Civil” en el 2000. La “Self-Compacting Concrete, Recommendations for Use” Report N° 10 de la Swedish Concrete Association’s Comité, 2002. La “Guia Práctica para la Utilización del Hormigón Autocompactante” del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), 2005. O más recientemente la “Self-Consolidating Concrete (ACI237R-07) presentado por el American Concrete Institute en el 2007. Estos documentos presentan información general a cerca de los autocompactantes y son bastante útiles para las empresas o investigadores que están empezando a tomar contacto con el concreto autocompactado.

En Particular, EFNARC que es la federación europea dedicada a sistemas específicos de concreto y productos químicos especializados para la construcción. Con su Especificaciones y directrices para el concreto autocompactable – CAC. Es la especificación y directriz que presenta un alto nivel de detalles en cuanto a dosificación, ensayos y clasificación del concreto en función de sus propiedades en estado fresco.

2.4. VENTAJAS DEL CAC.

2.4.1. VENTAJAS PARA EL CONSTRUCTOR.

Buen desempeño mecánico y durabilidad de los elementos y las estructuras: Las bajas relaciones A/C, permiten una importante reducción de la porosidad, lo que implica una mayor impermeabilidad como parámetro fundamental de la durabilidad. Debido a sus características de formulación, la resistencia mecánica siempre se ve mejorada.

Protege al acero de refuerzo: Debido a que los elementos fundidos con este tipo de concreto quedan sin ratoneras, y libres de grietas, se logra evitar el acceso de agentes dañinos para el concreto y el acero de refuerzo, tales como los cloruros, los sulfatos y el bióxido de carbono (CO₂).

Se evita la concentración del agregado grueso en zonas mal vibradas: Gracias a su alta fluidez, el concreto autocompactado presenta una masa que mantiene su homogeneidad tanto de forma intrínseca como al someterse al colado en obra (pasando a través del armado), por lo que no presenta segregación o exudación.

Reducción de costos y tiempo asociados con la colocación y el vibrado: El constructor que se decida a utilizar el concreto autocompactado, puede tener mejores precios que la competencia, debido al ahorro que tiene en el colado del concreto, y en la

disminución de mano de obra y equipo, además de poder desancofrar en un menor tiempo que el concreto tradicional.

Reducción de herramientas y equipo necesarios para la colocación: no se utiliza ningún equipo ni herramienta para vibrar o compactar el concreto al momento de su colocación en obra.

2.4.2. VENTAJAS PARA EL TRABAJADOR DE LA CONSTRUCCIÓN.

Mejora las condiciones de salud y seguridad: Se elimina por completo el ruido provocado por los diferentes tipos de vibradores, con lo cual se disminuyen los problemas auditivos; se mejora la comunicación en el lugar de trabajo y se previene la enfermedad “síndrome de dedos blancos”.

También se reduce el riesgo de caídas de andamios al eliminar la necesidad del vibrado.

Mayor facilidad y por ende, menor esfuerzo para trabajarlo: debido a su elevada fluidez, se logra alcanzar mejores rendimientos de mano de obra, ya que es un concreto de buena trabajabilidad.

2.4.3. VENTAJAS PARA EL PROPIETARIO DE LA CONSTRUCCIÓN.

Reducción de los costos de mantenimiento y reparaciones: Reduce ampliamente los vacíos o ratoneras, así como los defectos en la superficie, reduciendo de esta manera las reparaciones y el mantenimiento de la estructura.

Garantía de comportamiento estructural y de durabilidad de su edificación: Al proteger el acero de refuerzo, eliminar la porosidad y las grietas y evitar la segregación de agregados, el concreto autocompactado garantiza su buen comportamiento estructural y su durabilidad.

Mejores acabados: En lo que se refiere a la estética, presenta excelentes acabados que colaboran también en su durabilidad. El color es más uniforme, sin eflorescencias de vibrado.

Queda con un buen acabado alrededor de detalles complejos, filos y bordes. Reducción de costos de ejecución: el disminuir la cantidad de personal, el mejorar la calidad del acabado y el ahorro en equipo de vibración, nos llevan a reducir el costo directo del concreto.

2.5. APLICACIONES DEL CAC ALREDEDOR DEL MUNDO.

Después del desarrollo del prototipo del concreto autocompactante en 1988, muchas investigaciones fueron llevadas a cabo en diversos lugares, especialmente en los departamentos de investigación de las grandes empresas de construcción. Como resultado de ello, el concreto autocompactante empezó a ser utilizado en distintos tipos de construcciones, tales como puentes, especialmente en anclajes, arcos, vigas, torres y juntas. También en túneles, edificaciones, tanques, tuberías, etc.

La primera aplicación importante de concreto autocompactante se llevó a cabo en el año 1991 en las torres de concreto pretensado del puente colgante Shin-Kiba, Ohashi en Japón, (Figura 2.1).



Figura 2.1. Torre del puente colgante Shin-Kiba Ohashi (Japón) de concreto autocompactante pretensado. (Okamura y Ouchi, 1998).

Posteriormente se utilizó concreto autocompactante aligerado en sus vigas principales en 1992. Desde entonces, el uso del concreto autocompactante en las estructuras actuales se ha incrementado gradualmente. Los motivos principales de ello, se deben a que acorta los tiempos de construcción, asegura la compactación del concreto en la estructura, especialmente en zonas confinadas por la armadura o en zonas de difícil acceso en el encofrado, donde la compactación por vibración es difícil de lograr; y por último, elimina el ruido del proceso de vibración, algo especialmente efectivo y valorado en las plantas de prefabricación de concreto.

La utilización de concreto autocompactante puede mejorar enormemente los sistemas de construcción tradicionales hasta ahora utilizados, basados en el concreto convencional que requiere vibración para su colocación, lo cual puede fácilmente causar segregación en la mezcla y no conseguir la calidad final adecuada. Una vez eliminados estas posibilidades con el uso del concreto autocompactante, la calidad de la construcción estará

garantizada y un nuevo sistema de construcción, incluyendo el refuerzo necesario de los encofrados, cimbras, etc., puede ser desarrollado.

Una de las aplicaciones más famosas del uso del concreto autocompactante fue la llevada a cabo en el puente colgante Akashi-Kaikyo en Kobe, Japón (Figura 2.2), inaugurado en 1998 y poseedor para esa fecha del mayor tramo libre entre apoyos en el mundo (1991 m). El concreto autocompactante fue utilizado en la construcción de dos gigantes anclajes (Figura 2.3), situados a cada extremo del puente, empleando para ello cementos de bajo calor de hidratación, agentes incorporadores de aire y agregados con un tamaño máximo de 40 mm. Se utilizaron en su construcción 250.000 m³ de concreto autocompactante, con un rendimiento de colocación de 1900 m³ /día, lo cual hizo que el periodo previsto de construcción se redujera 6 meses, pues de los 30 meses previstos en un principio para su construcción, la obra se llevó a cabo en 24 meses, lográndose con ello una reducción de 20% en el tiempo de ejecución.



*Figura 2.2. Vista aérea del puente colgante Akashi-Kaikyo en Kobe, Japón.
(Ouchi, 2003).*

Fue necesario un nuevo sistema constructivo para poder utilizar el concreto autocompactante. El concreto se elaboró en una planta en las inmediaciones de la obra y fue transportado hasta el sitio de vertido mediante bombeo a través de una tubería de 200 metros. En el lugar donde iba a ser colocado el concreto, las tuberías de vertido fueron dispuestas en filas y separadas entre ellas de 3 a 5 metros. El concreto fue colocado mediante válvulas de compuerta dispuestas a intervalos regulares de 5 metros a lo largo de las tuberías. Estas válvulas fueron controladas automáticamente para mantener el nivel de vertido de la superficie del concreto. La altura de caída del concreto nunca superó los 3 metros para evitar la segregación a pesar del tamaño del agregado grueso (40 mm). Al final se pudo comprobar que el uso del concreto autocompactante en estos dos anclajes, produjo resultados extraordinarios en cuanto a la calidad del concreto obtenido y por supuesto en el aspecto económico.

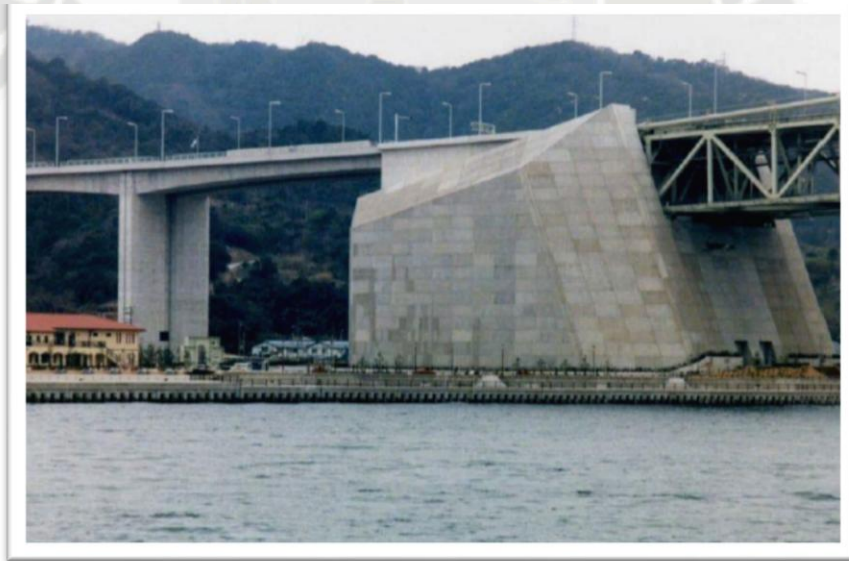


Figura 2.3. Vista de uno de los anclajes del puente colgante Akashi-Kaikyo en Kobe, Japón contruidos con concreto autocompactante.

Posteriormente y también en Japón, el concreto autocompactante fue utilizado en la construcción de un tanque de gas licuado con capacidad de almacenamiento de 140 millones de metros cúbicos (Figura 2.4), perteneciente a la Compañía de Gas Osaka, en donde se colocaron

12.000 m³ de concreto autocompactante. La utilización de concreto autocompactante en esta obra trajo como consecuencia que el número de trabajadores vinculados directamente con las operaciones de vertido del concreto, se redujera notablemente debido a que la colocación se realizaba dejando caer el concreto desde una altura de unos 3 metros, sin la necesidad de utilizar trabajadores para su colocación. El número total de trabajadores se redujo de 150 que serían los necesarios si se hubiese construido con concreto convencional a 50 trabajadores al utilizar concreto autocompactante. Por último, el período de construcción de la estructura se redujo desde los 22 meses que se tenían previstos inicialmente si se hubiese utilizado concreto convencional a 18 meses, lo que implicó también un 20% en la disminución de tiempo de ejecución de la obra, gracias entre otras cosas a un rendimiento en la colocación del concreto de 200 a 250 m³/hora.



Figura 2.4. Tanque de gas licuado de la Compañía de Gas Osaka (Japón) construido con concreto autocompactante.

El éxito en el uso del concreto autocompactante llevó posteriormente a los japoneses a construir otras obras con este nuevo concreto. Tales son los casos de otro depósito de gas, pero en esta ocasión subterráneo, un viaducto de concreto pretensado y en un túnel en la ciudad de Yokohama. En este último se utilizó concreto autocompactante debido a la presencia de zonas densamente armadas. El volumen colocado fue pequeño, de apenas 40 m³ de concreto con una resistencia a los 28 días de 30 MPa, pero de extraordinario rendimiento de colocación y gran acabado.

Los japoneses fueron también los primeros en utilizar el concreto autocompactante en edificaciones, lo cual trajo como consecuencia el desarrollo de una tecnología denominada "Concrete Filled Tubes", destinada a la ejecución de edificios de gran altura. Esta tecnología se basa en rellenar con concreto autocompactante grandes tubos de acero, los cuales constituyen los pilares de las edificaciones, ahorrándose con ello el encofrado y la armadura que hubiese sido necesaria de utilizar concreto convencional, trayendo como consecuencia una disminución en el tiempo de construcción. Esta tecnología fue utilizada en la construcción de los pilares de las 9 primeras plantas del edificio Landmark Tower de la ciudad de Yokohama, el más alto de Japón, de 80 plantas y 296 m de altura.

En 1992 comenzaron en Canadá las primeras aplicaciones de concreto autocompactante, específicamente en la reparación de unas vigas de estacionamiento severamente dañadas. Posteriormente se utilizó en la rehabilitación de muros y forjados en una planta hidroeléctrica.

En ese mismo año de 1992, se llevaron a cabo las primeras aplicaciones de concreto autocompactante en Tailandia, específicamente en la construcción de una estructura de abastecimiento de agua para una torre de refrigeración de una planta de carbón. La cantidad de concreto utilizado fue de 4.000 m³. Posteriormente se utilizó en la construcción de un paso a desnivel en una autopista, donde se requirieron 432 m³ de este nuevo concreto. La primera aplicación en edificación en Tailandia se

realizó durante la construcción de unas columnas mixtas (acero- concreto) en un edificio de oficinas, donde se requirieron 429 m³ de concreto autocompactante.

En 1994 en Taiwan, se comienzan a utilizar el concreto autocompactante, siendo las de aplicación muy similares a las realizadas en Thailandia en 1992, tales como la construcción de columnas mixtas en edificios de gran altura y en pasos a desnivel en intersecciones de autopistas. Adicionalmente, se utiliza también en la construcción de carriles específicos para autobuses, en vías de circulación y en líneas de ferrocarril de alta velocidad.

Posteriormente a mediados y finales de los años noventa, países como Estados Unidos, Reino Unido, Holanda, Austria, Francia, Corea e Islandia profundizan sus investigaciones y comienzan a aplicar el concreto autocompactante.

En Europa, la utilización de concreto autocompactante comenzó hacia finales de los años noventa. Francia y Suecia fueron las primeras en implementarlo, específicamente en la construcción de puentes y edificios. Una de las primeras construcciones con concreto autocompactante en Francia fue el Centro de Arte de Meudon, particularmente en la construcción de pavimentos, zapatas y en los muros verticales.

En España, la primera aplicación de concreto autocompactante fue el arco mixto del puente de la Ronda de la Hispanidad sobre el río Ebro en Zaragoza. Consiste en una estructura de 304 m de longitud total, con un vano central de 120m de luz, formado por un arco mixto de sección triangular variable (Figura 2.5), que atraviesa el río. Dispone de dos viaductos de acceso simétrico de dos vanos de 40 y 52 m cada uno de ellos, siendo los vanos de 40 m los más cercanos a los estribos. De esta manera quedan establecidos 5 vanos con simetría a partir de un eje transversal que se ubica en el centro del vano que salva el río.



Figura 2.5. Vista del Puente de la Ronda de la Hispanidad sobre el río Ebro en Zaragoza.

Se utilizó concreto autocompactante ya que era necesario conseguir un relleno efectivo del arco de sección triangular variable, lo cual hubiera traído serias dificultades de haber utilizado concreto convencional debido al difícil acceso del vibrador a los distintos sitios. El concreto autocompactante utilizado tenía una resistencia característica de 50 N/mm² y los aproximadamente 300 m³ de concreto que constituían el arco del vano central fueron colocados en 5 horas y con un excelente acabado superficial.

En los actuales momentos en España, son muchas ya las obras de distinta índole que se han realizado utilizando concreto autocompactante, con resultados hasta ahora, muy satisfactorios. También se han obtenido resultados muy buenos en rehabilitación de edificaciones, tales como recrecido y saneamiento de pilares y zapatas, reparación de problemas causados por mala colocación del concreto, etc. Por otro lado, en obras donde, bien sea que por razones de tiempo se haya requerido incrementar los rendimientos de avance, como en el caso de la construcción de pavimentos, o por la necesidad de obtener buenos acabados, la utilización de concreto autocompactante ha dado extraordinarios resultados.

En el año 2003, se fabricaron en España 312 vigas cajón con 17.500 m³ de concreto autocompactante pretensado para los viaductos en la autopista Scut do Norte Litoral, en Portugal.

En el año 2004 se repararon los Túneles de Montblanc y Lilla de la línea AVE Madrid-Zaragoza-Barcelona donde se emplearon 124.000 m³ de concreto autocompactante.

La Ciudad de la Justicia de Barcelona está compuesta por ocho edificios con concreto visto estructural y de siete colores que se realizó con concreto autocompactante.

El Puente del Milenio de la EXPO 2008 en Zaragoza se realizó con concreto autocompactantes blancos de altas resistencias.

Una obra reciente es la Torre de Cristal en Madrid. Es un edificio cuya altura es de 249 m sobre rasante (nivel Plaza Castilla) y dispone de seis sótanos bajo rasante (19,30 m de altura).

La nueva Planta de Producción de BMW – Alemania que fue construido en 2005, este edificio fue construido en su totalidad con concreto autocompactante.

2.5.1. APLICACIONES DEL CAC EN EL PERÚ.

En el Perú el concreto autocompactante ya se está utilizando desde varios años atrás, pero este es empleado por plantas de concreto premezclado.

El sistema al Perú llegó entre el 2005 y 2006. Estos son algunas obras en las cuales se empleó el concreto Autocompactante.

Se realizó la TORRE de CLINKER de Cementos lima el segundo edificio industrial más alto del Perú.

En la ciudad de Lima se construyó el Edificio CAPITAL, ubicada en San Isidro, este proyecto se realizó con un concreto Autocompactante con resistencia de hasta 800 kg/cm², con 24 pisos que constituyen 92 metros de altura; es la obra más grande hecha en el Perú con este sistema, fue construido entre los años 2008 y 2009.



Figura 2.6. Vista del Edificio el Capital, Lima – Perú

Luego Los puentes prefabricados del Tren Eléctrico, también usaron este sistema de concreto autocompactante, con resistencia a las 8 horas y 12 horas de 100 y 150 kg/cm² en el año 2012.

Nuevos estacionamientos del Centro Comercial Jockey Plaza (Surco).

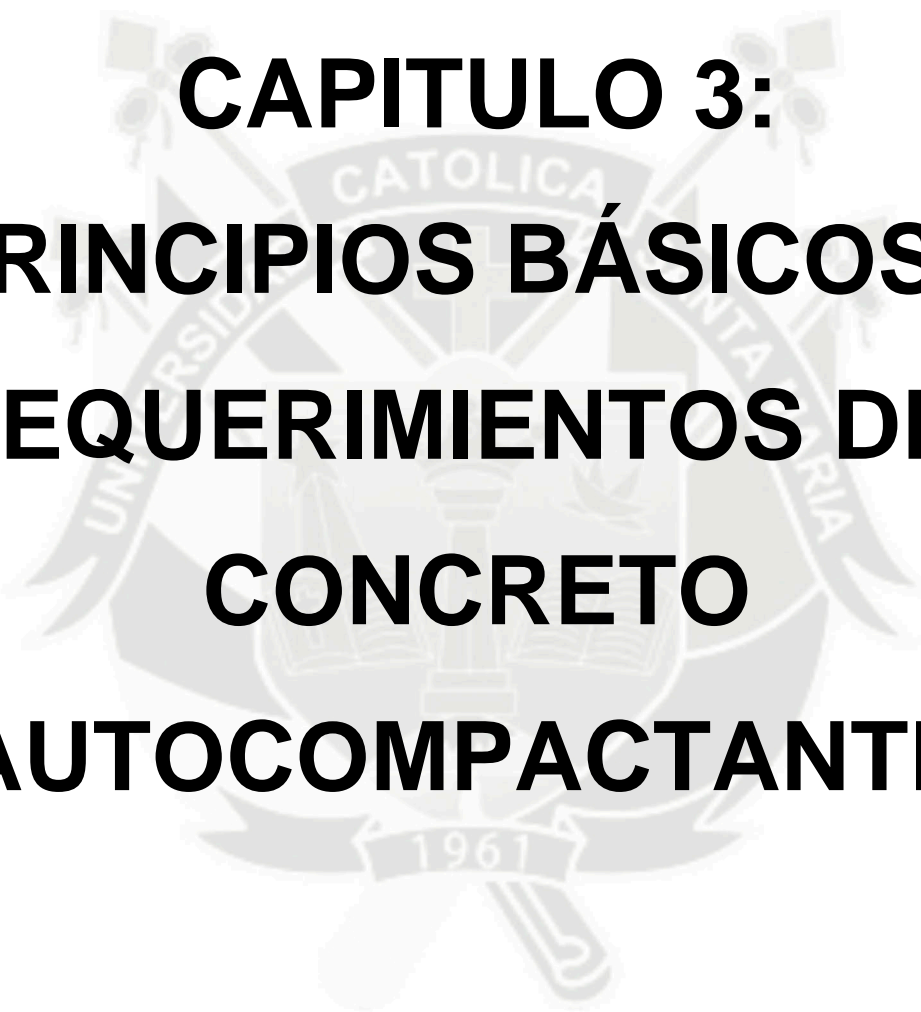
Parroquia Sagrado Corazón de Jesús, Santiago de Surco.

La segunda etapa del tren eléctrico también se está utilizando este sistema que se está ejecutando en la actualidad.

El Concreto Autocompactado no es común, este concreto también ya se utilizó en la ciudad de Arequipa, en la obras de la ampliación de cementos Yura 2011. Haciendo de este el edificio industrial más alto del Perú.



Figura 2.7. Vista del Edificio Industrial más alto del Perú, planta de cementos Yura – Arequipa.



**CAPITULO 3:
PRINCIPIOS BÁSICOS Y
REQUERIMIENTOS DEL
CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE.**

3.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO.

El concreto autocompactante, se incluye entre los concretos especiales de altas prestaciones fabricadas, para cumplir determinados objetivos que están más allá de las capacidades de los concretos convencionales. Sus principales características se presentan en el estado fresco. Estas diferencias se dividen en 3 propiedades muy importantes, las cuales diferencian a un concreto convencional que son descritos a continuación.

3.1.1. CAPACIDAD DE PASO.

Se define como la capacidad que el concreto debe tener para pasar por sitios estrechos sin que el contacto entre los agregados cause el bloqueo de la mezcla. La obtención de esta propiedad se da incrementando la fluidez de la pasta con la utilización de superplastificantes, reduciendo el volumen de agregado grueso de la mezcla y ajustando el diámetro máximo del agregado en función de los espacios por donde el concreto debe pasar.

Así, la geometría de la pieza a vaciar y la distribución de las armaduras son los principales factores a tenerse en cuenta.

3.1.2. CAPACIDAD DE RELLENO.

Es la capacidad que el concreto debe tener a la hora de fluir dentro del encofrado rellenando todas las superficies. Por un lado esta propiedad garantiza la calidad del acabado, de manera que este presentará una superficie lisa, con color homogéneo y libre de cangrejas.

Por otra parte, las armaduras deben estar perfectamente recubiertas evitando la ocurrencia de bolsas de aire en la parte inferior de las mismas.

3.1.3. RESISTENCIA A LA SEGREGACIÓN.

Esta propiedad está relacionada con la estabilidad del concreto. En un concreto autocompactante la mezcla debe permanecer homogénea durante y tras el proceso de vaciado sin que ocurra separación de los agregados o exudación. Este factor influye directamente sobre las dos propiedades citadas anteriormente afectando la calidad final de la pieza vaciada. En general se busca la estabilidad de la mezcla por medio de la inclusión de agentes modificadores de la viscosidad (aditivos). La utilización de estos tiende a incrementar la viscosidad de la pasta evitando la segregación.

3.2. MÉTODOS DE ENSAYO.

Debido a que el estado fresco del concreto autocompactante es diferente al del concreto convencional, no se pueden usar los ensayos tradicionales que nos permitan evaluar las características de las propiedades de autocompactabilidad descritas anteriormente.

En los siguientes apartados, se presentan los principales ensayos propuestos y validados en la literatura científico-técnica consultada al respecto. De cada uno de ellos se recogen las diferentes variantes según autores y, en el caso de que los haya, los criterios sugeridos para la aceptación-rechazo del concreto autocompactable. Del gran número de ensayos existentes se evidencia la necesidad de priorizar algunos de ellos, así como de unificar los procedimientos de los mismos, para poder establecer comparaciones y progresar así más rápidamente en futuras investigaciones.

En base a esta necesidad se exponen, en el último apartado, unas consideraciones generales en cuanto a las características básicas que deberían de cumplir los ensayos de caracterización del hormigón

autocompactable para ser efectivos, y se propone una selección argumentada de los mismos.

3.2.1. ENSAYO EXTENSIÓN DE FLUJO.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO:

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

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

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

EVALUACIÓN DEL ENSAYO:

Se trata de un procedimiento simple y rápido de ensayo, aunque se precisan dos personas si quiere medirse el período T50. Puede emplearse en la obra, aunque el tamaño de la placa base de

asiento es ligeramente pesado y difícil de manejar y es esencial un terreno nivelado.

Es el ensayo utilizado con más frecuencia y ofrece una buena evaluación de la capacidad de relleno. No presenta indicaciones de la capacidad del concreto para pasar por entre la armadura sin bloqueos, pero puede presentar indicios de la resistencia a la segregación.

Puede argumentarse que un flujo completamente libre, sin restricciones de ninguna clase, no es representativo de lo que sucede en la práctica en la construcción con concreto, pero el ensayo puede utilizarse para valorar la consistencia del suministro de concreto amasado en planta en la obra entre carga y carga.

EQUIPAMIENTO:

- Molde en forma de un cono truncado, con las siguientes dimensiones internas: 200 mm de diámetro en la base, 100 mm de diámetro en la parte superior y una altura de 300 mm. Ver Figura 3.1 y 3.2.
- Placa de asiento cuadrada de un material rígido no absorbente, de por lo menos 1000x1000 mm, marcada con un círculo que indica la ubicación central del cono de asiento, y otro círculo concéntrico de 500 mm de diámetro.
- Balde de 7 litros.
- Pala.
- Regla niveladora.
- Cronómetro.

- Badilejo.

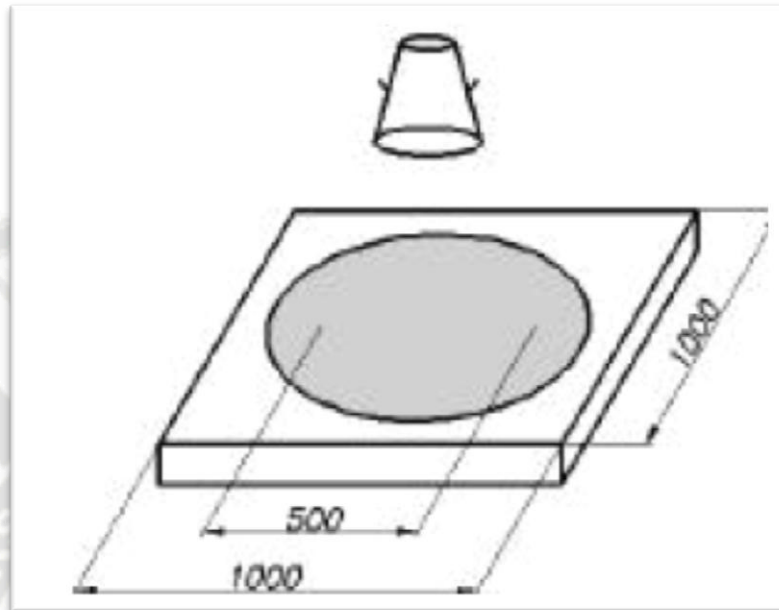


Figura 3.1. Vista del equipo solicitado por la norma para el ensayo de Extensión De Flujo.



Figura 3.2. Vista del equipo utilizado en el laboratorio para el ensayo de Extensión De Flujo.

PROCEDIMIENTO:

Se requieren 6 litros de concreto para realizar el ensayo, que se toma como muestra de manera normal; Humedezca la placa de asiento y el interior del cono de asentamiento con agua.

Coloque la placa de asiento sobre un terreno uniforme y estable, luego coloque el cono de asiento en el centro de dicha placa y manténgalo sujeto hacia abajo con firmeza.

Llene el cono con la pala. No tiene que compactarlo, tan sólo nivelar el concreto de la parte superior del cono con regla niveladora. Quite el concreto sobrante de alrededor de la base del cono.

Eleve el cono verticalmente y permita que el concreto fluya hacia el exterior libremente. De manera simultánea, inicie el cronómetro y registre el tiempo que requiere el hormigón para alcanzar el círculo de 500 mm. (Éste es el período T50.).

Mida el diámetro final del hormigón en dos direcciones perpendiculares; Calcule el promedio de los dos diámetros medidos. (Se trata del flujo de asentamiento en mm.).

Observe cualquier borde del mortero o la pasta de cemento sin árido grueso en el límite del charco de hormigón.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Cuanto mayor sea el valor del flujo de asentamiento, mayor será su capacidad para llenar el encofrado por su propio peso. Se requiere un valor de por lo menos 650 mm para obtener un concreto autocompactante.

No existe un consejo generalmente aceptado sobre las tolerancias razonables sobre un valor específico, aunque 50 mm, como en la tabla alemana relacionada, puede ser adecuado.

El período T50 es una indicación secundaria del flujo. Un período inferior indica una mayor fluidez. La investigación Brite EuRam sugirió que un tiempo de 3-7 segundos es aceptable en aplicaciones de ingeniería civil, mientras que 2-5 segundos es correcto para las aplicaciones en edificación.

En el caso de una segregación grave la mayor parte del agregado grueso permanecerá en el centro del concreto y la pasta de cemento en la periferia del concreto. En caso de una segregación menor puede producirse un borde de mortero sin agregado grueso en el límite del concreto.

Si no se produce ninguno de estos fenómenos, no es una garantía de que no se producirá segregación, puesto que se trata de un aspecto relacionado con el tiempo que puede producirse después de un período más extenso.

VARIANTES:

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

En cualquier caso, no hay ningún problema con utilizar el cono como uno lo desee, pero se recomienda utilizar del mismo modo para todos los ensayos.

OBSERVACIONES:

Se trata de un procedimiento simple y rápido de ensayo, aunque resulta difícil de realizar por un solo operador, en especial si quiere medirse el período T50.

Puede emplearse en la obra, aunque el tamaño de la placa base de asiento es ligeramente pesado y difícil de manejar, y es esencial un terreno nivelado. Es el ensayo utilizado con más frecuencia y ofrece una buena evaluación de la capacidad de relleno. En Japón ya ha sido adoptado como norma (JSCE-F503, 1990).

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

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

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

3.2.2. ENSAYO DEL EMBUDO “V”.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO:

Este ensayo, denominado V-funnel en inglés, fue desarrollado por Ozawa en la Universidad de Tokio. Estudios experimentales pusieron de manifiesto que en el flujo de concreto por un embudo, ir reduciendo la sección transversal de la salida aumentaba el

riesgo de bloqueo por el contacto entre los agregados gruesos, siendo un indicativo de la necesidad de mejorar la viscosidad.

El ensayo tiene como objetivo, evaluar la habilidad de fluido del concreto en áreas restringidas en dirección vertical y bajo su propio peso, cualificando la tendencia a la segregación y al bloqueo, mediante observación de la variación de la velocidad de flujo.

El embudo-V, normalmente de acero, tiene forma de V con una apertura en el fondo, donde se coloca una compuerta que se mantiene estancada mientras esté cerrada y de rápida apertura, para interferir lo menos posible en el momento de la descarga.

EVALUACIÓN DEL ENSAYO:

Aunque el ensayo se ha diseñado para medir la fluidez, el resultado se ve afectado por propiedades del concreto distintas a las del flujo. La forma de cono invertido consigue que cualquier tendencia del concreto a bloquearse se refleje en el resultado, cuando, por ejemplo, hay demasiado agregado grueso. Un tiempo de flujo elevado también puede asociarse con una escasa deformabilidad debido a una alta viscosidad de la pasta, y con una alta fricción entre las partículas.

EQUIPAMIENTO:

- Embudo "V". Ver Figura 3.3 y 3.4.
- Balde de 14 litros.
- Pala.
- Regla niveladora.

- Cronómetro.
- Badilejo.

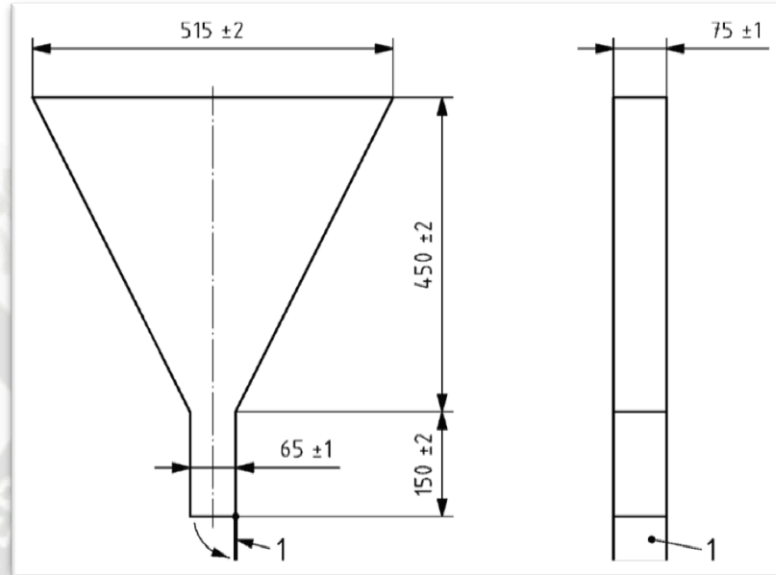


Figura 3.3. Vista del equipo solicitado por la norma para el ensayo del Embudo "V".



Figura 3.4. Vista del equipo utilizado en el laboratorio para el ensayo del Embudo "V".

PROCEDIMIENTO:

Se requieren unos 12 litros de concreto para realizar el ensayo, tomados como muestra de manera normal.

Fije de manera firme el embudo V sobre el suelo, luego humedezca las superficies interiores del embudo y mantenga la trampilla abierta para permitir el drenaje del agua sobrante. Cierre la trampilla y coloque un balde debajo. Llene completamente el aparato con concreto sin compactarlo o presionarlo, sólo tiene que nivelar el concreto de la parte superior con el badilejo.

Abra la trampilla 10 segundos después del llenado y permita que el concreto salga por su propio peso. De manera simultánea, inicie el cronómetro y registre el tiempo. Active el cronómetro al abrir la trampilla y registre el tiempo hasta que se complete la descarga (el tiempo de flujo). Se considera que se ha completado cuando se ve la luz desde la parte superior a través del embudo. El ensayo completo debe realizarse en 5 minutos.

Procedimiento del tiempo de flujo en T5 minutos.

No limpie ni humedezca de nuevo las superficies interiores del embudo. Cierre la trampilla y vuelva a llenar el embudo V después de medir el tiempo de flujo y coloque un balde debajo.

Llene el recipiente completamente con concreto sin compactarlo o presionarlo, sólo tiene que nivelar el concreto de la parte superior con el badilejo y abra la trampilla 5 minutos después del segundo llenado del embudo y deje que el concreto fluya hacia el exterior por su propio peso. De manera simultánea, active el cronómetro al abrir la trampilla y registre el período de la descarga hasta su conclusión (el tiempo de flujo a T5 minutos). Se considera que ha concluido cuando se ve la luz desde la parte superior a través del embudo.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Este ensayo mide la facilidad para fluir del hormigón, un tiempo de flujo más breve indica una mayor fluidez. Para el concreto autocompactante, un período de flujo de 10 segundos se considera adecuado. La forma de cono invertido, restringe el flujo y los tiempos de flujo prolongados pueden indicar la susceptibilidad de la mezcla al bloqueo.

