

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



TRABAJO DE GRADO:

“EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRÁULICO BAJO CRITERIOS DE DURABILIDAD, SOMETIDAS A ENSAYOS ACELERADOS POR ATAQUE DE SULFATOS.”

PRESENTADO POR:

BENÍTEZ ANDRADE, WILLIANS OMAR
PAIZ URRUTIA, KATHYA SENEYDA
SALMERÓN VIGIL, LILIAN MARCELA

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR:

ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, OCTUBRE DE 2015

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

LIC. LUIS ARGUETA ANTILLON

RECTOR (INTERINO)

ING. CARLOS ARMANDO VILLALTA

VICE-RECTOR ACADÉMICO (INTERINO)

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

SECRETARIA GENERAL (INTERINA)

LIC. NORA BEATRIZ MELENDEZ

FISCAL GENERAL (INTERINA)

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA
DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ
VICE-DECANO

LIC. JORGE ORTEZ HERNÁNDEZ
SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

INGA. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA
COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ
DOCENTE DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO AL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRÁULICO BAJO CRITERIOS DE
DURABILIDAD, SOMETIDAS A ENSAYOS ACELERADOS POR ATAQUE DE
SULFATOS.”**

PRESENTADO POR:

BENÍTEZ ANDRADE, WILLIANS OMAR
PAIZ URRUTIA, KATHYA SENEYDA
SALMERÓN VIGIL, LILIAN MARCELA

DOCENTE DIRECTOR:

ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, OCTUBRE DE 2015

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

INGA. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA
COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ
DOCENTE DIRECTOR

DEDICATORIAS

Al Dios invisible, a mi padre René Benítez Crúz y a mi madre Yolanda Martina Andrade de Benítez.

Willians Benítez.

A esas personas especiales que me aconsejan, apoyan, reprenden y aman incondicionalmente...

A MIS PADRES Jaime Arnoldo Paiz y Olga Araceli Urrutia de Paiz, quienes están primero que todo y que siempre han estado para mí.

Kathya Paiz.

A MIS PADRES Lilian Noemy Vigil de Salmerón y Pedro Salmerón Matamoros

Marcela Salmerón.

AGRADECIMIENTOS

Al Dios Invisible quien permitió lo que en mi mente comenzó como un sueño y que a lo largo de estos años de estudio me mostro algunas de las muchas maneras en que el puede ayudar a los que en el confían.

A mi padre René Benítez Cruz, a quien no me alcanzará la vida para pagarle cada uno de los sacrificios que ha hecho por mí.

A mi madre Yolanda Andrade, ella me ha dado tanto que no hay forma de agradecerle.

A mis tíos: Edilberto, Lucy, Mauricio, Yessenia, Fernidando que estuvieron en los momentos mas difíciles, que siempre creyeron en mi y ayudaron sin esperar nada a cambio.

A mis hermanos: Yancy y Miltón, porque hemos sido compañeros desde hace largo rato y porque sin ustedes nada de esto hubiera sido igual.

A los Ingenieros de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, por introducirme al mundo de la ingeniería y mostrarme lo apasionante de esta carrera.

Al Ing. Román Zavala Flores, quien me abrió las puertas de su laboratorio y siempre estuvo dispuesto a ayudarme.

A mis compañeras de tesis: Kathya y Marcela, por permitirme formar parte de su grupo y aprender cosas nuevas con ustedes.

Gracias...

WILLIANS OMAR BENITEZ ANDRADE

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO y a mi VIRGENCITA DE GUADALUPE por haber escuchado mis oraciones dándome la fortaleza, templanza y dedicación para culminar todos estos años de estudio.

A MIS PADRES por ser mis guías y por darme palabras de aliento cuando estuve a punto de desfallecer.

A MI HERMANO por su ayuda en este proceso de aprendizaje y MIS HERMANAS por sus locuras, sonrisas. A los tres por brindarme la necesidad de esforzarme día a día.

A MI NOVIO por su paciencia, ayuda y consejos siempre que los necesite.

A LOS DOCENTES que en el transcurso mi vida dejaron su huella y de los que hoy en día aún aplico sus enseñanzas.

Y a todas las demás personas que contribuyeron directa e indirectamente en la realización de este logro.

KATHYA SENEYDA PAIZ URRUTIA

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO que me permitió despertar cada día y convertirme en la persona que soy ahora.

A MIS PADRES por su cariño y apoyo incondicional, siempre han estado para mí cuando los he necesitado, me han animado a dar mi mejor esfuerzo para poder cumplir mis metas y que día a día me alientan a seguir esforzándome y avanzando en el camino que me he propuesto, A MIS HERMANAS por estar en los momentos en los que las necesité.

A MIS AMIGOS cercanos con los que pase momentos de diversión y tensión pero siempre nos apoyamos unos a otros, los que se mantuvieron hasta el final y los que decidieron otro rumbo para su camino siempre los recordaré y agradeceré por cada momento que pude compartir con cada uno de ellos, las experiencias que vivimos quedaran siempre guardadas en el corazón.

A LOS DOCENTES de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental que transmitieron sus conocimientos y ayudaron en mi formación como profesional.

LILIAN MARCELA SALMERÓN VIGIL

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A la Univerdidad de El Salvador por permitirnos ser parte del cuerpo estudiantil y por forjarnos como profesionales.

A lo docentes de la Universidad de El Salvador FMO por brindarnos su conocimiento y permitirnos aprender de ellos.

A las instituciones HOLCIM e ISCYC por brindarnos su ayuda e instuccion en el desarrollo del presente trabajo de graduación.

A la empresa MZ CONSULTORES S.A de C.V y CONSTRUEQUIPO S.A de C.V por proporcionarnos instalaciones para la realización de las pruebas de laboratorio.

RESUMEN EJECUTIVO

La durabilidad, resistencia, seguridad y economía del concreto hidráulico son propiedades que deben ser evaluadas con el objetivo de conocer el comportamiento futuro de las estructuras. La presente investigación se propone realizar ensayos acelerados al concreto para comprender la afectación en éste al ser expuesto al ataque de sulfatos. La investigación consta de seis capítulos, en el CAPITULO I “GENERALIDADES” se simplifica el problema y los objetivos que se desean alcanzar y la metodología a seguir en el desarrollo de la investigación. El CAPITULO II, “MARCO TEÓRICO” es una recopilación de la información relevante sobre los aspectos que conforman el tema de investigación. El CAPITULO III “ELABORACIÓN, ENSAYO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO Y APLICACIÓN DE ENSAYO ACELERADO POR ATAQUE DE SULFATOS” se elaboran los especímenes de concreto que se ensayaran en estado fresco y endurecido según las normas ASTM respectivas, además de detallar el proceso a seguir para la exposición del concreto al ataque de sulfato de Magnesio. El CAPITULO IV “APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE PESO NORMAL SEGÚN ACI 211” detalla los pasos a seguir para el diseño y proporcionamiento de mezclas de concreto. El CAPÍTULO V. “PRESENTACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS” corresponde a los resultados obtenidos para su análisis e interpretación. Finalmente el CAPÍTULO VI presenta las “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES” basadas en los resultados obtenidos de la investigación.

ABSTRACT

Durability, strength, safety and economy of hydraulic concrete are properties that must be evaluated in order to know the future behavior of structures. In this research it is proposed to perform accelerated tests for understanding the present concrete involvement in it when exposed to sulfate attack. The research consists of six chapters, Chapter I "GENERAL" the problem and the objectives to be achieved and the methodology followed in the development of research is simplified. Chapter II, "THEORETICAL FRAMEWORK" is a compilation of relevant information on the aspects that make the research topic. Chapter III "DEVELOPMENT, TEST SPECIMENS OF HYDRAULIC CONCRETE AND APPLICATION FOR ACCELERATED SULFATE ATTACK" concrete specimens were tested in fresh and hardened according to the respective ASTM standards, are made as well as detailing the process to follow to specifically exposure to attack by magnesium sulfate. Chapter IV "APPLICATION DESIGN METHOD OF CONCRETE MIXER AS NORMAL WEIGHT ACI 211" details the steps for designing and proportioning concrete mixtures. CHAPTER V. "PRESENTATIONS AND ANALYSIS OF RESULTS" corresponds to the results for analysis and interpretation. Finally, Chapter VI presents the "CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS" based on the results of the investigation.



INDICE TEMÁTICO

INTRODUCCION	I
CAPITULO I.....	30
1.1 ANTECEDENTES.....	31
1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA.....	33
1.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	33
1.2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	36
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	38
1.4.1 GENERAL.....	38
1.4.2 ESPECÍFICOS	38
1.5 ALCANCES	40
1.6 LIMITACIONES	43
1.7 METODOLOGÍA	44
1.7.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	45
1.7.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	45
1.7.3 UNIDADES DE ANÁLISIS.....	45
1.7.4 ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES PARA LOS ENSAYOS	47
1.7.4.1 REQUERIMIENTOS DE SITIO:.....	47
1.7.4.2 CONDICIONES DE SULFATO	48
1.7.5 AGREGADOS	48
1.7.5.1 PRUEBAS A LOS AGREGADOS	48
1.7.6 DISEÑO DE MEZCLA	49
1.7.6.1 CEMENTOS	49



1.7.6.2 RELACIÓN AGUA-CEMENTO DE LA MEZCLA	49
1.7.6.3 ADITIVO	49
1.7.6.4 CONCRETO.....	50
1.7.7 PUESTA EN MARCHA DEL CURADO NORMAL Y EL ATAQUE POR SULFATOS AL CONCRETO.....	50
1.7.8 REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO Y DISTRIBUCIÓN EN TIEMPO.....	50
1.7.8.1 PRUEBAS DESTRUCTIVAS AL CONCRETO (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN).....	50
1.7.8.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES (CAMBIOS DE MASA, VOLUMEN Y EXPANSIÓN).	51
1.7.9 PROCESAMIENTO DE DATOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
CAPITULO II	53
2.1 MARCO HISTÓRICO.....	54
2.1.1 ORÍGENES DEL CEMENTO Y CONCRETO	55
2.1.2 ATAQUE QUÍMICO AL CONCRETO (ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO).....	59
2.2 MARCO CONCEPTUAL	63
2.2.1 CONCRETO	63
2.2.1.1 DEFINICIÓN DE CONCRETO.....	63
2.2.1.2 DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO	63
2.2.2 PROPIEDADES PRINCIPALES DE MEZCLAS DE CONCRETO.....	63
2.2.2.1 RESISTENCIA.....	64
2.2.2.2 TRABAJABILIDAD	64
2.2.2.3 DURABILIDAD.....	64
2.2.2.4 IMPERMEABILIDAD	65



2.2.3 ESTADOS DEL CONCRETO.....	65
2.2.3.1 ESTADO PLÁSTICO	66
2.2.3.2 ESTADO FRAGUADO	66
2.2.3.3 ESTADO ENDURECIDO	66
2.2.4 CONCRETO HIDRÁULICO	67
2.2.5 ELEMENTOS DEL CONCRETO HIDRÁULICO	67
2.2.5.1 AGREGADOS.....	67
2.2.5.2 CEMENTOS HIDRÁULICOS (PORTLAND).....	69
2.2.5.3 PROPIEDADES DEL CEMENTO PORTLAND EN DIFERENTES ESTADOS.....	70
2.2.5.4 AGUA.....	74
2.2.5.5 ADITIVOS.....	74
2.2.6 PRUEBAS AL CONCRETO.....	79
2.2.6.1 MUESTREO	79
2.2.6.2 PRUEBA DE REVENIMIENTO	80
2.2.6.3 PRUEBA DE COMPRESIÓN.....	80
2.2.6.4 CAMBIOS DE VOLUMEN Y EXPANSIÓN DEL CONCRETO	81
2.2.7 ATAQUE DE SULFATOS AL CONCRETO	83
2.2.7.1 ORIGEN DE LOS SULFATOS Y CARACTERÍSTICAS.....	85
2.2.7.2 COMO ACTÚAN LOS SULFATOS	86
2.2.7.3 SULFATOS MAS AGRESIVOS	88
2.2.7.4 CONCENTRACIÓN DE SULFATO	89
2.3 MARCO NORMATIVO	90
2.3.1 ENSAYOS A LOS AGREGADOS.....	90
2.3.1.1 PRACTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DE AGREGADOS	90



A.S.T.M. DESIGNACIÓN D 75	90
2.3.1.2 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGREGADO A TAMAÑO DE PRUEBA.....	92
ASTM DESIGNACIÓN C 702	92
2.3.1.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	94
ASTM DESIGNACIÓN C 127	94
2.3.1.4 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.....	95
ASTM DESIGNACIÓN C 128	95
2.3.1.5 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.....	96
ASTM DESIGNACIÓN: C 136.....	96
2.3.1.6 MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN EL AGREGADO	96
ASTM DESIGNACIÓN: C 29.....	97
2.3.1.7 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DEL AGREGADO.....	97
ASTM DESIGNACIÓN: C 566.....	97
2.3.2 PRUEBAS AL CONCRETO.....	99
2.3.2.1 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO HIDRÁULICO.....	99
ASTM DESIGNACIÓN: C-143/ C-143M-03.....	99
2.3.2.2 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA TEMPERATURA DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND RECIÉN MEZCLADO.....	99



ASTM DESIGNACIÓN: C-1064/ C-1064M-03	100
2.3.2.3 MÉTODO DE ENSAYO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE (MASA UNITARIA) RENDIMIENTO (VOLUMEN DE CONCRETO PRODUCIDO) Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO.....	101
ASTM DESIGNACIÓN: C138/138M	101
2.3.2.4 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.....	103
ASTM DESIGNACIÓN: C39/C39M-03.....	103
2.4 REGLAMENTOS DE APOYO	104
2.4.1 ACI - AMERICAN CONCRETE INSTITUTE.....	104
2.4.2 ACI 211.1 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR EL PROPORCIONAMIENTO DEL CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y DENSO.....	111
2.4.3 ASTM C-1157- ESPECIFICACIÓN POR DESEMPEÑO PARA CEMENTOS HIDRÁULICOS.....	112
CAPITULO III.....	117
3.1 PRUEBAS A LOS AGREGADOS.....	118
3.1.1 PRACTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DE AGREGADOS.....	118
A.S.T.M. DESIGNACIÓN D 75	118
3.1.2 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGREGADO A TAMAÑO DE PRUEBA.....	122
ASTM DESIGNACIÓN C 702	122
3.1.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.	124
ASTM DESIGNACIÓN C 127	124



3.1.4 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.	128
ASTM DESIGNACIÓN C 128	128
3.1.5 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.....	131
ASTM DESIGNACIÓN: C 136.....	131
3.1.6 MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN EL AGREGADO	134
ASTM DESIGNACIÓN: C 29.....	134
3.1.7 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DEL AGREGADO	137
ASTM DESIGNACIÓN: C 566.....	137
3.2 ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	139
3.2.1 MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR.....	139
3.2.2 ELABORACIÓN DEL CONCRETO.....	145
3.2.3 PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:	146
3.2.3.1 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA REVENIMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO.....	146
ASTM DESIGNACIÓN C-143.....	146
3.2.3.2 PRUEBA DE TEMPERATURA DEL CONCRETO.....	148
ASTM DESIGNACIÓN C-1064/C-1064M.....	148
3.2.3.3 DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO.....	148
ASTM DESIGNACIÓN C-138/C-138M	148
3.2.4 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES.....	151



3.2.4.1 PRACTICA NORMALIZADA PARA PREPARACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO EN LABORATORIO.....	151
ASTM DESIGNACIÓN C-192.....	151
3.3 APLICACIÓN DE ENSAYO ACELERADO POR ATAQUE DE SULFATOS	152
3.3.1 ATAQUE ACELERADO	152
3.4 PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	154
3.4.1 PRUEBAS EXPERIMENTALES: CAMBIO DE MASA, CAMBIO DE VOLUMEN Y EXPANSIÓN DE LOS CILINDROS.	154
3.4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.....	155
ASTM DESIGNACIÓN C-39	155
CAPITULO IV	158
4.1 GENERALIDADES.....	159
4.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	159
4.3 ENSAYOS PREVIOS.....	160
4.3.1 CEMENTO.....	160
4.3.1.1 DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C188)	160
4.4 AGREGADOS	161
4.4.1 MUESTREO DE AGREGADOS (ASTM D-75).....	161
4.4.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO Y GRUESO (ASTM C128/C127).....	162
4.4.3 GRANULOMETRIA Y MODULO DE FINURA DE AGREGADOS (ASTM C-136).....	163
4.4.4 PESO VOLUMÉTRICO DE AGREGADOS (ASTM C-29).....	165
4.4.5 HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (ASTM C-566).....	166



4.5 PROCEDIMIENTO PARA PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO.....	167
4.5.1 PASOS PARA EL PROPORCIONAMIENTO.....	168
4.5.1.1 ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (F 'c).....	168
4.5.1.2 ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP)	170
4.5.1.3 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO.....	171
4.5.1.4 ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE.....	172
4.5.1.5 SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO (A/C).....	176
4.5.1.5 CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO.....	179
4.5.1.6 ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO.....	181
4.5.1.7 CONTENIDO DE ADITIVO.....	184
4.5.1.8 AJUSTES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN.	184
4.6 EJEMPLO DE PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLA.....	186
CAPITULO V.....	210
5.1 ENFOQUE DE DURABILIDAD	211
5.2 CAMBIOS DE MASA.....	213
5.2.1 ESPECIMENES CON CEMENTO GU	213
5.2.2 ESPECIMENES CON CEMENTO HE	216
5.3 CAMBIOS DE VOLUMEN	219
5.3.1 ESPECIMENES CON CEMENTO GU	219
5.3.2 ESPECIMENES CON CEMENTO HE	223
5.4 EXPANSIÓN DIAMETRO-ALTURA	225
5.4.1 ESPECIMENES CON CEMENTO GU	225



5.4.2 ESPECIMENES CON CEMENTO HE	228
5.5 COMPARACIÓN EXPANSIÓN CEMENTOS GU – HE	230
5.6 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO	234
5.6.1 GRÁFICAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MEZCLAS SOMETIDAS A CURADO NORMAL Y CURADO CON SULFATO ELABORADAS CON CEMENTOS GU, GU MAS ADITIVO Y HE.....	234
5.6.2 GRAFICAS DE RESISTENCIAS PARA MEZCLAS CON CURADO NORMAL PARA GU, GU MAS ADITIVO Y HE.	237
5.6.3GRAFICAS DE RESISTENCIAS PARA MEZCLAS CON CURADO ACELERADO POR ATAQUE DE SULFATOS PARA MEZCLA CON CEMENTOS GU, GU MAS ADITIVO Y HE.	238
5.6.4CURVAS DE RESISTENCIA PARA MEZCLAS CON CURADO NORMAL Y CON SULFATO	239
5.6.5 GRAFICAS DE RESISTENCIAS PARA MEZCLAS CON CURADO NORMAL PARA GU, GU MAS ADITIVO Y HE.	242
5.6.6GRAFICAS DE RESISTENCIAS PARA MEZCLAS CON CURADO ACELERADO POR ATAQUE DE SULFATOS PARA GU, GU MAS ADITIVO Y HE.	243
CAPITULO VI	248
6.1 CONCLUSIONES	249
6.2 RECOMENDACIONES	253
BIBLIOGRAFIA	256
ANEXOS	259
ANEXO 1: CARTAS DE SOLICITUD DE COLABORACION.....	260
ANEXO 2:FICHA TECNICA CEMENTO TIPO GU.....	263
ANEXO 3:FICHA TECNICA CEMENTO TIPO HE.....	265



ANEXO 4: RESULTADOS DE ENSAYOS DE AGREGADOS	267
ANEXO 5: FICHA TECNICA ADITIVO INCLUSOR DE AIRE	281
ANEXO 6: GRAFICAS DE RESULTADOS.....	282
CAMBIOS VOLUMEN Y EXPANSIÓN	282
ANEXO 7: GRAFICAS DE RESULTADOS.....	300
CAMBIOS DE MASA.....	300
ANEXO 8: GRAFICAS DE RESULTADOS	319
EXPANSIONES Y CONTRACCIONES DEL CONCRETO.....	319
ANEXO 9: FORMATOS DE LATORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESION	342



ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1.1: Daño ocasionado en estructura, playa el Cuco.....</i>	<i>34</i>
<i>Imagen 3.1: Pilas de Acopio LA HULERA.....</i>	<i>119</i>
<i>Imagen 3.2: Recolección de Agregado grueso en pila de Acopio LA HULERA.....</i>	<i>119</i>
<i>Imagen 3.3: Recolección de Agregado fino en pila de Acopio cantera Rio Jiboa.....</i>	<i>120</i>
<i>Imagen 3.4: Cuarteo Mecánico de Agregado Grueso</i>	<i>122</i>
<i>Imagen 3.5: Cuarteo Manual de Agregado Fino</i>	<i>123</i>
<i>Imagen 3.6: Cuarteo Manual de Agregado Fino.....</i>	<i>124</i>
<i>Imagen 3.7 Agregado Grueso sumergido en Agua</i>	<i>126</i>
<i>Imagen 3.8: Agregado Fino sumergido en Agua</i>	<i>129</i>
<i>Imagen 3.9: Prueba para humedad superficial</i>	<i>129</i>
<i>Imagen 3.10: Matraz de le Chatelier.....</i>	<i>131</i>
<i>Imagen 3.11: Equipo Ro-Tap</i>	<i>133</i>
<i>Imagen 3.12: Equipo Balanza</i>	<i>138</i>
<i>Imagen 3.13: Equipo Horno</i>	<i>139</i>
<i>Imagen 3.14: Recipiente con muestra de agregado</i>	<i>145</i>
<i>Imagen 3.15: Prueba de revenimiento.....</i>	<i>146</i>
<i>Imagen 3.16: Medición de revenimiento.....</i>	<i>147</i>
<i>Imagen 3.17: Medición de temperatura al concreto</i>	<i>148</i>
<i>Imagen 3.18: Concreto moldeado</i>	<i>152</i>
<i>Imagen 3.19: Cilindros en solución de sulfato de Mg</i>	<i>153</i>
<i>Imagen 3.20: Medición de diámetro.....</i>	<i>155</i>
<i>Imagen 3.21: Prueba de compresión</i>	<i>156</i>
<i>Imagen 3.22: Prueba de compresión</i>	<i>157</i>



ÍNDICE DE FIGURAS Y ESQUEMAS

<i>Esquema 1.1: Esquema general para el desarrollo de la investigación.....</i>	<i>44</i>
<i>Esquema 1.2: Esquema tipos de cemento, a/c, curado y edades de ensayo para Pruebas Destructivas y No destructivas.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 2.1: Fabricación de cemento</i>	<i>64</i>
<i>Figura 2.2: Propiedades del concreto en estado fresco.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 2.3: Durabilidad del concreto</i>	<i>64</i>
<i>Figura 2.4: Concreto impermeable</i>	<i>65</i>
<i>Figura 2.5: Agregados para el concreto</i>	<i>68</i>
<i>Figura 2.6: Finura del cemento</i>	<i>71</i>
<i>Figura 2.7: Prueba de sanidad.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 2.8: Ensayos de consistencia normal para pastas usando aguja de Vicat.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 2.9: Ensayos de tiempo de fraguado usando aguja de Vicat.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 2.10: Ensayos de Resistencia a la Compresión.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 2.11: Mezclas de concreto liviano</i>	<i>74</i>
<i>Figura 2.12: Aditivos para el concreto</i>	<i>74</i>
<i>Figura 2.13: Pasos de proceso de muestreo</i>	<i>80</i>
<i>Figura 2.14: Proceso de prueba de revenimiento</i>	<i>80</i>
<i>Figura 2.15: Elaboración de especímenes.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 2.16: Vigas de concreto después de muchos años de exposición en un suelo con alta concentración de sulfatos en sacramento, california, terreno de ensayo.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 2.17: Proceso de descomposición química del concreto expuesto a ciclos de mojado secado.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 2.18: Reducción de muestra.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 3.1: Dimensiones necesaria para ataque por sulfato de Mg.....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 3.2: Planos de falla de cilindros de concreto</i>	<i>157</i>
<i>Figura 4.1: Relación Demanda de agua- TMN de agregado</i>	<i>173</i>
<i>Figura 4.2: Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.....</i>	<i>183</i>



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1: Unidades de Análisis.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 2.1: El cemento y el concreto en la historia.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 2.2: Ataque químico al concreto.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 2.3: Tipos de Aditivos.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 2.4: Tipos de Aditivos.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 2.5: Categorías y Clases de exposición.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 2.6: Tamaño de muestra para Agregado.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 2.7: Categorías y clases de exposición.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 2.8: Requisitos para mezclas con cementos hidráulicos</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 2.9: Tamaño máximo de agregado- Porcentaje de Aire para concreto expuesto a ciclos de congelamiento-deshielo</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 2.10: Requisitos Físicos Normalizados</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 2.11: Rangos límites de Resistencia.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 3.1: Tamaño de muestra para Agregado Grueso</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 3.2: Tamaño de muestra para Agregado Grueso.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 3.3: Tamaño de muestra para Agregado Grueso.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 3.4: Tamaño de muestra para Agregado Grueso</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 3.5 Equipo a utilizar en el elaboración de cilindros</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 3.6: Revenimientos necesarios en construcción.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 4.1: Tamaño de muestra para Agregado Grueso</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 4.2: Tamaño de muestra para Agregado Grueso</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 4.3: Tamaño de muestra para Agregado Grueso</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 4.4 Resultados obtenidos de ensayo de gravedad específica y absorción de agregado grueso y fino.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 4.5: Tamaño de muestra para Agregado Grueso.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 4.6: Resultados obtenidos de ensayo granulométrico (Finos y Gruesos) necesarios para diseño de mezcla.....</i>	<i>165</i>