Después de 5 minutos de reposo, la segregación del hormigón mostrará un flujo menos continuo con un aumento en el período de flujo.

VARIANTES:

Si bien las dimensiones representadas en la Figura 3.3 están bastante aceptadas (Skarendahl y Petersson, 2000; Gomes, 2002), en algunos trabajos se han utilizado embudos con dimensiones ligeramente menores, con el ancho y altura de la parte trapezoidal igual a 49 cm y 42,5 cm, respectivamente, en lugar de 51,5 cm y 45 cm (JSCE, 1998; EFNARC, 2002).

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

OBSERVACIONES:

El método se ha mostrado eficiente para evaluar la habilidad de fluir del hormigón en áreas restringidas en la dirección vertical. Sin

embargo, el ensayo no puede calificar bien la tendencia a la segregación y bloqueo entre las armaduras. Asimismo, el resultado no refleja la habilidad de fluir en dirección horizontal o contraria a la gravedad. Por lo tanto, el tiempo de flujo obtenido en este ensayo no es suficiente para cuantificar las propiedades necesarias que garanticen las prestaciones del concreto como autocompactante, por lo que deberá ser complementado con otros ensayos.

3.2.3. ENSAYO DE LA CAJA EN “L”.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO:

La caja en L, denominada en inglés como L-Box, es un aparato bien conocido para la caracterización del concreto autocompactante. Consta de un depósito vertical que conecta con un canal horizontal a través de una abertura en la que se colocan barras de armadura (ver Figura 3.5).

El ensayo consiste en llenar el depósito y dejar fluir el concreto hacia el canal a través de las armaduras. Se determinan las alturas H1 y H2 que se alcanzan en ambos extremos de la parte horizontal, con la mezcla ya en reposo. La razón H2/H1 se define como el coeficiente de bloqueo. La prueba permite determinar valores que cuantifican el bloqueo y estimar la fluidez del concreto tras pasar por los obstáculos.

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

EVALUACIÓN DEL ENSAYO:

El uso de este ensayo es muy frecuente; es adecuado para el laboratorio y quizá también para la misma obra. Evalúa la capacidad de relleno y de paso del concreto autocompactante y

cualquier falta grave de estabilidad (segregación), puede detectarse visualmente. La segregación también puede detectarse posteriormente cerrando e inspeccionando las fracciones del concreto en su sección horizontal.

Lamentablemente, no existe un acuerdo sobre los materiales y dimensiones, ni sobre la disposición de las barras de armado, de modo que resulta difícil comparar los resultados del ensayo. No hay indicios del efecto del muro del aparato y el consecuente “efecto de los muros” que pueda producirse sobre el flujo del concreto, pero en cierta medida, esta disposición replica lo que sucede en la obra cuando se confina dentro del encofrado.

EQUIPAMIENTO:

- Caja “L”. Ver Figura 3.5 y 3.6.
- Balde de 16 litros.
- Pala.
- Regla niveladora.
- Badilejo.

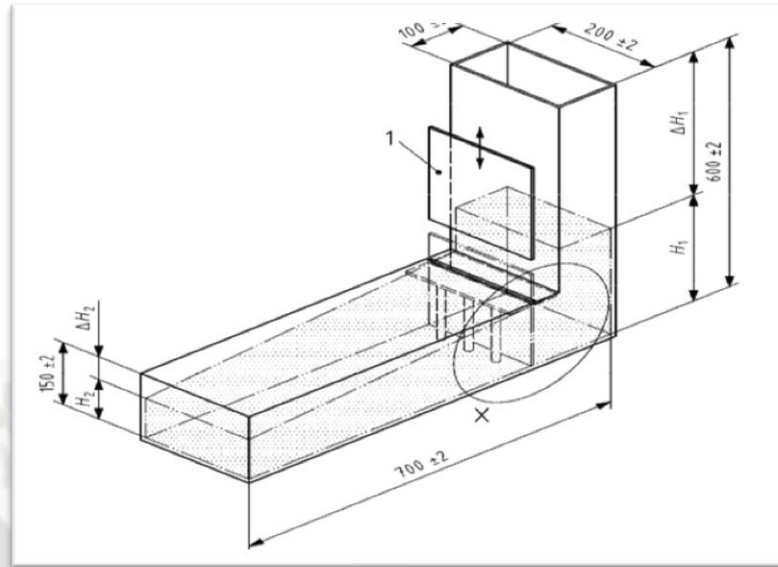


Figura 3.5. Vista del equipo solicitado por la norma para el ensayo de la Caja "L".



Figura 3.6. Vista del equipo utilizado en el laboratorio para el ensayo de la Caja "L".

PROCEDIMIENTO:

Se requiere unos 14 litros de concreto para realizar el ensayo, tomados como muestra de manera normal. Coloque el aparato sobre terreno firme y uniforme; asegúrese de que la compuerta deslizante puede moverse con libertad y luego ciérrela, luego

humedezca las superficies interiores del aparato y elimine el agua sobrante.

Llene la sección vertical del aparato con la muestra de concreto. Déjelo reposar durante 1 minuto y finalmente eleve la compuerta deslizante y deje que el concreto fluya hacia la sección horizontal. Cuando el concreto deje de fluir, se miden las distancias “H1” y “H2”. Calcule $H2/H1$, la relación de bloqueo. Todo el ensayo ha de realizarse en menos de 5 minutos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Si el hormigón fluye tan libremente como el agua, en descanso estará horizontal, de modo que $H2/H1 = 1$. En consecuencia, cuanto más cerca esté el valor de este ensayo, la “relación de bloqueo” a la unidad, mejor será el flujo del concreto. El equipo de investigación del EFNARC sugirió un valor mínimo aceptable de 0,8.

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

VARIANTES:

Lamentablemente, no existe un acuerdo sobre los materiales y dimensiones. La especificación de EFNARC (2002), sugiere una pequeña variación de la longitud del canal, que sería de 800 mm en lugar de 700 mm. Sin embargo la JSCE (1990) propone unas

dimensiones bastante diferentes, con un aparato más pequeño. Otros investigadores utilizan una versión mayor de la Caja en L, si bien la diferencia más significativa es la colocación de 5 rejillas, separadas por 110 mm a lo largo del canal, constituidas por 4 barras horizontales de 20 mm de diámetro. Cuando se utiliza este aparato, sólo se miden las alturas a lo largo del canal sin ninguna determinación de tiempos.

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

OBSERVACIONES:

El uso de este ensayo es muy frecuente. Es muy adecuado para el laboratorio y quizá también para la misma obra. Evalúa conjuntamente la capacidad de relleno y de paso del concreto autocompactante, y cualquier falta grave de estabilidad (segregación) puede detectarse visualmente.

3.2.4. CAJA EN “U”.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO:

Este ensayo, denominado en inglés como U-Box, fue propuesto por Hayakawa et al. (1993), primero con una base semicircular y posteriormente modificado con una base recta. Se diseñó para evaluar la habilidad de paso y la facilidad para el relleno.

La caja en U, consiste en un recipiente dividido en dos zonas separadas mediante una compuerta. La configuración según la recomendación japonesa es la que se presenta en la Figura 3.7. La caja con base recta es más fácil de fabricar y es más exigente, debido a la presencia de dos esquinas. En ambos casos, hay una puerta deslizante de separación en el fondo, y en la zona de paso, se colocan varias barras de armadura.

EVALUACIÓN DEL ENSAYO:

Se trata de un ensayo fácil de realizar, aunque el equipamiento puede resultar difícil de fabricar. Ofrece una buena evaluación directa de la capacidad de relleno. El espacio de 35 mm entre las secciones de armadura puede considerarse demasiado estrecho. La cuestión sigue abierta respecto a si una altura de llenado inferior a 30 mm sigue siendo aceptable.

EQUIPAMIENTO:

- Caja “U”. Ver Figura 3.7 y 3.8.
- Balde de 16 litros.
- Pala.

- Regla niveladora.
- Badilejo.

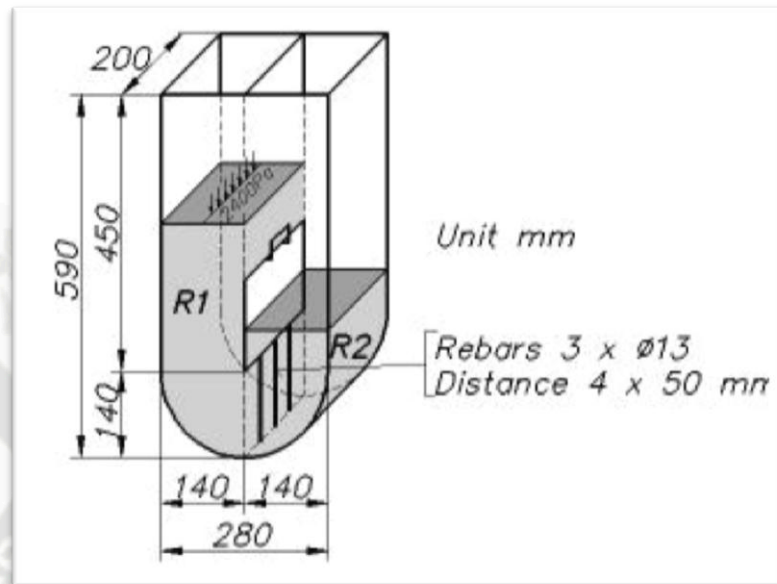


Figura 3.7. Vista del equipo solicitado por la norma para el ensayo de la Caja "U".



Figura 3.8. Vista del equipo utilizado en el laboratorio para el ensayo de la Caja "U".

PROCEDIMIENTO:

Se requieren unos 20 litros de hormigón para realizar el ensayo, tomados como muestra de manera normal.

Coloque el aparato sobre terreno firme y uniforme; asegúrese que la compuerta deslizante pueda moverse con libertad, luego ciérrela. Humedezca la superficie interior del aparato y elimine el agua sobrante.

Llene una sección del aparato con la muestra del concreto. Déjelo reposar durante 1 minuto. Eleve la compuerta deslizante y deje que el concreto fluya hacia el otro compartimiento. Después de dejar reposar el concreto, mida la altura del mismo en el compartimiento que se ha llenado, en dos lugares, y calcule la media (H_1). Mida también la altura en el otro compartimiento (H_2). Calcule $H_1 - H_2$, la altura de llenado.

Todo el ensayo ha de realizarse en menos de 5 minutos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Si el hormigón fluye tan libremente como el agua, en descanso estará horizontal, de modo que $H_1 - H_2 = 0$.

En consecuencia, cuanto más cercano a 0 sea el valor de este ensayo, la “altura de llenado”, mejor será la capacidad de relleno y paso del concreto.

El resultado principal que obtenemos en este ensayo, es la altura de relleno (H), que se utiliza para evaluar la habilidad del concreto ensayado, para pasar por aperturas estrechas, relleno el encofrado. Concretamente, con una mayor altura de relleno tendremos una mayor habilidad de paso. En general se acepta que

cuando su valor es igual o menor a 30mm, el concreto tiene una buena habilidad de relleno.

Sin embargo, el significado físico de la altura de llenado (H), queda influenciado por las proporciones de la mezcla del concreto ensayado, que darán lugar a comportamientos diferentes. Por ejemplo, cuando la cantidad y el tamaño del árido son pequeños comparados con el espacio entre las barras instaladas, H depende mucho de la capacidad de deformación o fluidez de la muestra de concreto, y la resistencia a la segregación apenas influye. En este caso el tiempo de flujo en la caja en U representa bien la viscosidad de la mezcla, que controla la resistencia a la segregación. Por otro lado, cuando el tamaño y cantidad de agregado grueso son relativamente grandes, la colisión y la interacción entre partículas del agregado grueso afectan en mayor grado la habilidad de pasar por aperturas estrechas. En este caso, un concreto con tendencia a la segregación a menudo da una baja altura en el llenado de la caja en U, incluso aunque el concreto presente una gran fluidez. Además, la velocidad de flujo tiende a ser lenta debido a la interacción de los agregados gruesos incluso si la viscosidad de la muestra no es muy alta.

VARIANTES:

En los primeros trabajos, el procedimiento incluía la aplicación de una pequeña presión (2,4 kPa) sobre la superficie del hormigón (Hayakawa et al., 1993).

Algunos grupos de trabajo utilizan otras dimensiones, el EFNARC (2002), maneja las siguientes dimensiones; 590 mm de alto (frente a 680 mm), con una apertura de 140 mm (frente a 190 mm).

El número de barras y el espacio entre ellas se puede seleccionar de acuerdo con la situación real de construcción a la que se destinará el hormigón ensayado y se proponen distintas variantes, tal y como pasaba con la caja en L.

OBSERVACIONES:

Se trata de un ensayo fácil de realizar, aunque el equipamiento puede resultar difícil de fabricar, en especial el de base circular.

Este método parece ser bastante eficiente para evaluar la habilidad de paso del concreto, si bien, como se ha visto en el punto anterior, hay que ser cuidadoso con su interpretación. Sin embargo no evalúa bien la deformabilidad sin restricción y resulta complicado observar la segregación, por lo que precisa de otros métodos complementarios.

3.3. 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 sollicitación a la cual el 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 inter fase 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 inter fase 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 ocluido en la mezcla y las condiciones de curado (temperatura y humedad).

3.3.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

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

El concreto es una masa endurecida deja micro-poros y canales capilares continuos en la pasta del cemento, los cuales se convierten posteriormente en medios para el intercambio de humedad en el concreto 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, curadas en agua a temperatura ambiente, las cuales serán ensayadas a los 7, 14 y 28 días de edad.

3.4. MATERIALES DEL CAC.

La adecuada selección de los materiales para la producción de concreto autocompactante es más exigente que para concreto convencional, un adecuado control de calidad de éstos, debe llevarse a cabo, debiendo cumplir con todos los requerimientos y especificaciones. Actualmente el

concreto ha sido definido como un sistema de 5 componentes: cemento, agregados, agua, aditivos y adiciones, esta definición de un concreto se ajusta perfectamente a los requerimientos del concreto autocompactante, todas las propiedades del concreto estarán basadas en las variaciones 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 3.1. 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.

3.4.1. AGUA.

Al igual que en la elaboración de los concretos convencionales el agua de amasado del concreto autocompactante, 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 por 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.

3.4.2. 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 a usarse y una adecuada dosificación son muy importantes, en la región.

Arequipa 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 autocompactante, 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, en la efectividad de los aditivos y adiciones. 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 7, 14, 28 días.

Recomendaciones específicas son necesarias según las condiciones de servicio a las que serán sometidos los concretos. Se debe considerarse 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 alcanza 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.

3.4.3. 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.

Según el, 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 autocompactantes.

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 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/m³.

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 generara 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 varillado nos 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.

3.4.4. ADITIVOS.

Desde la década de 1930, el uso de aditivos en el concreto se ha difundido, pero no es hasta la década de 1970 cuando su uso se incrementó significativamente, sin embargo en el Perú su uso aún no es generalizado a pesar del incremento registrado en la pasada década. La definición actual del concreto como un material de 5 componentes tomara mayor fuerza en los próximos años dadas las nuevas tecnologías, en las cuales los aditivos químicos tienen un papel muy importante. Existe gran variedad de aditivos químicos sin embargo son los plastificantes y superplastificantes los aditivos químicos más comúnmente utilizados en el concreto; en la presente sección nos limitamos a la descripción de estos aditivos,

dando especial atención a los policarboxilatos modificados los cuales fueron usados durante la investigación.

La forma de actuar de los aditivos superplastificantes se encuadra dentro de alguno de los cuatro mecanismos mencionados a continuación:

- Adsorción del polímero sobre las superficies de las partículas
- Repulsión electrostática (dispersión)
- Repulsión estérica
- Bloqueo de los sitios reactivos superficiales de las partículas del cemento por las moléculas de superfluidificante.

Clasificación según norma:

Los aditivos plastificantes y superplastificantes han sido clasificados según la norma ASTM C-494, donde se encuentran combinados con la acción de aditivos reductores y aceleradores de fragua, en la siguiente tabla se muestra los diferentes tipos:

Tipo	Características
A	Actúan como reductores de agua.
B	Actúan como retardadores del tiempo de fraguado.
C	Actúan como acelerantes.
D	Actúan como reductores de agua y retardadores de fragua.
E	Actúan como reductores de agua y acelerantes.
F	Actúan como reductores de agua de alto rango.
G	Actúan como reductores de agua de alto rango y retardadores.

Tabla 3.2. Tipos de aditivos químicos según la norma ASTM

C 494.

A diferencia de los plastificantes (tipos A, D y E), los superplastificantes (tipos F y G) pueden reducir el contenido de agua de una mezcla hasta un orden del 40%.

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 aditivos 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 formaldeidos naftalenos sulfonados, 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 formaldeidos 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 formaldeidos melamina sulfonados (SMF) son de origen alemán, los condensados de formaldeidos 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 naftaleno sulfonado, 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 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).

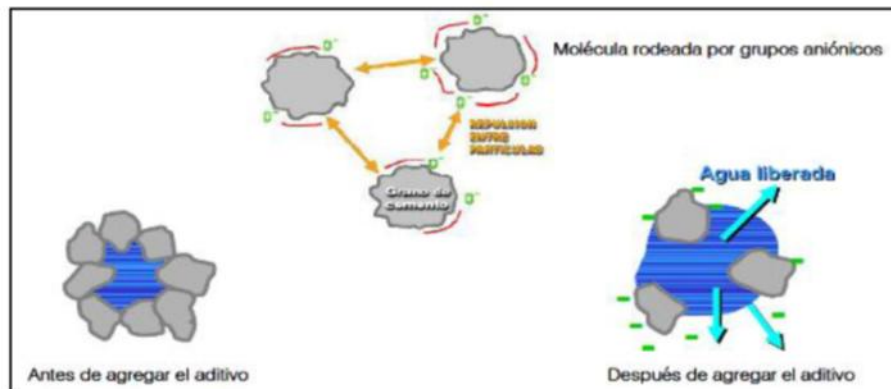


Figura 3.9. Vista de cómo actúa el aditivo sobre las partículas de cemento.

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 floculos (Figura 3.10 y figura 2).

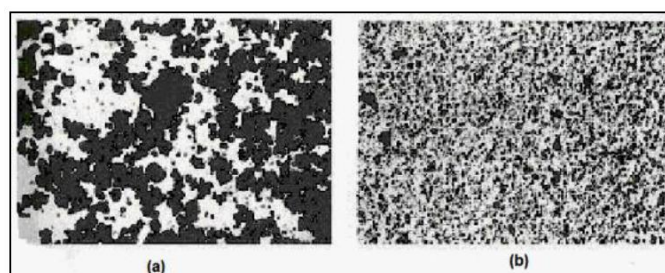


Figura 3.10. Vista de una microfotografía de partículas de cemento en una solución de agua/cemento sin aditivo (a) y con aditivo superplastificante (b) (Metha y Monteiro, 1994).

Formas de uso:

Los aditivos superplastificantes pueden ser usados para tres funciones principales:

- **Incrementar la trabajabilidad.**

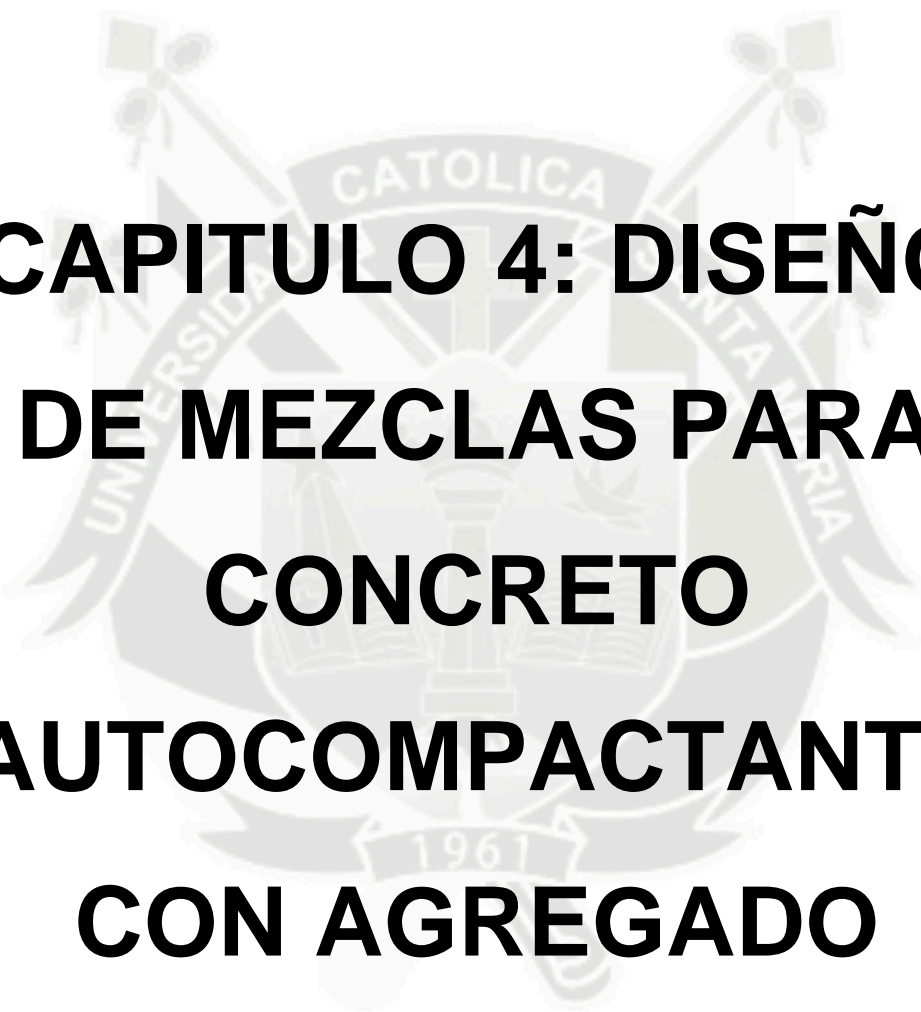
Dada una mezcla de concreto con un asentamiento, relación agua/cemento, y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para incrementar la trabajabilidad de la mezcla, sin cambiar otra característica del diseño de mezcla, dependiendo de la dosis y tipo de aditivo en la prueba de cono de Abrams, 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, en un análisis de los costos puede ser anti-económico por el mayor uso de aditivo.



**CAPITULO 4: DISEÑO
DE MEZCLAS PARA
CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE
CON AGREGADO
ANGULAR.**

4.1. INTRODUCCIÓN.

Básicamente son los mismos diseños que se utilizan en la elaboración del concreto convencional, trayendo como consecuencia que al utilizarse los mismos materiales locales que se utilizan en la elaboración del concreto tradicional, resulte ventajoso económicamente, pues no hay que incurrir en gastos extras de transporte. Sin embargo, en la elaboración del concreto autocompactante se utilizan componentes adicionales, tales como los aditivos superplastificantes e hiperplastificantes, necesarios para evitar la segregación y exudación del concreto durante su colocación y para obtener la cohesión necesaria de la mezcla.

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 autocompactante y los resultados de caracterización del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido.

4.2. ESTUDIO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.

4.2.1. 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 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).

De lo 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/cm³.

4.2.2. AGREGADO FINO.

Se define como agregado fino, al agregado proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas, que pasa al 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.

4.2.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DE 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	800.25	796.68	169.31	0.57
2	872.49	867.67	172.29	0.69
3	835.37	831.68	170.8	0.56
Promedio	836.04	832.01	170.80	0.61

Tabla 4.1. Datos del agregado fino para obtener el contenido de humedad.

Cálculo:

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

$$\text{Humedad \%} = \frac{665.24 - 661.21}{661.21} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = 0.61 \%$$

4.2.2.2. 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 seca por 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 necesitara 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 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 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 4.2. 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 4.3. Parámetros de la granulometría del agregado fino.

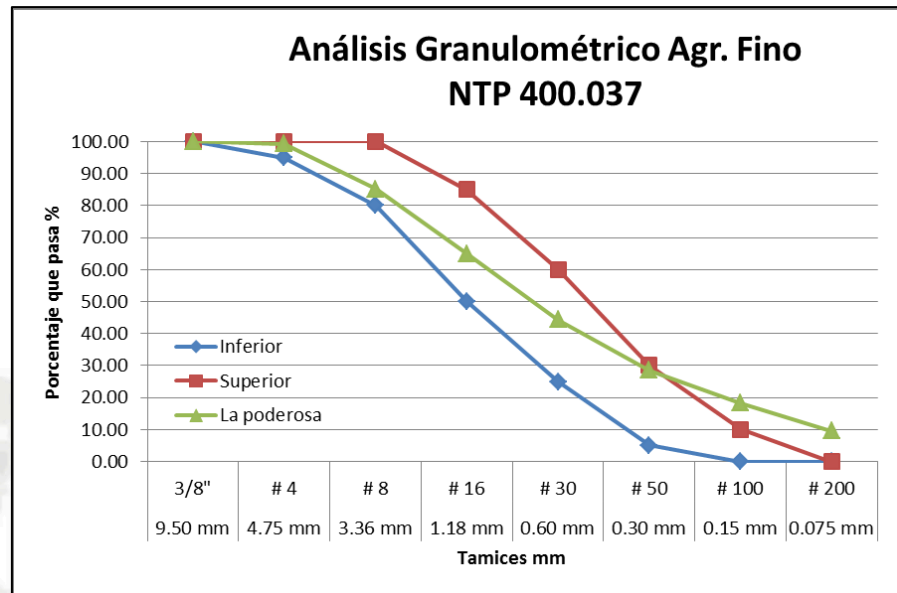


Figura 4.1. Vista de la granulometría del agregado fino con los parámetros según la norma NTP 400.037.

4.2.2.3. 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 o 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.
- Pesar los proctor con el agregado y repetir este procedimiento 3 veces tanto 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.
- Pesar el proctor con el agregado y repetir este procedimiento 5 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 4.4. 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 + Rec	Peso recipiente	Peso Fino (Kg.)
1	6.434	1.725	4.709
2	6.437	1.725	4.712
3	6.435	1.725	4.710
4	6.434	1.725	4.709
5	6.429	1.725	4.704
Promedio	6.434	1.725	4.709

Tabla 4.5. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado fino.

Cálculo del peso unitario suelto.

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

$$P.U.S. = 1663.22 \text{ kg/m}^3$$

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 4.6. 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	7.048	1.725	5.323
2	7.051	1.725	5.326
3	7.047	1.725	5.322
4	7.049	1.725	5.324
5	7.047	1.725	5.322
Promedio	7.048	1.725	5.323

Tabla 4.7. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado fino.

Cálculo del peso unitario compactado.

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

$$P.U.S. = 1880.30 \text{ kg/m}^3$$

4.2.2.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE 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 llena 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 empieza 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 agua y 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 al 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 cm³.

V_a : Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida en el frasco.

W_o	493.91	gr.
V	500	cm³
V_a	310.87	gr.

Tabla 4.8. Datos para el cálculo del peso específico del agregado fino.

Cálculo:

- Peso específico de masa (P_{em}).

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

$$P_{em} = \frac{493.91}{500 - 310.87}$$

$$P_{em} = 2611.48 \text{ kg/m}^3$$

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

$$PeSSS = \frac{500}{V - Va}$$

$$PeSSS = \frac{500}{500 - 310.87}$$

$$PeSSS = 2643.68 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico aparente (Pea).

$$Pea = \frac{Wo}{V - Va - 500 - Wo}$$

$$Pea = \frac{493.91}{500 - 310.87 - 500 - 493.91}$$

$$Pea = 2698.37 \text{ kg/m}^3$$

- Absorción (ab).

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

$$Ab = \frac{500 - 493.91}{493.91} * 100$$

$$Ab = 1.23\%$$

4.2.2.5. 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 4.2. 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.

4.2.3. 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.

4.2.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD 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	1317.02	1313.93	261.77	0.29
2	1437.79	1434.41	249.69	0.29
3	1261.02	1258.07	236.01	0.29
Promedio	1338.61	1335.47	249.16	0.29

Tabla 4.9. Datos del agregado grueso (Angular) para obtener el contenido de humedad.

Cálculo:

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

$$\text{Humedad \%} = \frac{1089.45 - 1086.31}{1086.31} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = 0.29 \%$$

4.2.3.2. 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 4.10. Datos para hallar la granulometría del agregado grueso (angular).

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 4.11. Parámetros de la curva granulométrica del agregado grueso (angular) – Uso 7.

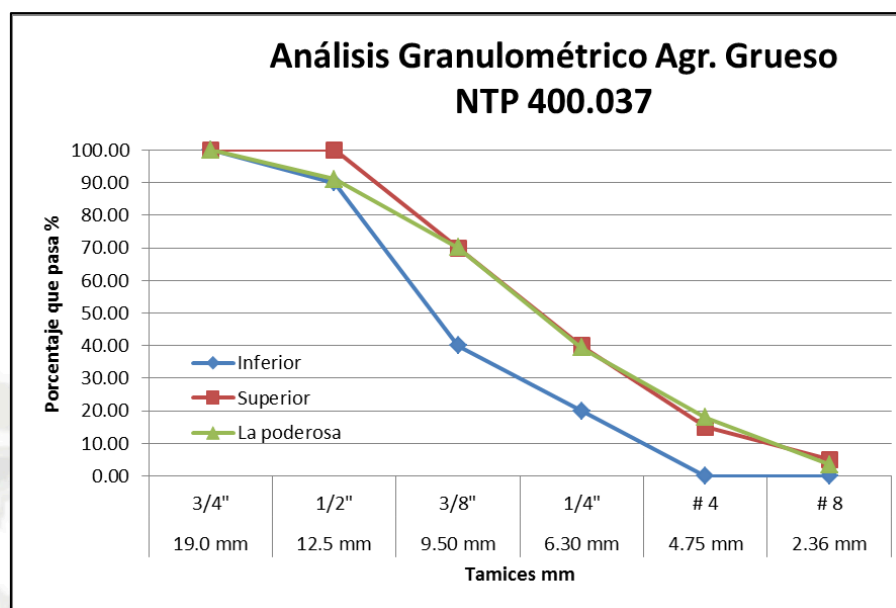


Figura 4.3. Vista de la granulometría del agregado grueso (angular) con los parámetros según la norma NTP 400.037 – Uso 7.

4.2.3.3. 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 metálicos, 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 los proctor en la balanza antes de realizar los ensayos.
- Se determinará 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 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.
- Pesarse el proctor con el agregado y repetir este procedimiento 5 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 4.12. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso (angular).

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	18.844	5.206	13.638
2	18.849	5.206	13.643
3	18.841	5.206	13.635
4	18.848	5.206	13.642
5	18.851	5.206	13.645
Promedio	18.847	5.206	13.641

Tabla 4.13. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso (angular).

Cálculo del peso unitario suelto.

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

$$P.U.S. = 1443.34 kg/m^3$$

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 4.14. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso (angular).

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	20.139	5.206	14.933
2	20.143	5.206	14.937
3	20.136	5.206	14.930
4	20.145	5.206	14.939
5	20.141	5.206	14.935
Promedio	20.141	5.206	14.935

Tabla 4.15. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (angular).

Cálculo del peso unitario compactado.

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

$$P.U.S. = 1580.28 kg / m^3$$

4.2.3.4. 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 cuarteo mayor 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 méntalo 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 superficie seca, en gramos

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

A	2341.31	gr.
B	2362.83	gr.
C	1500.10	gr.

Tabla 4.16. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (angular).

Cálculo:

- Peso específico de masa seca.

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

$$P_{em} = \frac{2341.31}{2362.83 - 1500.10}$$

$$P_{em} = 2713.82 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico saturado superficialmente seco.

$$P_{eSSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$P_{eSSS} = \frac{2362.83}{2362.83 - 1500.10}$$

$$P_{eSSS} = 2738.77 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico aparente (Pea).

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C}$$

$$P_{ea} = \frac{2341.31}{2341.31 - 1500.10}$$

$$P_{ea} = 2783.25 \text{ kg/m}^3$$

- Absorción (ab).

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

$$Ab = \frac{2362.83 - 2341.31}{2341.31} * 100$$

$$Ab = 0.92 \%$$

4.2.3.5. 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 4.17. Tabla de la gradación para realizar el ensayo en la máquina de los ángeles, agregado grueso (angular). 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 vaciar 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 = 3596.8 gr.

Resultado:

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

$$\% \text{desgaste} = \frac{3596.8}{5000.0} * 100\%$$

$$\% \text{desgaste} = 28.1\%$$

4.2.4. 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 uso de 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 autocompactante 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.

4.2.5. ADITIVO.

Fueron 3 marcas conocidas de aditivos que se utilizaron para obtener un concreto autocompactante, las 3 marcas son reconocidas en todo el Perú.

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

Es un poderoso súper plastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para concretos autocompactantes, 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. (ADITIVO II).**

PLASTOL 3000 PC es un aditivo hiperplastificante líquido a base de polycarboxilatos 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 polycarboxilatos 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".

- **Chema – Súper plast. (ADITIVO III).**

CHEMA SÚPER PLAST es un aditivo líquido, color marrón oscuro, compuesto por resinas sintéticas, reductor de agua y fluidificante de alto rango. Permite reducir hasta 35% de agua del diseño de mezcla normal. Ver ficha técnica (Anexo 04).

En la presente investigación el aditivo CHEMA – Súper plast, para efectos de investigación se llamara "Aditivo III".

4.3. DISEÑOS DE MEZCLAS PARA EL CAC.

Procedemos a la realización de los respectivos diseños de mezclas, se utilizaron 3 métodos de diseños de mezclas del comité ACI, el método de Walker y el método Autocompactante desarrollada por el profesor Okamura.

4.3.1. DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN EL COMITÉ 211 DEL ACI.

Alcances generales sobre el diseño de mezclas: El siguiente procedimiento corresponde al comité ACI-211, que incluyen las tablas y pasos que corresponden a los indicados en dicha norma:

- Se realizaron diseños de mezclas para las siguientes resistencias:
 - $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
 - $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
 - $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
 - $f'c = 450 \text{ kgf/cm}^2$
 - $f'c = 550 \text{ kgf/cm}^2$

- 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:

Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$).		
$< 210 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c + 70 =$	Kg/cm^2
$210 - 350 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c + 84 =$	Kg/cm^2
$> 350 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c + 98 =$	Kg/cm^2

Tabla 4.18. Cuadro de los valores para hallar la resistencia promedio requerida (Fuente ACI).

- La selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso no deberá ser mayor de:
 - 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.

Tomando como dimensión entre caras de encofrado el Embudo “V” el cual posee 6.5 cm. de ancho y dividiendo este entre 5 nos da un resultado de 1.3 cm.

Tomando como espesor de losa 10 cm. y dividiendo esta entre 3 nos da un resultado de 3.3 cm.

Tomando el espacio libre mínimo entre barras la Caja "L" el cual posee 4.0 cm. y dividiendo este entre $\frac{3}{4}$ nos da un resultado de 3.0 cm.

Se opta por tomar el resultado más crítico del análisis realizado que nos da un resultado de 1.30 cm., es por eso que se decidió trabajar con un **TMN de 1/2 pulgada**, que en su equivalencia es 1.27 cm.