<i>Tabla 4.7: Resultados obtenidos de ensayo de peso volumétrico seco de agregado fino y grueso.....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 4.8: Humedades necesarias obtenidos para aplicación de diseño según ACI 211.1</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 4.9: Resistencia a Compresión Media Requerida cuando no hay Datos Disponibles para Establecer la Desviación Estándar</i>	<i>169</i>
<i>Tabla: 4.10: Resultados de Resistencias a la compresión especificada y de diseño.....</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 4.11: Relación agua- tamaño de agregados, revenimiento</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 4.12: Datos de cantidad de agua y contenido de aire obtenidos para aplicación de diseño según ACI 211.1</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 4.13: Dependencia entre la Relación Agua-Material Cementante y la Resistencia a Compresión del Concreto.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 4.14: Relación Agua-Material Cementante Máxima y Resistencia de Diseño Mínima para Varias Condiciones de Exposición.</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 4.15: Requisitos para el Concreto Expuesto a los Sulfatos del Suelo y del Agua* ACI-318.....</i>	<i>178</i>
<i>Tabla 4.16: Datos de contenido de cemento mínimos para concreto usado en superficies planas.....</i>	<i>180</i>
<i>Tabla 4.17: Datos de contenido de cemento obtenidos para Aplicación de diseño según ACI 211.1.....</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 4.18: Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto.....</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 4.19: Contenido de aditivo presente en los diseños de mezcla.....</i>	<i>184</i>
<i>Tabla 4.20: Relación entre porcentaje de absorción y porcentaje de humedad para procedimiento de ajuste de humedad al díselo de mezcla.....</i>	<i>185</i>
<i>Tabla 4.21: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>186</i>
<i>Tabla. 4.22: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>189</i>
<i>Tabla 4.23: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 4.24: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>193</i>
<i>Tabla 4.25: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>194</i>



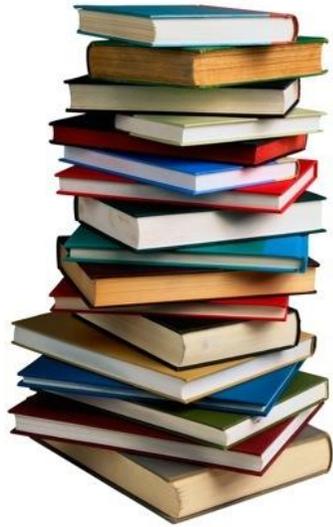
<i>Tabla 4.26: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>197</i>
<i>Tabla 4.27: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>198</i>
<i>Tabla 4.28: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>201</i>
<i>Tabla 4.29: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>202</i>
<i>Tabla 4.30: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>205</i>
<i>Tabla 4.31: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>206</i>
<i>Tabla 4.32: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.....</i>	<i>209</i>



INTRODUCCION

La creciente demanda de construcción de estructuras más durables ha impulsado el desarrollo de nuevas normativas como lo es la norma ASTM C-1157 en donde se plantean diferentes tipos de cemento que son capaces mantener la integridad física y las propiedades mecánicas dentro la obra considerando que no solamente materiales constituyentes que formaran parte del concreto son importantes para la adquisición de las propiedades del concreto, sino que se debe partir de un buen diseño de mezcla, adecuada dosificación, colocación, compactado y curado de acuerdo al uso y las condiciones ambientales, físicas y biológicas a las que se verá expuesto durante su periodo de vida útil.

La presente investigación se enfoca en el cemento GU (Fuerte) de uso general en el medio, y cemento HE (ARI 5000) de alta resistencia inicial, se diseñaron mezclas utilizando el cemento de forma general y otras fueron modificadas utilizando aditivo inductor de aire. Se estudió su comportamiento frente al ataque de agentes químicos mediante pruebas de laboratorio en un ambiente controlado donde la mitad de los especímenes fueron sumergidos en una solución de sulfato y expuestos a altas temperaturas para acelerar el deterioro causado por el sulfato en solución, y la otra mitad de los especímenes fueron curados en agua normal; los efectos de la exposición fueron medidos por la pérdida de resistencia, pérdida de masa, volumen y expansión.



CAPITULO I

"GENERALIDADES"

El cemento ha sido utilizado en la construcción de edificaciones desde tiempos muy remotos, ha evolucionado al pasar de los años debido a que cada vez se necesitan estructuras con diferentes características.

En este capítulo se describe el problema, los antecedentes, objetivos, alcances y limitaciones en los que se fundamenta esta investigación.



1.1 ANTECEDENTES

Desde el origen de la construcción de estructuras utilizando cemento se ha podido comprobar que los concretos constituidos a base de materiales seleccionados, que cumplan con altos estándares de calidad debidamente proporcionados y bien consolidados son determinantes en la durabilidad de las construcciones, contemporáneamente existen estructuras que alcanzan más de 100 años de antigüedad las cuales son un testimonio vivo de la durabilidad del concreto.

En los últimos 50 años se han realizado diferentes investigaciones que han arrojado información valiosa acerca del ataque de los sulfatos al mortero, tales como la norma de rendimiento de los cementos de los Estados Unidos ASTM C-1012 mientras que la resistencia a los sulfatos se aprecia mediante la norma ASTM C-452, que contienen especificaciones referentes a la expansión de especímenes de mortero mantenidos en una solución de sulfatos por un margen de tiempo que cubre desde seis meses hasta un año.

El ataque de los sulfatos al concreto es uno de los temas más preocupantes respecto a la durabilidad, de manera que en el año de 1989 los capítulos 4 y 5 hasta ese entonces del ACI fueron reorganizados para enfatizar la importancia de tomar en cuenta la durabilidad antes de seleccionar el esfuerzo a la compresión y el recubrimiento de refuerzo. Sin embargo no fue hasta el año de 2008 que se llevó a cabo una revisión del formato del capítulo 4 para después introducir las categorías y clases de exposición, considerando criterios de durabilidad aplicables al concreto



empleando un formato uniforme, se determinó las relaciones agua-cemento máximas permitidas para el diseño de estructuras durables ante este tipo de exposiciones.

De igual manera surge un gran interés por parte de los diferentes institutos de investigación científica del concreto por entender y contrarrestar los efectos perjudiciales que los sulfatos producen en este y con esa intención es que se desarrollaron Cementos Hidráulicos que fraguan y endurecen por reacción química con el agua manteniendo su durabilidad y estabilidad en condiciones sumergidas, bajo la normativa ASTM C-1157 *-Especificación de Desempeño para Cementos Hidráulicos-* indicada genéricamente para los cementos hidráulicos que incluyen cemento portland, cemento portland modificado y cemento hidráulico mezclado.

Dicha norma presenta seis tipos de cementos hidráulicos:

- Tipo GU Uso general
- Tipo HE Alta resistencia inicial
- Tipo MS Moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo HS Alta resistencia a los sulfatos
- Tipo MH Moderado calor de hidratación
- Tipo LH Bajo calor de hidratación

De igual manera con el objetivo de mejorar las propiedades del concreto es que se adicionan a la mezcla aditivos inmediatamente antes o durante el mezclado, sin embargo solamente se utilizan para suplir necesidades específicas (incorporadores de aire, reductores de agua, plastificantes, aceleradores, retardadores, etc.).



1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

1.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Es posible que el concreto hidráulico elaborado con cemento Tipo GU (Fuerte)¹ de uso general adicionado y cemento tipo HE (ARI 5000)² de alta resistencia inicial sea capaz de cumplir con criterios de durabilidad al ser expuesto a reacciones químicas y físicas provocadas por el ataque de sulfatos?

1.2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Salvador como el resto de los países del mundo depende de la industria de la construcción para su desarrollo, por lo que es necesario lograr la ejecución de obras que sean durables y mantengan sus propiedades inalterables durante el período de vida para el cual hayan sido diseñados.

La contaminación generada por los seres humanos las aguas de los ríos, mares y otras fuentes de agua naturales genera cada vez mayores concentraciones de agentes químicos y biológicos que afectan el curso a su paso, tanto en suelos como desembocaduras de estos en las zonas costeras, es por ello que surge la necesidad de proveer alternativas que contribuyan al diseño de estructuras durables que sean capaces de lidiar con el entorno adverso al que podría verse sometido en su período de vida útil.

¹ Cemento ASTM C-1157 Tipo GU (Fuerte) en adelante se mencionara como Fuerte

² Cemento ASTM C-1157 Tipo HE (A.R.I. 5000) en adelante se mencionara como A.R.I. 5000



El concreto de cemento portland es resistente a la mayoría de los factores externos, sin embargo, este es expuesto a sustancias que atacan y causan deterioro. Tal es el caso de la acción de los sulfatos que es una de las formas más frecuentes de ataque químico al concreto, sulfatos presentes en el suelo y en el agua (por ejemplo sulfato de calcio, sulfato de sodio y sulfato de magnesio) pueden atacar y destruir un concreto que no fue adecuadamente diseñado, estas reacciones pueden generar presiones suficientes para fisurar la pasta de cemento, desintegrando así el concreto teniendo como consecuencia la pérdida de funcionalidad causada por la disminución de la resistencia y la pérdida de cohesión de la pasta.



*Imagen 1.1: Daño ocasionado en estructura, playa el Cuco
Fuente: Grupo de tesis*



Los sulfatos en estado sólido no tienden a causar mayor daño sobre estructuras de concreto, caso contrario ocurre en situaciones en donde el sulfato se encuentra en una solución más aún si es sobre estructuras que se encuentran sometidas a ciclos de mojado y secado principalmente en zonas costeras debido los cambio de temperatura tiende a acelerarse el proceso de formación de cristales expansivos que generan fuerzas capaces de llevar a la estructura a la falla, generándose pérdidas económicas debido a la ejecución de obras poco durables y por el deterioro estructural consecuencia de ataques químicos debido a la climatología, geografía, etc. a las que el concreto se ve expuesto.



1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los sulfatos son uno de los agentes químicos más hostiles y nocivos para la salud del concreto ya que representan un enemigo silencioso que se puede encontrar presente en diferentes tipos de ambientes, de no tomar en cuenta su efecto en el diseño estructural con el paso del tiempo produce problemas que afectan la vida útil de la estructura. Es por ello que es indispensable dar un seguimiento a las propiedades y características del concreto a utilizar para minimizar el deterioro que se presentare al ser expuesto ante ambientes hostiles con presencia de sulfatos.

Con la finalidad de minimizar posibles problemas que podrían llegarse a presentar en las estructuras, es necesario evaluar las propiedades más importantes de las mezclas de concreto hidráulico, utilizando cementos bajo la norma ASTM C-1157 como lo es el cemento Fuerte adicionándole un aditivo inclusor de aire que mejore su comportamiento frente al ataque de sulfatos, y el cemento A.R.I. 5000 de alta resistencia inicial. Pudiéndose de este modo determinar la contribución en cuanto a durabilidad y resistencia brindada al concreto y el grado de afectación por ataque de sulfatos, así como tener una mejor comprensión de las propiedades y usos de estos tipos de cementos al considerarse como un parámetro de medición respecto a alternativas diferentes brindadas por otros concretos en nuestro medio de construcción.



La verificación de las propiedades de durabilidad que pueden tener los cementos a utilizar en los diseños de mezcla, podría generar la utilización de los mismos en lugares afectados por determinadas concentraciones de sulfatos sugiriendo un menor costo que si fuere necesario la utilización de un cemento especializado de mayor costo.

El aporte a que se enfoca la presente investigación es que sirva de base para futuros estudios sobre las características, comportamiento y aplicación de los tipos de cemento utilizados, al ser ensayados tanto en condiciones normales como aceleradas.



1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 GENERAL

Evaluar mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos.

1.4.2 ESPECÍFICOS

- Realizar seis diseños de mezclas utilizando cemento hidráulico Fuerte, Fuerte modificado con aditivo inclusor de aire y A.R.I. 5000, utilizando las relaciones agua-cemento de 0.45 y 0.60.

- Elaborar veinticuatro especímenes de concreto, para cada diseño de mezcla, verificando la calidad del concreto en estado fresco y estado endurecido, para garantizar la sanidad del concreto.

- Aplicar a la mitad de los cilindros de concreto de cada diseño de mezcla curado normal y al resto ensayos acelerados por temperatura simulando las condiciones a las que es sometido el concreto por ataque de sulfato de magnesio al estar expuesto a ciclos de mojado-secado, para determinar la pérdida de resistencia en cada mezcla, el porcentaje de ganancia o pérdida de



peso y la expansión o contracción del volumen de los especímenes en un corto tiempo.