- El asentamiento que se utilizó fue para columnas que el slump permitido es de **2 a 4 pulgadas** como se muestra en la siguiente tabla.

Asentamiento		
TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Zapatas y muros de cimentación reforzado	1"	3"
Cimientos simples y calzaduras	1"	3"
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"
Concreto Ciclópeo	1"	2"
Losa de Concreto	2"	4"
Concreto Super plastificado	6"	8"

Tabla 4.19. Cuadro de asentamiento (slump) según el tipo de estructura (Fuente ACI).

- 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 2.5%**.

Contenido de Aire atrapado.	
TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Tabla 4.20. Cuadro de contenido de aire según el tamaño máximo nominal del agregado grueso – (Fuente ACI).

- Definidos los valores del asentamiento y el tamaño máximo nominal procedemos hallar la cantidad de agua para el diseño que en este caso fue de 216 lt/m³.

Volumen de Agua.				
Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202
Concreto con aire incorporado (Temperaturas bajas)				
1" a 2"	181	175	168	160
3" a 4"	202	193	184	175
6" a 7"	216	205	187	184

Tabla 4.21. Cuadro de volumen de agua utilizando el TMN. del agregado grueso y el asentamiento utilizado (Fuente ACI).

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

Relación Agua Cemento.		
f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Tabla 4.22. Cuadro de relación agua cemento según la resistencia promedio requerida – (Fuente ACI).

- Se procede a calcular el volumen de agregado grueso utilizando el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finesa del agregado fino según la tabla a continuación.

Selección Peso del Agregado Grueso.				
TNM del Agregado Grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70

Tabla 4.23. Cuadro de selección del peso del agregado grueso según el TMN. del agregado grueso (Fuente ACI).

- Por diferencia de volúmenes se halla el volumen del agregado fino para el diseño en estado seco.
- 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 la respectivo vaciado.

- La cantidad del aditivo 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.

PROPIEDADES DEL CEMENTO, AGUA Y AGREGADOS		
Cemento		
Marca y tipo	Yura IP	
Procedencia	Arequipa	
Peso Especifico (Kg/m3)	2850.00	
Agua:		
Agua potable	Si	
Peso Especifico (Kg/m3)	1000.00	
Agregados		
Propiedades	Fino	Grueso
Cantera	PODEROSA	PODEROSA
P.U. suelto seco (Kg/m3)	1663.22	1443.34
P.U. varillado (Kg/m3)	1880.30	1580.28
P.E. de masa (Kg/m3)	2611.48	2713.82
Módulo de fineza	2.593	6.120
Absorción	1.23%	0.92%
Contenido de Humedad	0.61%	0.29%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	1/2"

Tabla 4.24. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños del ACI.

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 $F'c = 210, 280, 350, 450, 550 \text{ kgf/cm}^2$

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KGF/CM2

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	210	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	294	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
250	0.62
294	0.56
300	0.55

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.56	
Contenido de Cemento	386.82	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de finza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	901.87	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	386.82	2850.00	0.136	0.709
Agr. Grueso	901.87	2713.82	0.332	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.291	m³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	759.811	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	386.819	1.00
Agr. Fino	759.811	1.96
Agr. Grueso	901.866	2.33
Agua	216.000	0.56
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	386.819	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	764.446	Kg/m ³	83.99	Kg/bolsa
Agr. Grueso	904.481	Kg/m ³	99.38	Kg/bolsa
Agua	226.393	Lt/m ³	24.87	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.98	2.34	0.59	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	280	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	364	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
350	0.48
364	0.47
400	0.43

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.47	
Contenido de Cemento	463.52	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de finza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	901.87	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	463.52	2850.00	0.163	0.736
Agr. Grueso	901.87	2713.82	0.332	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.264	m ³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	689.531	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	463.519	1.00
Agr. Fino	689.531	1.49
Agr. Grueso	901.866	1.95
Agua	216.000	0.47
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	463.519	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	693.737	Kg/m ³	63.61	Kg/bolsa
Agr. Grueso	904.481	Kg/m ³	82.93	Kg/bolsa
Agua	225.957	Lt/m ³	20.72	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.50	1.95	0.49	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	350	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	434	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.40	
Contenido de Cemento	545.45	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de finza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	901.87	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	545.45	2850.00	0.191	0.765
Agr. Grueso	901.87	2713.82	0.332	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.235	m ³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	614.453	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	545.455	1.00
Agr. Fino	614.453	1.13
Agr. Grueso	901.866	1.65
Agua	216.000	0.40
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	545.455	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	618.201	Kg/m ³	48.17	Kg/bolsa
Agr. Grueso	904.481	Kg/m ³	70.47	Kg/bolsa
Agua	225.491	Lt/m ³	17.57	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.13	1.66	0.41	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 450 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	450	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	548	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
548	0.28
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.28	
Contenido de Cemento	765.96	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de finza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	901.87	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	765.96	2850.00	0.269	0.842
Agr. Grueso	901.87	2713.82	0.332	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.158	m³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	412.404	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	765.957	1.00
Agr. Fino	412.404	0.54
Agr. Grueso	901.866	1.18
Agua	216.000	0.28
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	765.957	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	414.920	Kg/m ³	23.02	Kg/bolsa
Agr. Grueso	904.481	Kg/m ³	50.19	Kg/bolsa
Agua	224.239	Lt/m ³	12.44	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	0.54	1.18	0.29	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 550 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	550	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	648	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
648	0.18
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.18	
Contenido de Cemento	1186.81	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de finza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	901.87	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	1186.81	2850.00	0.416	0.990
Agr. Grueso	901.87	2713.82	0.332	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.010	m ³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	26.770	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	1186.813	1.00
Agr. Fino	26.770	0.02
Agr. Grueso	901.866	0.76
Agua	216.000	0.18
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	1186.813	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	26.933	Kg/m ³	0.96	Kg/bolsa
Agr. Grueso	904.481	Kg/m ³	32.39	Kg/bolsa
Agua	221.848	Lt/m ³	7.94	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	0.02	0.76	0.19	0.5 - 2.0%

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS POR EL MÉTODO DEL ACI.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO COMITÉ ACI 211										
Materiales	F'c=210		F'c=280		F'c=350		F'c=450		F'c=550	
	F'cr=294		F'cr=364		F'cr=434		F'cr=548		F'cr=648	
	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño
Cemento	386.82	1.00	463.52	1.00	545.45	1.00	765.96	1.00	1186.81	1.00
Agr. Fino	764.45	1.98	693.74	1.50	618.20	1.13	414.92	0.54	26.93	0.02
Agr. Grueso	904.48	2.34	904.48	1.95	904.48	1.66	904.48	1.18	904.48	0.76
Agua	226.39	0.59	225.96	0.49	225.49	0.41	224.24	0.29	221.85	0.19
Aditivo I (%)	0.80%		0.90%		1.00%		1.30%		2.00%	
Aditivo II (%)	0.70%		0.80%		1.00%		1.40%		2.00%	
Aditivo III (%)	2.00%		2.00%		2.00%		2.00%		2.00%	

Tabla 4.25. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método del comité ACI 211.

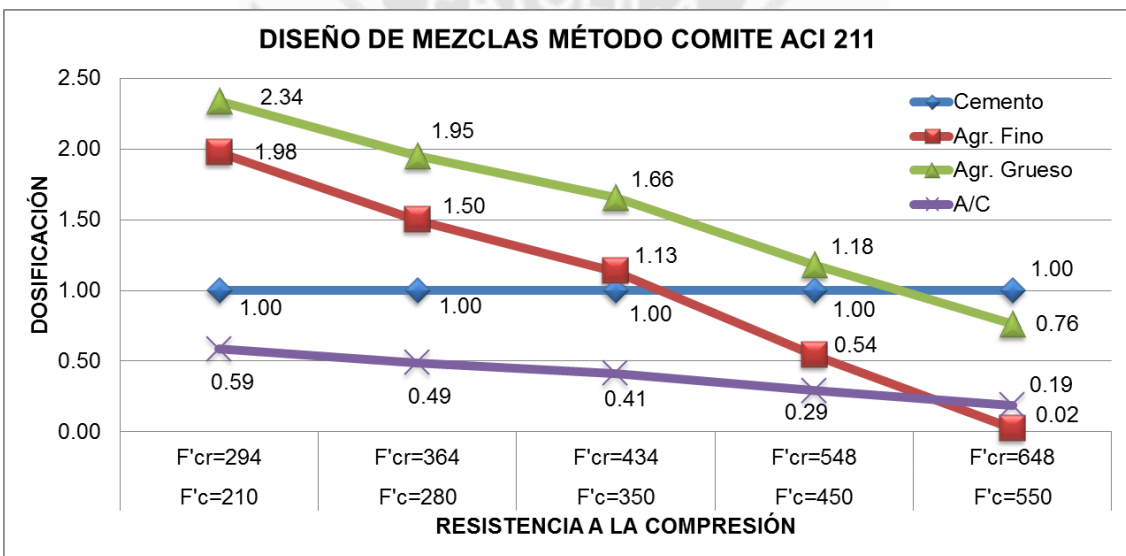


Figura 4.4. Vista de la dosificación por del método comité ACI 211, para cada resistencia requerida.

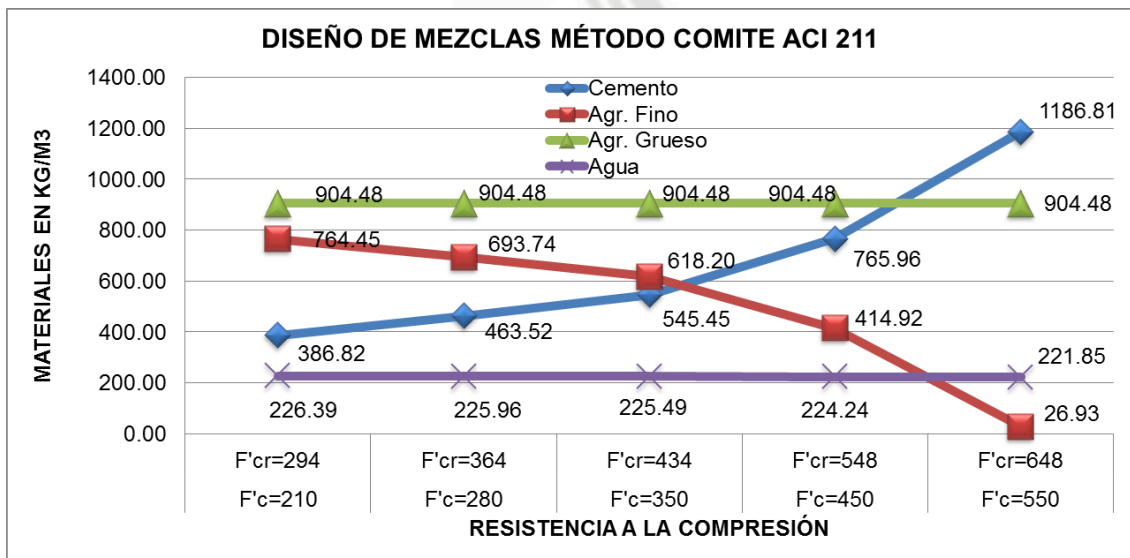


Figura 4.5. Vista de la dosificación en Kg/m3 para cada resistencia (ACI).

4.3.2. DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN WALKER.

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

- Se realizaron diseños de mezclas para las siguientes resistencias:
 - $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 450 \text{ kgf/cm}^2$
 - $F'c = 550 \text{ kgf/cm}^2$
- 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. Esto se hallara según la **tabla 4.18.**
- La selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso no deberá ser mayor de:
 - 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.

Tomando como dimensión entre caras de encofrado el Embudo "V" el cual posee 6.5 cm. de ancho y dividiendo este entre 5 nos da un resultado de 1.3 cm.

Tomando como espesor de losa 10 cm. y dividiendo esta entre 3 nos da un resultado de 3.3 cm.

Tomando el espacio libre mínimo entre barras la Caja "L" el cual posee 4.0 cm. y dividiendo este entre $\frac{3}{4}$ nos da un resultado de 3.0 cm.

Se opta por tomar el resultado más crítico del análisis realizado que nos da un resultado de 1.30 cm., es por eso que se decidió trabajar con un **TMN de 1/2 pulgada**, que en su equivalencia es 1.27 cm.

- El asentamiento que se utilizó fue para columnas que el slump permitido es de **2 a 4 pulgadas** como se muestra en la **tabla 4.19**.
- 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 2.5%**. Según la **tabla 4.20**.
- El asentamiento que se utilizó para el volumen de agua fue el de 2 a 4 pulgadas y el tamaño máximo nominal del agregado que es de 1/2 pulgada. Por lo tanto la cantidad de agua para el **agregado angular es de 216 lt/m³**, según la tabla de Walker.

Volumen de Agua.				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204
1"	163	182	178	197
1 1/2"	155	170	170	185
2"	148	163	163	178

Tabla 4.26. Cuadro de volumen de agua utilizando el TMN. del agregado grueso y el asentamiento utilizado– (Fuente Walker).

- 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 4.22**.
- Se procede a calcular el volumen absoluto de masa con el cemento, agua y aire.
- Se procede a calcular la cantidad de agregado fino según las tablas de Walker tomando de referencia el lado de **agregado angular**

Selección Peso del Agregado Fino.				
TNM del Agregado Grueso	Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cubico			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	75	71	67	64
1/2"	61	58	55	53
3/4"	51	48	46	44
1"	49	46	44	42
1 1/2"	47	44	42	40
2"	45	42	40	38

Tabla 4.27. Cuadro de selección del peso del agregado fino según el TMN del agregado grueso y el factor del cemento (Fuente Walker).

- Por diferencia de volúmenes se halla el volumen del agregado grueso para el diseño en estado seco.
- 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 la respectivo vaciado.
- La cantidad del aditivo 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.

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)	1663.22	1443.34
P.U. varillado (Kg/m ³)	1880.30	1580.28
P.E. de masa (Kg/m ³)	2611.48	2713.82
Módulo de fineza	2.593	6.120
Absorción	1.23%	0.92%
Contenido de Humedad	0.61%	0.29%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	1/2"

Tabla 4.28. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños de Walker.

Con las propiedades del cemento, agua y agregados procedemos a realizar los diseños de mezclas según en método de Walker. Para resistencias de $F'c = 210, 280, 350, 450, 550 \text{ kgf/cm}^2$.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'C = 210 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	210	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	294	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
250	0.62
294	0.56
300	0.55

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.56	
Contenido de Cemento	386.82	Kg.
Cantidad de bolsas por m ³	9.1	bolsas/m ³

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	386.82	2850.00	0.136	0.377
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.623	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	75	71	67	64
1/2"	61	58	55	53
3/4"	51	48	46	44
Factor Cemento	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola		
7.00	55			
9.10	50.797			
8.00	53			

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	0.317
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.307

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	826.80	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	832.25	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	386.819	1.00
Agr. Fino	826.802	2.14
Agr. Grueso	832.250	2.15
Agua	216.000	0.56
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	386.819	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	831.845	Kg/m ³	91.40	Kg/bolsa
Agr. Grueso	834.664	Kg/m ³	91.70	Kg/bolsa
Agua	226.369	Lt/m ³	24.87	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	2.15	2.16	0.59	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'C = 280 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	280	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	364	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
350	0.48
364	0.47
400	0.43

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.47	
Contenido de Cemento	463.52	Kg.
Cantidad de bolsas por m ³	10.9	bolsas/m ³

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	463.52	2850.00	0.163	0.404
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.596	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	75	71	67	64
1/2"	61	58	55	53
3/4"	51	48	46	44

Factor Cemento	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
7.00	55	
10.91	47.187	
8.00	53	

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	0.281
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.315

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	734.89	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	854.73	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	463.519	1.00
Agr. Fino	734.889	1.59
Agr. Grueso	854.730	1.84
Agua	216.000	0.47
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	463.519	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	739.372	Kg/m ³	67.79	Kg/bolsa
Agr. Grueso	857.209	Kg/m ³	78.60	Kg/bolsa
Agua	225.941	Lt/m ³	20.72	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.60	1.85	0.49	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'C = 350 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	350	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	434	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.40	
Contenido de Cemento	545.45	Kg.
Cantidad de bolsas por m ³	12.8	bolsas/m ³

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	545.45	2850.00	0.191	0.432
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.568	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	75	71	67	64
1/2"	61	58	55	53
3/4"	51	48	46	44

Factor Cemento	Vol.
7.00	55
12.83	43.332
8.00	53

Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	0.246
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.322

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	642.31	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	872.92	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	545.455	1.00
Agr. Fino	642.307	1.18
Agr. Grueso	872.920	1.60
Agua	216.000	0.40
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	545.455	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	646.225	Kg/m ³	50.35	Kg/bolsa
Agr. Grueso	875.451	Kg/m ³	68.21	Kg/bolsa
Agua	225.482	Lt/m ³	17.57	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.18	1.60	0.41	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'C = 450 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	450	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	548	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
548	0.28
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.28	
Contenido de Cemento	765.96	Kg.
Cantidad de bolsas por m ³	18.0	bolsas/m ³

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	765.96	2850.00	0.269	0.510
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.490	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	75	71	67	64
1/2"	61	58	55	53
3/4"	51	48	46	44

Factor Cemento	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
7.00	55	
18.02	32.955	
8.00	53	

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	0.162
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.329

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	421.91	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	891.99	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	765.957	1.00
Agr. Fino	421.909	0.55
Agr. Grueso	891.988	1.16
Agua	216.000	0.28
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	765.957	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	424.483	Kg/m ³	23.55	Kg/bolsa
Agr. Grueso	894.575	Kg/m ³	49.64	Kg/bolsa
Agua	224.235	Lt/m ³	12.44	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	0.55	1.17	0.29	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'C = 550 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	550	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	648	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
648	0.18
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.18	
Contenido de Cemento	1186.81	Kg.
Cantidad de bolsas por m ³	27.9	bolsas/m ³

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	1186.81	2850.00	0.416	0.657
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.343	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	75	71	67	64
1/2"	61	58	55	53
3/4"	51	48	46	44

Factor Cemento	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
7.00	55	
27.93	13.150	
8.00	53	

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	0.045
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.298

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	117.64	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	807.43	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	1186.813	1.00
Agr. Fino	117.643	0.10
Agr. Grueso	807.432	0.68
Agua	216.000	0.18
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	1186.813	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	118.361	Kg/m ³	4.24	Kg/bolsa
Agr. Grueso	809.773	Kg/m ³	29.00	Kg/bolsa
Agua	221.816	Lt/m ³	7.94	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	0.10	0.68	0.19	0.5 - 2.0%

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DEL MÉTODO DEL WALKER.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER										
Materiales	F'c=210		F'c=280		F'c=350		F'c=450		F'c=550	
	F'cr=294		F'cr=364		F'cr=434		F'cr=548		F'cr=648	
	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño
Cemento	386.82	1.00	463.52	1.00	545.45	1.00	765.96	1.00	1186.81	1.00
Agr. Fino	831.85	2.15	739.37	1.60	646.23	1.18	424.48	0.55	118.36	0.10
Agr. Grueso	834.66	2.16	857.21	1.85	875.45	1.60	894.58	1.17	809.77	0.68
Agua	226.37	0.59	225.94	0.49	225.48	0.41	224.24	0.29	221.82	0.19
Aditivo I (%)	0.70%		0.90%		1.00%		1.30%		2.00%	
Aditivo II (%)	0.60%		0.80%		1.00%		1.40%		2.00%	
Aditivo III (%)	2.00%		2.00%		2.00%		2.00%		2.00%	

Tabla 4.29. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método Walker.

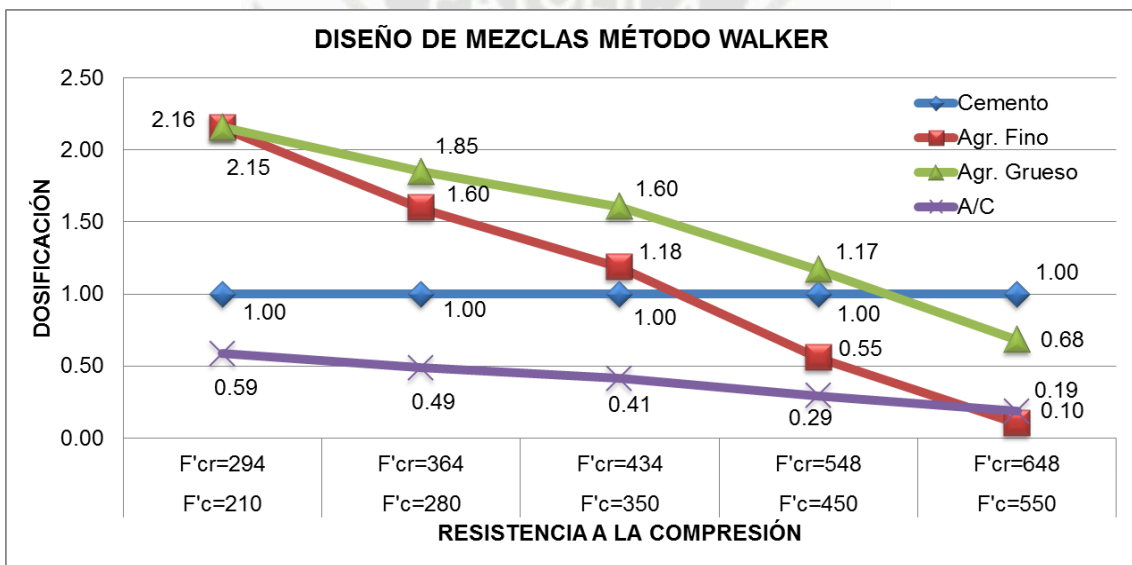


Figura 4.6. Vista de la dosificación por del método de Walker, para cada resistencia requerida.

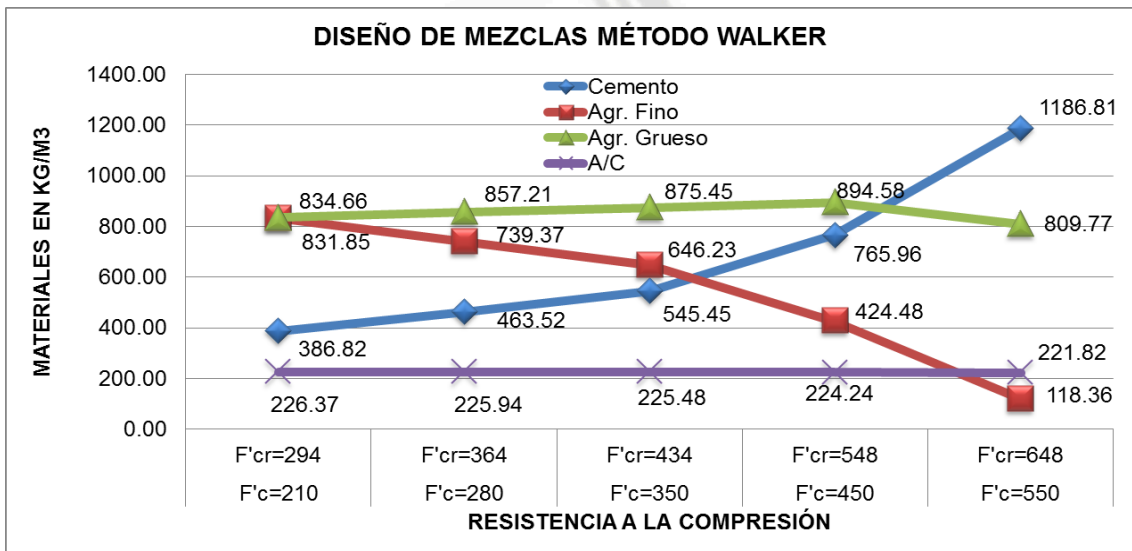


Figura 4.7. Vista de la dosificación en Kg/m3 para cada resistencia (Walker).

4.3.3. DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN OKAMURA.

El método autocompactante que se utilizó, se basa en el método desarrollado por el profesor Okamura. La secuencia se realiza de la siguiente manera:

- **Del contenido de aire deseado (principalmente un 2%).**

El contenido de aire puede establecerse en general en un 2 por ciento, o un valor superior que se especifica cuando quiere diseñarse concreto resistente a los ciclos hielo-deshielo.

- **Determinación del volumen de árido grueso.**

El volumen de agregado grueso se define por su densidad. El contenido de agregado grueso en general ($D > 4$ mm) debe ser de entre el 50 y el 60 por ciento. Cuando el volumen de agregado grueso en el concreto supera un cierto límite, las posibilidades de colisión o contacto entre las partículas del agregado grueso aumenta rápidamente y también se incrementa el riesgo de bloqueo cuando el concreto pasa por los espacios entre las armaduras.

- **Determinación del contenido de agregado fino.**

El agregado fino, en el contexto de este procedimiento de composición de mezcla, se define como todas las partículas de tamaño superior a 0,125 mm y menor a 4 mm.

El contenido del agregado fino se define por su densidad. El contenido de volumen óptimo del agregado fino varía entre el 40 y el 50%.

- **Determinación del contenido del cemento.**

La selección del tipo de cemento depende de los requisitos globales del concreto, como durabilidad, resistencia, etc.

El contenido habitual de cemento es de 350-450 kg/m³.

➤ **Determinación del contenido de agua.**

La relación agua/cemento se selecciona sobre la base de los requisitos del diseño. Normalmente el contenido de agua no supera los 200 litros/m³.

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)	1663.22	1443.34
P.U. varillado (Kg/m ³)	1880.30	1580.28
P.E. de masa (Kg/m ³)	2611.48	2713.82
Módulo de fineza	2.593	6.120
Absorción	1.23%	0.92%
Contenido de Humedad	0.61%	0.29%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	1/2"

Tabla 4.30. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para el diseño de Walker.

A) Contenido de Aire atrapado.

Aire atrapado	2	%
---------------	---	---

B) Volumen de Agua.

Contenido de Agua	200	lt/m ³
-------------------	-----	-------------------

C) Contenido de Cemento

Contenido de Cemento	585.00	Kg/m ³
----------------------	--------	-------------------

D) Calculo de la suma de Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	585.00	2850.00	0.205	0.425
Agua	200.00	1000.00	0.200	
Aire %	2.00		0.020	

E) Volumen del Agregado Fino y del Agregado Grueso

Volumen de los Agregados (1-Vol. total)	0.575	m ³
Volumen de Agregado Fino 50%	0.287	m ³
Volumen de Agregado Grueso 50%	0.287	m ³

F) Calculo Peso en estado seco del Agregado Fino y grueso

Peso seco Agr. Fino (Vol.*P.E. masa)	750.457	Kg/m ³
Peso seco Agr. Grueso (Vol.*P.U.Varillado)	454.123	Kg/m ³

G) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	585.000	1.00
Agr. Fino	750.457	1.28
Agr. Grueso	454.123	0.78
Agua	200.000	0.34
Aire %	2	-----

H) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	585.000	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	755.035	Kg/m ³	54.85	Kg/bolsa
Agr. Grueso	455.440	Kg/m ³	33.09	Kg/bolsa
Agua	207.514	Lt/m ³	15.08	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.29	0.78	0.35	0.5 - 2.0%

RESUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA DEL MÉTODO DE OKAMURA.

DISEÑO AUTOCOMPACTANTE PROFESOR OKAMURA		
Materiales	F'c=???	
	F'cr=???	
	Kg/m3	Diseño
Cemento	585.00	1.00
Agr. Fino	755.03	1.29
Agr. Grueso	455.44	0.78
Agua	207.51	0.35
Aditivo I (%)	1.50%	
Aditivo II (%)	1.30%	
Aditivo III (%)	2.00%	

Tabla 4.31. Cuadro de resumen del diseño de Okamura.

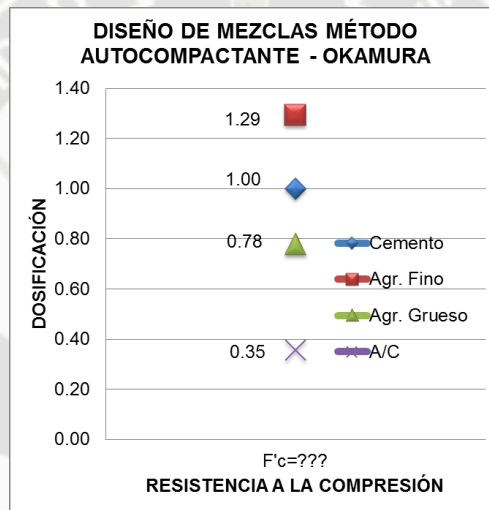


Figura 4.8. Vista de la dosificación método de Okamura.

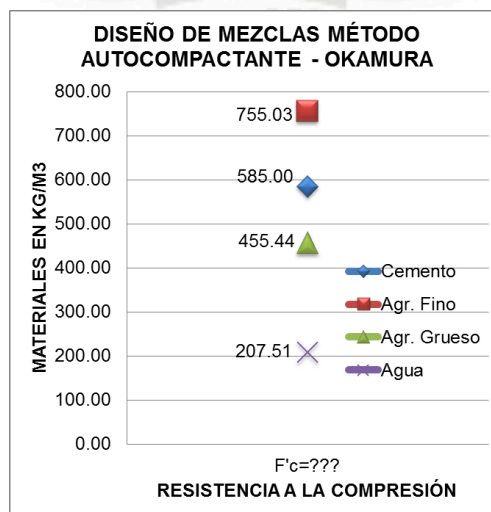
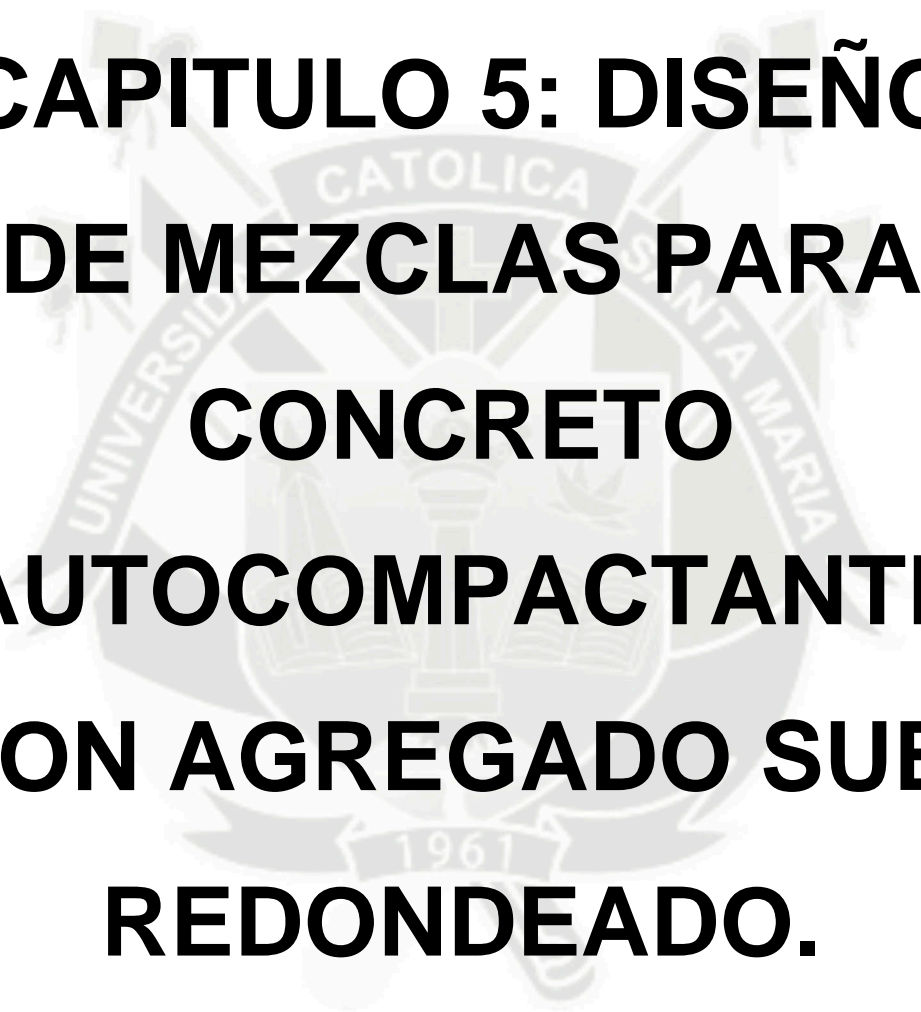


Figura 4.9. Vista de la dosificación en Kg/m3 (Okamura).



**CAPITULO 5: DISEÑO
DE MEZCLAS PARA
CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE
CON AGREGADO SUB-
REDONDEADO.**

5.1. 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 autocompactante y los resultados de caracterización del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido. A diferencia del **Capítulo 4** ya descrito, en este capítulo el agregado grueso cambia ya que su forma es sub-redondeada y sus propiedades cambian también.

5.2. ESTUDIO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.

5.2.1. CEMENTO.

Se utilizó el mismo cemento el cual fue descrito en el **capítulo 4** en el **ítem 4.2.1.**, el cumple con las normas ASTM-959 y NTP 334.090 la cual se indica en su respectiva ficha técnica emitida por Cementos Yura SA. Anexo 01.

El tipo de cemento utilizado en la presente investigación es: **CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA IP, “ALTA RESISTENCIA”.**

Peso Específico del cemento = 2850 Kg/cm³.

5.2.2. AGREGADO FINO.

El agregado fino utilizado para la presente investigación es de la cantera “La Poderosa” – Arequipa. Es la misma descrita en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.2.**

5.2.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO.

El Ensayo objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, cálculo y resultado, son los mismos descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.2.1.**

5.2.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO.

El Ensayo objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, cálculo y resultado, son los mismos descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.2.2.**

5.2.2.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO.

El Ensayo objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, cálculo y resultado, son los mismos descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.2.3.**

5.2.2.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO.

El Ensayo objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, cálculo y resultado, son los mismos descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.2.4.**

5.2.2.5. ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO.

El Ensayo objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, cálculo y resultado, son los mismos descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.2.5.**

5.2.3. 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 de “CHIGUATA” – Arequipa. Esta cantera está ubicada al Nor-Este de la ciudad de Arequipa Altitud: A 2,960 m.s.n.m. Distancia: A 15 Km de Arequipa Tiempo: A 30 minutos en automóvil también llamado “Cantera Chiguata” que se encuentra en la zona de Villa Artesanal.

5.2.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO.

Normas que rigen el ensayo

- ASTM. C 566
- MTC. E 108-200
- NTP. 339.185-2002
- El Ensayo objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, son los mismos descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.3.1.**

a. Cálculos y resultados:

Datos:

Muestra	Ag. Húmedo + Recipiente	Ag. Seco + Recipiente	Peso del Recipiente	% Humedad
1	1244.34	1240.25	119.83	0.37
2	1241.03	1237.46	123.45	0.32
3	1242.32	1238.66	114.43	0.33
Promedio	1242.56	1238.79	119.24	0.34

Tabla 5.1. Datos del agregado grueso para obtener el contenido de humedad (sub-redondeado).

Cálculo:

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

$$\text{Humedad \%} = \frac{1123.32 - 1119.55}{1119.55} * 100$$

$$\text{Humedad \%} = 0.34 \%$$

5.2.3.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO.