- Comparar las mezclas de concreto con Cemento GU vrs. Cemento HE para relaciones de 0.45 y 0.60 en base a los cambios de masa, volumen, expansión y resistencia para determinar el mejor diseño.



1.5 ALCANCES

1. Se utilizaron agregados pétreos procedentes de: Río Jiboa (Arena); cantera La Hulera, depto. Usulután (Grava) de El Salvador. En base a la norma ASTM D-75 se tomó una muestra representativa que mantuvo inalterables las mismas propiedades de campo, luego se efectuó la reducción de muestras a ensayos de agregados conforme a la norma ASTM C-702 utilizando uno de los tres métodos propuestos el cual se seleccionó en base a las características del material ensayado.
2. Los agregados utilizados fueron sometidos a diferentes ensayos de laboratorio para conocer sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, los cuales son: ASTM C-127 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Gruesos; ASTM C-128 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos; ASTM C-136 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos, etc.
3. Los diseños de mezcla se realizaron bajo la norma ACI 211.1 para concretos de peso normal.
4. El concreto se elaboró utilizando cementos bajo norma ASTM C-1157. El cemento Fuerte de uso general que fue modificado con un aditivo inclusor de



aire para algunos diseños de mezcla, se utilizó demás cemento A.R.I. 5000 de alta resistencia inicial.

5. Se sometieron 72 especímenes de concreto de los diseño de mezcla a ensayos acelerados por ataque de sulfato con relaciones agua-cemento de 0.45 y 0.60. Simulando en el laboratorio las condiciones a que se ve expuesto el concreto por el ataque de sulfatos, para obtener datos de resistencia, cambios de masa y volumen que permitieron analizar e interpretar el comportamiento del concreto en tales condiciones.
6. Se sumergieron los 72 especímenes restantes de cada diseño de mezcla en agua en condiciones normales y con las mismas relaciones agua-cemento para poder realizar con los datos obtenidos un análisis comparativo respecto a los diseños ensayados aceleradamente.
7. Los especímenes de concreto fueron elaborados y curados de acuerdo a las practicas contenidas en las norma ASTM C-192 Elaboración y curado de los especímenes de concreto en el laboratorio. Se efectuó la prueba ASTM C-143 Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico, prueba de temperatura del concreto ASTM C-1064/C-1064M, Determinación del contenido de aire del concreto según norma ASTM C 138, etc., además se determinó la resistencia a la compresión de los especímenes



a los 7, 14 y 28 días para el primer mes, posteriormente se ensayaron a la edad de 60 días de acuerdo a la ASTM C-39.

8. Para mantener controlado el grado del pH en la solución donde se sumergieron los especímenes de concreto, se realizaron mediciones al inicio y posteriormente se tomaron mediciones periódicamente para garantizar la homogeneidad de la solución.



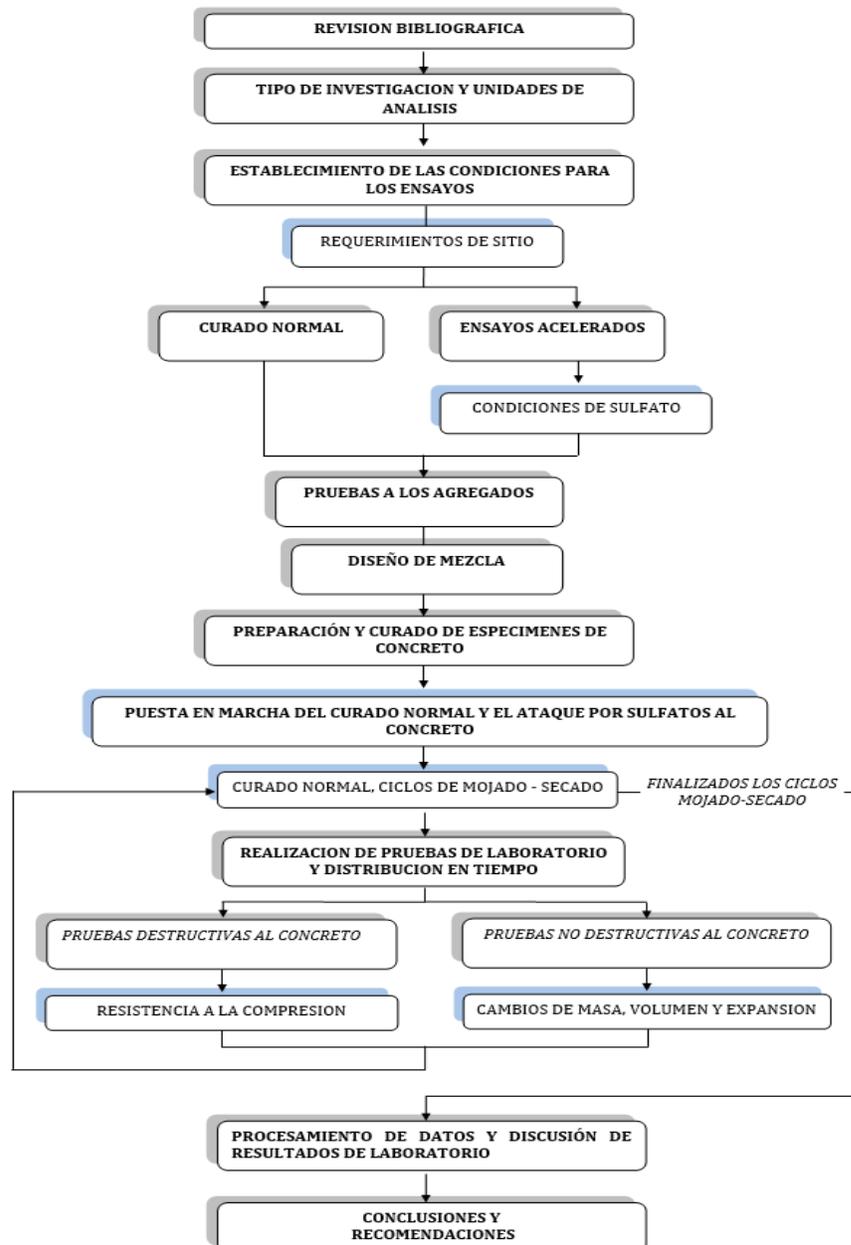
1.6 LIMITACIONES

1. Debido a que en el laboratorio de suelos y materiales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador no contaba con el espacio y equipo necesario para realizar los ensayos, se hizo uso de un laboratorio fuera de la Universidad y de esta forma se realizaron los ensayos en un laboratorio que cuenta con los recursos y que se encontraba en la disposición de proporcionar sus instalaciones. (ANEXO 1: Cartas de solicitud de colaboración).
2. Para la investigación se contaba con un plazo establecido por lo que las pruebas fueron realizadas únicamente en laboratorio bajo condiciones controladas y no en campo en donde los factores externos son muy difíciles de controlar.
3. Los ciclos de mojado-secado de la investigación se acomodaron al tiempo disponible del laboratorio.
4. Se hizo uso únicamente de sulfato de magnesio por ser uno de los sulfatos más agresivos presentes en diferentes ambientes pudiendo estar en estado sólido o líquido.
5. La bibliografía disponible sobre el tema de ensayos acelerados es limitada por lo que los documentos disponibles son de uso extranjero.



1.7 METODOLOGÍA

Esquema 1.1: Esquema general para el desarrollo de la investigación



Fuente: Grupo de tesis



1.7.1 Revisión Bibliográfica

Se identificaron las fuentes de información confiables y seguras, dentro de las cuales se tienen tesis, libros, revistas, códigos, normativas, reglamentos, entrevistas y toda aquella información pertinente que aportó conocimiento y orientación para tener una idea clara acerca de los procedimientos necesarios que conllevaría la investigación.

1.7.2 Tipo de Investigación

Este estudio es de *carácter experimental* ya que manipula una o varias variables independientes para observar sus cambios en las variables dependientes en una situación de control, con lo que fue posible recabar información necesaria para analizar las propiedades en estudio.

1.7.3 Unidades de Análisis

Son objeto de estudio para esta investigación las propiedades de durabilidad, resistencia a la compresión, expansión, cambios de masa y volumen, que fueron abordadas mediante pruebas de laboratorio en las que se ensayaron los especímenes. Son unidades de análisis las pruebas de rutina para mantener la sanidad en concreto tanto en estado fresco (prueba de revenimiento, pruebas de control de temperatura, y porcentaje de aire incorporado.) como en estado endurecido (peso, volumen y resistencia a la compresión). Las variables y sus definiciones así como su forma de medición se resumen en la tabla siguiente:



PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO				
No.	Objeto de estudio	Unidad	Definición	Medición
1	Revenimiento	mm	Medir la trabajabilidad del concreto	NORMA TÉCNICA ASTM C-143
2	Temperatura	°C	Medir la temperatura del concreto fresco. Este puede ser usado para verificar la concordancia con los requisitos especificados para temperatura del concreto	NORMA TÉCNICA ASTM C-1064
3	Aire incorporado	%	Medir la cantidad de aire que contiene el concreto	NORMA TÉCNICA ASTM C-138
PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO				
4	Peso	Kg.	Evaluación de los cambios de peso del concreto (ganancia-perdida)	Experimental mediante báscula
5	Volumen	cm ³	Evaluación de los cambios físicos del concreto (expansiones-contracciones)	Experimental mediante Pie de Rey



6	F'c	Kg/m ²	Medir la carga por unidad de área para cada espécimen	NORMA TÉCNICA ASTM C39/C39M-03
---	-----	-------------------	---	--------------------------------------

Tabla 1.1: Unidades de Análisis
Fuente: Grupo de Tesis

1.7.4 Establecimiento de las condiciones para los ensayos

Para mantener un ambiente controlado que generase resultados confiables en cuanto a la expansión de los especímenes expuestos a ataques de sulfatos y las propiedades obtenidas de un curado normal fue necesario contar con las condiciones adecuadas y el equipo necesario.

1.7.4.1 Requerimientos de sitio:

A. CURADO NORMAL

El lugar de elaboración de especímenes fue en un ambiente controlado en laboratorio. Se siguió la investigación de acuerdo a las Normas ASTM (American Society for Testing and Materials) y Reglamentos del concreto. Después de elaborar los especímenes se desmoldaron y colocaron en una pila de curado con agua potable, que fue lo suficientemente espaciosa acorde al número de elementos a sumergir y el volumen de la solución que contuvo.

B. ENSAYO ACELERADO

El lugar de elaboración de los especímenes fue en un ambiente controlado en laboratorio. Se siguió la investigación de acuerdo a las Normas ASTM y Reglamentos



del concreto. Después de elaborar y curar los especímenes se desmoldaron y colocaron en un recipiente contenedor o pila de curado, que fue lo suficiente espaciosa acorde al número de elementos a sumergir y el volumen de la solución que contuvo.

1.7.4.2 Condiciones de sulfato

Para la preparación de la solución se disolvió en agua, sulfato de magnesio, al vaciarla dentro de la pila de curado, se tomaron lecturas del pH inicial para contar con un parámetro de referencia durante todo el proceso de ensayo.

Se usó sulfato de magnesio en una concentración de 1500-10000 ppm (ACI318 Tabla: 4.2.1 Categorías y Clases de Exposición, 2008).

El nivel de pH en la solución de sulfato de Magnesio debió mantenerse en un rango de 6.0 a 8.0 (ASTM C-1012, 2004).

1.7.5 AGREGADOS

Se utilizaron agregados pétreos procedentes de: Río Jiboa (Arena); cantera La Hulera, depto. Usulután (Grava)

1.7.5.1 PRUEBAS A LOS AGREGADOS

Se realizaron ensayos a los agregados de acuerdo a las normas ASTM especificadas anteriormente.



1.7.6 DISEÑO DE MEZCLA

Se adecuó el proceso de diseño de mezcla descrito en el ACI 211.1 - *Proporcionamiento de materiales para el diseño de mezclas de concreto de peso normal y denso.*

1.7.6.1 CEMENTOS

Se utilizó cemento Fuerte y cemento A.R.I. 5000 que cumplen con los requisitos estipulados en la norma ASTM C-1157.

1.7.6.2 RELACIÓN AGUA-CEMENTO DE LA MEZCLA

Se utilizaron las relaciones agua-cemento de 0.45 (ACI-318, Tabla 4.3.1 Requisitos para el concreto según clase de exposición) por considerarse como la máxima relación permitida en concretos expuestos al ataque por sulfatos y otra de 0.60 para tener un parámetro comparativo bajo condiciones más desfavorables.

1.7.6.3 ADITIVO

El aditivo utilizado en conjunto con el cemento Fuerte fue un Aditivo incorporador de aire IMIAIR que cumple con la norma ASTM C-260. Este tipo de aditivo es utilizado principalmente en la elaboración de concretos cuando se requiere: reducir la permeabilidad, aumentar la durabilidad y resistencia.



1.7.6.4 CONCRETO

El concreto se elaboró y ensayó siguiendo los lineamientos establecidos en las normas ASTM correspondientes.

1.7.7 PUESTA EN MARCHA DEL CURADO NORMAL Y EL ATAQUE POR SULFATOS AL CONCRETO

Los cilindros en curado normal fueron sumergidos en agua potable durante todo el período de ensayo, los cilindros en ataque por sulfatos se introdujeron en una solución de sulfato de magnesio alternando períodos de secado en horno para acelerar el proceso de deterioro de los mismos.

1.7.8 REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO Y DISTRIBUCIÓN EN TIEMPO

1.7.8.1 PRUEBAS DESTRUCTIVAS AL CONCRETO (*Resistencia a la compresión*)

La toma de muestras de la resistencia a la compresión del concreto se realizó por medio de un equipo compresor para medir el esfuerzo máximo que puede soportar el concreto bajo una carga de aplastamiento.



1.7.8.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES (Cambios de Masa, Volumen y Expansión)

Para determinar cambios de masa: Se hizo uso del pesaje de cada espécimen inmediatamente después del secado en horno. La diferencia entre cada una de estas cantidades y el peso inicial de la fracción de la muestra ensayada, es la pérdida durante el ensayo y se expresa como un porcentaje.

Para determinar cambios de volumen: se hizo uso de un pie de rey y de esta manera se tomaron varias mediciones en diámetro y altura del espécimen.

Se calculó la expansión: como el volumen final menos el volumen inicial entre el volumen inicial para ser expresada en porcentaje.

La toma de muestras en tiempo se realizó a los 7, 14, 28 y 60 días, para los cilindros en curado normal y curado acelerado, como se muestra en el esquema 1.2

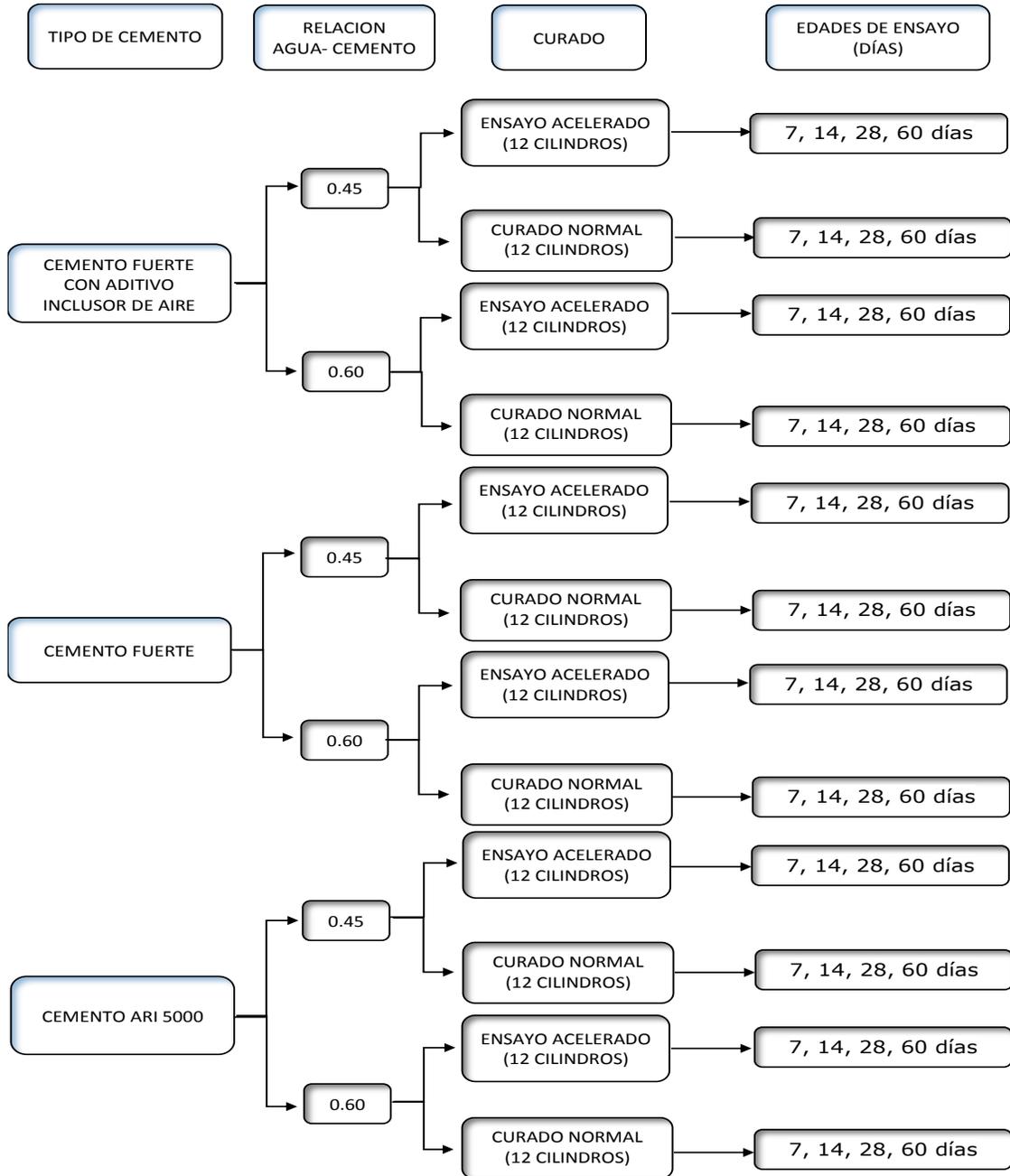
1.7.9 PROCESAMIENTO DE DATOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El programa para la tabulación de datos fue el software Microsoft Excel para facilitar y agilizar este paso, de manera que fue posible visualizar gráficamente las características y el comportamiento de los materiales ensayados, obteniendo finalmente indicadores o parámetros de los cuales se obtuvieron las conclusiones de la investigación.

Cuando se recopiló la información necesaria de las pruebas de laboratorio se procedió al análisis e interpretación de resultados.



Esquema 1.2: Esquema tipos de cemento, a/c, curado y edades de ensayo para Pruebas Destructivas y No destructivas



Fuente: Grupo de tesis.



CAPITULO II

"MARCO REFERENCIAL"

Los métodos de fabricación de los materiales cementicios han evolucionado con el pasar del tiempo, sin embargo la mayoría de ellos están encaminados a probar la resistencia del concreto y no así su durabilidad. Está claro que si el concreto no es de buena calidad o no se elabora correctamente, la resistencia potencial a ciertos factores agresivos se reduce considerablemente. En ocasiones el concreto necesita de cierta protección adicional contra el ataque producido por distintos agentes agresivos, esta protección puede darse al conocer y prever el agente causante del daño, así como el grado del daño que se pueda producir. El presente capítulo es una recopilación de información relevante que abarca este proceso de investigación, dividido específicamente en tres marcos de información.



2.1 MARCO HISTÓRICO

Desde épocas antiguas el ser humano ha aplicado sus mayores esfuerzos para delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimientos específicos ejemplo de ello son templos, palacios, museos, etc. al rededor del mundo, que son el resultado del esfuerzo que constituye las bases para el progreso de la humanidad.

En la búsqueda del hombre por su espacio para vivir con la mayor comodidad, protección y seguridad es donde tiene sus raíces la historia del cemento. Tal es el caso de Egipto que utilizaba un mortero que consistía en mezcla de arena con materia cementosa para unir bloques y losas de piedra al erigir sus asombrosas construcciones. Mientras que los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada.

Con el pasar del tiempo, el hombre fue descubriendo ciertas rocas naturales, las cuales a través de varios procesos daban productos que al agregar agua endurecían. Sin embargo el avance real en el desarrollo de la técnica no tomaba parte todavía en los estudios fisicoquímicos y de ingeniería química.



2.1.1 Orígenes del Cemento y Concreto

El cemento "Portland" tiene sus orígenes en la cal u óxido de calcio, en donde luego de muchos años de estudios empíricos y científicos, se llega a lo que hoy se conoce como cemento. Con el pasar del tiempo e intentando mejorar las propiedades de viviendas, edificaciones, etc. El cemento fue mezclándose con ciertos agregados hasta convertirse en lo que hoy se conoce como concreto.

AÑO	INVESTIGADOR Y/O FUNDADOR	EN LA HISTORIA
1774	John Smeaton Inglaterra	Logró un triunfo al construir el faro de Eddystone. El método que utilizó fue el de bloquear las piedras unas en otras, mientras que para las fundaciones y el material de junta utilizó una mezcla de la cal viva, arcilla, arena y escoria de hierro machacada: concreto.
1816	Souillac, Francia.	Fue construido el primer puente de concreto (no reforzado).
1824	James Parker, Joseph Aspdin	Se patenta el Cemento Portland, material que obtuvieron de la calcinación de alta temperatura de una Caliza Arcillosa. Es



		llamado cemento Portland, pues al endurecerse adquiriría un color semejante al de una piedra de la isla Portland en Inglaterra.
1825		Construcción del canal de Erie con el primer concreto moderno producido en América. Se utilizó un cemento hecho de la "cal hidráulica" encontrada en los condados de Madison en Nueva York, de Cayuga y de Onondaga.
1833	LAFARGE	Desarrolló cementos de aluminato cálcico. También fue uno de los más tempranos pioneros en la producción de cementos Portland blancos, que todavía se producen en la fábrica original de Le Teil. Para 2001 era el segundo mayor productor de cemento en el mundo.
1838		Se utiliza por primera vez cemento Portland en una construcción de importancia en uno de los túneles construidos bajo el río Támesis en Londres.



1845	Isaac Johnson	Se obtiene el prototipo del cemento moderno quemado a alta temperatura, una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del "Clinker".
1850	David Saylor	Fue el primero en fabricar cemento en América. Y así nacía la industria cementera en Norteamérica.
1868		Se realiza el primer embarque de cemento Portland de Inglaterra a los Estados Unidos.
1871	Compañía Coplay Cement.	Se produce el primer cemento Portland en los Estados Unidos.
1904	La American Standard For Testing Materials (ASTM).	Publica por primera vez sus estándares de calidad para el cemento Portland.
1906	En C.D. Hidalgo Nuevo León.	Se instala la primera fábrica para la producción de cemento en México, con una capacidad de 20,000 toneladas por año.



1908	Thomas Alva Edison	Construyó 11 hogares de concreto moldeados en sitio en Nueva Jersey. Esos hogares aún siguen siendo utilizados. Él también puso la primera milla del camino en concreto cerca de New Village, Nueva Jersey.
1912	HOLCIM	Comenzó su producción de cemento en la villa de Holderbank (Lenzburg, Cantón de Argovia, a 40 km de Zúrich) y usó el nombre de Holderbank AG hasta 2001 cuando cambió su nombre por Holcim. Actualmente es la cementera más grande del mundo.
1914		El Canal de Panamá fue abierto después de décadas de construcción. Ofrece tres pares de esclusas de concreto con suelos tan gruesos como 20 pies y las paredes tan gruesas como 60 pies en el fondo.

*Tabla 2.1: El cemento y el concreto en la historia
Fuente: Grupo de Tesis*

El uso del cemento Portland ha continuado extendiéndose hasta convertirse en el material de construcción más utilizado en el mundo.



La aparición de este cemento y de su producto resultante denominado concreto ha sido un factor determinante para que el mundo adquiriera una fisonomía diferente.

2.1.2 Ataque químico al concreto (Estudio bibliográfico)

A pesar de la resistencia que posee el concreto este siempre se ve afectado por agentes que lo dañan llegando al punto de su completa desintegración.

<i>INVESTIGADOR</i>	<i>INVESTIGACIÓN</i>
Idorn	Indica que los trabajos experimentales se iniciaron en el año 1756 por Smeaton cuando preparaba la construcción del faro de Eddystone
Bogue	Recoge un determinado número de investigaciones efectuadas sobre el comportamiento de los cementos frente a diversos medios agresivos, incluidas las disoluciones de sulfatos en general, bien en medios naturales o artificiales, poniendo de manifiesto que el comportamiento de los cementos es función del contenido de Aluminato tricálcico (C_3A), según Bogue, probaron que probetas de hormigón cuidadosamente fabricadas, expuestas a la acción del agua de mar, no muestran descomposición alguna.