Normas que rigen el ensayo

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

- El Ensayo objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, son los mismos descritos en el **Capítulo 4** en el ítem **4.2.3.2**.

a. 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"	279.08	9.30	9.30	90.70
3/8"	790.90	26.36	35.67	64.33
1/4"	1049.31	34.98	70.65	29.35
# 4	304.42	10.15	80.79	19.21
# 8	323.43	10.78	91.57	8.43
Fondo	252.75	8.43	100.00	0.00
Total	2999.89			
Modulo de Fineza:		6.165		
Tamaño Nominal Máximo:		1/2"		

Tabla 5.2. Datos para hallar la granulometría del agregado grueso (sub-redondeado).

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	90.70
9.50 mm	3/8"	40.00	70.00	64.33
6.30 mm	1/4"	20.00	40.00	29.35
4.75 mm	# 4	0.00	15.00	19.21
2.36 mm	# 8	0.00	5.00	8.43

Tabla 5.3. Parámetros de la curva granulométría del agregado grueso (sub-redondeado) – Uso 7.

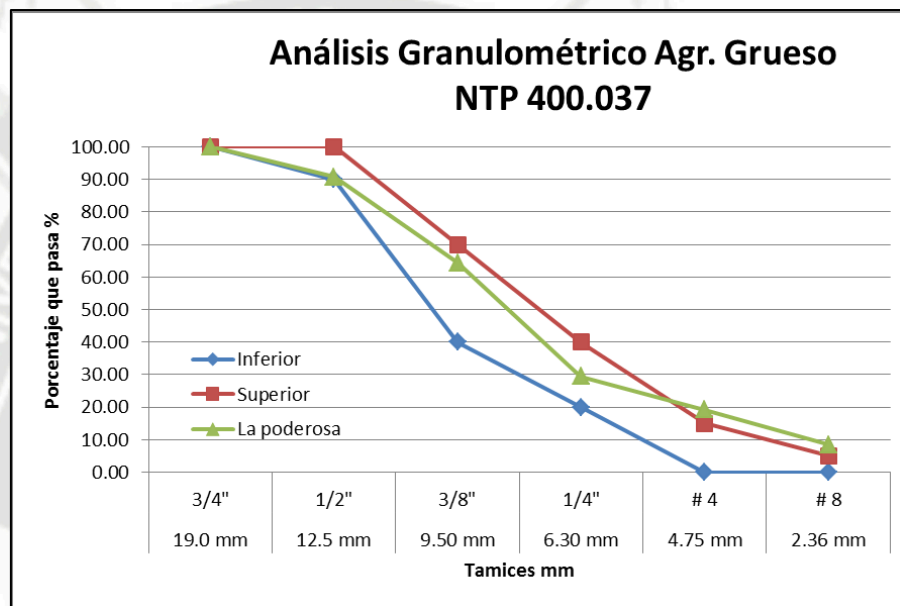


Figura 5.1. Vista de la granulométría del agregado grueso (sub-redondeado) con los parámetros según la norma NTP 400.037 Uso 7.

5.2.3.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.

Normas que rigen el ensayo:

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

- El Ensayo, objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, son los mismos descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.3.3.**

a. 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 5.4. Datos para el cálculo del volumen del proctor para el peso unitario del agregado grueso (sub-redondeado).

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	17.619	5.206	12.413
2	17.625	5.206	12.419
3	17.613	5.206	12.407
4	17.621	5.206	12.415
5	17.729	5.206	12.523
Promedio	17.641	5.206	12.435

Tabla 5.5. Datos para el cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso (sub-redondeado).

Cálculo del peso unitario suelto.

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

$$P.U.S. = 1315.82 \text{ kg/m}^3$$

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	m ³

Tabla 5.6. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (sub-redondeado).

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	18.815	5.206	13.609
2	18.808	5.206	13.602
3	18.821	5.206	13.615
4	18.812	5.206	13.606
5	18.821	5.206	13.615
Promedio	18.815	5.206	13.609

Tabla 5.7. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (sub-redondeado).

Cálculo del peso unitario compactado.

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

$$P.U.S. = 1440.04 \text{ kg/m}^3$$

5.2.3.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

Normas que rigen el ensayo:

- ASTM C 127
- MTC E 206-2000
- NTP 400.021 2002
- El Ensayo objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, son los mismos descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.3.4.**

a. Cálculos y resultados:

Datos:

A: Peso de la muestra seca en gramos.

B: Peso de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

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

A	2412.20	gr.
B	2472.68	gr.
C	1511.02	gr.

Tabla 5.8. Datos para el cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso (sub-redondeado).

Cálculo:

- Peso específico de masa seca.

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

$$P_{em} = \frac{2412.20}{2472.68 - 1511.02}$$

$$P_{em} = 2508.37 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico saturado superficialmente seco.

$$P_{eSSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$P_{eSSS} = \frac{2472.68}{2472.68 - 1511.02}$$

$$P_{eSSS} = 2571.26 \text{ kg/m}^3$$

- Peso específico aparente (Pea).

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C}$$

$$P_{ea} = \frac{2412.20}{2412.20 - 1511.02}$$

$$P_{ea} = 2676.71 \text{ kg/m}^3$$

- Absorción (ab).

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

$$Ab = \frac{2472.68 - 2412.20}{2412.20} * 100$$

$$Ab = 2.51 \%$$

5.2.3.5. 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

- El Ensayo, objetivo, equipo utilizado, preparación de la muestra, procedimientos, son los mismos descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.3.5.**

a. 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 = 2724.30 gr.

Resultado:

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

$$\% \text{desgaste} = \frac{2724.30}{5000.0} * 100\%$$

$$\% \text{desgaste} = 45.5\%$$

5.2.4. AGUA.

El agua utilizada en la presente investigación esta descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.4.**

Peso específico del agua = 1000 Kg/m³.

5.2.5. ADITIVO.

Los aditivos utilizados en la presente investigación están descritos en el **Capítulo 4 en el ítem 4.2.5.**

5.3. DISEÑOS DE MEZCLAS PARA EL CAC.

Procedemos a la realización de los respectivos diseños de mezclas, se utilizaron 3 métodos de diseños de mezclas del comité ACI, el método de Walker y el método Autocompactante desarrollada por el profesor Okamura.

5.3.1. DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN EL COMITÉ 211 DEL ACI.

El procedimiento corresponde al comité ACI-211, que incluyen las tablas y pasos que corresponden a los indicados en dicha norma, estos mismos ya se desarrollaron en el **Capítulo 4 en el ítem 4.3.1.**

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	CHIGUATA
P.U. suelto seco (Kg/m ³)	1663.22	1315.82
P.U. varillado (Kg/m ³)	1880.30	1440.04
P.E. de masa (Kg/m ³)	2611.48	2508.37
Módulo de fineza	2.593	6.165
Absorción	1.23%	2.51%
Contenido de Humedad	0.61%	0.34%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	1/2"

Tabla 5.9. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños del ACI. (sub-redondeado).

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 $F'c = 210, 280, 350, 450, 550 \text{ kgf/cm}^2$.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 210 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	210	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	294	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
250	0.62
294	0.56
300	0.55

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.56	
Contenido de Cemento	386.82	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de finza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	821.83	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	386.82	2850.00	0.136	0.704
Agr. Grueso	821.83	2508.37	0.328	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.296	m³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	772.054	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	386.819	1.00
Agr. Fino	772.054	2.00
Agr. Grueso	821.831	2.12
Agua	216.000	0.56
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	386.819	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	776.763	Kg/m ³	85.34	Kg/bolsa
Agr. Grueso	824.625	Kg/m ³	90.60	Kg/bolsa
Agua	238.620	Lt/m ³	26.22	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	2.01	2.13	0.62	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 280 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	280	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	364	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
350	0.48
364	0.47
400	0.43

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.47	
Contenido de Cemento	463.52	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	821.83	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	463.52	2850.00	0.163	0.731
Agr. Grueso	821.83	2508.37	0.328	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.269	m³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	701.773	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	463.519	1.00
Agr. Fino	701.773	1.51
Agr. Grueso	821.831	1.77
Agua	216.000	0.47
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	463.519	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	706.054	Kg/m ³	64.74	Kg/bolsa
Agr. Grueso	824.625	Kg/m ³	75.61	Kg/bolsa
Agua	238.185	Lt/m ³	21.84	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.52	1.78	0.51	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 350 KGF/CM2

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	350	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	434	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.40	
Contenido de Cemento	545.45	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	821.83	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	545.45	2850.00	0.191	0.760
Agr. Grueso	821.83	2508.37	0.328	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.240	m³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	626.695	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	545.455	1.00
Agr. Fino	626.695	1.15
Agr. Grueso	821.831	1.51
Agua	216.000	0.40
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	545.455	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	630.518	Kg/m ³	49.13	Kg/bolsa
Agr. Grueso	824.625	Kg/m ³	64.25	Kg/bolsa
Agua	237.719	Lt/m ³	18.52	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.16	1.51	0.44	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 450 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	450	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	548	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
548	0.28
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.28	
Contenido de Cemento	765.96	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	821.83	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	765.96	2850.00	0.269	0.837
Agr. Grueso	821.83	2508.37	0.328	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.163	m³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	424.646	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	765.957	1.00
Agr. Fino	424.646	0.55
Agr. Grueso	821.831	1.07
Agua	216.000	0.28
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	765.957	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	427.237	Kg/m ³	23.71	Kg/bolsa
Agr. Grueso	824.625	Kg/m ³	45.76	Kg/bolsa
Agua	236.467	Lt/m ³	13.12	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	0.56	1.08	0.31	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO ACI F'C = 550 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	550	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	648	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TMN agregados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado (Temperaturas normales)				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
648	0.18
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	216	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.18	
Contenido de Cemento	1186.81	Kg.

H) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Vol. del agr. grueso seco y compactado por unidad de vol. de concreto para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

M.F.	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola
2.400	0.590	
2.593	0.571	
2.600	0.570	

Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.U. Varillado)	821.83	Kg.
--	---------------	------------

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

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	1186.81	2850.00	0.416	0.985
Agr. Grueso	821.83	2508.37	0.328	
Agua	216.00	1000.00	0.216	
Aire	2.50		0.025	

J) Volumen del Agregado Fino y Peso

Volumen Agr. Fino (1 - Vol.)	0.015	m³
Peso del Agr. Grueso (Vol. * P.E. masa)	39.013	Kg.

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	1186.813	1.00
Agr. Fino	39.013	0.03
Agr. Grueso	821.831	0.69
Agua	216.000	0.18
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	1186.813	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	39.251	Kg/m ³	1.41	Kg/bolsa
Agr. Grueso	824.625	Kg/m ³	29.53	Kg/bolsa
Agua	234.076	Lt/m ³	8.38	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	0.03	0.69	0.20	0.5 - 2.0%

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS POR EL MÉTODO DEL ACI.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO COMITÉ ACI 211										
Materiales	F'c=210		F'c=280		F'c=350		F'c=450		F'c=550	
	F'cr=294		F'cr=364		F'cr=434		F'cr=548		F'cr=648	
	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño
Cemento	386.82	1.00	463.52	1.00	545.45	1.00	765.96	1.00	1186.81	1.00
Agr. Fino	776.76	2.01	706.05	1.52	630.52	1.16	427.24	0.56	39.25	0.03
Agr. Grueso	824.63	2.13	824.63	1.78	824.63	1.51	824.63	1.08	824.63	0.69
Agua	238.62	0.62	238.18	0.51	237.72	0.44	236.47	0.31	234.08	0.20
Aditivo I (%)	0.70%		0.80%		0.90%		1.20%		2.00%	
Aditivo II (%)	0.60%		0.70%		0.90%		1.30%		2.00%	
Aditivo III (%)	2.00%		2.00%		2.00%		2.00%		2.00%	

Tabla 5.10. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método del comité ACI 211. (sub-redondeado).

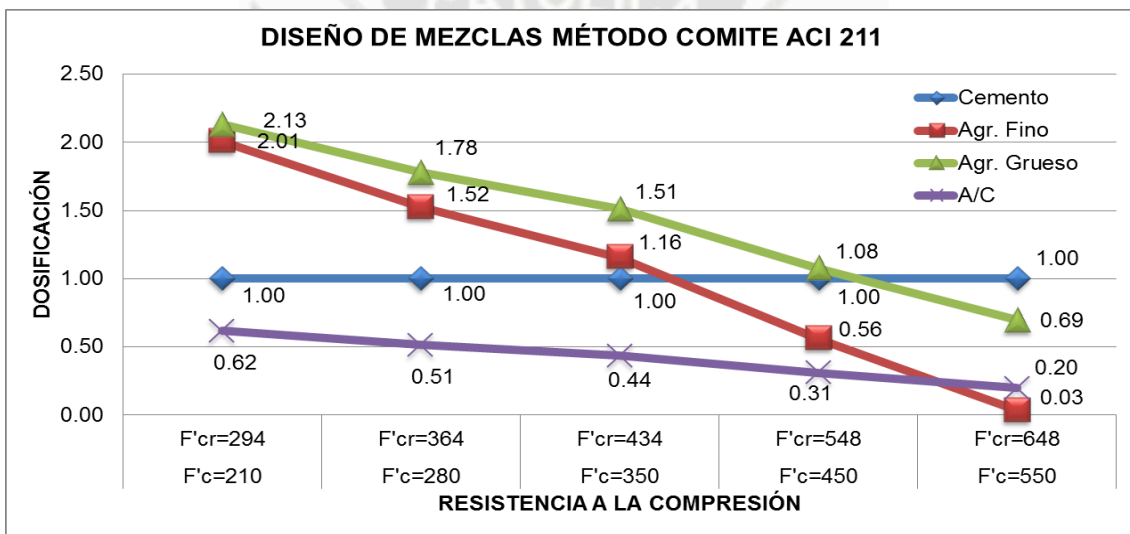


Figura 5.2. Vista de la dosificación por del método comité ACI 211, para cada resistencia requerida. (sub-redondeado).

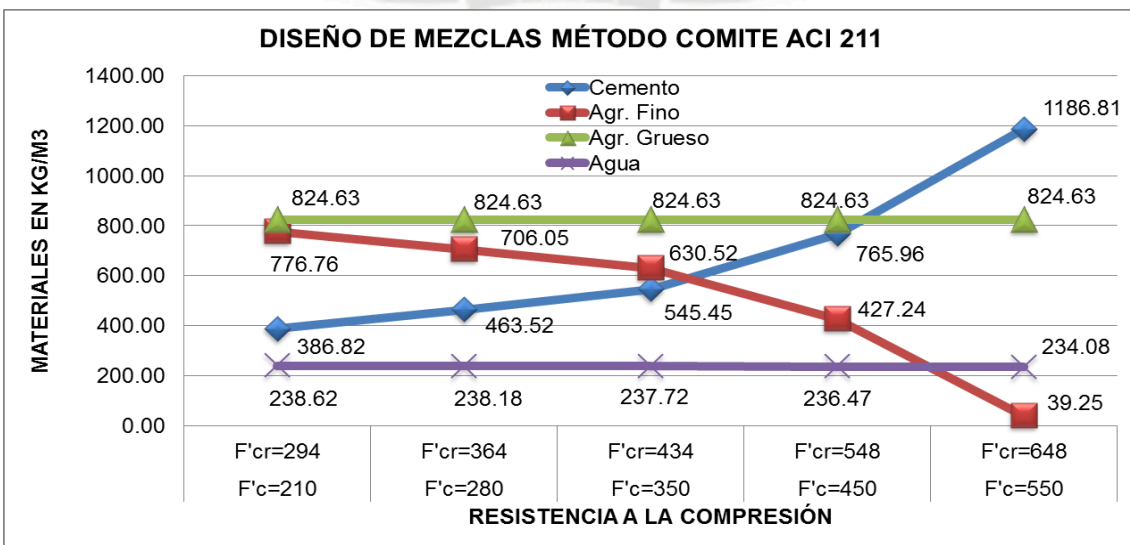


Figura 5.3. Vista de la dosificación en Kg/m3 para cada resistencia ACI. (sub-redondeado).

5.3.2. DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN WALKER.

El siguiente procedimiento corresponde al diseño por el método de Walker, que incluyen las tablas y pasos que se realizaron para hallar el diseño de mezclas, estos mismos ya se desarrollaron en el **Capítulo 4 en el ítem 4.3.2.**

Como se utiliza un agregado sub-redondeado, para este método solo cambian 2 tablas del método de Walker que a continuación se describe para la realización de los diseños de mezclas.

- El asentamiento que se utilizó para el volumen de agua fue el de 2 a 4 pulgadas y el tamaño máximo nominal del agregado que es de 1/2 pulgada. Por lo tanto la cantidad de agua para el **agregado redondeado es de 197 lt/m³**, según la tabla de Walker.

Volumen de Agua.				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204
1"	163	182	178	197
1 1/2"	155	170	170	185
2"	148	163	163	178

Tabla 5.11. Cuadro de volumen de agua utilizando el TMN. del agregado grueso (redondeado) y el asentamiento utilizado– (Fuente Walker).

- Se procede a calcular la cantidad de agregado fino según las tablas de Walker tomando de referencia el lado de **agregado redondeado.**

Selección Peso del Agregado Fino.				
TNM del Agregado Grueso	Agregado Redondeado			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cubico			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	66	62	59	56
1/2"	53	50	47	44
3/4"	44	41	38	36
1"	42	39	37	35
1 1/2"	40	37	35	33
2"	37	35	33	32

Tabla 5.12. Cuadro de selección del peso del agregado fino según el TMN del agregado grueso (redondeado) y el factor del cemento (Fuente Walker).

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	CHIGUATA
P.U. suelto seco (Kg/m ³)	1663.22	1315.82
P.U. varillado (Kg/m ³)	1880.30	1440.04
P.E. de masa (Kg/m ³)	2611.48	2508.37
Módulo de fineza	2.593	6.165
Absorción	1.23%	2.51%
Contenido de Humedad	0.61%	0.34%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	1/2"

Tabla 5.13. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños de Walker. (sub-redondeado).

Con las propiedades del cemento, agua y agregados procedemos a realizar los diseños de mezclas según en método de Walker. Para resistencias de $F'c = 210, 280, 350, 450, 550 \text{ kgf/cm}^2$.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'c = 210 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	210	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	294	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
250	0.62
294	0.56
300	0.55

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	197	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.56	
Contenido de Cemento	352.79	Kg.
Cantidad de bolsas por m ³	8.3	bolsas/m ³

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	352.79	2850.00	0.124	0.346
Agua	197.00	1000.00	0.197	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.654	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Redondeado			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	66	62	59	56
1/2"	53	50	47	44
3/4"	44	41	38	36
Factor Cemento	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola		
7.00	47			
8.30	43.097			
8.00	44			

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	0.282
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.372

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	736.30	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	933.78	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	352.794	1.00
Agr. Fino	736.295	2.09
Agr. Grueso	933.784	2.65
Agua	197.000	0.56
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	352.794	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	740.786	Kg/m ³	89.24	Kg/bolsa
Agr. Grueso	936.959	Kg/m ³	112.87	Kg/bolsa
Agua	221.828	Lt/m ³	26.72	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	2.10	2.66	0.63	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'c = 280 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	280	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	364	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
350	0.48
364	0.47
400	0.43

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	197	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.47	
Contenido de Cemento	422.75	Kg.
Cantidad de bolsas por m ³	9.9	bolsas/m ³

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	422.75	2850.00	0.148	0.370
Agua	197.00	1000.00	0.197	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.630	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Redondeado			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	66	62	59	56
1/2"	53	50	47	44
3/4"	44	41	38	36
Factor Cemento	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola		
7.00	47			
9.95	38.159			
8.00	44			

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	0.240
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.389

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	627.47	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	976.74	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	422.747	1.00
Agr. Fino	627.474	1.48
Agr. Grueso	976.741	2.31
Agua	197.000	0.47
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	422.747	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	631.302	Kg/m ³	63.47	Kg/bolsa
Agr. Grueso	980.061	Kg/m ³	98.53	Kg/bolsa
Agua	222.086	Lt/m ³	22.33	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.49	2.32	0.53	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'c = 350 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	350	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	434	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
434	0.40
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	197	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.40	
Contenido de Cemento	497.47	Kg.
Cantidad de bolsas por m ³	11.7	bolsas/m ³

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	497.47	2850.00	0.175	0.397
Agua	197.00	1000.00	0.197	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.603	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Redondeado			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	66	62	59	56
1/2"	53	50	47	44
3/4"	44	41	38	36
Factor Cemento	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola		
7.00	47			
11.71	32.884			
8.00	44			

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	0.198
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.405

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	518.22	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	1015.91	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	497.475	1.00
Agr. Fino	518.218	1.04
Agr. Grueso	1015.912	2.04
Agua	197.000	0.40
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	497.475	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	521.379	Kg/m ³	44.54	Kg/bolsa
Agr. Grueso	1019.366	Kg/m ³	87.09	Kg/bolsa
Agua	222.258	Lt/m ³	18.99	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.05	2.05	0.45	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'c = 450 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	450	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	548	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
548	0.28
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	197	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.28	
Contenido de Cemento	698.58	Kg.
Cantidad de bolsas por m3	16.4	bolsas/m3

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	698.58	2850.00	0.245	0.467
Agua	197.00	1000.00	0.197	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.533	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Redondeado			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	66	62	59	56
1/2"	53	50	47	44
3/4"	44	41	38	36
Factor Cemento	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola		
7.00	47			
16.44	18.688			
8.00	44			

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	0.100
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.433

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	260.07	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	1086.87	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	698.582	1.00
Agr. Fino	260.070	0.37
Agr. Grueso	1086.868	1.56
Agua	197.000	0.28
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	698.582	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	261.656	Kg/m ³	15.92	Kg/bolsa
Agr. Grueso	1090.563	Kg/m ³	66.35	Kg/bolsa
Agua	222.197	Lt/m ³	13.52	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	0.37	1.56	0.32	0.5 - 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER F'c = 550 KG/CM²

A) Resistencia Promedio Requerida (f'cr).

F'c =	550	Kg/cm²	
< 210 Kg/cm ²	f'c + 70 =	70	Kg/cm ²
210 - 350 Kg/cm ²	f'c + 84 =	84	Kg/cm ²
> 350 Kg/cm ²	f'c + 98 =	98	Kg/cm ²
F'cr =	648	Kg/cm²	

B) Tamaño Nominal Máximo.

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

C) Asentamiento :

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
Vigas y muros armados	1"	4"
Columnas	2"	4"
Muros y Pavimentos	1"	3"

D) Contenido de Aire atrapado.

TMN del Agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0

E) Volumen de Agua.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicado			
	1" a 2"		3" a 4"	
	Agregado Redondeado	Agregado angular	Agregado Redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204

F) Relación Agua Cemento.

f'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

F'cr =	a/c
400	0.43
648	0.18
450	0.38

Nota: si el f'cr está entre dos valores de la tabla se interpola

G) Contenido de Cemento

Contenido de agua	197	lt/m ³
Relación agua/cemento (a/c)	0.18	
Contenido de Cemento	1082.42	Kg.
Cantidad de bolsas por m3	25.5	bolsas/m3

H) Volúmenes Absolutos de Material.

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	1082.42	2850.00	0.380	0.602
Agua	197.00	1000.00	0.197	
Aire	2.50		0.025	

I) Volumen de los Agregados.

Volumen de los Agregados (1-Vol.)	0.398	m ³
-----------------------------------	-------	----------------

J) Selección Peso del Agregado Grueso.

TNM del Agregado Grueso	Agregado Redondeado			
	Factor cemento expresado en sacos por metro			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Agregado Fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7				
3/8"	66	62	59	56
1/2"	53	50	47	44
3/4"	44	41	38	36
Factor Cemento	Vol.	Nota: si el volumen esta entre dos valores de la tabla se interpola		
7.00	47			
25.47	-8.406			
8.00	44			

K) Volumen absoluto de agregado grueso y fino

Vol. Abs. Ag Fino (Vol de agregados*%Agr. Fino)	-0.033
Vol. Abs. Ag Grueso (Vol de Agregados - Vol Agr.fino)	0.432

L) Volumen del Agregado Fino y Peso

Peso seco del agr. fino (Vol.*P.E. masa)	-87.41	Kg/m ³
Peso seco del agr. grueso (Vol.*P.E. masa)	1082.81	Kg/m ³

K) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	1082.418	1.00
Agr. Fino	-87.414	-0.08
Agr. Grueso	1082.806	1.00
Agua	197.000	0.18
Aire %	2.5	-----

L) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	1082.418	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	-87.947	Kg/m ³	-3.45	Kg/bolsa
Agr. Grueso	1086.488	Kg/m ³	42.66	Kg/bolsa
Agua	219.955	Lt/m ³	8.64	Lt/bolsa
Aire %	2.5	%	2.50	%
Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	-0.08	1.00	0.20	0.5 - 2.0%

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DEL MÉTODO DEL WALKER.

DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO WALKER										
Materiales	F'c=210		F'c=280		F'c=350		F'c=450		F'c=550	
	F'cr=294		F'cr=364		F'cr=434		F'cr=548		F'cr=648	
	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño	Kg/m3	Diseño
Cemento	352.79	1.00	422.75	1.00	497.47	1.00	698.58	1.00	1082.42	1.00
Agr. Fino	740.79	2.10	631.30	1.49	521.38	1.05	261.66	0.37	-87.95	-0.08
Agr. Grueso	936.96	2.66	980.06	2.32	1019.37	2.05	1090.56	1.56	1086.49	1.00
Agua	221.83	0.63	222.09	0.53	222.26	0.45	222.20	0.32	219.95	0.20
Aditivo I (%)	0.80%		0.90%		1.00%		1.30%		2.00%	
Aditivo II (%)	0.70%		0.80%		1.00%		1.40%		2.00%	
Aditivo III (%)	2.00%		2.00%		2.00%		2.00%		2.00%	

Tabla 5.14. Cuadro de resúmenes de los diseños de mezclas según el método Walker. (sub-redondeado).

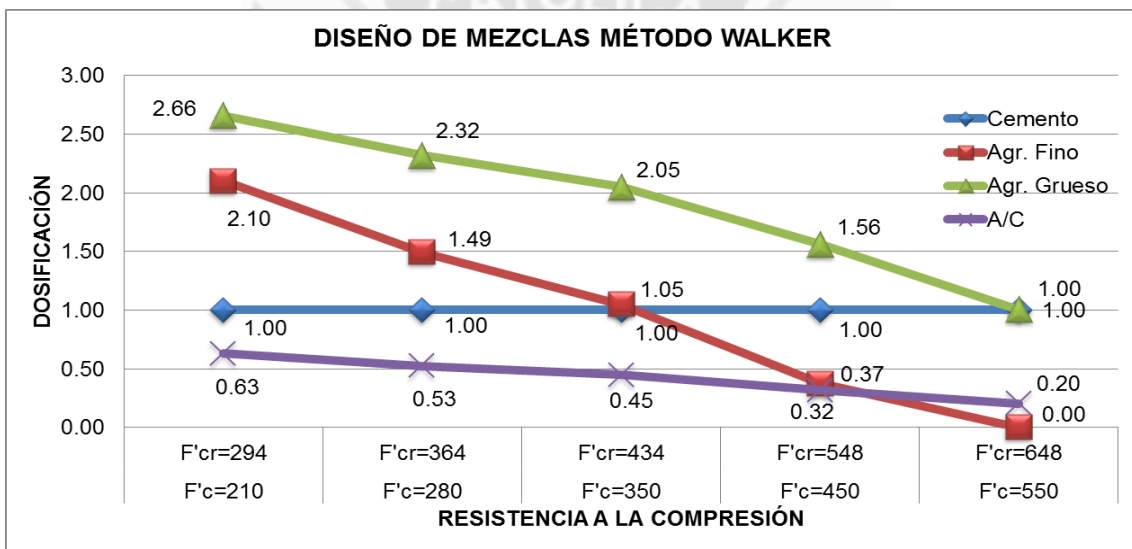


Figura 5.4. Vista de la dosificación por del método de Walker, para cada resistencia requerida (sub-redondeado).

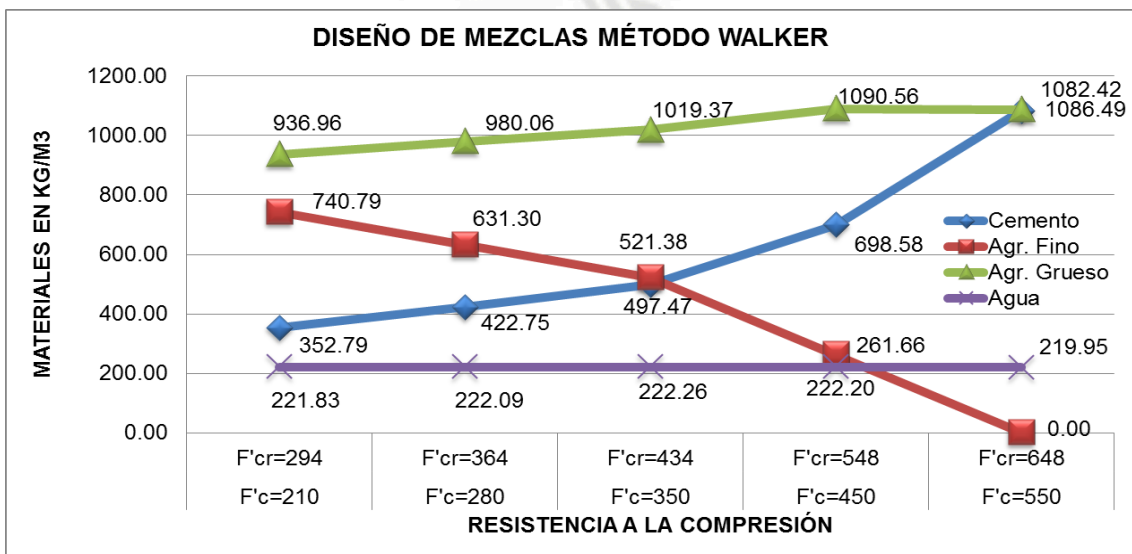


Figura 5.5. Vista de la dosificación en Kg/m3 para cada resistencia Walker (sub-redondeado).

5.3.3. DISEÑO DE MEZCLAS SEGÚN OKAMURA.

El método autocompactante que se utilizó, se basa en el método desarrollado por el profesor Okamura que incluye los pasos que se realizaron para hallar el diseño de mezclas, estos mismos ya se desarrollaron en el **Capítulo 4 en el ítem 4.3.3.**

- **Del contenido de aire deseado (principalmente un 2%).**

El contenido de aire puede establecerse en general en un 2 por ciento, o un valor superior que se especifica cuando quiere diseñarse concreto resistente a los ciclos hielo-deshielo.

- **Determinación del volumen de árido grueso.**

El volumen de agregado grueso se define por su densidad. El contenido de agregado grueso en general ($D > 4$ mm) debe ser de entre el 50 y el 60 por ciento. Cuando el volumen de agregado grueso en el concreto supera un cierto límite, las posibilidades de colisión o contacto entre las partículas del agregado grueso, aumenta rápidamente y también se incrementa el riesgo de bloqueo cuando, el concreto pasa por los espacios entre las armaduras.

- **Determinación del contenido de agregado fino.**

El agregado fino, en el contexto de este procedimiento de composición de mezcla, se define como todas las partículas de tamaño superior a 0,125 mm y menor a 4 mm.

El contenido del agregado fino se define por su densidad. El contenido de volumen óptimo del agregado fino varía entre el 40 y el 50%.

- **Determinación del contenido del cemento.**

La selección del tipo de cemento depende de los requisitos globales del concreto, como durabilidad, resistencia, etc.

El contenido habitual de cemento es de 350-450 kg/m³.

➤ **Determinación del contenido de agua.**

La relación agua/cemento se selecciona sobre la base de los requisitos del diseño. Normalmente el contenido de agua no supera los 200 litros/m³.

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	CHIGUATA
P.U. suelto seco (Kg/m ³)	1663.22	1315.82
P.U. varillado (Kg/m ³)	1880.30	1440.04
P.E. de masa (Kg/m ³)	2611.48	2508.37
Módulo de fineza	2.593	6.165
Absorción	1.23%	2.51%
Contenido de Humedad	0.61%	0.34%
Tamaño Nominal Máximo (pulg.)	-	1/2"

Tabla 5.15. Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños de Walker.

Con las propiedades del cemento, agua y agregados procedemos a realizar el diseño por el método de Okamura.

A) Contenido de Aire atrapado.

Aire atrapado	2	%
---------------	---	---

B) Volumen de Agua.

Contenido de Agua	200	lt/m ³
-------------------	-----	-------------------

C) Contenido de Cemento

Contenido de Cemento	585.00	Kg/m ³
----------------------	--------	-------------------

D) Calculo de la suma de Volúmenes Absolutos

Material	Pesos (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m ³)	Volumen Total
Cemento	585.00	2850.00	0.205	0.425
Agua	200.00	1000.00	0.200	
Aire %	2.00		0.020	

E) Volumen del Agregado Fino y del Agregado Grueso

Volumen de los Agregados (1-Vol. total)	0.575	m ³
Volumen de Agregado Fino 50%	0.287	m ³
Volumen de Agregado Grueso 50%	0.287	m ³

F) Calculo Peso en estado seco del Agregado Fino y grueso

Peso seco Agr. Fino (Vol.*P.E. masa)	750.457	Kg/m ³
Peso seco Agr. Grueso (Vol.*P.U.Varillado)	413.822	Kg/m ³

G) Presentación del Diseño en estado Seco.

Material	Peso seco	Proporción
Cemento	585.000	1.00
Agr. Fino	750.457	1.28
Agr. Grueso	413.822	0.71
Agua	200.000	0.34
Aire %	2	-----

H) Diseño Final por Corrección por Humedad

Material	Peso / m ³	Unidad	Peso / bolsa	Unidad
Cemento	585.000	Kg/m ³	42.50	Kg/bolsa
Agr. Fino	755.035	Kg/m ³	54.85	Kg/bolsa
Agr. Grueso	415.229	Kg/m ³	30.17	Kg/bolsa
Agua	213.633	Lt/m ³	15.52	Lt/bolsa
Aire %	2.0	%	2.00	%

Cemento	A° Fino	A° Grueso	Agua	Aditivo
1.0	1.29	0.71	0.37	0.5 - 2.0%

RESUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA DEL MÉTODO DE OKAMURA.

DISEÑO AUTOCOMPACTANTE PROFESOR OKAMURA		
Materiales	F'c=???	
	F'cr=???	
	Kg/m3	Diseño
Cemento	585.00	1.00
Agr. Fino	755.03	1.29
Agr. Grueso	415.23	0.71
Agua	213.63	0.37
Aditivo I (%)	1.40%	
Aditivo II (%)	1.20%	
Aditivo III (%)	2.00%	

Tabla 5.16. Cuadro de resumen del diseño de Okamura (sub-redondeado).

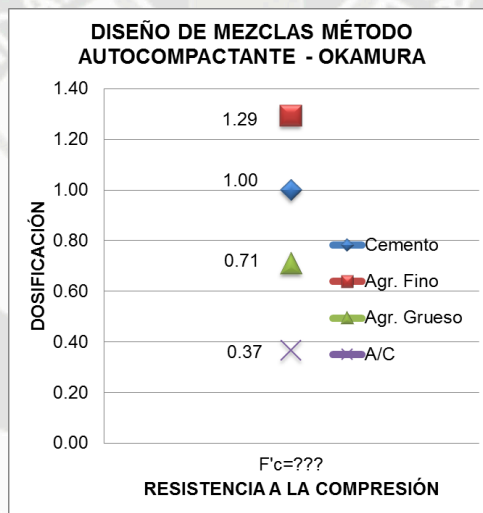


Figura 5.6. Vista de la dosificación método de Okamura (sub-redondeado).

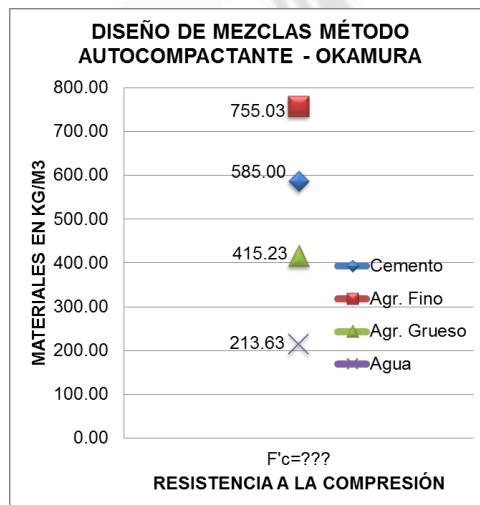
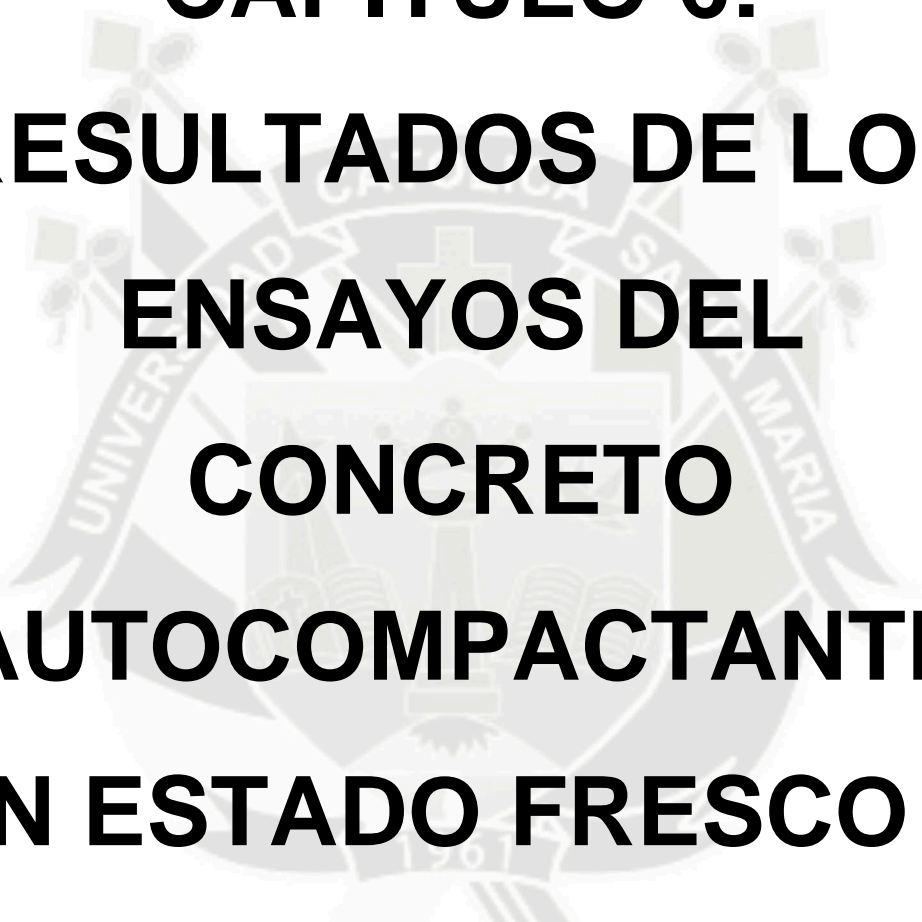


Figura 5.7. Vista de la dosificación en Kg/m3 Okamura (sub-redondeado).



**CAPITULO 6:
RESULTADOS DE LOS
ENSAYOS DEL
CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE
EN ESTADO FRESCO Y
ENDURECIDO CON
AGREGADO ANGULAR.**

6.1. SECUENCIA DE LOS ENSAYOS DEL CAC PARA EL AGREGADO ANGULAR.

Teniendo los diseños de mezclas $f'c = 210, 280, 350, 450, 550 \text{ kgf/cm}^2$ los cuales se utilizaran en el vaciado, lo primero que se realizo fue el obtener la dosis exacta del porcentaje óptimo de los aditivos para cada diseño.

Se realizaron varios ensayos los cuales nos permitieron obtener el porcentaje óptimo de aditivo. Ya que si se colocaba la dosis máxima permitida en la ficha técnica de cada aditivo, al momento de vaciar se presentaba el problema de la segregación y con este problema incurriamos en una de las 3 propiedades que debe cumplir un concreto autocompactante.

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

El procedimiento de los ensayos fue el siguiente:

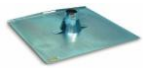



- Primero: Se realizó el ensayo de extensión de flujo, el cual tiene 2 parámetros de medición, el flujo de asentamiento a T50cm que es medido en segundos. Y el segundo que es el flujo de asentamiento propiamente dicho que mide la expansibilidad de la mezcla medida en mm.
- Segundo: De ahí se procede a realizar el ensayo del Embudo "V", el cual también se subdivide en 2 ensayos, el primero es el de tomar el tiempo que se demora en pasar toda la mezcla por el equipo y el segundo es tomar el tiempo que demora en pasar toda la mezcla por este equipo la diferencia es que antes de abrir la compuerta se tiene que esperar 5 minutos.

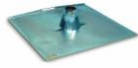



- Tercero: Luego se realiza el ensayo de la Caja "L", en el cual se mide las diferencias de alturas después de que la mezcla pase de la caja vertical a través de una malla de aceros a la caja horizontal.
- Cuarto: Y por último se realiza el ensayo de la Caja "U", el cual se puede decir que es el que más facultad tiene su realización, donde se mide la diferencia de alturas de los dos compartimientos.
- Todos los datos del concreto autocompactante en estado fresco fueron registrados en las fichas de recolección de datos de concreto autocompactado (Anexo 05) los cuales se describe en el ítem 6.2.

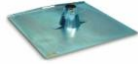

Después de los ensayos en estado fresco del concreto autocompactado se procede a vaciar en los testigos, para luego llevarlos a la posa de curado y romper las probetas a los 7, 14 y 28 días.

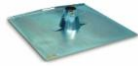



6.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO COMITÉ 211 ACI.

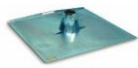



6.2.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO COMITÉ 211 ACI.

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	0.80%	F'C	210	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	3.5 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 691	D2= 684	688
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	9.0 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	10.4 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.4	H2= 7.1	0.85
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 269	H2= 289	20

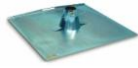



MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	0.90%	F'C	280	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.1 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 701	D2= 695	698
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	9.8 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	11.3 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.0	H2= 6.5	0.72
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 243	H2= 315	72

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	1.00%	F'C	350	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.7 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 739	D2= 728	734
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	14.8 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	18.8 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.4	H2= 6.1	0.65
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 200	H2= 340	140

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	1.30%	F'C	450	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	18.1 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 679	D2= 665	672
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	39.5 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	46.7 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.8	H2= 5.7	0.58
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 135	H2= 415	280

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	0.70%	F'C	210	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	3.4 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 650	D2= 640	645
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	8.9 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	10.4 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.3	H2= 7.2	0.87
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 271	H2= 287	16

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	0.80%	F'C	280	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	3.9 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 680	D2= 696	688
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	9.8 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	11.3 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.5	H2= 6.9	0.81
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 256	H2= 302	46

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	1.00%	F'C	350	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.9 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 718	D2= 729	724
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	12.8 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	16.8 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.3	H2= 6.2	0.67
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 219	H2= 339	120

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	1.40%	F'C	450	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	19.6 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 705	D2= 681	693
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	34.5 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	39.7 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.7	H2= 5.8	0.60
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 160	H2= 398	238

Método	Comité 211 ACI		F'C	210 kg/cm ²	280kg/cm ²	350 kg/cm ²	450 kg/cm ²
Aditivo	ADITIVO I		Cantidad	0.80%	0.90%	1.00%	1.30%
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		Min.	Max.				
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	688	698	734	672
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	3.5	4.1	4.7	18.1
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	9.0	9.8	14.8	39.5
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	10.4	11.3	18.8	46.7
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.85	0.72	0.65	0.58
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	20	72	140	280

Tabla 6.1. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método ACI, aditivo I con agregado angular.

Método	Comité 211 ACI		F'C	210 kg/cm ²	280kg/cm ²	350 kg/cm ²	450 kg/cm ²
Aditivo	ADITIVO II		Cantidad	0.70%	0.80%	1.00%	1.40%
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		Min.	Max.				
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	645	688	724	693
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	3.4	3.9	4.9	19.6
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	8.9	9.8	12.8	34.5
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	10.4	11.3	16.8	39.7
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.87	0.81	0.67	0.60
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	16	46	120	238

Tabla 6.2. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método ACI, aditivo II con agregado angular.

6.2.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO COMITÉ 211 ACI.

MÉTODO DE DISEÑO DE COMITÉ 211 ACI UTILIZANDO ADITIVO I						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
ACI	Aditivo I	210	294	221.1	298.4	345.5
ACI	Aditivo I	280	364	333.8	428.1	486.1
ACI	Aditivo I	350	434	407.8	529.4	583.9
ACI	Aditivo I	450	548	500.5	621.5	647.9

Tabla 6.3. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo I con agregado angular.

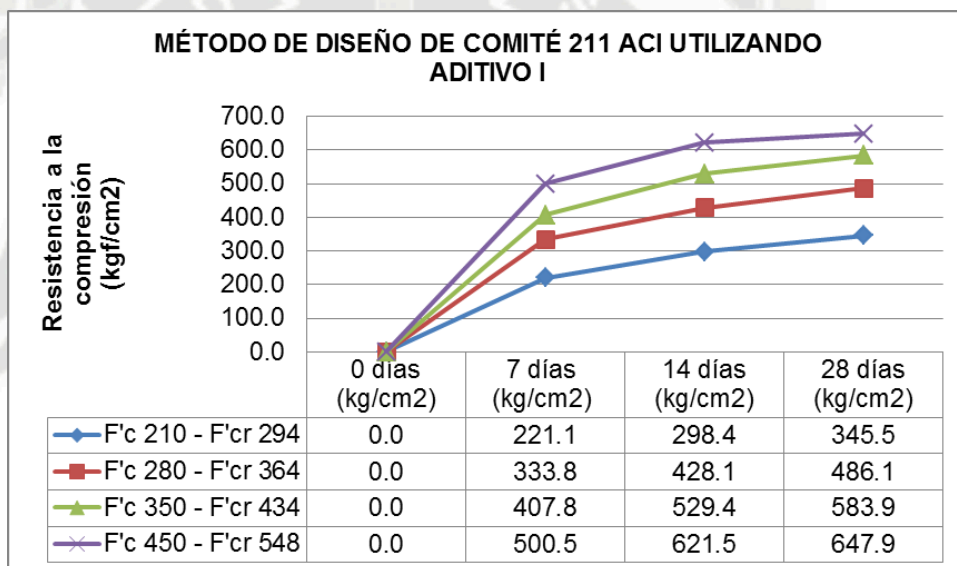


Figura 6.1. Vista de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo I con agregado angular.

MÉTODO DE DISEÑO DE COMITÉ 211 ACI UTILIZANDO ADITIVO II						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
ACI	Aditivo II	210	294	238.4	308.2	327.4
ACI	Aditivo II	280	364	354.6	458.1	474.4
ACI	Aditivo II	350	434	414.2	487.4	512.7
ACI	Aditivo II	450	548	530.1	595.4	601.2

Tabla 6.4. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo II con agregado angular.

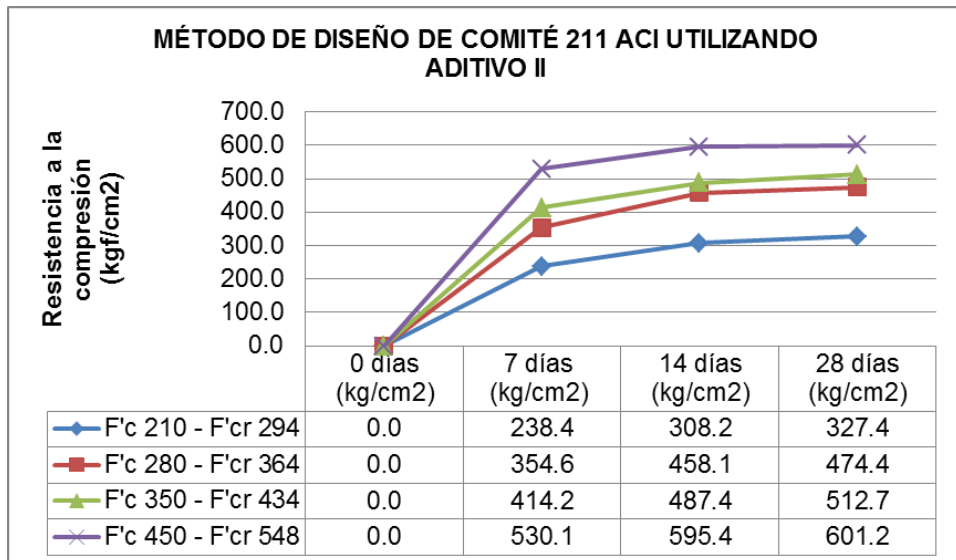
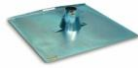








Figura 6.2. Vista de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo II con agregado angular.

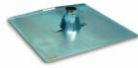



6.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO WALKER.

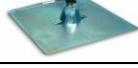



6.3.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO WALKER.

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	0.70%	F'C	210	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	3.8 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 660	D2= 650	655
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	6.2 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	8.4 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.2	H2= 7.2	0.88
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 271	H2= 286	15





MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	0.90%	F'C	280	kg/cm2
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.5 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 678	D2= 659	669
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	7.2 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	9.8 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.6	H2= 6.9	0.80
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 265	H2= 293	28




MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	1.00%	F'C	350	kg/cm2
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	5.9 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 776	D2= 760	768
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	12.8 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	15.6 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.2	H2= 6.3	0.68
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 211	H2= 347	136

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	1.30%	F'C	450	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	15.3 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 695	D2= 677	686
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	33.2 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	37.9 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.6	H2= 5.9	0.61
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 148	H2= 410	262

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	0.60%	F'C	210	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.5 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 680	D2= 663	672
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	9.3 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	11.4 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 10.8	H2= 9.9	0.92
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 274	H2= 284	10

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	0.80%	F'C	280	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.0 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 699	D2= 679	689
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	12.0 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	14.7 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.5	H2= 7.0	0.82
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 267	H2= 291	24

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	1.00%	F'C	350	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.8 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 757	D2= 733	745
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	15.3 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	19.8 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.1	H2= 6.4	0.70
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 242	H2= 316	74

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	1.40%	F'C	450	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	13.4 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 715	D2= 695	705
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	30.1 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	36.8 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.5	H2= 6.0	0.63
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 194	H2= 364	170

Método	Método Walker		F'C	210 kg/cm ²	280kg/cm ²	350 kg/cm ²	450 kg/cm ²
Aditivo	ADITIVO I		Cantidad	0.70%	0.90%	1.00%	1.30%
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		Min.	Max.				
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	655	669	768	686
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	3.8	4.5	5.9	15.3
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	6.2	7.2	12.8	33.2
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	8.4	9.8	15.6	37.9
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.88	0.80	0.68	0.61
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	15	28	136	262

Tabla 6.5. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método Walker, aditivo I con agregado angular.

Método	Método Walker		F'C	210 kg/cm ²	280kg/cm ²	350 kg/cm ²	450 kg/cm ²
Aditivo	ADITIVO II		Cantidad	0.60%	0.80%	1.00%	1.40%
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		Min.	Max.				
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	672	689	745	705
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	4.5	4.0	4.8	13.4
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	9.3	12.0	15.3	30.1
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	11.4	14.7	19.8	36.8
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.92	0.82	0.70	0.63
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	10	24	74	170

Tabla 6.6. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método Walker, aditivo II con agregado angular.

6.3.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO DISEÑO WALKER.

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER UTILIZANDO ADITIVO I						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Walker	Aditivo I	210	294	216.3	298.4	320.8
Walker	Aditivo I	280	364	308.9	386.8	415.6
Walker	Aditivo I	350	434	396.8	509.8	560.0
Walker	Aditivo I	450	548	479.6	595.9	611.5

Tabla 6.7. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo I con agregado angular.

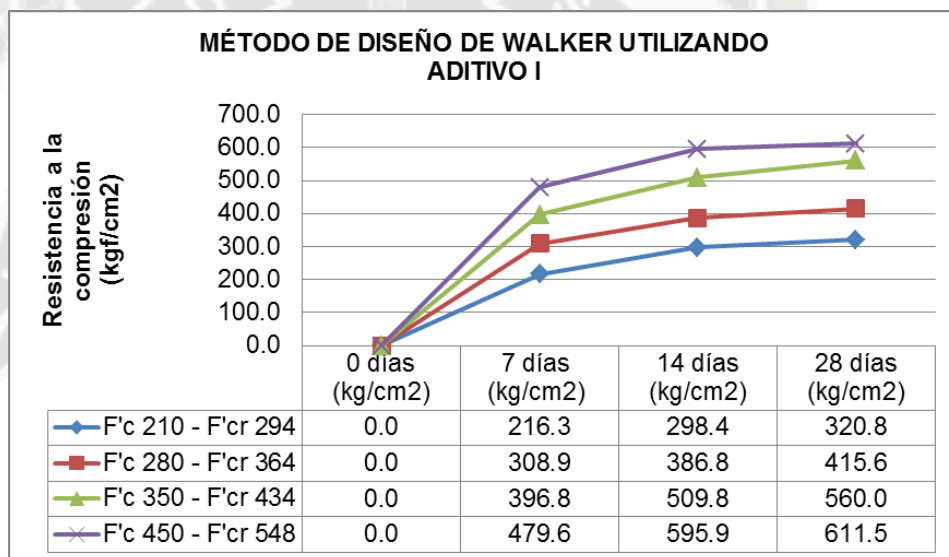


Figura 6.3. Vista de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo I con agregado angular.

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER UTILIZANDO ADITIVO II						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Walker	Aditivo II	210	294	237.8	295.1	306.8
Walker	Aditivo II	280	364	320.1	381.5	395.1
Walker	Aditivo II	350	434	378.5	441.4	475.4
Walker	Aditivo II	450	548	539.7	594.7	599.3

Tabla 6.8. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo II con agregado angular.

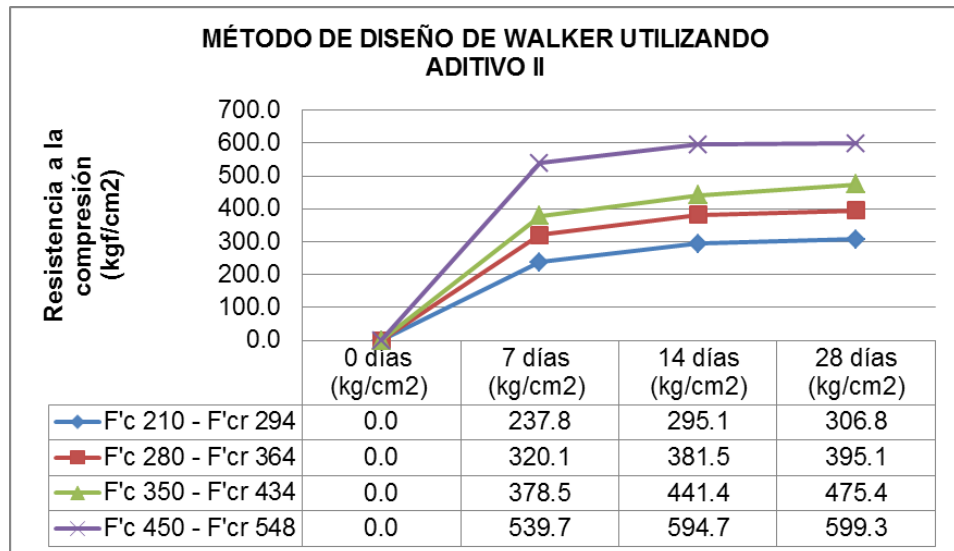


Figura 6.4. Vista de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo II con agregado angular.

6.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO OKAMURA.

6.4.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO OKAMURA.

MÉTODO AUTOCOMPACTANTE DE OKAMURA						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	1.50%	F'C	????	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.5 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 771	D2= 756	764
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	11.2 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	13.7 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.0	H2= 7.5	0.94
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 274	H2= 285	11

MÉTODO AUTOCOMPACTANTE DE OKAMURA						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	1.30%	F'C	????	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.1 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 782	D2= 769	776
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	10.9 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	13.7 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 7.9	H2= 7.6	0.96
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 275	H2= 284	9

Método	Autocompactante Okamura	F'C	-----	
Aditivo	ADITIVO I	Cantidad	1.5%	
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado
		Mín.	Max.	
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	764
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	4.5
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	11.2
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	13.7
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.94
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	11

Tabla 6.9. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método de Okamura, aditivo I con agregado angular.

Método	Autocompactante Okamura	F'C		-----
Aditivo	ADITIVO II	Cantidad		1.3%
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado
		Min.	Max.	
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	776
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	4.1
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	10.9
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	13.7
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.97
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	28

Tabla 6.10. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método de Okamura, aditivo II con agregado angular.

6.4.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO DISEÑO OKAMURA.

MÉTODO DE DISEÑO DE OKAMURA						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Okamura	Aditivo I	-----	-----	368.2	488.2	514.1
Okamura	Aditivo II	-----	-----	401.4	541.7	577.6

Tabla 6.11. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método de Okamura, aditivo I y II con agregado angular.

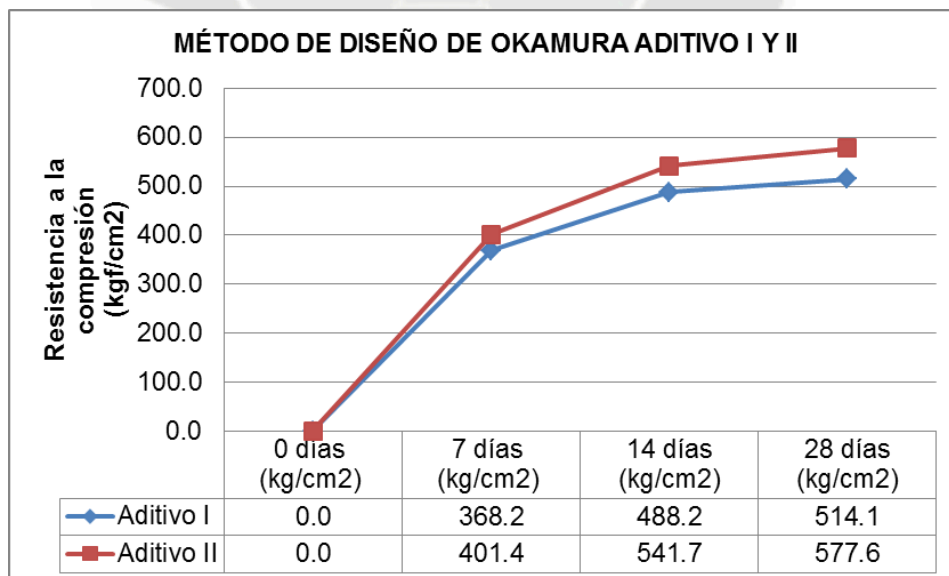


Figura 6.5. Vista de la resistencia a la compresión método de Okamura, aditivo I y II con agregado angular.

**CAPITULO 7:
RESULTADOS DE LOS
ENSAYOS DEL
CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE
EN ESTADO FRESCO Y
ENDURECIDO CON
AGREGADO SUB-
REDONDEADO.**

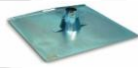



7.1. SECUENCIA DE LOS ENSAYOS DEL CAC PARA EL AGREGADO SUB-REDONDEADO.

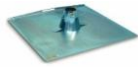



Es así que, teniendo los diseños de mezclas $f'c = 210, 280, 350, 450, 550$ kg/cm², los cuales se utilizara en el vaciado, lo primero que se realizo fue el obtener la dosis exacta del porcentaje óptimo de los aditivos para cada diseño, estos fueron diferentes a los utilizados en los diseños con agregado angular.

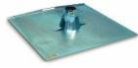



El procedimiento de los ensayos ya fue descrito en el capítulo 8 en el ítem 8.1.

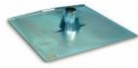



7.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO COMITÉ 211 ACI.

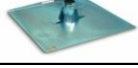



7.2.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO COMITÉ 211 ACI.

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	0.70%	F'C	210	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	2.9 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 700	D2= 688	694
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	7.9 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	10.1 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.2	H2= 7.1	0.87
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 269	H2= 289	20

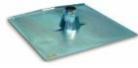



MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	0.80%	F'C	280	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	3.4 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 712	D2= 698	705
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	8.5 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	10.4 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.5	H2= 6.9	0.81
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 266	H2= 292	26


MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	0.90%	F'C	350	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.2 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 749	D2= 734	742
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	11.9 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	14.1 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.9	H2= 6.4	0.72
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 243	H2= 316	73

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	1.20%	F'C	450	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	15.2 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 665	D2= 645	655
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	29.5 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	38.4 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.2	H2= 6.3	0.68
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 207	H2= 352	145

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	0.60%	F'C	210	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	2.9 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 679	D2= 656	668
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	8.1 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	10.5 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 10.9	H2= 9.9	0.91
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 272	H2= 287	15

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	0.70%	F'C	280	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	3.3 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 704	D2= 680	692
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	8.7 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	11.1 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.4	H2= 7.2	0.86
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 267	H2= 292	25

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	0.90%	F'C	350	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.5 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 738	D2= 734	736
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	11.5 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	13.7 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.5	H2= 6.9	0.81
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 247	H2= 311	64

MÉTODO DE DISEÑO COMITÉ 211 ACI						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	1.30%	F'C	450	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	17.4 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 687	D2= 669	678
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	24.5 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	32.4 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.0	H2= 6.7	0.74
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 210	H2= 348	138

Método	Comité 211 ACI		F'C	210 kg/cm ²	280kg/cm ²	350 kg/cm ²	450 kg/cm ²
Aditivo	ADITIVO I		Cantidad	0.70%	0.80%	0.90%	1.20%
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		Min.	Max.				
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	694	705	742	655
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	2.9	3.4	4.2	15.2
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	7.9	8.5	11.9	29.5
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	10.1	10.4	14.1	38.4
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.87	0.81	0.72	0.68
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	20	26	73	145

Tabla 7.1. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método ACI, aditivo I con agregado sub-redondeado.

Método	Comité 211 ACI		F'C	210 kg/cm ²	280kg/cm ²	350 kg/cm ²	450 kg/cm ²
Aditivo	ADITIVO II		Cantidad	0.60%	0.70%	0.90%	1.30%
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		Min.	Max.				
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	668	692	736	678
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	2.9	3.3	4.5	17.4
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	8.1	8.7	11.5	24.5
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	10.5	11.1	13.7	32.4
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.91	0.86	0.81	0.74
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	15	25	64	138

Tabla 7.2. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método ACI, aditivo II con agregado sub-redondeado.

7.2.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO COMITÉ 211 ACI.

MÉTODO DE DISEÑO DE COMITÉ 211 ACI UTILIZANDO ADITIVO I						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
ACI	Aditivo I	210	294	191.1	259.8	278.3
ACI	Aditivo I	280	364	255.1	326.4	362.4
ACI	Aditivo I	350	434	301.9	374.8	410.1
ACI	Aditivo I	450	548	380.8	468.4	490.6

Tabla 7.3. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo I con agregado sub-redondeado.

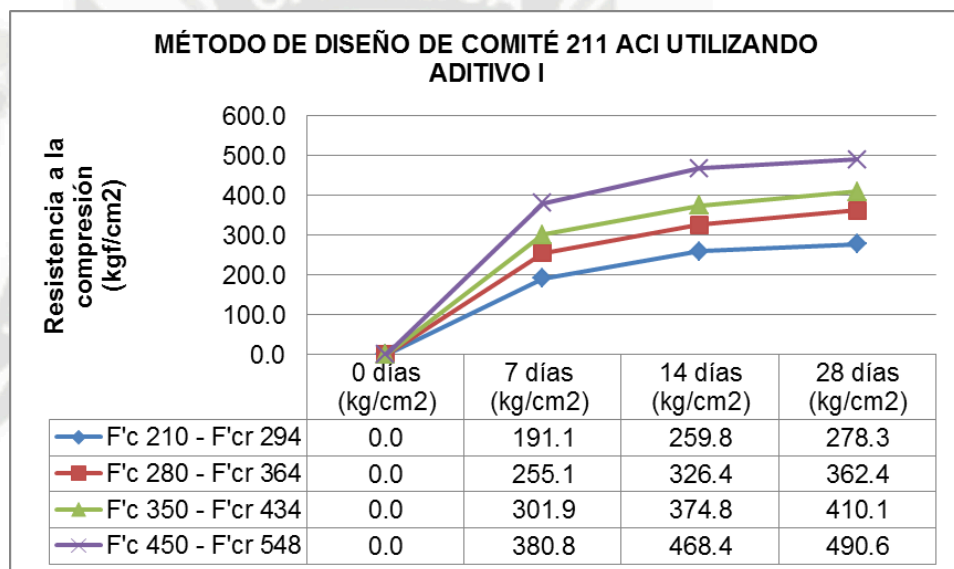


Figura 7.1. Vista de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo I con agregado sub-redondeado.

MÉTODO DE DISEÑO DE COMITÉ 211 ACI UTILIZANDO ADITIVO II						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
ACI	Aditivo II	210	294	200.4	248.4	261.4
ACI	Aditivo II	280	364	271.6	334.1	349.7
ACI	Aditivo II	350	434	324.9	398.6	421.5
ACI	Aditivo II	450	548	397.8	477.4	485.4

Tabla 7.4. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo II con agregado sub-redondeado.

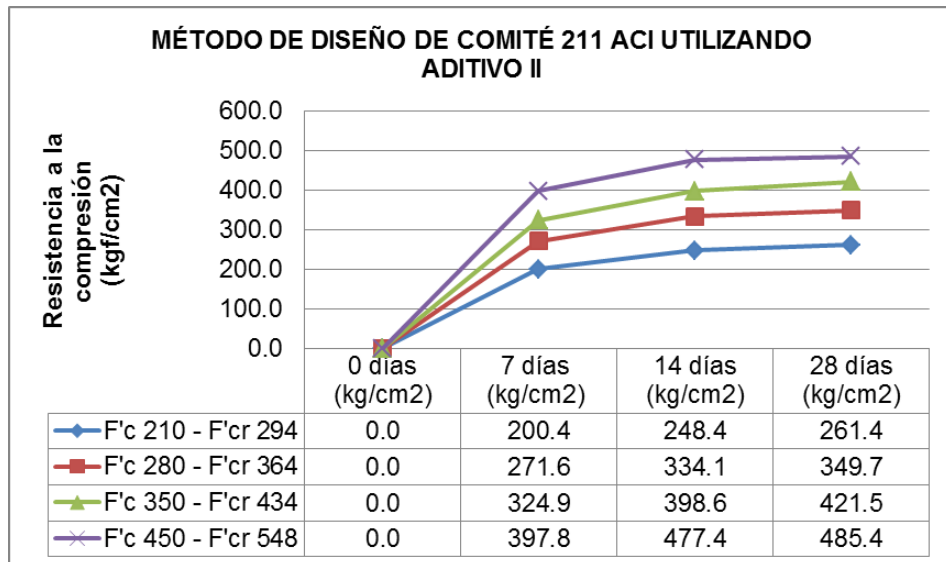
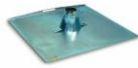









Figura 7.2. Vista de la resistencia a la compresión método ACI, aditivo II con agregado sub-redondeado.

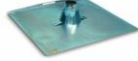



7.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DISEÑO WALKER.

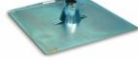



7.3.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO WALKER.

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	0.80%	F'c	210	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	3.7 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 638	D2= 612	625
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	8.7 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	10.1 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.4	H2= 7.2	0.86
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 270	H2= 293	23





MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	0.90%	F'C	280	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.1 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 651	D2= 631	641
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	9.8 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	11.7 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.8	H2= 6.9	0.78
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 255	H2= 303	48

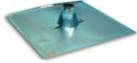



MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	1.00%	F'C	350	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	5.8 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 719	D2= 697	708
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	14.4 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	18.1 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.1	H2= 6.4	0.70
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 222	H2= 335	113

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	1.30%	F'C	450	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	13.4 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 674	D2= 646	660
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	25.9 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	35.1 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.4	H2= 5.8	0.62
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 179	H2= 380	201

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	0.70%	F'C	210	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	3.5 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 649	D2= 627	638
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	8.9 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	10.8 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.4	H2= 7.2	0.86
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 269	H2= 288	19

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	0.80%	F'C	280	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.0 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 679	D2= 659	669
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	9.8 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	11.5 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 8.6	H2= 6.8	0.79
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 257	H2= 302	45

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	1.00%	F'C	350	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.8 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 724	D2= 697	711
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	12.1 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	15.0 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.3	H2= 6.2	0.67
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 231	H2= 329	98

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	1.40%	F'c	450	kg/cm ²
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	19.6 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 694	D2= 670	682
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	29.1 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	39.4 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 9.7	H2= 5.8	0.60
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 180	H2= 378	198

Método	Método Walker	F'c	210 kg/cm ²	280kg/cm ²	350 kg/cm ²	450 kg/cm ²	
Aditivo	ADITIVO I	Cantidad	0.80%	0.90%	1.00%	1.30%	
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		Min.	Max.				
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	625	641	708	660
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	3.7	4.1	5.8	13.4
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	8.7	9.8	14.4	25.9
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	10.1	11.7	18.1	35.1
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.86	0.78	0.70	0.62
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	23	48	113	201

Tabla 7.5. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método Walker, aditivo I con agregado sub-redondeado.

Método	Método Walker	F'c	210 kg/cm ²	280kg/cm ²	350 kg/cm ²	450 kg/cm ²	
Aditivo	ADITIVO II	Cantidad	0.70%	0.80%	1.00%	1.40%	
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
		Min.	Max.				
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	638	669	711	682
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	3.5	4.0	4.8	19.6
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	8.9	9.8	12.1	29.1
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	10.8	11.5	15.0	39.4
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.86	0.79	0.67	0.60
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	19	45	98	198

Tabla 7.6. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método Walker, aditivo II con agregado sub-redondeado.

7.3.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO DISEÑO WALKER.

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER UTILIZANDO ADITIVO I						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Walker	Aditivo I	210	294	193.5	250.4	278.8
Walker	Aditivo I	280	364	251.3	318.4	350.1
Walker	Aditivo I	350	434	311.5	384.1	435.3
Walker	Aditivo I	450	548	385.4	462.5	477.4

Tabla 7.7. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo I con agregado sub-redondeado.