Lea y Desch	<p>Realizan un estudio amplio sobre la acción que ejercen las aguas sulfatadas de mar en los cimientos y el mecanismo de las reacciones que tienen lugar. Los autores destacan la influencia de los iones magnesio, sulfato y cloruro en las reacciones químicas, así como sobre la estabilidad del sulfoaluminato de calcio y sobre la solubilidad del Hidróxido de Calcio Ca(OH)_2 y del Sulfato de Calcio (CaSO_4), señalando que un hormigón atacado progresivamente por agua de mar muestra un aumento creciente de Hidróxido de Magnesio Mg(OH)_2, un descenso del Hidróxido de Calcio y un aumento del sulfato de calcio, seguido de una disminución posterior; después de largos períodos de tiempo, el conjunto de reacciones puede dar lugar a la formación de silicatos de magnesio. <i>La velocidad del ataque químico es función de la temperatura y del tipo de cemento.</i></p>
Duriez	<p>Determina el efecto de la acción del agua de mar y de las aguas agresivas sobre cales y cementos, centrándose en el comportamiento de morteros y concretos de un modo especial, del concreto armado; considera que este ataque es parecido al de las aguas selenitosas, aunque</p>



	menos nocivo, ataque que disminuye al estar carbonatada la superficie que obstaculiza, en parte, la difusión externa del Hidróxido de Calcio y la penetración de los iones presentes en el mar.
Campus	Los concretos compactos, independientemente del cemento utilizado, resisten bien y llegan a adquirir resistencias mecánicas más elevadas que cuando se conservan bajo agua; los cementos a base de escoria granulada básica, pobres de cal, son muy adecuados para trabajos en el mar.
García de Paredes	Hace un estudio profundo sobre la durabilidad del concreto, discutiendo las causas fisicoquímicas que producen la alteración del mismo en diferentes medios agresivos.
Lyse	Describe los ensayos llevados a cabo durante 20 años en "Concrete Laboratory Norway's Institute of Technology", dando cuenta de la durabilidad del concreto cuando se encuentra sometido a la acción del hielo y deshielo en el mar, resaltando la influencia favorable que ejercen los agentes introductores de aire.



Courcambeck, Duhoux y Tessier	Ensayan el comportamiento de concretos de buena calidad, fabricados con cinco tipos de cemento, sometidos a la acción del mar.
Locher	En su trabajo sobre la influencia que ejercen los iones cloruro y los hidrogeno-carbonatos en el ataque del concreto por los sulfatos, confirma que el agua de mar tiene un efecto agresivo significativamente menor que el de una disolución de sulfato de sodio o de magnesio que tenga la misma concentración de ion sulfato; por otra parte, ha estudiado si dichos iones son los responsables de este comportamiento diferente, habiendo demostrado que el ataque producido por los sulfatos se incrementa por la adición de cloruro y se reduce por la de hidrogeno-carbonatos. La presencia de cloruros aumenta la solubilidad de la etringita, formándose en el agua sal de Friedel.

Tabla 2.2: Ataque químico al concreto
Fuente: Grupo de Tesis

Los estudios desarrollados a lo largo en la línea de tiempo nacen a raíz de la inquietud respecto a la capacidad que posee el concreto de durar con el paso del tiempo y al ser afectado por agentes químicos externos agresivos presentes en el medio ambiente.



2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 CONCRETO

2.2.1.1 DEFINICIÓN DE CONCRETO

El concreto es un material cuyas propiedades son semejantes a la roca, el cual se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, agregados, agua y en algunos casos aditivos; esta mezcla se endurece progresivamente y al ser depositada en formaletas adopta la forma y dimensiones deseadas.

2.2.1.2 DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO

La dosificación consiste en seleccionar las proporciones óptimas de cada uno de los materiales constituyentes de la mezcla de concreto, de tal manera que pueda obtenerse un producto que en estado no endurecido posea trabajabilidad y consistencia adecuadas y que al endurecerse adquiera los requisitos de resistencia, impermeabilidad y durabilidad previamente establecidos. A la dosificación de mezclas se le conoce también como diseño de mezclas.

2.2.2 PROPIEDADES PRINCIPALES DE MEZCLAS DE CONCRETO

Cuando hablamos de las propiedades del concreto nos estamos refiriendo a sus cualidades básicas o sus características las cuales nos permiten identificarlo y saber de qué manera responderá ante diferentes situaciones. Las propiedades más importantes del concreto son:

2.2.2.1 RESISTENCIA

Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo. La resistencia a la compresión es la característica mecánica principal del concreto.



Figura 2.1: FABRICACIÓN DE CEMENTO
Fuente: productosatlas.com

2.2.2.2 TRABAJABILIDAD

Es la facilidad con la que el concreto puede mezclarse, manejarse, transportarse y vaciarse en su posición final con una pérdida mínima de homogeneidad.



Figura 2.2: PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO
Fuente: tecnocreto.blogspot.com

2.2.2.3 DURABILIDAD

La habilidad para resistir la acción del ambiente, el ataque químico, abrasión, y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzcan deterioro del concreto.



Figura 2.3: DURABILIDAD DEL CONCRETO
Fuente: www.imcyc.com

En estructuras sumergidas en el suelo (cimientos, muros de contención, etc.), o en el agua (pilotes u otras estructuras), pueden verse afectadas en su durabilidad, por contacto superficial o saturado de sustancias agresivas con la pasta de cemento o con el acero de refuerzo.

2.2.2.4 IMPERMEABILIDAD

La impermeabilidad es la capacidad que tiene el concreto para impedir el paso del agua a través de él y es muy importante sobre todo en aquellos casos donde hay presencia de agentes químicos nocivos que puedan afectar la integridad del refuerzo y del concreto.



*Figura 2.4: CONCRETO IMPERMEABLE
Fuente: Sika Informaciones Técnicas*

2.2.3 ESTADOS DEL CONCRETO³

Las diferentes propiedades del concreto varían dependiendo del estado en el que el concreto se encuentra:

³ García M. Wilbert; Hernández M. Juan; Menéndez A, Marjory Cristabel, 2011, "Estudio técnico de la goma triturada como agregado en el diseño de Mezclas de concreto y mortero tipo M y S para obras civiles", Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador FMO. San Miguel



2.2.3.1 *Estado plástico*

Cuando el concreto es mezclado es suave y se puede trabajar hasta moldearlo en diferentes formas según sea el destino y diseño. El concreto se encuentra en estado plástico antes de proceder a la colocación y compactación. Las propiedades importantes en el concreto en estado plástico son la trabajabilidad y la cohesión entre los agregados y la pasta, para no generar ninguna cavidad interior y exterior que produzca falla en el concreto endurecido.

2.2.3.2 *Estado fraguado*

Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al *fraguado inicial* de la mezcla. A medida que se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina *fraguado final*.

Al proceso en donde el concreto empieza a endurecerse se le denomina estado *fraguado* y tiene lugar después de la compactación y durante el acabado.

2.2.3.3 *Estado endurecido*

Después de que el concreto es colocado y fijado, se empieza a endurecer y a ganar fuerza. Las propiedades importantes en esta etapa son la resistencia y la durabilidad.



El endurecimiento del cemento se inicia una vez que se inicia el fraguado del cemento, la ganancia en resistencia (medida del endurecimiento) es progresiva según avanza el grado de hidratación del cemento.

2.2.4 CONCRETO HIDRÁULICO

Es la una combinación de cemento Portland, agregados pétreos, agua y aditivos, que al fraguar forma un elemento rígido y resistente.

2.2.5 ELEMENTOS DEL CONCRETO HIDRÁULICO ⁴

2.2.5.1 AGREGADOS

Los agregados para concreto son una mezcla de rocas y minerales, ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto.

Los agregados naturales se clasifican generalmente en *finos y gruesos*. Los primeros consisten en arena natural o piedra triturada con partículas menores a 5mm.

⁴ PCA *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi



Figura 2.5: Agregados para el concreto
Fuente: Libro Diseño y control de Mezclas de Concreto

Los segundos representan una o varias combinaciones de gravas o piedras trituradas con partículas generalmente entre 9.5mm y 37.5mm.

Cuando se desee una graduación óptima, los agregados se separan mediante tamizado, en dos o tres grupos de diferentes tamaños para las arenas y en varios grupos para las gravas. Con posterioridad estos pueden combinarse de acuerdo con tablas de graduación que permiten obtener un agregado densamente empaquetado.

i. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

Las características más importantes de los agregados son: resistencia a la abrasión y degradación, resistencia a congelamiento- deshielo, resistencia a la desintegración por sulfatos, forma y textura superficial de las partículas, granulometría, degradación del agregado fino, contenido de vacíos no compactado del agregado fino, masa volumétrica (masa unitaria), masa específica relativa, absorción y humedad superficial.



2.2.5.2 CEMENTOS HIDRÁULICOS (Portland)

Están compuestos principalmente por silicatos hidráulicos de calcio, estos tipos de cementos fraguan y endurecen por la reacción química con el agua mediante la hidratación.

A medida que los elementos químicos constituyentes del concreto varían, también cambian sus propiedades de manera que es posible realizar una clasificación de estos dependiendo del fin para el cual se necesita el cemento.

La ASTM C-1157 es una Norma para desempeño de cementos hidráulicos, los clasifica en:

i. Tipo GU (Fuerte CESSA Portland)

Los tipos de cemento GU son de uso general, adecuado para las aplicaciones donde las propiedades especiales de otros tipos no sean necesarias. Su uso incluye pavimentos, pisos, edificios de concreto armado, puentes, tuberías, y otras aplicaciones donde se usa el cemento tipo I (ANEXO 2: Ficha técnica cemento Tipo GU).

ii. Tipo HE (Resistencia temprana elevada)

Estos tipos de cementos indican altas resistencias en edades tempranas, generalmente menos de una semana, su uso es semejante al tipo de cemento Portland tipo III (ANEXO 3: Ficha técnica cemento Tipo HE).



iii. Tipo HS (Marino A.R.S de Elevada Resistencia a los sulfatos)

Utilizado para concretos expuestos a la acción severa de los sulfatos, pudiendo ser aguas subterráneas con altas concentraciones de sulfatos, se usa de la misma manera que el cemento tipo V.

iv. Tipo MS (Moderada resistencia a los sulfatos)

Se emplea donde es importante la protección contra ataque moderado de sulfatos, pudiendo ser estructuras de drenajes por tener mayores concentraciones de sulfatos en el agua subterránea pero que no llegan a ser severas.

v. Tipo MH (Moderado calor de hidratación)

Es utilizado cuando el concreto necesite tener un calor de hidratación moderado y se deba controlar el aumento de temperatura.

vi. Tipo LH (Bajo calor de hidratación)

Se utiliza generalmente en estructuras de concreto masivo en donde se debe minimizar la tasa y la cantidad del calor generado por la hidratación.

2.2.5.3 PROPIEDADES DEL CEMENTO PORTLAND EN DIFERENTES ESTADOS

i. Finura

La variedad de tamaños en el cemento portland resultante de la pulverización del Clinker provoca que esté conformado por partículas angulares individuales en donde



aproximadamente un 90.5% de las partículas son menores que 45 micrómetros, con un promedio de partículas de 15 micrómetros. A esta distribución de tamaños de partículas de cemento se le llama “finura” dicha propiedad afecta el calor q es liberado y la velocidad de hidratación del cemento. La finura del cemento afecta directamente el calor liberado y la velocidad de hidratación y es que al aumentar la finura se está aumentando la velocidad o tasa de hidratación y por lo tanto acelera el desarrollo de la resistencia. Los efectos de la mayor finura sobre la resistencia de las pastas se manifiestan, principalmente durante los primeros siete días.

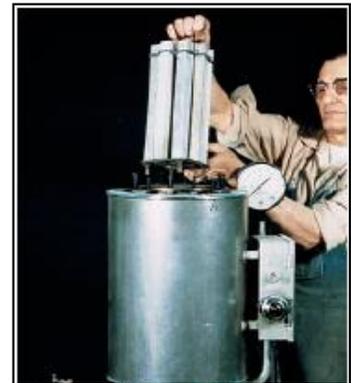


Figura 2.6: Finura del cemento
Fuente: <http://www.datuopinion.com>



ii. Sanidad (Constancia de Volumen)

Es la habilidad de la pasta de cemento en mantener su volumen. La cantidad excesiva de cal libre o magnesia súper calcinadas puede originar falta de sanidad o la expansión destructiva retardada. La expansión máxima es medida por el ensayo de expansión de autoclave.



*Figura 2.7: Prueba de sanidad
Fuente: Libro Diseño y control de Mezclas de Concreto*

iii. Consistencia

Se refiere a la habilidad que posee la mezcla de fluir, es decir, que hace referencia a su movilidad relativa de la mezcla fresca de pasta o mortero de cemento.



*Figura 2.8: Ensayos de consistencia normal para pastas usando aguja de Vicat
Fuente: Libro Diseño y control de Mezclas de Concreto*

iv. Tiempo de Fraguado

El objetivo del ensayo del tiempo de fraguado es la determinación del tiempo que pasa desde el momento de la adición del agua hasta cuando la pasta deja de tener



fluidez y de ser plástica (llamado fraguado inicial) y del tiempo requerido para que la pasta adquiriera un cierto grado de endurecimiento (llamado fraguado final).

Para determinar si un cemento se fragua de acuerdo con los límites citados en las especificaciones de cemento, los ensayos se realizan con el uso del aparato de Vicat.