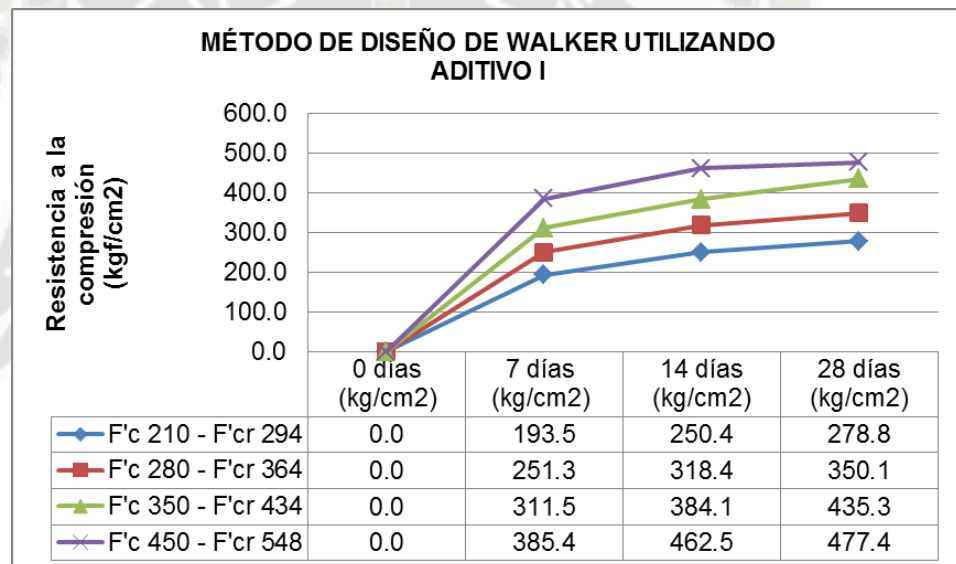


Figura 7.3. Vista de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo I con agregado sub-redondeado.

MÉTODO DE DISEÑO DE WALKER UTILIZANDO ADITIVO II						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Walker	Aditivo II	210	294	202.2	256.6	270.4
Walker	Aditivo II	280	364	244.2	310.7	345.4
Walker	Aditivo II	350	434	322.1	396.4	433.9
Walker	Aditivo II	450	548	400.1	458.2	470.1

Tabla 7.8. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo II con agregado sub-redondeado.

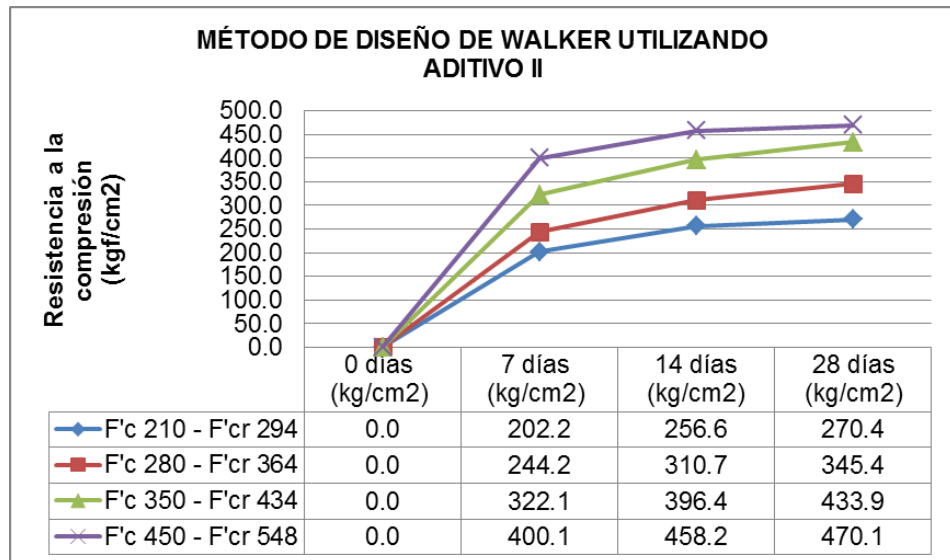


Figura 7.4. Vista de la resistencia a la compresión método Walker, aditivo II con agregado sub-redondeado.

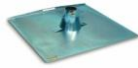



7.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO OKAMURA.

7.4.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO DISEÑO OKAMURA.

MÉTODO AUTOCOMPACTANTE DE OKAMURA						
ADITIVO	ADITIVO I	PORCENTAJE	1.40%	F'c	????	kg/cm2
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	4.1 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 781	D2= 762	772
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	10.8 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	12.4 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 7.9	H2= 7.5	0.95
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 275	H2= 285	10

Método	Autocompactante Okamura	F'C		-----
Aditivo	ADITIVO I	Cantidad		1.4%
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado
		Min.	Max.	
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	772
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	4.1
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	10.8
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	12.4
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.95
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	10

Tabla 7.9. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método de Okamura, aditivo I con agregado sub-redondeado.

MÉTODO AUTOCOMPACTANTE DE OKAMURA						
ADITIVO	ADITIVO II	PORCENTAJE	1.20%	F'C	????	kg/cm2
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE EXTENSIÓN FLUJO						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2.0	5.0	3.9 segundos		
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1= 794	D2= 783	789
ENSAYO DEL EMBUDO "V"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6.0	12.0	9.9 segundos		
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0.0	+3.0	11.6 segundos		
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.80	1.00	H1= 7.8	H2= 7.6	0.97
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN: NINGUNA						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1= 276	H2= 284	8

Método	Autocompactante Okamura	F'C		-----
Aditivo	ADITIVO II	Cantidad		1.2%
Ensayo	Unidad	Parámetros		Resultado
		Min.	Max.	
Flujo asentamiento por cono Abrams	mm	650	800	789
Flujo asentamiento T50cm	segundos	2.0	5.0	3.9
Embudo "V"	segundos	6.0	12.0	9.9
Embudo "V" a T5min	segundos	0.0	+3.0	11.6
Caja "L"	(h2/h1)	0.8	1.0	0.97
Caja "U"	(h2-h1)mm	0	30	8

Tabla 7.10. Cuadro de resumen de los ensayos en estado fresco método de Okamura, aditivo II con agregado sub-redondeado.

7.4.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO DISEÑO OKAMURA.

MÉTODO DE DISEÑO DE OKAMURA						
Método	Aditivo	F'c (kg/cm ²)	F'cr (kg/cm ²)	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Okamura	Aditivo I	-----	-----	268.1	361.7	380.1
Okamura	Aditivo II	-----	-----	301.4	391.2	415.8

Tabla 7.11. Cuadro de resumen de la resistencia a la compresión método de Okamura, aditivo I y II con agregado sub-redondeado.

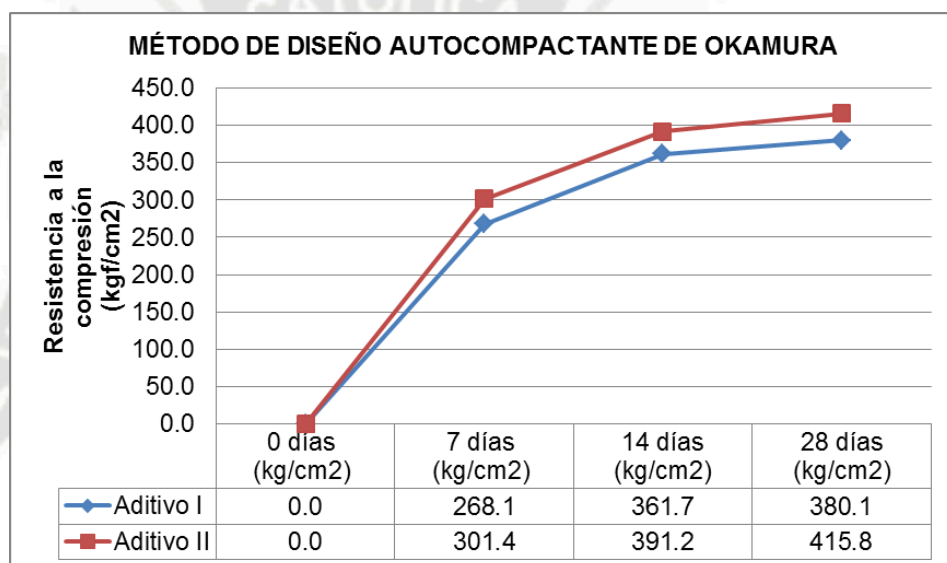
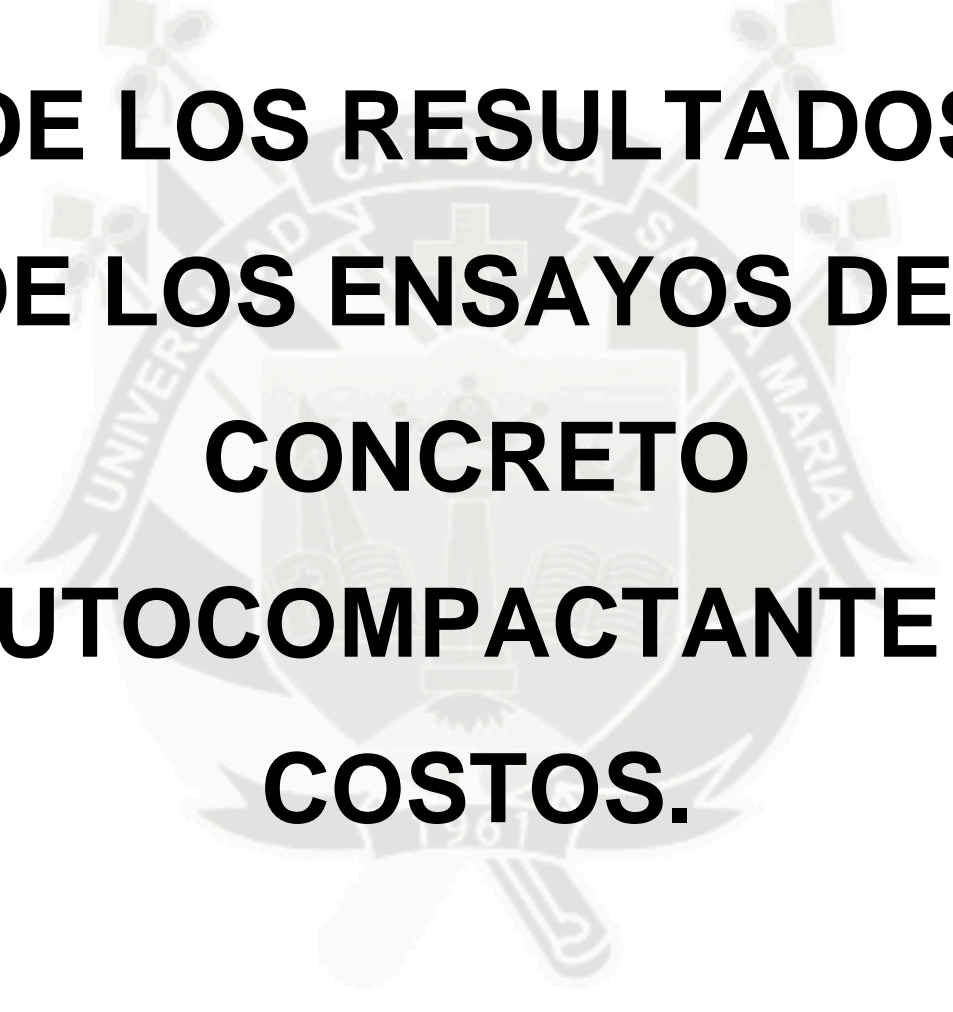


Figura 7.5. Vista de la resistencia a la compresión método de Okamura, aditivo I y II con agregado sub-redondeado.



**CAPITULO 8: ANÁLISIS
DE LOS RESULTADOS
DE LOS ENSAYOS DEL
CONCRETO
AUTOCOMPACTANTE Y
COSTOS.**

8.1. ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO.

No se cuenta con datos del aditivo III, ya que con éste no se logró la obtención de un concreto autocompactante por ninguno de los 3 métodos de diseños empleados, tales como del ACI, Walker y Okamura.

8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO ANGULAR.

➤ De los diseños del comité 211 ACI y Walker.

- La tendencia de los diseños de mezclas, 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 la resistencia a compresión de diseño aumenta.
- La tendencia de los diseños de mezclas al momento de tener las dosificaciones en Kg/m³., se puede observar que el agregado grueso se mantiene casi constante con la cantidad de agua, en cambio el agregado fino decrece mientras la resistencia a compresión de diseño aumenta y el cemento aumenta mientras que la resistencia a compresión de diseño aumenta. Con esto podemos concluir que en el diseño del ACI y Walker funciona de la siguiente manera: que la cantidad de agregado fino es inversamente proporcional a la cantidad de cemento en kg/m³ cuando la resistencia a compresión de diseño aumenta y agregado grueso y el agua se mantiene constante para $F'c = 210, 280, 350, 450$ y 550 kgf/cm^2 .
- El diseño de $F'c=550 \text{ Kg/cm}^2$ se sale del contexto del diseño por el método de comité 211 del ACI y Walker, 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 0.20 y la cantidad de agregado grueso es demasiado alto. Además que la cantidad de cemento a utilizarse es demasiado alto y eso influye a que los costos aumentarían.

- Se realizaron los ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas $F'c = 210, 280, 350, 450 \text{ kgf/cm}^2$, en los cuales se utilizó la cantidad de aditivos más óptima sin que la mezcla pueda segregarse tanto como para el aditivo I y aditivo II.
- De los ensayos en estado fresco por el método del ACI y Walker, se observó que los resultados excedían de los parámetros para la obtención de un concreto autocompactante entre mayor fue la resistencia a compresión de diseño, tanto como para el aditivo I y aditivo II.

➤ **De los diseños de Okamura.**

- El diseño de mezcla de Okamura, en la dosificación en unidad de volumen con respecto al cemento, se puede observar que el agregado grueso está por debajo de la unidad y el agregado fino está por encima de la unidad con una relación de agua cemento de 0.35.
- La tendencia del diseño de mezclas al momento de tener las dosificaciones en Kg/m^3 , se puede observar que la cantidad de agregado fino es mayor que la del agregado grueso, esta es la particularidad que presenta el diseño del profesor Okamura con el método de concreto autocompactante.

- Se realizaron los ensayos en estado fresco para el diseño de mezclas de Okamura en los cuales se utilizó la cantidad optima de aditivo sin que la mezcla pueda segregarse tanto como para el aditivo I y aditivo II.
- De los ensayos en estado fresco por el método de Okamura no se tuvo ningún problema a realizarlos, se pudo obtener una muy buena trabajabilidad y cumpliendo con todos los parámetros en estado fresco del concreto autocompactante.

8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO SUB-REDONDEADO.

➤ De los diseños del comité 211 ACI y Walker.

- Al utilizar agregado grueso sub-redondeado no se notó ninguna diferencia con respectos al agregado grueso angular.
- Al utilizar agregado grueso sub-redondeado la tendencia de los diseños de mezclas al momento de tener las dosificaciones en Kg/m³. Fue la misma que con el agregado grueso angular, excepto en el diseño de Walker que el agregado grueso presento un ligero aumento en la cantidad directamente proporcional al incrementar la resistencia a compresión de diseño
- Como ya comentado en los diseños con agregado angular, el diseño de F'c=550 Kg/cm² se sale del contexto del diseño por el método de comité 211 del ACI

y Walker, aun así se le incorpore la mayor cantidad de aditivo.

- Se realizaron los ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas $F'c = 210, 280, 350, 450 \text{ kgf/cm}^2$, en los cuales se utilizó la cantidad de aditivos más óptima sin que la mezcla pueda segregarse tanto como para el aditivo I y aditivo II.
- A comparación del agregado grueso angular se puede observar una mejor fluidez y comportamiento a los ensayos en estado fresco con el uso del agregado sub-redondeado por el método del ACI y Walker.

➤ **De los diseños de Okamura.**

- El diseño de mezcla de Okamura, en la dosificación en unidad de volumen con respecto al cemento, se puede observar que el agregado grueso está por debajo de la unidad y el agregado fino está por encima de la unidad con una relación de agua/cemento de 0.37.
- La tendencia del diseño de mezclas al momento de tener las dosificaciones en Kg/m^3 , presenta el mismo comportamiento como el del agregado grueso angular, se puede observar que la cantidad de agregado fino es mayor que la del agregado grueso, esta es la particularidad que presenta el diseño del profesor Okamura con el método de concreto autocompactante.
- Se realizaron los ensayos en estado fresco para el diseño de mezclas de Okamura, en los cuales se utilizó

la cantidad optima de aditivo sin que la mezcla pueda segregarse tanto como para el aditivo I y aditivo II.

8.2. ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO.

8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO ANGULAR.

Como en la presente investigación tiene como objetivo la obtención de un concreto autocompactante, el cual cumpla con las propiedades en estado fresco y los parámetros de validación de cada ensayo, es por eso que solo se tomó como datos validos a la resistencia a la compresión de los diseños, los cuales cumplieron con todos los ensayos en estado fresco del concreto autocompactante.

➤ De los diseños del comité 211 ACI.

- En la siguiente figura se puede observar el análisis comparativo del diseño de mezclas del ACI para la resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, utilizando los aditivos I y II, además de un diseño patrón el cual no contiene ningún aditivo.

-

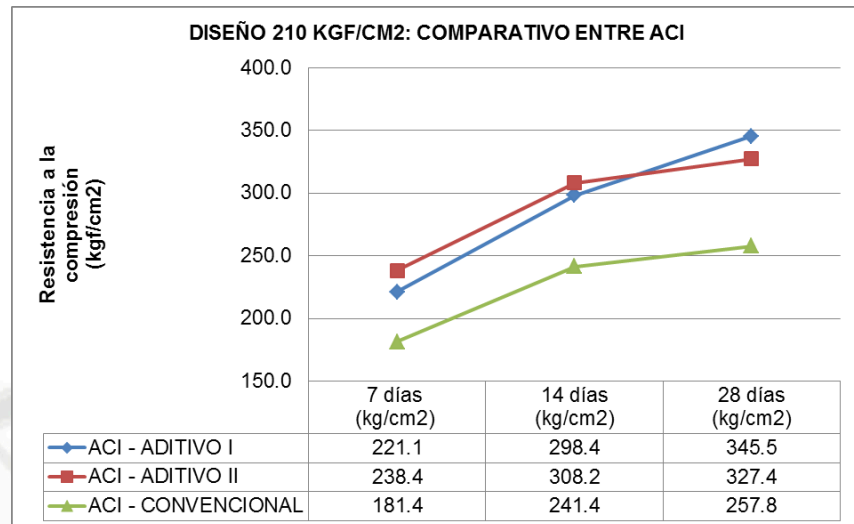


Figura 8.1. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 210kgf/cm², Agr. Angular.

➤ **De los diseños de Walker.**

- En la siguiente figura se puede observar el análisis comparativo del diseño de mezclas de Walker para la resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando los aditivos I y II, además de un diseño patrón el cual no contiene ningún aditivo.

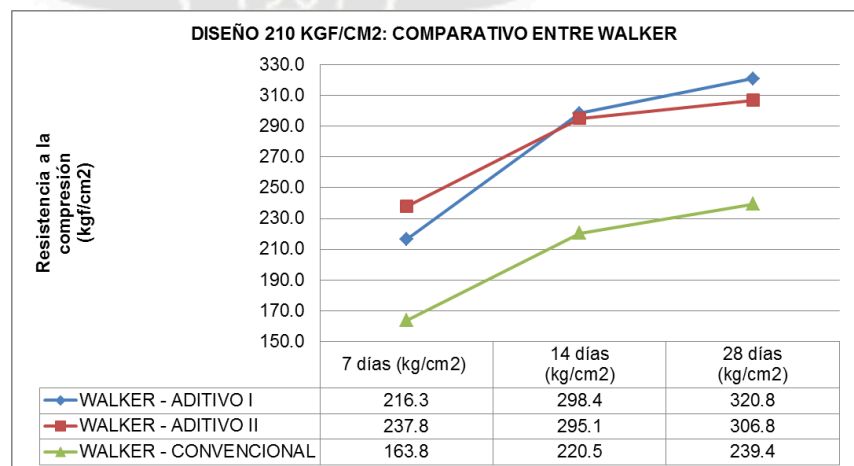


Figura 8.2. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 210kgf/cm², Agr. Angular.

- En la siguiente figura se puede observar el análisis comparativo del diseño de mezclas de Walker para la resistencia a la compresión $F'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando los aditivos I y II, además de un diseño patrón el cual no contiene ningún aditivo.

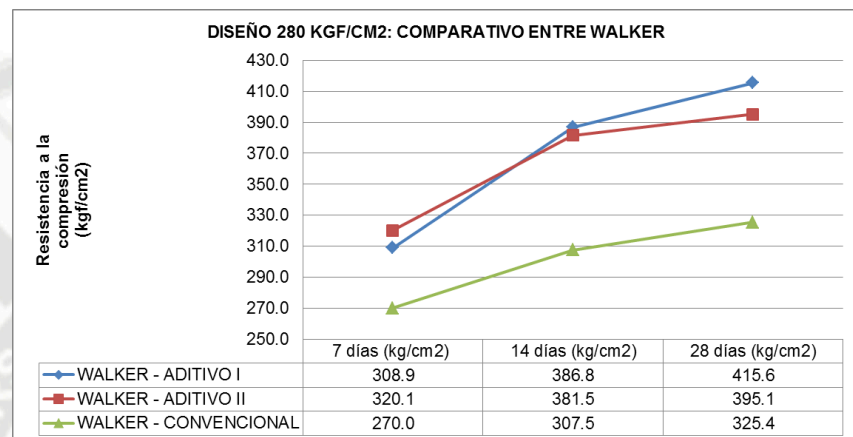


Figura 8.3. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 280kgf/cm², Agr. Angular.

➤ **De los diseños de Okamura.**

- En la siguiente figura se puede observar el análisis comparativo del diseño de mezclas de Okamura para la resistencia a la compresión, utilizando los aditivos I y II, además que se puede ver la resistencia alcanzado a los 28 días.

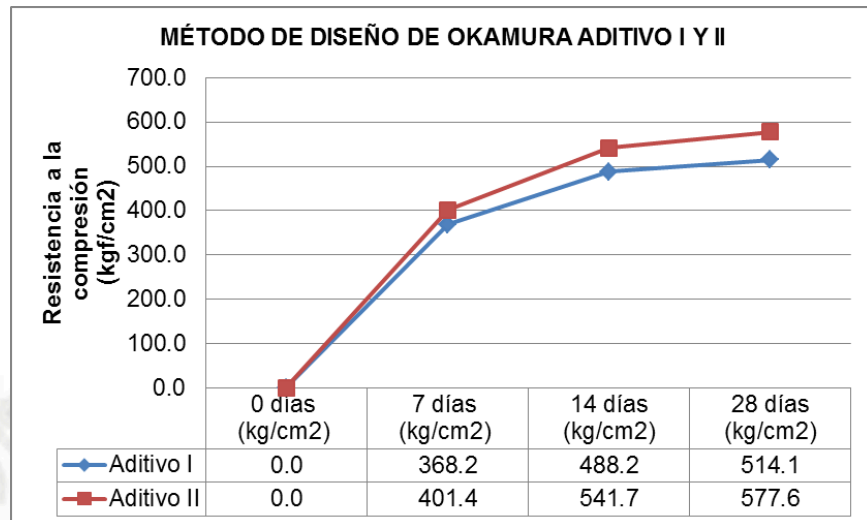


Figura 8.4. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 280kgf/cm², Agr. Angular.

8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO SUB-REDONDEADO.

Como en la presente investigación tiene como objetivo la obtención de un concreto autocompactante, el cual cumpla con las propiedades en estado fresco y los parámetros de validación de cada ensayo, es por eso que solo se tomó como datos validos a la resistencia a la compresión de los diseños, los cuales cumplieron con todos los ensayos en estado fresco del concreto autocompactante utilizando agregado grueso sub-redondeado.

➤ De los diseños del comité 211 ACI

En la siguiente figura se puede observar el análisis comparativo del diseño de mezclas del ACI para la resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando los aditivos I y II, además de un diseño patrón el cual no contiene aditivo utilizando agregado sub-redondeado.

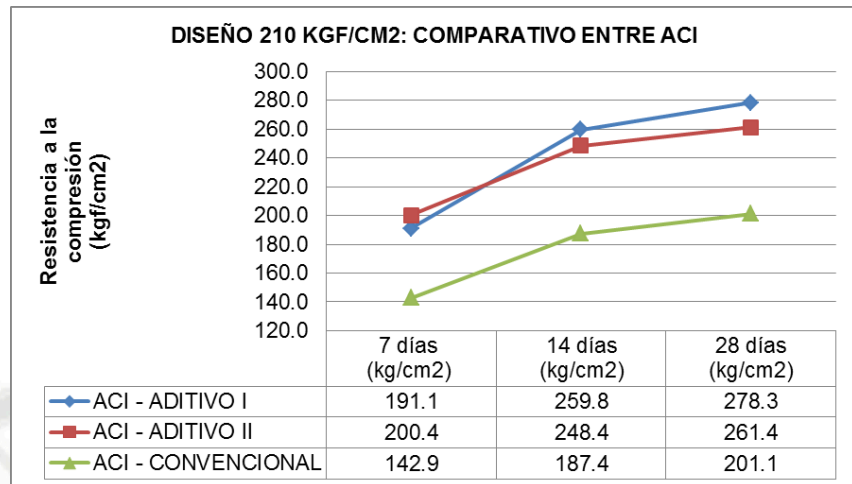


Figura 8.5. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método ACI 210kgf/cm2, Agr. Sub-redondeado.

- En la siguiente figura se puede observar el análisis comparativo del diseño de mezclas del ACI para la resistencia a la compresión $F'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando los aditivos I y II, además de un diseño patrón el cual no contiene aditivo utilizando agregado sub-redondeado.

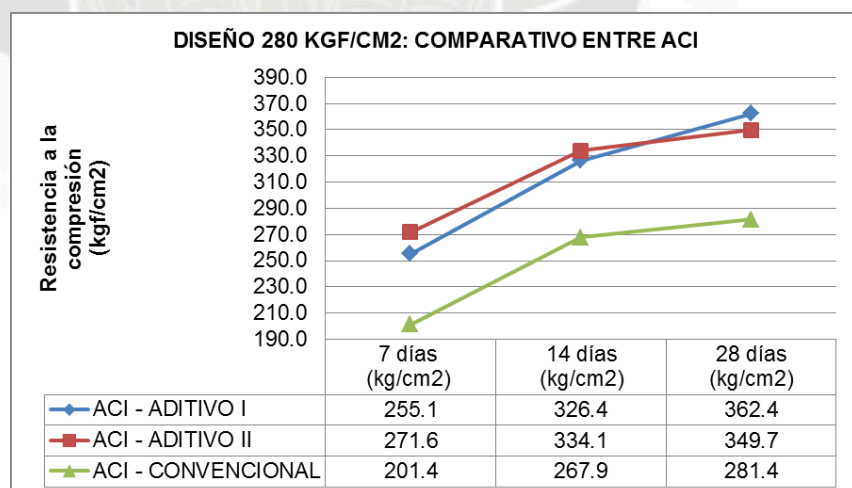


Figura 8.6. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 280kgf/cm2, Agr. Sub-redondeado.

➤ **De los diseños de Walker.**

- En la siguiente figura se puede observar el análisis comparativo del diseño de mezclas de Walker para la resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando

los aditivos I y II, además de un diseño patrón el cual no contiene aditivo utilizando agregado sub-redondeado.

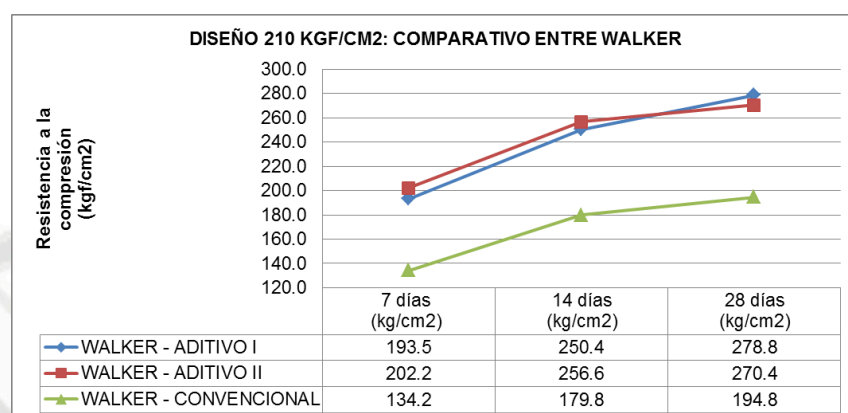


Figura 8.7. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 210kgf/cm², Agr. Sub-redondeado.

➤ **De los diseños de Okamura.**

En la siguiente figura se puede observar el análisis comparativo del diseño de mezclas de Okamura para la resistencia a la compresión, utilizando los aditivos I y II, además que se puede ver la resistencia alcanzado a los 28 días con agregado sub-redondeado.

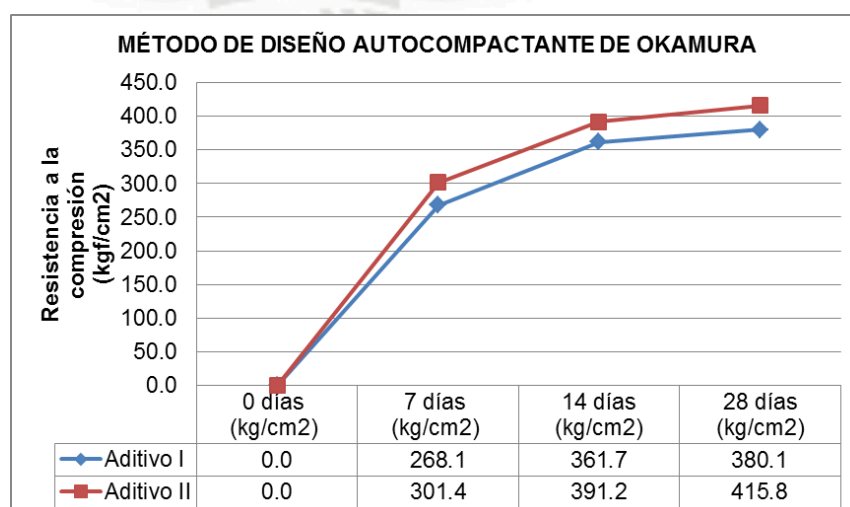


Figura 8.8. Vista del análisis comparativo a la resistencia a la compresión método Walker 280kgf/cm², Agr. Sub-redondeado.

8.3. ANÁLISIS DE COSTOS.

8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO ANGULAR.

Se realizó el análisis de costos unitarios de los diseños de concreto los cuales cumplieron con las propiedades en estado fresco y los parámetros de validación de cada ensayo utilizando agregado grueso angular.

➤ Análisis de costos unitarios diseños comité 211 ACI.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (PATRON ACI AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			415.55
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	109.56
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.1016	20.00	182.03	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.9045	75.00	67.84	
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58	
39	Agua potable	m ³		0.2264	1.10	0.25	280.69
EQUIPO							
37	Herramienta	%MO		0.0300	109.56	3.29	
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	25.29

Tabla 8.1. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 210 kgf/cm², agregado angular.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (AUTOCOMPACTANTE ACI AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			432.27
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.1016	20.00	182.03	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.9045	75.00	67.84	
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58	
39	Agua potable	m ³		0.2264	1.10	0.25	
	Aditivo I superplastificante	Cil.		0.0146	2498.00	36.47	317.17
EQUIPO							
37	Herramienta	%MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.2. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 210 kgf/cm², aditivo I - agregado angular.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (AUTOCOMPACTANTE ACI AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S./) por m ³			434.23
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.1016	20.00	182.03	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.9045	75.00	67.84	
4	Agregado Fino	m ³		0.7644	40.00	30.58	
39	Agua potable	m ³		0.2264	1.10	0.25	
	Aditivo II superplastificante	Cil.		0.0150	2561.57	38.42	319.12
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.3. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 210 kgf/cm², aditivo II - agregado angular.

➤ **Análisis de costos unitarios diseños Walker.**

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (PATRÓN WALKER AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S./) por m ³			413.01
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	109.56
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.1016	20.00	182.03	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8347	75.00	62.60	
4	Agregado Fino	m ³		0.8318	40.00	33.27	
39	Agua potable	m ³		0.2264	1.10	0.25	278.16
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	109.56	3.29	
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	25.29

Tabla 8.4. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Walker 210 kgf/cm², agregado angular.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (AUTOCOMPACTANTE WALKER AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S./) por m ³			425.24
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.1016	20.00	182.03	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8347	75.00	62.60	
4	Agregado Fino	m ³		0.8318	40.00	33.27	
39	Agua potable	m ³		0.2264	1.10	0.25	
	Aditivo I superplastificante	Cil.		0.0128	2498.00	31.97	310.13
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.5. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 210 kgf/cm², aditivo I - agregado angular.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (AUTOCOMPACTANTE WALKER AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S./) por m ³			426.31
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.1016	20.00	182.03	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8347	75.00	62.60	
4	Agregado Fino	m ³		0.8318	40.00	33.27	
39	Agua potable	m ³		0.2264	1.10	0.25	
	Aditivo II superplastificante	Cil.		0.0129	2561.57	33.04	311.20
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.6. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 210 kgf/cm², aditivo II - agregado angular.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 280 kg/cm ² (PATRÓN WALKER AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S./) por m ³			447.09
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	109.56
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		10.9063	20.00	218.13	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8572	75.00	64.29	
4	Agregado Fino	m ³		0.7394	40.00	29.58	
39	Agua potable	m ³		0.2259	1.10	0.25	312.24
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	109.56	3.29	
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	25.29

Tabla 8.7. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Walker 280 kgf/cm², agregado angular.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 280 kg/cm ² (AUTOCOMPACTANTE WALKER AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S./) por m ³			476.56
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		10.9063	20.00	218.13	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8572	75.00	64.29	
4	Agregado Fino	m ³		0.7394	40.00	29.58	
39	Agua potable	m ³		0.2259	1.10	0.25	
	Aditivo I superplastificante	Cil.		0.0197	2498.00	49.21	361.45
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.8. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 280 kgf/cm², aditivo I - agregado angular.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 280 kg/cm ² (AUTOCOMPACTANTE WALKER AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			480.12
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		10.9063	20.00	218.13	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8572	75.00	64.29	
4	Agregado Fino	m ³		0.7394	40.00	29.58	
39	Agua potable	m ³		0.2259	1.10	0.25	
	Aditivo II superplastificante	Cil.		0.0206	2561.57	52.77	365.01
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.9. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 280 kgf/cm², aditivo II - agregado angular.

➤ De los diseños de Okamura.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO (PATRÓN OKAMURA AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			474.73
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	109.56
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		13.7647	20.00	275.29	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.4554	75.00	34.16	
4	Agregado Fino	m ³		0.7550	40.00	30.20	
39	Agua potable	m ³		0.2075	1.10	0.23	339.88
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	109.56	3.29	
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	25.29

Tabla 8.10. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Okamura, agregado angular.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO (AUTOCOMPACTANTE OKAMURA AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			558.40
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		13.7647	20.00	275.29	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.4554	75.00	34.16	
4	Agregado Fino	m ³		0.7550	40.00	30.20	
39	Agua potable	m ³		0.2075	1.10	0.23	
	Aditivo I superplastificante	Cil.		0.0414	2498.00	103.42	443.29
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.11. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Okamura, aditivo I - agregado angular.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO (AUTOCOMPACTANTE OKAMURA AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m3/día	costo unitario directo(S/.) por m3				563.34
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		13.7647	20.00	275.29	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m3		0.4554	75.00	34.16	
4	Agregado Fino	m3		0.7550	40.00	30.20	
39	Agua potable	m3		0.2075	1.10	0.23	
	Aditivo II superplastificante	Cil.		0.0423	2561.57	108.35	448.23
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.12. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Okamura, aditivo II - agregado angular.

A manera de resumen y de forma simplificada, se realizó un cuadro resumen de los análisis de costos unitarios de todos los diseños los cuales cumplieron con las propiedades en estado fresco y los parámetros de validación de cada ensayo utilizando agregado grueso angular para un concreto autocompactado.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS CON AGREGADO ANGULAR			
DESCRIPCIÓN	PATRÓN S/.	ADITIVO I S/.	ADITIVO II S/.
CONCRETO ACI 210 kg/cm ²	415.55	432.27	434.23
CONCRETO WALKER 210 kg/cm ²	413.01	425.24	426.31
CONCRETO WALKER 280 kg/cm ²	447.09	476.56	480.12
CONCRETO OKAMURA	474.73	558.40	563.34
Diferencia de costos en porcentaje			
DESCRIPCIÓN	PATRÓN S/.	ADITIVO I S/.	ADITIVO II S/.
CONCRETO ACI 210 kg/cm ²	100%	4.03%	4.50%
CONCRETO WALKER 210 kg/cm ²	100%	2.96%	3.22%
CONCRETO WALKER 280 kg/cm ²	100%	6.59%	7.39%
CONCRETO OKAMURA	100%	17.63%	18.67%

Tabla 8.13. Cuadro de análisis comparativos de los costos unitario utilizando agregado angular.

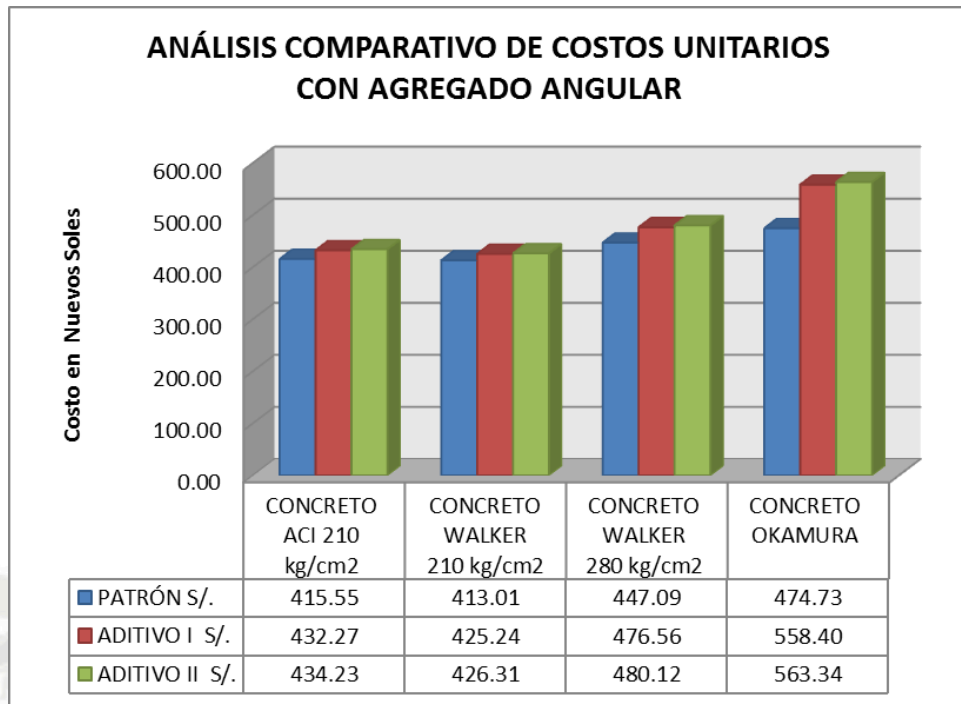


Figura 8.9. Vista de los análisis comparativos de los costos unitarios utilizando agregado angular.

NOTA. Como se puede ver en la tabla 8.13 y en la figura 8.9 de la presente investigación, los costos del concreto autocompactante son mayores al costo del concreto patrón, pero es muy importante mencionar que una de las ventajas y característica del concreto autocompactante, es que al momento de desencofrar este ya queda en cara vista, esto implica que el concreto autocompactante no necesita de la partida de tarrajeo, por lo cual se decidió realizar el análisis de costo unitario de una partida de tarrajeo y del encofrado, y hacer los respectivos cálculos de los costos.

ENCOFRADO							
PARTIDA: ENCOFRADO METALICO PARA PLACAS Y MUROS							
RENDIMIENTO:		18.00 m2/día		costo unitario directo(S/.) por m3			23.15
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.10	0.0444	20.68	0.92	
47	Operario	H-H	0.50	0.2222	16.68	3.71	
47	Oficial	H-H	1.00	0.4444	16.68	7.41	
47	Peón	H-H	1.00	0.4444	13.22	5.87	12.04
MATERIALES							
20	Desmoldante	Cil		0.0010	800.00	0.80	
57	Consumibles en encofrado metálico	Kg		0.6500	3.00	1.95	2.75
EQUIPO							
57	Encofrado metálico para placas y muros	m2		1.0000	8.00	8.00	
37	Herramienta	% MO		0.0300	12.04	0.36	8.36

Tabla 8.14. Cuadro de análisis de costos unitarios para la partida del encofrado.

TARRAJEO							
PARTIDA: TARRAJEO DE PLACAS INTERIORES Y EXTERIORES, MEZCLA C:A 1:5, E=1.5 CM.							
RENDIMIENTO:		12.00 m2/día		costo unitario directo(S/.) por m3			28.95
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.10	0.0667	20.68	1.38	
47	Operario	H-H	1.00	0.6667	16.68	11.12	
47	Peón	H-H	1.00	0.6667	13.22	8.81	21.31
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bis		0.1200	20.00	2.40	
2	Clavos para madera con cabeza de 3"	Kg		0.0300	2.90	0.09	
4	Arena fina	m3		0.0200	40.00	0.80	
43	madera tornillo	p2		0.0650	3.60	0.23	3.52
EQUIPO							
2	Andamio metálico	und		0.7620	4.00	3.05	
37	Herramienta	%MO		0.0500	21.31	1.07	4.11

Tabla 8.15. Cuadro de análisis de costos unitarios para la partida de tarrajeo.

Seguidamente se realizan el incremento de los costos en las partidas realizadas:

- Costo Concreto Autocompactante = P. del concreto + P. del Encofrado.
- Costo Concreto Patrón = P. del concreto + P. del encofrado + P. del tarrajeo.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS CON AGREGADO ANGULAR			
DESCRIPCIÓN	PATRÓN S/.	ADITIVO I S/.	ADITIVO II S/.
CONCRETO ACI 210 kg/cm2	467.64	455.42	457.37
CONCRETO WALKER 210 kg/cm2	465.10	448.39	449.46
CONCRETO WALKER 280 kg/cm2	499.19	499.71	503.26
CONCRETO OKAMURA	526.83	581.55	586.49
Diferencia de costos en porcentaje			
DESCRIPCIÓN	PATRÓN S/.	ADITIVO I S/.	ADITIVO II S/.
CONCRETO ACI 210 kg/cm2	100%	-2.61%	-2.20%
CONCRETO WALKER 210 kg/cm2	100%	-3.59%	-3.36%
CONCRETO WALKER 280 kg/cm2	100%	0.10%	0.82%
CONCRETO OKAMURA	100%	10.39%	11.32%

Tabla 8.16. Cuadro de análisis comparativos de los costos unitario adicionando partidas - agregado angular.

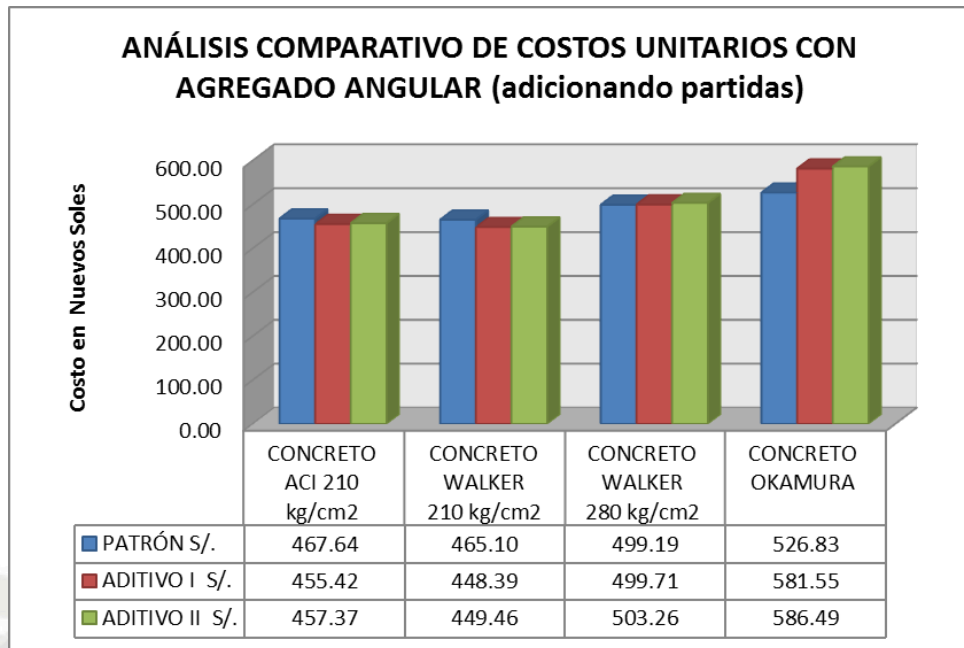


Figura 8.10. Vista de los análisis comparativos de los costos unitarios adicionando partidas, utilizando agregado angular.

8.3.2. DISEÑOS REALIZADOS CON AGREGADO SUB-REDONDEADO.

Se realizó el análisis de costos unitarios de los diseños de concreto, los cuales cumplieron con las propiedades en estado fresco y los parámetros de validación de cada ensayo utilizando agregado grueso sub-redondeado.

➤ De los diseños del comité 211 ACI.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (PATRÓN ACI AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			397.69
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	109.56
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.1016	20.00	182.03	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8246	60.00	49.48	
4	Agregado Fino	m ³		0.7768	40.00	31.07	
39	Agua potable	m ³		0.2386	1.10	0.26	262.84
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	109.56	3.29	
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	25.29

Tabla 8.17. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 210 kg/cm², agregado sub-redondeado.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (PATRÓN ACI AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			409.92
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.1016	20.00	182.03	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8246	60.00	49.48	
4	Agregado Fino	m ³		0.7768	40.00	31.07	
39	Agua potable	m ³		0.2386	1.10	0.26	
	Aditivo I superplastificante	Cil.		0.0128	2498.00	31.97	294.82
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.18. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 210 kg/cm², aditivo I - agregado sub-redondeado.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (PATRÓN ACI AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día		costo unitario directo(S/.) por m ³			410.99
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		9.1016	20.00	182.03	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8246	60.00	49.48	
4	Agregado Fino	m ³		0.7768	40.00	31.07	
39	Agua potable	m ³		0.2386	1.10	0.26	
	Aditivo II superplastificante	Cil.		0.0129	2561.57	33.04	295.89
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.19. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 210 kg/cm², aditivo II - agregado sub-redondeado.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 280 kg/cm ² (PATRÓN ACI AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				430.96
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	109.56
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		10.9063	20.00	218.13	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8246	60.00	49.48	
4	Agregado Fino	m ³		0.7061	40.00	28.24	
39	Agua potable	m ³		0.2382	1.10	0.26	296.11
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	109.56	3.29	
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	25.29

Tabla 8.20. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón ACI 280 kg/cm², agregado sub-redondeado.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 280 kg/cm ² (PATRÓN ACI AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				454.93
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		10.9063	20.00	218.13	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8246	60.00	49.48	
4	Agregado Fino	m ³		0.7061	40.00	28.24	
39	Agua potable	m ³		0.2382	1.10	0.26	
	Aditivo I superplastificante	Cil.		0.0175	2498.00	43.72	339.82
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.21. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 280 kg/cm², aditivo I - agregado sub-redondeado.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 280 kg/cm ² (PATRÓN ACI AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				457.32
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		10.9063	20.00	218.13	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.8246	60.00	49.48	
4	Agregado Fino	m ³		0.7061	40.00	28.24	
39	Agua potable	m ³		0.2382	1.10	0.26	
	Aditivo II superplastificante	Cil.		0.0180	2561.57	46.11	342.22
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.22. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño ACI 280 kg/cm², aditivo II - agregado sub-redondeado.

➤ De los diseños de Walker.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (PATRÓN WALKER AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				386.97
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	109.56
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		8.3010	20.00	166.02	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.9370	60.00	56.22	
4	Agregado Fino	m ³		0.7408	40.00	29.63	
39	Agua potable	m ³		0.2218	1.10	0.24	252.12
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	109.56	3.29	
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	25.29

Tabla 8.23. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Walker 210 kg/cm², agregado sub-redondeado.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (PATRÓN WALKER AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				400.45
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		8.3010	20.00	166.02	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.9370	60.00	56.22	
4	Agregado Fino	m ³		0.7408	40.00	29.63	
39	Agua potable	m ³		0.2218	1.10	0.24	
	Aditivo I superplastificante	Cil.		0.0133	2498.00	33.22	285.34
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.24. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 210 kg/cm², aditivo I - agregado sub-redondeado.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO 210 kg/cm ² (PATRÓN WALKER AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m ³ /día	costo unitario directo(S/.) por m ³				402.32
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		8.3010	20.00	166.02	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m ³		0.9370	60.00	56.22	
4	Agregado Fino	m ³		0.7408	40.00	29.63	
39	Agua potable	m ³		0.2218	1.10	0.24	
	Aditivo II superplastificante	Cil.		0.0137	2561.57	35.09	287.21
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.25. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Walker 210 kg/cm², aditivo II - agregado sub-redondeado.

➤ De los diseños de Okamura.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO (PATRÓN OKAMURA AGR. SUB-REDONDEADO)							
RENDIMIENTO:		10.00 m3/día		costo unitario directo(S/.) por m3			465.49
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	
47	Operador de equipo liviano	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	109.56
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		13.7647	20.00	275.29	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m3		0.4152	60.00	24.91	
4	Agregado Fino	m3		0.7550	40.00	30.20	
39	Agua potable	m3		0.2136	1.10	0.23	330.64
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	109.56	3.29	
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	25.29

Tabla 8.26. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Patrón Okamura, agregado sub-redondeado.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO (AUTOCOMPACTANTE OKAMURA AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m3/día		costo unitario directo(S/.) por m3			542.17
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		13.7647	20.00	275.29	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m3		0.4152	60.00	24.91	
4	Agregado Fino	m3		0.7550	40.00	30.20	
39	Agua potable	m3		0.2136	1.10	0.23	
	Aditivo I superplastificante	Cil.		0.0386	2498.00	96.42	427.06
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.27. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Okamura, aditivo I - agregado sub-redondeado.

PLACA							
PARTIDA: PLACA.- CONCRETO (AUTOCOMPACTANTE OKAMURA AGR. ANGULAR)							
RENDIMIENTO:		10.00 m3/día		costo unitario directo(S/.) por m3			545.65
I.U.	descripción de insumo	und	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	subtotal
MANO DE OBRA							
47	Capataz	H-H	0.20	0.1600	20.68	3.31	
47	Operario	H-H	1.00	0.8000	16.68	13.34	
47	Oficial	H-H	2.00	1.6000	16.68	26.69	
47	Peón	H-H	5.00	4.0000	13.22	52.88	96.22
MATERIALES							
21	Cemento portland tipo IP (42.5 kg.)	bls		13.7647	20.00	275.29	
5	Agregado Grueso de 1/2"	m3		0.4152	60.00	24.91	
4	Agregado Fino	m3		0.7550	40.00	30.20	
39	Agua potable	m3		0.2136	1.10	0.23	
	Aditivo II superplastificante	Cil.		0.0390	2561.57	99.90	430.54
EQUIPO							
37	Herramienta	% MO		0.0300	96.22	2.89	
48	Mezcladora de conc.(tambor) 11p3 , 12p3	H-M	0.80	0.8000	20.00	16.00	18.89

Tabla 8.28. Cuadro de análisis de costos unitario: Diseño Okamura, aditivo II - agregado sub-redondeado.

Para ver de una manera más simplificada, se realizó un cuadro de resumen de los análisis de costos unitarios, de todos los diseños los cuales cumplieron con las propiedades en estado fresco y los parámetros de validación de cada ensayo utilizando agregado grueso sub-redondeado para un concreto autocompactado.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS CON AGREGADO SUB-REDONDEADO			
DESCRIPCIÓN	PATRÓN S/.	ADITIVO I S/.	ADITIVO II S/.
CONCRETO ACI 210 kg/cm ²	397.69	409.92	410.99
CONCRETO ACI 280 kg/cm ²	430.96	454.93	457.32
CONCRETO WALKER 210 kg/cm ²	386.97	400.45	402.32
CONCRETO OKAMURA	465.49	542.17	545.65
Diferencia de costos en porcentaje			
DESCRIPCIÓN	PATRÓN S/.	ADITIVO I S/.	ADITIVO II S/.
CONCRETO ACI 210 kg/cm ²	100%	3.08%	3.34%
CONCRETO ACI 280 kg/cm ²	100%	5.56%	6.12%
CONCRETO WALKER 210 kg/cm ²	100%	3.48%	3.97%
CONCRETO OKAMURA	100%	16.47%	17.22%

Tabla 8.29. Cuadro de análisis comparativos de los costos unitario utilizando agregado sub-redondeado.

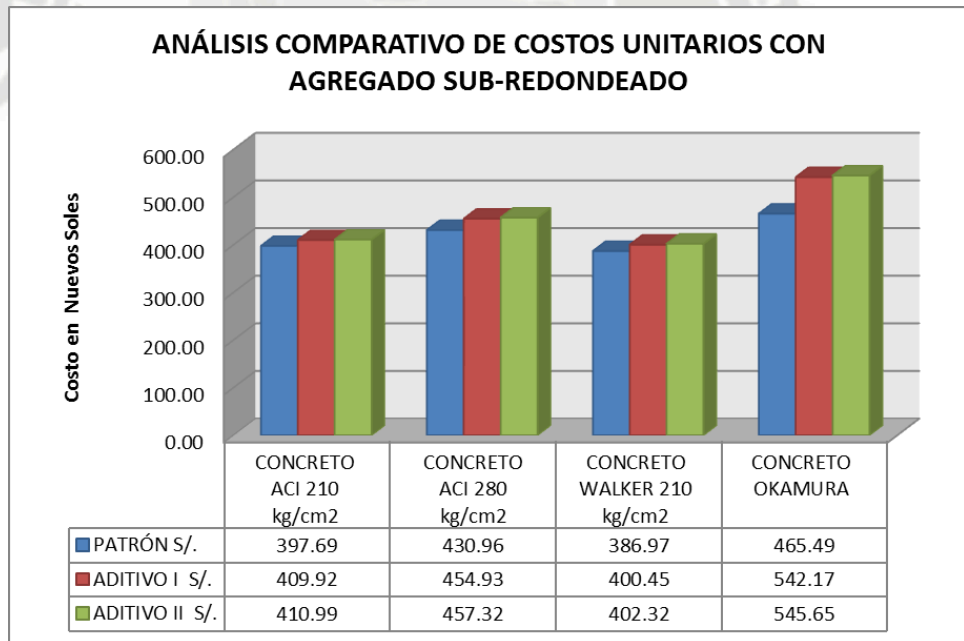


Figura 8.11. Vista de los análisis comparativos de los costos unitarios utilizando agregado sub-redondeado.

NOTA. Como se puede ver en la tabla 8.29 y en la figura 8.11 de la presente investigación, los costos del concreto autocompactante

son mayores al costo del concreto patrón, pero es muy importante mencionar que una de las ventajas y característica del concreto autocompactante es que al momento de desencofrar este ya queda en cara vista, esto implica que el concreto autocompactante no necesita de la partida de tarrajeo, por lo cual se decidió realizar el análisis de costo unitarios de una partida de tarrajeo y del encofrado, y hacer los respectivos cálculos de los costos.

Los análisis de costos unitarios para la partida del encofrado ya se realizaron en la **tabla 8.14** y el análisis de costos unitarios para la partida de tarrajeo ya se realizaron en la **tabla 8.15**.

Seguidamente se realizan los incrementos de los costos en las partidas realizadas:

- Costo Concreto Autocompactante = P. del concreto + P. del Encofrado.
- Costo Concreto Patrón = P. del concreto + P. del encofrado + P. del tarrajeo.

ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS CON AGREGADO SUB-REDONDEADO			
DESCRIPCION	PATRÓN S/.	ADITIVO I S/.	ADITIVO II S/.
CONCRETO ACI 210 kg/cm2	449.79	433.07	434.14
CONCRETO ACI 280 kg/cm2	483.06	478.08	480.47
CONCRETO WALKER 210 kg/cm2	439.06	423.59	425.47
CONCRETO OKAMURA	517.59	565.32	568.80
Diferencia de costos en porcentaje			
DESCRIPCION	PATRÓN S/.	ADITIVO I S/.	ADITIVO II S/.
CONCRETO ACI 210 kg/cm2	100%	-3.72%	-3.48%
CONCRETO ACI 280 kg/cm2	100%	-1.03%	-0.54%
CONCRETO WALKER 210 kg/cm2	100%	-3.52%	-3.10%
CONCRETO OKAMURA	100%	9.22%	9.89%

Tabla 8.30. Cuadro de análisis comparativos de los costos unitario adicionando partidas – agregado sub-redondeado.

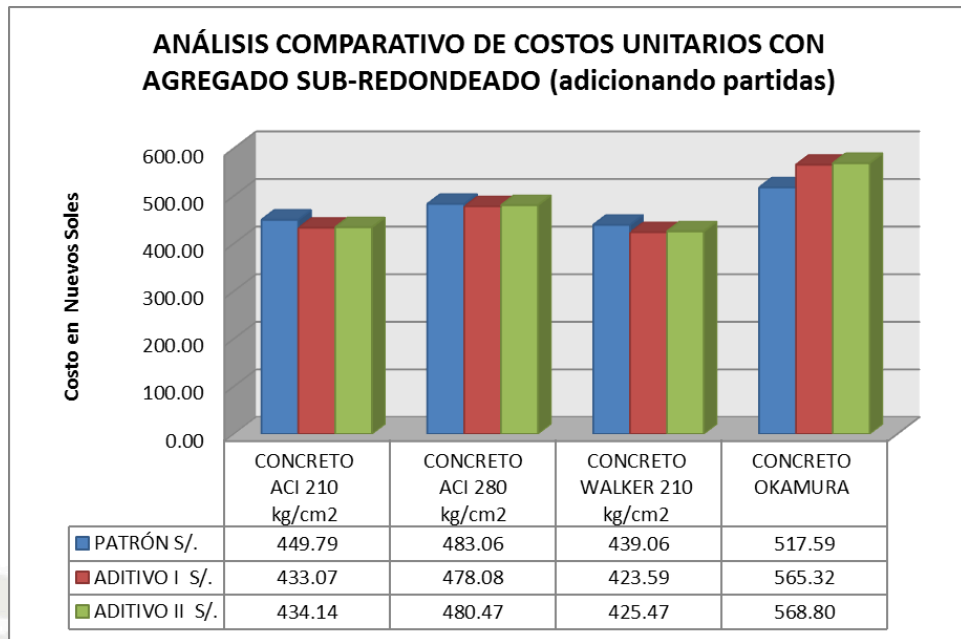


Figura 8.12. Vista de los análisis comparativos de los costos unitarios adicionando partidas, utilizando agregado sub-redondeado.

8.4. ANÁLISIS DE LOS ADITIVOS.

➤ Para el Agregado Grueso Angular.

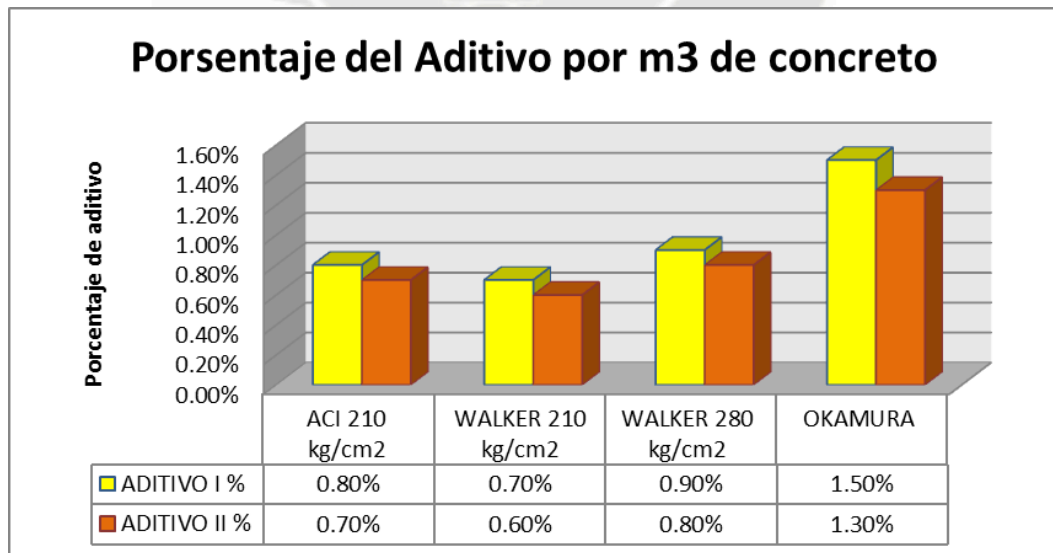


Figura 8.13. Vista del porcentaje de aditivo por m3 utilizado en los diseños de mezclas con agregado angular.

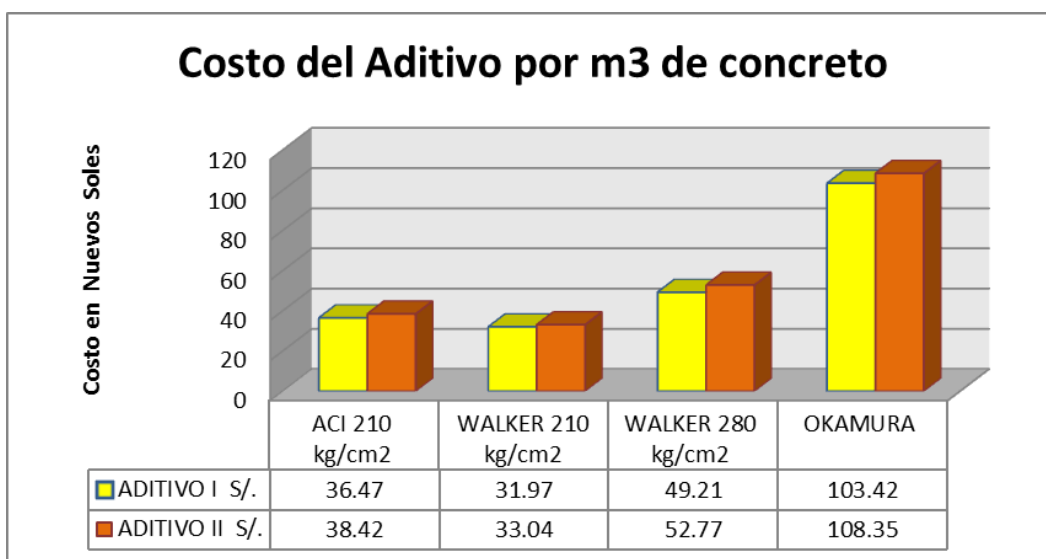


Figura 8.14. Vista del costo de aditivo por m3 utilizado en los diseños de mezclas con agregado angular.

➤ Para el Agregado Grueso Sub-redondeado.

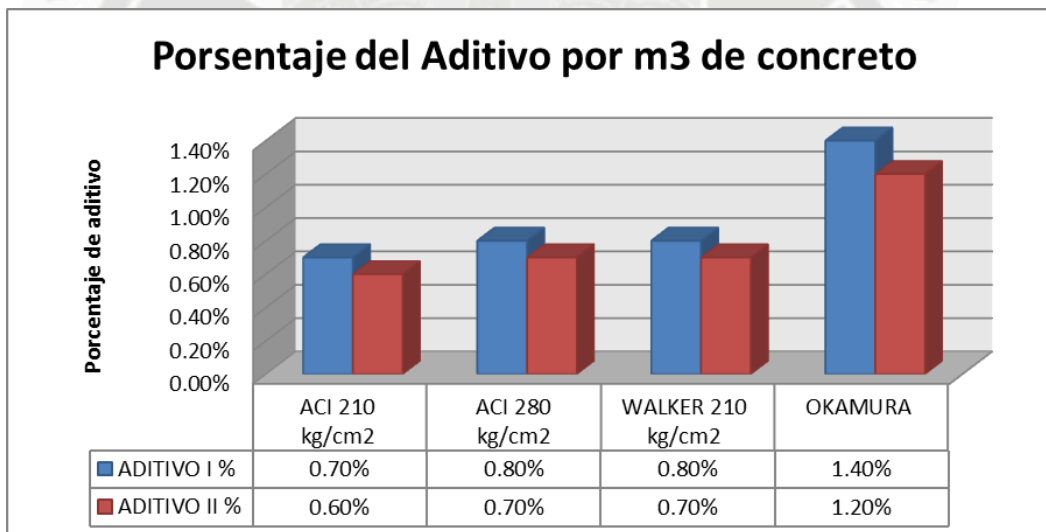


Figura 8.15. Vista del porcentaje de aditivo por m3 utilizado en los diseños de mezclas con agregado sub-redondeado.

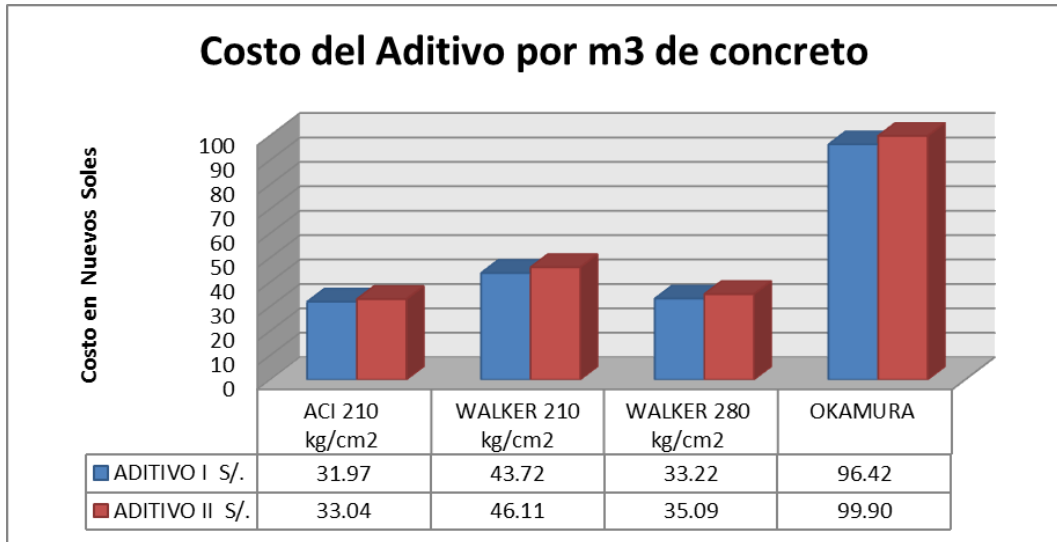


Figura 8.16. Vista del costo de aditivo por m3 utilizado en los diseños de mezclas con agregado sub-redondeado.

➤ **Relación agua cemento Vs. Resistencia a compresión.**

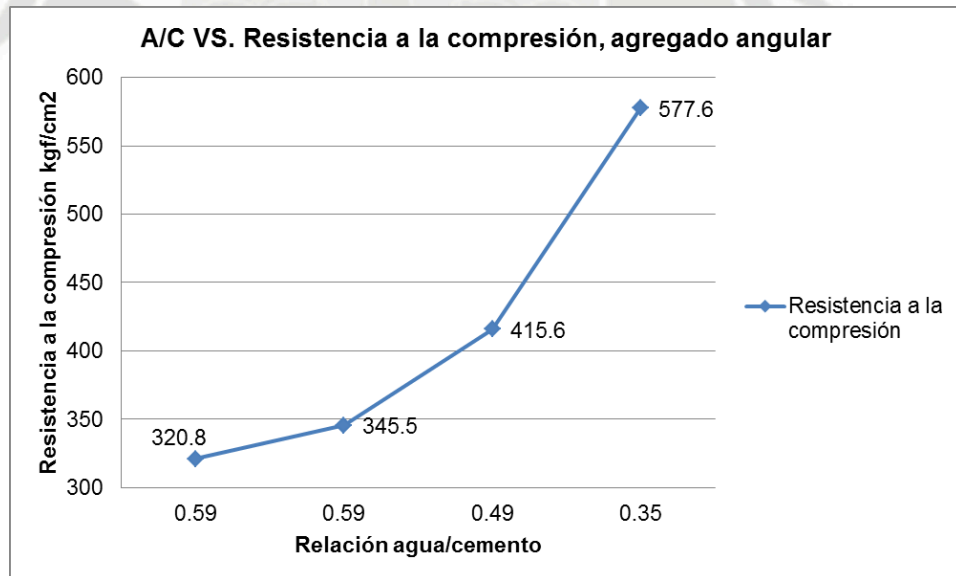


Figura 8.17. Vista de a/c VS resistencia a la compresión con el uso de agregado grueso angular.

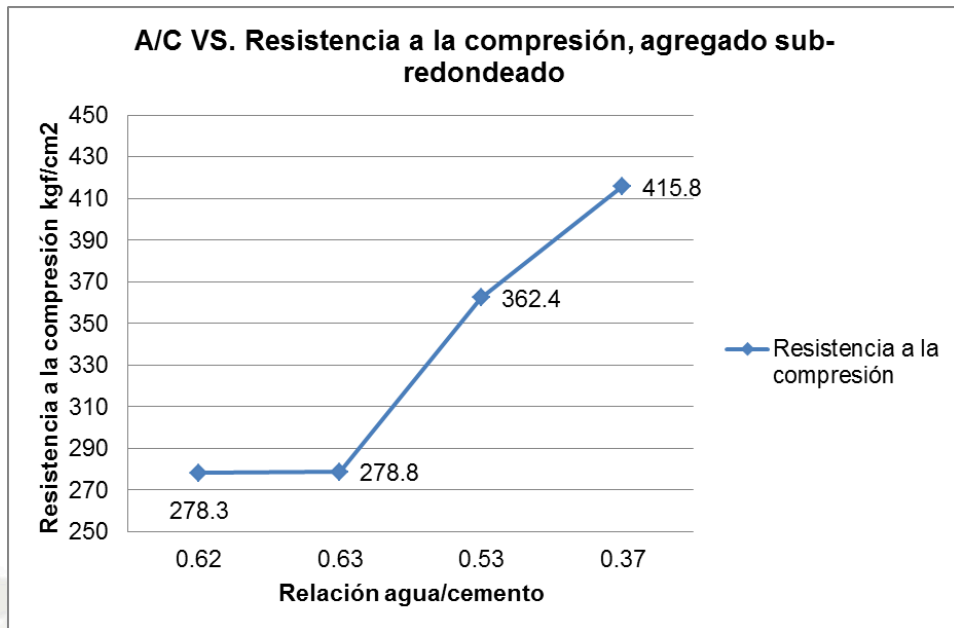


Figura 8.18. Vista de a/c VS resistencia a la compresión con el uso de agregado grueso sub-redondeado.