*Figura 2.9: Ensayos de tiempo de fraguado usando aguja de Vicat
Fuente: Libro Diseño y control de Mezclas de Concreto*

v. Endurecimiento prematuro (Fraguado Falso y Fraguado Rápido)

El endurecimiento prematuro es el desarrollo temprano de la rigidez en las características de trabajabilidad o plasticidad de la pasta, mortero o concreto de cemento. Esto incluye ambos fraguados, el falso y el rápido.

El falso fraguado se evidencia por la pérdida considerable de plasticidad, inmediatamente después del mezclado, sin ninguna evolución de calor.

vi. Resistencia a la Compresión

Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. Y se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión.



*Figura 2.10: Ensayos de Resistencia a la Compresión
Fuente: Libro Diseño y control de Mezclas de Concreto*



2.2.5.4 AGUA

Es recomendable que el agua de mezcla a utilizar para la elaboración del concreto sea agua natural o potable y que no presente un fuerte sabor u olor se puede utilizar como agua de mezcla para la preparación del concreto.



Figura 2.11: MEZCLAS DE CONCRETO LIVIANO
Fuente: www.aliven.com.ve

2.2.5.5 ADITIVOS

Son ingredientes del concreto que se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado. Los aditivos pueden ser beneficiosos utilizados en la producción de los principales tipos de concreto para conferirle propiedades especiales resultante en sus estados plástico y endurecido⁵.



Figura 2.12: ADITIVOS PARA EL CONCRETO
Fuente: Libro PCA

⁵ Rixom, M. (1984). *ADITIVOS PARA EL HORMIGON, Composición, Propiedades y Empleo*. Barcelona: Técnicos Asociados S.A.



Se pueden distinguir dos grupos principales de aditivos:

- **Modificadores de la reología**, que cambian el comportamiento en estado fresco, tal como la consistencia, docilidad, etc.
- **Modificadores del fraguado**, que adelantan o retrasan el fraguado o sus condiciones.

Dentro de los Aditivos más reconocidos están:

Aditivos incorpora- dores de aire (inclusores de aire)	<i>Aditivo que incorpora una cantidad controlada de aire en el concreto a fin de mejorar sus propiedades.</i> <i>Cumple especificaciones ASTM C 260.</i>
	USOS Sika-Aer se emplea en el concreto cuando se requiera: <ul style="list-style-type: none">• Reducir la permeabilidad del concreto.• Aumentar la durabilidad del concreto y su resistencia a ambientes agresivos (agua de mar, aguas o suelos sulfatados, etc.).• Impedir la exudación del concreto y la correspondiente Formación de capilares.• Evitar la segregación del concreto durante el transporte.• Mejorar la bombeabilidad de concreto con deficiencia de finos.



	<ul style="list-style-type: none">• Aumentar la manejabilidad de mezclas con agregados de trituración
<i>Aditivos reductores de agua, plastificantes o fluidificantes</i>	<p><i>Aditivo líquido reductor de agua de alto rango y plastificante de alto desempeño y de tercera generación para concretos.</i></p> <p>Cumple con las normas: ASTM C 494 Tipo F ASTM C 1017 Tipo I.</p> <p>USO</p> <p>Se utiliza en la producción de concretos de alto desempeño en obras y plantas de concreto premezclado</p>



<p><i>Aditivos acelerantes</i></p>	<p>Los aditivos acelerantes tienen el propósito de lograr que el concreto desarrolle resistencia rápidamente, por lo tanto aceleran el proceso de fraguado del cemento manteniendo o aumentando las resistencias finales.</p> <p>USOS</p> <ul style="list-style-type: none">• Útil para concretos y morteros.• Acelera el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales del concreto <p>Cuando se desea descimbrar rápido para acelerar el programa de construcción acelerando el proceso de endurecimiento.</p>
<p><i>Aditivos retardadores o retardantes</i></p>	<p>Los aditivos retardantes se emplean para aminorar la velocidad de fraguado del concreto</p> <p>USOS</p> <ul style="list-style-type: none">• Compensar el efecto acelerante que tiene el clima cálido en el fraguado del concreto• Demorar el fraguado inicial del concreto o lechada cuando se presentan condiciones de colado difíciles o poco usuales, como puede ocurrir al colar estribos o cimentaciones de gran tamaño, cementar pozos



	<p>petroleros, o bombear lechada o concreto a distancias considerables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retrasar el fraguado para aplicar procesos de acabado especiales, como puede ser una superficie de agregado expuesto
<p><i>Aditivos inhibidores de corrosión</i></p>	<p>Es un tipo particular de aditivo químico para concreto cuya función principal no va dirigida a actuar directamente sobre el concreto en sí, sino sobre la armadura protegiéndola al ataque de agentes agresivos.</p>
<p><i>Aditivos reductores de retracción</i></p>	<p>Puede usarse en cualquier tipo de concreto, sin embargo, donde presenta su máxima eficacia es en estructuras y ambientes donde predominen las fisuras de retracción por secado y éstas tienen repercusiones importantes.</p> <p>USOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tableros de puentes • Aparcamientos y garajes • Estructuras marinas • Depósitos • Suelos de altas prestaciones.



Aditivos colorantes	A menudo se adicionan pigmentos inertes al concreto para darle color. Los aditivos colorantes deben ser estables en presencia de los álcalis y no tener efectos adversos sobre las características del concreto. Estos se encuentran como colores naturales o inertes, o como materiales sintéticos, y se usan en cantidades de entre 2 y 10% en peso del cemento. Deben mezclarse por completo con el cemento seco o la mezcla de cemento seco, antes de la adición del agua.
Aditivos diversos	(Mejorar la trabajabilidad, mejorar la adherencia, a prueba de humedad, impermeabilizantes, para lechadas, formadores de gas, anti-deslave, espumante y auxiliares de bombeo.)

Tabla 2.3: Tipos de Aditivos
Fuente: Grupo de Tesis

2.2.6 PRUEBAS AL CONCRETO

2.2.6.1 Muestreo

Es el primer paso y consiste en tomar una muestra para la prueba de carga total del concreto premezclado. Esta muestra debe ser representativa para que exista suficiente cantidad a la hora de ser cuarteada para las pruebas posteriores.



Figura 2.13: Pasos de proceso de muestreo
Fuente: Normas Concreto Fresco y endurecido. Editado por el imcyc

2.2.6.2 Prueba de Revenimiento

Es una medición de que tan fácil resulta colocar, manejar y compactar el concreto es decir que muestra la trabajabilidad del concreto.



Figura 2.14: Proceso de prueba de revenimiento
Fuente: Normas Concreto Fresco y endurecido. Editado por el imcyc

2.2.6.3 Prueba de Compresión

Mide la resistencia del concreto en estado endurecido. Y muestra la mejor resistencia posible que puede alcanzar el concreto en condiciones perfectas.

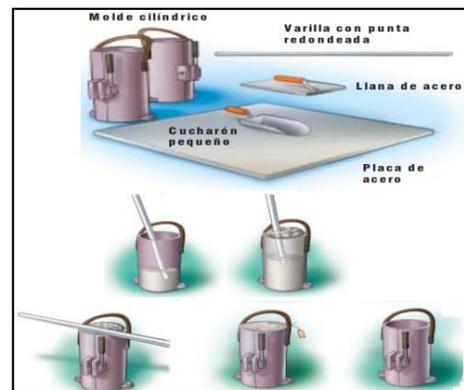


Figura 2.15: Elaboración de especímenes
Fuente: Normas Concreto Fresco y endurecido. Editado por el imcyc



2.2.6.4 Cambios de volumen y expansión del concreto

Entre los cambios volumétricos del concreto que ocurren por el proceso normal de endurecimiento del mismo y que en algunos casos hay que prevenir por que pueden causar grietas están los siguientes:

- **Asentamiento plástico:** Una vez que el concreto ha sido vaciado, los sólidos de la mezcla tienden a asentarse por efecto de la gravedad, desplazando los elementos menos densos. El asentamiento continúa hasta que el concreto se endurece, pero si hay acero u otro obstáculo que impida el libre acomodamiento de la mezcla, se provocan asentamientos diferenciales que ocasionan grietas.
- **Contracción plástica:** Es el cambio volumétrico que se presenta en las superficies horizontales mientras el concreto está aún fresco y por lo general generan grietas que aparecen brevemente después de que el brillo del agua desaparece de la superficie del concreto; estas grietas se presentan más fácilmente en climas calientes y secos, pues *la principal causa de la aparición de ellas, es la evaporación extremadamente rápida del agua de la superficie del concreto.*
- **Cambios volumétricos en estado endurecido:** Después de colocado, el concreto cambia de un fluido al de masa rígida pasando por el estado plástico. Después del fraguado final se inicia el proceso de endurecimiento, produciendo en el concreto importantes cambios de volumen.



La magnitud de la contracción depende de:

- a. La proporción del agregado con relación a la pasta; entre mayor cantidad de cemento tenga la mezcla hay más contracción.
- b. Los agregados compactos, rugosos y poco absorbentes dan menor contracción al ser empleados en las mezclas de concreto.
- c. La contracción aumenta en la medida en que sea mayor la superficie de la obra expuesta al aire, como en el caso de muros, losas de piso, etc.
- d. Cuanto mayor sea la humedad relativa menor será la contracción.

La magnitud de los cambios volumétricos se expresa en unidades de longitud. Los valores de contracción final para concretos normales son del orden de 0.2 a 0.7 mm por metro lineal, la mejor forma de reducir la contracción es reduciendo el agua de mezclado al mínimo compatible con la consistencia y manejabilidad necesarias. En la tabla 2.4 aparecen los aspectos que influyen en las características del concreto.

ASPECTO QUE INFLUYE	CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL CONCRETO					
	RESISTEN CIA	DURABI- LIDAD	ESTABI- LIDAD	IMPERMEA- BILIDAD	MANEJA- BILIDAD	ECO- NOMIA
1	X	X	X			X
2	X	X		X	X	X
3	X		X	X		X



4	X					X
5	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X

1. Cemento.
2. Granulometría de los agregados.
3. Tamaño máximo del agregado grueso.
4. Forma y textura de los agregados.
5. Relación agua-cemento.
6. Relación grava-arena.
7. Consistencia.

*Tabla 2.4: Aspectos que influyen en las características del concreto.
Fuente: Grupo de Tesis*

2.2.7 ATAQUE DE SULFATOS AL CONCRETO

Los sulfatos representan uno de los componentes de ataque químico al concreto, pudiendo estar presentes en el suelo, aguas superficiales, subterráneas, mar y muchas veces en el aire; estos representan una de las mayores amenazas para el concreto endurecido ya que las expansiones pueden conllevar tensiones mecánicas internas las cuales muchas veces se traducen en deformaciones, desprendimientos y fisuraciones en el concreto.

El comportamiento de los morteros y concretos sometidos a la acción de agentes químicos es controversial e incluso el agua de mar ha sido el objeto de numerosos



trabajos como consecuencia de la gran cantidad de obras marítimas construidas a base de concreto en masa y armado; de aquí, que sea un tema que ha preocupado y continúa interesando desde el punto de vista tecnológico o constructivo, y científico para conocer las causas que producen su destrucción y poder tomar, medidas oportunas.⁶

El mecanismo de la destrucción del concreto por agentes químicos y el agua de mar es muy complejo, ya que intervienen gran número de parámetros (mecánicos, físicos, químicos, biológicos y atmosféricos) que complican, por una parte, el conocimiento de dicha destrucción y despiertan, por otra, el interés de aquellas personas relacionadas con esta área.

Los problemas causados por el ataque químico de los morteros y concretos por el agua de mar natural o artificial depende fundamentalmente de tres factores: *compacidad, dosificación y tipo de cemento*. Los dos primeros son los que más influyen, de tal modo que los hormigones compactos, fuertemente dosificados y hechos con bajas relaciones a/c son los que mejor resisten.

⁶ DEMETRIO GASPAR-TEBAR y JOSÉ LUIS SAGRERA-MORENO “Estudio de dos cementos portland frente al agua de mar”
“Resistencia química del hormigón”



Figura 2.16: Vigas de concreto después de muchos años de exposición a un suelo con alta concentración de sulfatos en sacramento, california, terreno de ensayo.

Fuente: Libro Diseño y control de mezclas de concreto

2.2.7.1 ORIGEN DE LOS SULFATOS Y CARACTERÍSTICAS

Entre los sulfatos de origen natural se pueden mencionar algunos suelos orgánicos, suelos con turbas, algunos suelos arcillosos y aguas freáticas de los mismos, que pueden producir sales sulfatadas.

Como sulfatos de origen biológico se pueden considerar aquellos que provienen de la presencia de microorganismos sobre la superficie de concreto o de aguas residuales que experimentan descomposición biológica de carácter aeróbico en sustancias orgánicas que habitualmente contiene proteínas y/o azufre.