**CAPITULO 9:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES.**

Conclusiones Generales.

- En la presente investigación, se logró obtener un concreto autocompactante con la utilización del agregado angular y sub-redondeado, cumpliendo éste con todas las características y propiedades requeridas a partir de diseños de mezcla de concreto convencional con la incorporación de superplastificante.
- Se pudo comprobar que las resistencias a compresión en todas las edades, de un concreto autocompactante fueron muy superiores a la de un concreto convencional (concreto patrón), tanto como para el uso del agregado grueso angular y sub-redondeado.
- Mediante los ensayos en estado fresco, se pudo observar un mejor comportamiento del agregado grueso sub-redondeado para los ensayos de un concreto autocompactante y las propiedades que este posee en estado fresco, en comparación con un agregado grueso angular.
- Mediante el ensayo en estado endurecido, se comprobó que, con el uso del agregado grueso angular se obtuvieron resistencias a la compresión muy superiores que con el uso de un agregado grueso sub-redondeado.
- Se pudo observar que un concreto autocompactante mejora sus características, propiedades y resistencia a la compresión, cuando el uso del agregado fino es superior al uso del agregado grueso en los volúmenes de diseños de mezclas.
- Los diseños de mezclas por el método del ACI y Walker para llegar a obtener un concreto autocompactante son limitados, por el mismo cálculo que estos poseen al momento de realizar los diseños de mezclas.

- Con el diseño de mezclas por el método de Okamura se obtuvieron resultados superiores en las características, propiedades y resistencias a la compresión, en comparación con los diseños de mezclas del ACI y Walker.
- De los 3 aditivos utilizados en la presente investigación, los aditivos I y II fueron los que, mejor se comportaron y aportaron para obtener un concreto autocompactante. Mientras que con el uso del aditivo III no se pudo lograr obtener un concreto autocompactante en ninguno de los 3 métodos de diseños de mezclas utilizados en la presente investigación.
- Del análisis de costos unitarios realizados se observó que un concreto autocompactante es ligeramente más caro que un concreto convencional como una partida determinada. Pero cabe mencionar que al utilizar un concreto autocompactante este al desencofrar queda en cara vista, esto implica que se ahorra dinero en la partida de tarrajeo haciendo de este un concreto económico, ahorrándonos tiempo, materiales y mano de obra.
- Se lograron diseños de mezclas con relaciones de agua cemento con agregado grueso angular que van desde los 0.59 hasta 0.35 y con el uso del agregado grueso sub-redondeado que van desde los 0.63 hasta 0.37.
- Con la utilización del concreto autocompactante se pueden eliminar notablemente el problema de las cangrejeras.
- Con el diseño de mezclas se elimina la mano de obra y el equipo para el vibrado ya que este concreto ya no necesita de estos recursos por sus características.
- Para poder tener un concreto muy trabajable ya no es necesario el aumentar agua a la mezcla, ya que estos aditivos superplastificantes e hiperplastificante son buenos y funcionan, esto es una ayuda enorme porque ya no se modifica en obra la relación a/c y consecuentemente la resistencia $F'c$ del concreto diseñado.

- Se aumenta la durabilidad en las construcciones con este concreto autocompactante ya que este concreto es más impermeable y evita el ingreso de agentes externos como ácidos, cloruros, etc.
- Arquitectónicamente se puede vaciar estructuras con diseños caprichosos, con un buen encofrado el concreto autocompactante tomara la forma de este molde.

Conclusiones Específicas.

➤ **De los diseños de mezclas.**

Tanto como para cuando el uso del agregado grueso angular y subredondeado lo que paso con los 3 Métodos de diseños de mezclas fue lo siguientes.

- La tendencia de los diseños de mezclas al momento de tener las dosificaciones en Kg/m³., se puede observar que el agregado grueso se mantiene casi constante con la cantidad de agua, en cambio el agregado fino decrece mientras la resistencia a compresión de diseño aumenta y el cemento aumenta mientras que la resistencia a compresión de diseño aumenta. Con esto podemos concluir que en el diseño del ACI y Walker funciona de la siguiente manera: que la cantidad de agregado fino es inversamente proporcional a la cantidad de cemento en kg/m³ cuando la resistencia a compresión de diseño aumenta y agregado grueso y el agua se mantiene constante para $F'c = 210, 280, 350, 450$ y 550 kgf/cm².
- El diseño de $F'c=550$ Kg/cm² se sale del contexto del diseño por el método de comité 211 del ACI y Walker, aun así se le incorpore la mayor cantidad de aditivo permitido, la mezcla no funciona por la baja cantidad de agregado fino y por qué la relación a/c es de 0.20 y la cantidad de agregado grueso es demasiado alto. Además que la

cantidad de cemento a utilizarse es bastante y eso influye a que los costos aumentarían.

- El diseño de mezcla de Okamura, en la dosificación en unidad de volumen con respecto al cemento, se puede observar que el agregado grueso está por debajo de la unidad y el agregado fino está por encima de la unidad con una relación de agua cemento de 0.35.
- La tendencia del diseño de mezclas de Okamura al momento de tener las dosificaciones en Kg/m³., se puede observar que la cantidad de agregado fino es mayor que la del agregado grueso, esta es la particularidad que presenta el diseño del profesor Okamura con el método de concreto autocompactante.

➤ **De los ensayos en estado fresco.**

Con el uso del agregado grueso angular, se realizaron los ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas F'c = 210, 280, 350, 450 kgf/cm².

- Por el método del ACI solo se logró obtener un concreto autocompactante con el diseño F'c = 210 kgf/cm², los demás diseños no cumplían con los ensayos, en algunos caso excedían y en otros no llegaban al mínimo requerido que establecían los ensayos.
- Por el método de Walker, se logró obtener un concreto autocompactante con el diseño F'c = 280 kgf/cm².
- Por el método de Okamura solo se realizó un solo diseño de mezclas el cual, al momento de realizar los ensayos no se observó

ningún problema se comportó mejor que con los diseños del ACI y Walker.

Con el uso del agregado grueso sub-redondeado, se realizaron los ensayos en estado fresco para los diseños de mezclas $F'c = 210, 280, 350, 450 \text{ kgf/cm}^2$.

- Por el método del ACI solo se logró obtener un concreto autocompactante con el diseño $F'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$, los demás diseños no cumplían con los ensayos en algunos caso excedían y en otros no llegaban al mínimo requerido que establecían los ensayos.
- Por el método de Walker se logró obtener un concreto autocompactante con el diseño $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$.
- Por el método de Okamura solo se realizó un solo diseño de mezclas el cual al momento de realizar los ensayos no se observó ningún problema se comportó mejor que con los diseños del ACI y Walker.

➤ **De las resistencias a la compresión.**

Con el uso del agregado grueso angular, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Por el método del ACI se logró obtener una resistencia a la compresión de $F'c = 345.5 \text{ kgf/cm}^2$, con el uso del aditivo I y un $F'c = 327.4 \text{ kgf/cm}^2$ con el aditivo II, mientras que con el concreto patrón se obtuvo un $F'c = 257.8 \text{ kgf/cm}^2$ esto a los 28 días de edad para un **diseño $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$.**
- Por el método de Walker se logró obtener una resistencia a la compresión de $F'c = 320.8 \text{ kgf/cm}^2$, con el uso del aditivo I y un $F'c = 306.8 \text{ kgf/cm}^2$ con el aditivo II, mientras que con el concreto patrón

se obtuvo un $F'c = 239.4 \text{ kgf/cm}^2$ esto a los 28 días de edad para un **diseño $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$.**

- Por el método de Walker se logró obtener una resistencia a la compresión de $F'c = 415.6 \text{ kgf/cm}^2$, con el uso del aditivo I y un $F'c = 395.1 \text{ kgf/cm}^2$ con el aditivo II, mientras que con el concreto patrón se obtuvo un $F'c = 325.4 \text{ kgf/cm}^2$ esto a los 28 días de edad para un **diseño $F'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$.**
- Por el método de Okamura, se logró obtener una resistencia a la compresión de $F'c = 514.1 \text{ kgf/cm}^2$, con el uso del aditivo I y un $F'c = 577.6 \text{ kgf/cm}^2$ con el aditivo II, no se logró obtener un concreto patrón con este método por que le faltaba agua, en otras palabras el método de Okamura solo funciona con un buen superplastificante.

Con el uso del agregado grueso sub-redondeado, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Por el método del ACI se logró obtener una resistencia a la compresión de $F'c = 278.3 \text{ kgf/cm}^2$, con el uso del aditivo I y un $F'c = 261.4 \text{ kgf/cm}^2$ con el aditivo II, mientras que con el concreto patrón se obtuvo un $F'c = 201.1 \text{ kgf/cm}^2$ esto a los 28 días de edad para un **diseño $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$.**
- Por el método del ACI se logró obtener una resistencia a la compresión de $F'c = 362.4 \text{ kgf/cm}^2$, con el uso del aditivo I y un $F'c = 349.7 \text{ kgf/cm}^2$ con el aditivo II, mientras que con el concreto patrón se obtuvo un $F'c = 281.4 \text{ kgf/cm}^2$ esto a los 28 días de edad, para un **diseño $F'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$.**
- Por el método del Walker se logró obtener una resistencia a la compresión de $F'c = 278.8 \text{ kgf/cm}^2$, con el uso del aditivo I y un $F'c = 270.4 \text{ kgf/cm}^2$ con el aditivo II, mientras que con el concreto patrón

se obtuvo un $F'c = 194.8 \text{ kgf/cm}^2$ esto a los 28 días de edad para un **diseño $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$.**

- Por el método de Okamura se logró obtener una resistencia a la compresión de $F'c = 380.1 \text{ kgf/cm}^2$, con el uso del aditivo I y un $F'c = 415.8 \text{ kgf/cm}^2$ con el aditivo II, no se logró obtener un concreto patrón con este método por que le faltaba agua, en otras palabras el método de Okamura solo funciona con un buen superplastificante.

➤ **De los costos.**

Con el uso del agregado grueso angular, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El análisis de costos unitarios para un concreto $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$. Por el método del ACI, los costos se incrementan en un 4.03% y en un 4.50% en el concreto autocompactante, pero al incrementar los costos de tarrajeo en el concreto patrón el costo del concreto autocompactante son inferiores en un 2.61% y 2.20%, con el uso de los aditivos I y II respectivamente.
- El análisis de costos unitarios para un concreto $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$. Por el método de Walker, los costos se incrementan en un 2.96% y en un 3.22% en el concreto autocompactante, pero al incrementar los costos de tarrajeo en el concreto patrón el costo del concreto autocompactante son inferiores en un 3.59% y 3.36%, con el uso de los aditivos I y II respectivamente.
- El análisis de costos unitarios para un concreto $F'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$. Por el método de Walker, los costos se incrementan en un 6.59% y en un 7.39% en el concreto autocompactante, pero al incrementar los costos de tarrajeo en el concreto patrón el costo del concreto autocompactante son inferiores en un 0.10% y 0.82%, con el uso de los aditivos I y II respectivamente.

- El análisis de costos unitarios para un concreto por el método de Okamura, los costos se incrementan en un 17.63% y en un 18.67% en el concreto autocompactante, pero al incrementar los costos de tarrajeo en el concreto patrón el costo del concreto autocompactante siguen siendo mayores en un 10.39% y 11.32%, con el uso de los aditivos I y II respectivamente.

Con el uso del agregado grueso sub-redondeado, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El análisis de costos unitarios para un concreto $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$. Por el método del ACI, los costos se incrementan en un 3.08% y en un 3.34% en el concreto autocompactante, pero al incrementar los costos de tarrajeo en el concreto patrón el costo del concreto autocompactante son inferiores en un 3.72% y 3.48%, con el uso de los aditivos I y II respectivamente.
- El análisis de costos unitarios para un concreto $F'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$. Por el método del ACI, los costos se incrementan en un 5.56% y en un 6.12% en el concreto autocompactante, pero al incrementar los costos de tarrajeo en el concreto patrón, el costo del concreto autocompactante son inferiores en un 1.03% y 0.54%, con el uso de los aditivos I y II respectivamente.
- El análisis de costos unitarios para un concreto $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$. Por el método de Walker, los costos se incrementan en un 3.48% y en un 3.97% en el concreto autocompactante, pero al incrementar los costos de tarrajeo en el concreto patrón el costo del concreto autocompactante son inferiores en un 3.52% y 3.10%, con el uso de los aditivos I y II respectivamente.

- El análisis de costos unitarios para un concreto por el método de Okamura, los costos se incrementan en un 16.47% y en un 17.22% en el concreto autocompactante, pero al incrementar los costos de tarrajeo en el concreto patrón el costo del concreto autocompactante siguen siendo mayores en un 9.22% y 9.82%, con el uso de los aditivos I y II respectivamente.

➤ **De los aditivos.**

- Se pudo observar que la cantidad de aditivo a utilizarse está dentro de los parámetros establecido por los proveedores de aditivos, en la presente investigación se trabajó con cantidades que están dentro de los valores de 0.6% a 1.5% del peso del cemento tanto como para el aditivo I y II
- En la diferencia de costos de los aditivos, se vio un ligero costo mayor al del aditivo II en los análisis de costos unitarios.
- Se utilizó una menor cantidad de aditivos para los diseños de mezclas donde se utilizó el agregado grueso sub-redondeado. Mientras que en el agregado grueso angular se utilizó más aditivo.
- Con el aditivo II se obtuvieron resistencias a la compresión mayores a los del aditivo I a los 7 días. Pero a los 28 días se obtuvo una resistencia mayor con el aditivo I.

Recomendaciones.

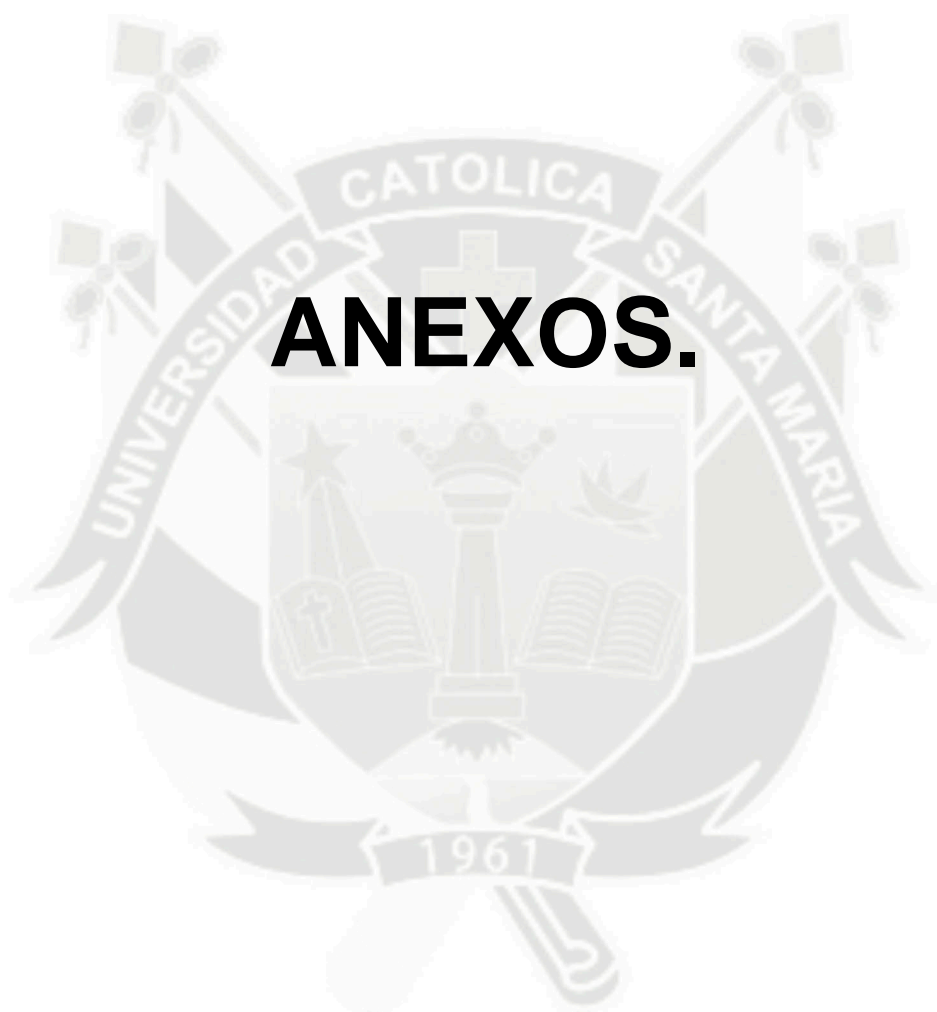
- Tener un estricto control en la cantidad de Aditivo a utilizarse en los diseños de mezclas, se recomienda antes de utilizar estos aditivos en obra hacer ensayos en laboratorio para la cantidad optima a utilizarse.
- Para obtener un concreto autocompactante se recomienda tener unos buenos agregados y realizar los ensayos respectivos de sus propiedades físicas, en especial tener un cuidado en la granulometría de los agregados gruesos, que estos deben de cumplir con los usos según la norma específica.
- Realizar los ensayos del concreto autocompactante en estado fresco con un mínimo de 2 personas para tener así un mejor control tanto de tiempo, diámetros y mediciones que se realizan.
- Cada ensayo debe de realizarse en un máximo de 5 minutos para obtener valores que se acerque a la realidad del concreto en estado fresco, en caso de haber pasado ese tiempo se tendrá que batir la mezcla en el trompo por un lapso de 2 minutos.
- Asegurarse del cumplimiento estricto de las normas referentes al manejo y realización de los ensayos del concreto autocompactante en estado fresco, y para el estado endurecido tener el cuidado en la protección, curado y control del concreto.
- El uso de aditivos permite mayor tiempo de mezclados y colocación; sin embargo, es importante tener en cuenta los riesgos del retemplado por inicio del proceso de fraguado y/o exceso de mezclado.
- Garantizar el sellado del encofrado con el fin de disminuir desperdicios o que el concreto autocompactante se filtre por encofrados mal instalados.
- Si bien es cierto este trabajo de investigación se realizó con normas españolas. **Se recomienda la creación de la “Norma Técnica de Concreto Autocompactante”, dentro de la Normas Técnicas Peruanas para tener un mejor proceso de la obtención de este concreto.**



BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute; Self-Consolidating Concrete Reported by ACI 237.
- American Concrete Institute; diseño de mezclas comité 211 CI
- Especificaciones y directrices para el Hormigon Autocompactante, EFNARC, febrero 2002
- Ing. Enrique Pasquel Carbajal; Tópicos de Tecnología del Concreto; Impreso Lima, Perú 1999; Segunda edición.
- Ing. Favio Abanto Castillo; Tecnología del Concreto; Editorial San Marcos; Primera Edición.
- 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 ASTM; C1611/C1611M-09bel.
- Norma ASTM; C1621/C1621M-09b.
- Norma Técnica Peruana; NTP 339.219:2008.
- Norma Técnica Peruana; NTP 339.220:2008.
- Norma UNE-EN 12350-12:2011.
- Norma UNE-EN 12350-10:2011.
- Norma UNE-EN 12350-8:2011.
- Norma UNE-EN 12350-9:2011.
- INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES “IECA”.
- Empresa de concreto Autocompactado “The Chemical Company BAST”.
- Revista Ingeniería de Construcción – PROPIEDADES Y USO DEL HORMIGON AUTOCOMPACTANTE, por Bernardo De la Peña Riquelme, SIKA Chile.
- 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.
- <http://www.matest.es>.
- <http://www.labs4u-construction.co.uk/>.
- <http://www.hormigonespecial.com/>.



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



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.

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.

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

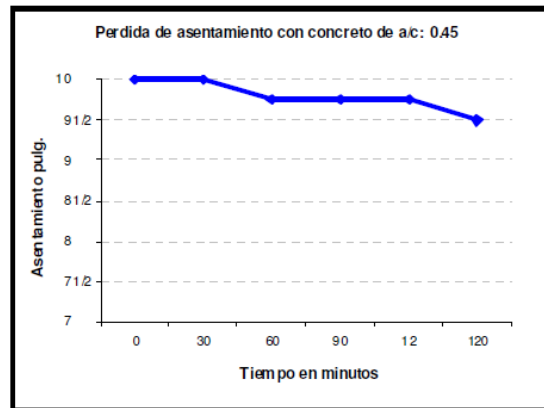
PLASTOL 200 EXT está especialmente recomendado cuando se requiere:

- 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.

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 del aditivo CHEMA SUPER PLAST.



CHEM MASTERS DEL PERU S.A.
Chema Super Plast
Aditivo plastificante de alto rango y reductor de agua

Versión: Agosto 2008

DESCRIPCIÓN:

CHEMA SUPER PLAST es un aditivo líquido, color marrón oscuro, compuesto por resinas sintéticas, reductor de agua y fluidificante de alto rango. Permite reducir hasta 35% de agua del diseño de mezcla normal. Producto adecuado a la norma ASTM 494 C.

PROPIEDADES:

- CHEMA SUPER PLAST** puede ser utilizado como reductor de agua o superfluidificante.
- Permite mantener por un tiempo prolongado la trabajabilidad
- Alta reducción de la proporción agua cemento sin alterar la trabajabilidad del concreto.
- Reduce la exudación.
- Aumento de las resistencias mecánicas y la durabilidad.
- CHEMA SUPERPLAST** le confiere al concreto un acabado de muy buena calidad y permite llenar formas complicadas con mucha armadura de acero.
- Mejora las características del concreto bombeado, reduciendo las presiones de bombeo.

USOS:

- Concretos bombeados
 - Concretos de pavimentos
 - Concretos estructurales
 - Concretos pre y post-tensado
 - Concretos de alta resistencia.
- Concreto proyectado húmedo.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:

Densidad de 25° C	:	1.2 Kg/l
PH	:	9
% Sólidos	:	40
Efectos fisiológico	:	En contacto con los ojos, lavarse con abundante agua.

DOSIFICACIÓN:

Rango de dosis	:	0.4% - 2% peso de cemento
Dosis óptima	:	1% peso de cemento

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente para determinar si son apropiados para un uso particular. El uso, aplicación y manejo de los productos, queda fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.



IMPORTADORA TECNICA INDUSTRIAL Y COMERCIAL S.A.

Av. Industrial 765, Lima 1. Teléf. (511) 336-8407 - Fax (511) 336-8408
e-mail: chema@iticsa.com web: www.iticsa.com



MODO DE EMPLEO:

Como Superfluidificante

Para obtener un óptimo resultado agregue **CHEMA SUPER PLAST** en el remezclado. El concreto debe tener inicialmente agua suficiente para obtener un descenso del cono de 3 a 4".

A igual consistencia

Para efectos de la trabajabilidad, se debe considerar en el diseño del concreto una reducción hasta 35% del agua de amasado. El grado de humedad de los áridos debe ser como mínimo el correspondiente al estado saturado superficialmente seco.

Se recomienda mezclar los áridos con el cemento, agregar 60% del agua, para finalmente agregar diluido **CHEMA SUPER PLAST** con el 40% restante y revolver durante 2 minutos.

En caso de atraso en la colocación del concreto, se puede redosificar y remezclar para prolongar el efecto.

PRESENTACIÓN:

Envases de 1 gal., 5 gal., y 55 gal.

ALMACENAJE:

Un año en su envase original cerrado y en ambiente fresco y seco, a temperaturas entre 5°C y 30°C.

PRECAUCIONES:

- Si el material se congela debe mantenerse a temperaturas de más de 10°C y reconstituirse con agitación moderada.
- No es necesario usar precauciones especiales al usar el producto.
- Es compatible con todos los cementos portland, puzolánicos y siderúrgicos. Con otros tipos de cemento se deberán hacer pruebas de comportamiento.

PRECAUCIONES:

Producto tóxico, **NO INGERIR**, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.

No coma ni beba mientras manipula el producto.

Lavése las manos luego de manipular el producto.



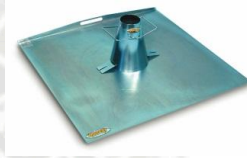
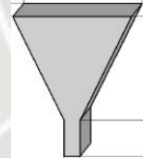


Utilice guantes de seguridad, gafas y ropa protectoras de trabajo.

Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados.

En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.

Si es ingerido, no provocar vómitos, procure buscar ayuda médica inmediata.

➤ Anexo 05: ficha de investigación de recolección de datos.

FICHA DE INVESTIGACIÓN						
		UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA				
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS: "DISEÑO DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON AGREGADO ANGULAR Y SUB-REDONDEADO UTILIZANDO ADITIVOS DE LAS MARCAS CHEMA, SIKA Y EUCO, EN LA CIUDAD DE AREQUIPA – 2013"						
MÉTODO DE DISEÑO				F'c	kg/cm ²	
CEMENTO				CONTENIDO DE AGUA	Lt/m ³	
AGREGADO FINO	CANTERA:		AGREGADO GRUESO		CANTERA:	
ADITIVO			RELAC. A/C		TMN	
DOSIFICACIÓN FINAL	Cemento	A° Fino	A° Grueso		ADITIVO	
					%	
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO						
ENSAYO DE FLUJO DE ASENTAMIENTO EN ESTADO FRESCO						
OBSERVACIÓN O VALIDACIÓN:						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
FLUJO DE ASENTAMIENTO T50cm	segundos	2	5			
FLUJO DE ASENTAMIENTO	mm	650	800	D1=	D2=	
ENSAYO DEL EMBUDO "V" EN ESTADO FRESCO						
OBSERVACIÓN O VALIDACIÓN:						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
EMBUDO "V"	segundos	6	12			
EMBUDO "V" A T5min	segundos	0	+3			
ENSAYO DE LA CAJA "L"						
OBSERVACIÓN O VALIDACIÓN:						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO		
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "L"	(h2/h1)	0.8	1	H2=	H1=	
ENSAYO DE LA CAJA "U"						
OBSERVACIÓN O VALIDACIÓN:						
MÉTODO	UNIDAD	PARÁMETROS		RESULTADO	OBSERVACIÓN O VALIDACIÓN	
		MÍNIMO	MÁXIMO			
ENSAYO DE LA CAJA "U"	(h2-h1)mm	0	30	H1=	H2=	

➤ Anexo 06: Costo del aditivo 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

Carlos Gustavo Camino Buendia
P.P-
Carlos Gustavo Camino Buendia
Gerente
MVS REPRESENTACIONES
GCB/pyv

➤ Anexo 07: Costo del aditivo 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 08: Imágenes de los ensayos realizados en los laboratorios de suelos y concretos para obtención de un concreto autocompactante.



Figura Anexo 01: Se puede observar los 4 equipos para realizar los ensayos del concreto autocompactante en estado fresco la caja "L", la caja en "U", el embudo "V" y la bandeja con el cono de abrams.



Figura Anexo 02: Realizando el ensayo de flujo de asentamiento en la bandeja de 1 metro por 1 metro con el cono de abrams en la posición invertida.



Figura Anexo 03: Midiendo la extensibilidad del asentamiento del concreto autocompactado.



Figura Anexo 04: Verificando a simple vista que el concreto no presente ni exudación ni segregación, teniendo una pasta uniforme.



Figura Anexo 05: Realizando el ensayo del Embudo "V" para determinar el tiempo que tarda paso del concreto autocompactante por la aberturas estrechas del embudo que evalúa la capacidad de relleno y la capacidad de paso.



Figura Anexo 06: Terminando de llenar la caja "L" con el concreto autocompactado.



Figura Anexo 07: Después de abrir la compuerta de la caja “L”, el concreto pasa delante de la cual se encajan longitudes verticales de barras de armado, midiendo la capacidad de paso y resistencia a la segregación.



Figura Anexo 08: Ensayo de la caja “U” colocando el concreto autocompactado en el primer compartimiento.



Figura Anexo 09: Abriendo la compuerta de la caja "U" para que el concreto pase las rejillas de acero en la parte inferior para el segundo compartimiento por peso propio.




Figura Anexo 10: Midiendo las diferencias de altura del concreto en el primer compartimiento y en el segundo compartimiento.

➤ Anexo 09: Costo de Inversión de la presente Investigación.

Materiales	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total S/.
Caja "L"	Und.	1	450.00	450.00
Caja "V"	Und.	1	450.00	450.00
Caja "U"	Und.	1	450.00	450.00
Mesa de extensión de flujo	Und.	1	200.00	200.00
Aditivos Chema	Global	1	100.00	100.00
Aditivos Sika	Global	1	170.00	160.00
Aditivos Euco	Global	1	150.00	150.00
Agregado angular grueso	m3	6	70.00	420.00
Agregado fino	m3	6	45.00	270.00
Agregado Sub-redondeado grueso	m3	6	50.00	300.00
Agregado fino	m3	6	45.00	270.00
Cemento Portland	Bol.	25	22.00	550.00
Moldes para los testigos	Und.	20	12.00	240.00
Balanza electrónica	Und.	1	300.00	300.00
Copias	Global	1	50.00	150.00
Impresiones y empastado	Global	1	100.00	500.00
Libros y Normas	Global	1	250.00	350.00
TOTAL				5310.00

*La inversión de la Investigación fue de S/.5310.00 Nuevos Soles.



La presente investigación fue expuesta y sustentada por mi persona en el **"CONCURSO NACIONAL DE PONENCIAS ESTUDIANTILES"** que se realizó en el marco del **"XXI CONGRESO NACIONAL Y IX CONGRESO INTERNACIONAL DE ESTUDIANTE DE INGENIERÍA CIVIL"**, también conocida como el **"CONEIC - 2013"**, que fue organizada por la Universidad Nacional del Centro Perú, realizada en la ciudad de Huancayo.

La presente investigación se ubicó en el Primer Puesto en el área de Construcción y Cuarto Puesto a nivel de todas las Áreas.

Agosto del 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



DIPLOMA

Otorgado a:

CHOQUENAIRA PACCOSONCCO IGOR

Por haber ocupado el:

CUARTO PUESTO

En el concurso de:

PONENCIAS ESTUDIANTILES

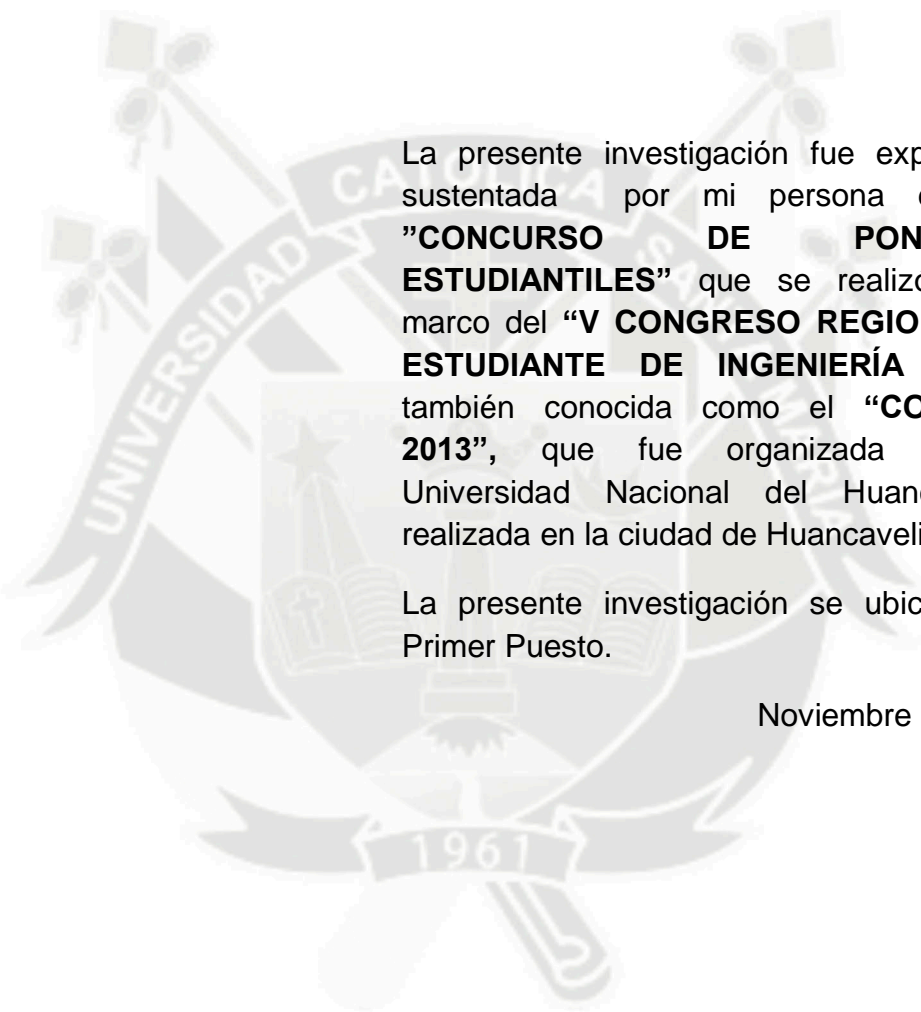
Llevado a cabo en el XXI CONGRESO NACIONAL Y IX CONGRESO INTERNACIONAL DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL, organizado por la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Centro del Perú, desarrollado del 19 al 23 de Agosto de 2013.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'M. Guerrero Meza'.

Dr. Manuel Guerrero Meza
DECANO FIC - UNCP

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Vito More Valentín Damas'.

Vito More Valentín Damas
PRESIDENTE XXI COINEIC



La presente investigación fue expuesta y sustentada por mi persona en el **”CONCURSO DE PONENCIAS ESTUDIANTILES”** que se realizó en el marco del **“V CONGRESO REGIONAL DE ESTUDIANTE DE INGENIERÍA CIVIL”**, también conocida como el **“COREIC - 2013”**, que fue organizada por la Universidad Nacional del Huancavelica, realizada en la ciudad de Huancavelica.

La presente investigación se ubicó en el Primer Puesto.

Noviembre del 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA
FACULTAD DE CIENCIA DE INGENIERÍA
E.A.P. DE INGENIERÍA CIVIL



DIPLOMA

Otorgado a: **CHOQUENAYRA PACCOSONCCO, Igor**

Por haber ocupado el PRIMER PUESTO en el concurso de Ponencias Estudiantiles en el V COREIC - 2013, realizado en la ciudad de Huancavelica.



Edith E. Huamani Serpa
PRESIDENTA V COREIC

Ing. Marco A. Lopez Barrantes
DIRECTOR DE EAP DE ING. CIVIL