Entre los sulfatos de origen industrial se destacan los que proceden de aguas residuales con derivados orgánicos e inorgánicos del azufre, especialmente sulfatos. También están los que provienen de plantas industriales y fábricas fertilizantes, galvanizados, laboratorios fotográficos, entre otros, los cuales penetran el suelo o las aguas subterráneas.

En zonas industriales y en zonas urbanas donde hay combustión de carbón o gasolina con azufre, se libera dióxido de azufre que en presencia de oxígeno y humedad forman ácido sulfúrico. Las lluvias ácidas también contienen sulfatos que atacan la superficie del concreto endurecido.

2.2.7.2 COMO ACTÚAN LOS SULFATOS

En el trópico, algunas inundaciones son el resultado de súbitos y torrenciales aguaceros en ciertas localidades (por ejemplo, la costa salvadoreña en las épocas del invierno); las lluvias también causan inundaciones sobre amplias extensiones de tierra (sobre todo en las regiones donde pasa el caudal del río Lempa siendo el más grande de todo el país). Dichas inundaciones son consecuencia del desbordamiento incontrolable de los ríos. Todas estas situaciones, afectan notablemente las construcciones y sobre todo sus cimentaciones.⁷

⁷ Alvarado F, Selvin; Guzmán R, Nelson; Henríquez T, Geovany Eugenio, 2009, “*Comportamiento Del Concreto En Climas Tropicales Para Las Principales Zonas De El Salvador*”, Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente, San Salvador.

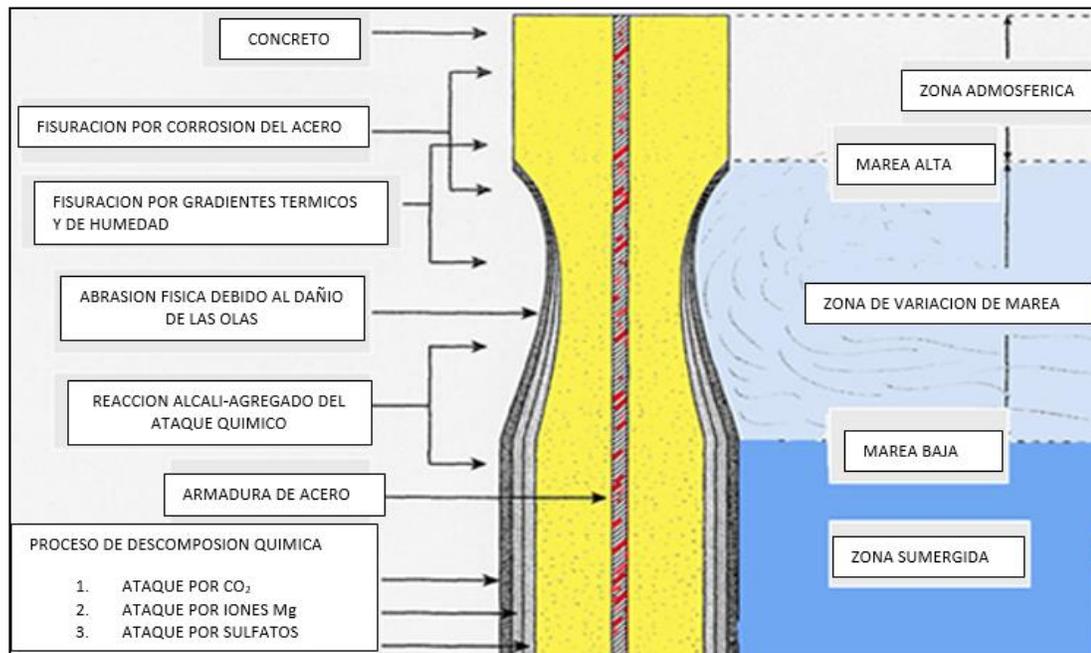


Figura 2.17: PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CONCRETO EXPUESTO A CICLOS DE MOJADO SECAO

Fuente: Grupo de Tesis

El ataque químico de los morteros y concretos producido por agentes químicos y agua de mar es un proceso complejo que, fundamentalmente, se debe a la existencia de Magnesio Mg (II) y Sulfato SO_4 (II), los cuales forman Hidróxido de Magnesio $Mg(OH)_2$ y Sulfato de Calcio $CaSO_4$. La presencia de iones cloruro favorece la resistencia química del cemento portland al ataque de los sulfatos del agua de mar, inhibiendo la formación de ettringita y facilitando su solubilidad que, a su vez, se incrementa por la presencia de Sodio Na (I), lo que hace que el agua de mar sea menos agresiva que el conjunto de las disoluciones independientes que tengan cada una de las sales presentes en el mar.



2.2.7.3 *SULFATOS MAS AGRESIVOS*

La velocidad y grado del ataque depende de la cantidad de sulfato soluble disponible, presencia de agua, composición del cemento y ciertas características del hormigón como su permeabilidad.

Los sulfatos en forma de sales más agresivas son:

- Sulfato de amonio (NH_4SO_4)
- Sulfato de calcio (CaSO_4)
- Sulfato de magnesio (MgSO_4)
- Sulfato de sodio (NaSO_4)

Otra fuente natural de sulfatos es el agua de mar que aparte de contener sales de sulfatos, está compuesta de otras sales que pueden ser un poco más agresivas con el concreto, entre las sales disueltas más comunes en el agua de mar están:

- Cloruro de sodio (NaCl)
- Cloruro de magnesio (MgCl_2)
- Sulfato de calcio (CaSO_4)

A medida que la acción del sulfato progresa, hay una pérdida gradual de resistencia en la pasta de cemento endurecida, de modo que el hormigón se desintegrará. Los elementos de concreto expuestos a ataques por sulfato, en contacto con suelos y aguas subterráneas, incluyen bases, muros de fundaciones, muros de contención, machones, pilastras, alcantarillas, tuberías y losas de superficie. Uno de los ataques



más severo ocurre en elementos donde sólo un lado está expuesto a soluciones de sulfato y en el otro lado se producen evaporaciones, por ejemplo los muros de contención.

2.2.7.4 CONCENTRACIÓN DE SULFATO

La concentración de sulfato determinada en muestreo, forma el punto de partida para asignar un grado de severidad en el ataque esperado, y el profesional facultado a la hora de diseñar que debe asignar las clases de exposición anticipada de los elementos de concreto estructural para cada categoría de exposición según tabla 2.5

		<i>Sulfatos solubles en agua (SO₄), en el suelo, % en masa</i>		<i>Sulfato (SO₄) disuelto en agua, ppm*</i>
S Sulfato	No aplicable	S0	SO ₄ <0.10	SO ₄ <150
	Moderada	S1	0.10≤ SO ₄ <0.20	150≤ SO ₄ <1500 agua marina
	Severa	S2	0.20≤ SO ₄ <2.00	1500≤ SO ₄ <10000
	Muy severa	S3	SO ₄ >2.00	SO ₄ > 10000

Tabla 2.5: Categorías y Clases de exposición
Fuente: ACI 318-2011 Capítulo 4- Requisitos de Durabilidad



La tabla 2.5 la categoría de exposición S, se encuentra subdividida en cuatro clases siendo:

Clase de exposición S0: Para condiciones donde la concentración de sulfatos solubles en agua en contacto con el concreto es baja, y no preocupa un ataque dañino causado por los sulfatos.

Clase de exposición S1: para elementos de concreto estructural en contacto directo con sulfatos solubles en el suelo o en el agua. (El agua marina puede considerarse dentro de este ataque).

Y así la severidad de la exposición aumenta de la clase de exposición de S1 a la S3 con base en un valor mayor de la concentración de sulfatos solubles en el agua o en el suelo de la concentración de sulfatos disueltos en el agua.

2.3 MARCO NORMATIVO

A continuación se presenta una descripción de cada una de las normas a utilizarse en el desarrollo de la investigación, teniendo en cuenta que los métodos de elaboración, curado y ensayos realizados se rigen por las normas A.S.T.M. seleccionadas.

2.3.1 ENSAYOS A LOS AGREGADOS

2.3.1.1 *PRACTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DE AGREGADOS*

A.S.T.M. Designación D 75



1. Alcance

Este método de ensayo presenta técnicas del muestreo de agregados gruesos y finos para los propósitos de investigación preliminar en la fuente potencial de abastecimiento, control del producto en la fuente de abastecimiento, control de las operaciones en la obra para el uso, aceptación o rechazo de los materiales.

2. Significado y Uso

El muestreo es tan importante como el ensayo, y el técnico que los realiza debe tomar todas las precauciones necesarias para obtener muestras que reflejen la naturaleza y condiciones de los materiales que representan.

Las muestras para una investigación preliminar deben ser obtenidas por la parte responsable de la potencial fuente de abastecimiento en desarrollo. La investigación preliminar y el muestreo de las potenciales fuentes de abastecimiento y tipos de áridos ocupa un lugar importante en la determinación de la disponibilidad y conveniencia de los elementos mayores que conforman la construcción. Desde el punto de vista económico, esto influye en el tipo de construcción y determina los controles necesarios de los materiales de manera de asegurar la durabilidad de la estructura resultante, desde el punto de vista de los áridos empleados. Esta investigación debería ser realizada sólo por una persona capacitada y con experiencia.

3. Obtención de muestras



Cuando las muestras van a ser sometidas a ensayos de calidad, estas deben ser obtenidas de producto terminado. El material debe ser inspeccionado para determinar variaciones visibles

*2.3.1.2 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE
AGREGADO A TAMAÑO DE PRUEBA*

ASTM Designación C 702

1. Alcance

Esta práctica proporciona procedimientos para reducir al tamaño conveniente para realizar un número de ensayos la muestra total obtenida ya sea de campo o producidas en el laboratorio y así describir el material y medir su calidad con la finalidad que la porción de la muestra más pequeña sea representativa de la muestra total suministrada.

2. Selección de Método

Las muestras de agregado fino que están en una condición saturada superficialmente secas serán reducidas de tamaño por un partidor mecánico de acuerdo al Método A. Las muestras que tengan humedad libre en la superficie de las partículas pueden ser reducidas en tamaño por cuarteo de acuerdo al Método B, o tratado como un apilamiento miniatura, como se describe en el Método C.

3. Métodos

- *Cuarteo Mecánico (Ranurador de muestras)*

El ranurador de muestras debe tener un número igual de conductos, no menos que un total de ocho para agregado grueso, o doce para agregado fino, el cual descarga alternadamente a cada lado del ranurador.

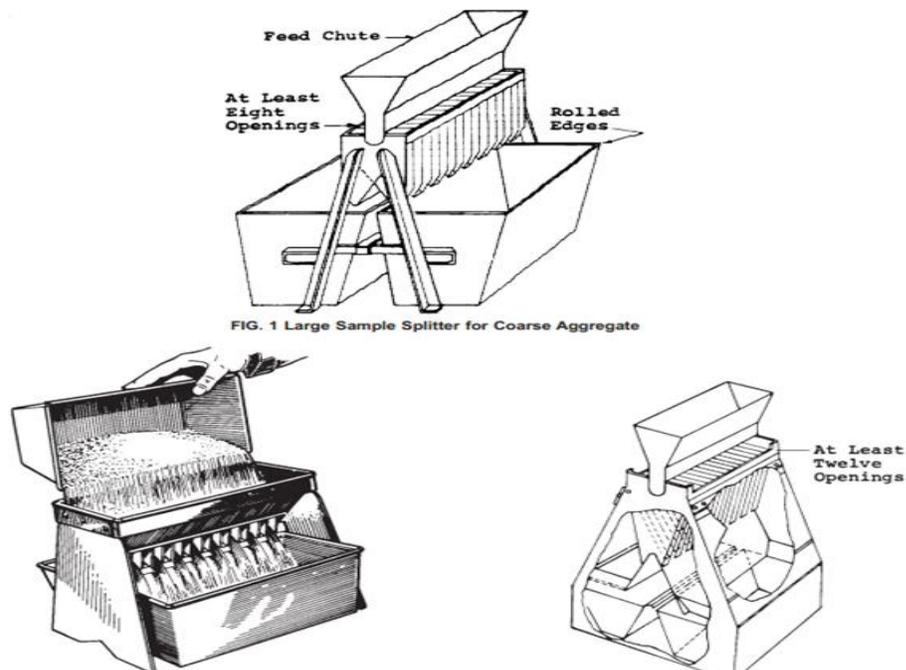


Figura 2.18: Reducción de muestra
Fuente: ASTM C 702

- *Cuarteo Manual*

El equipo consiste en una regla, un cucharón fondo plano y borde recto, pala o cuchara de albañil, una escoba o brocha, y una lona de aproximadamente 2 x 2.5 m (6 x 8 pies).



2.3.1.3 *MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA
(GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.*

ASTM Designación C 127

1. Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (no incluyendo el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad (kg/m^3 , lb/pe^3) es expresada como secado al horno (SH), saturado superficialmente seco (SSS), o como densidad aparente. De igual forma, la densidad relativa (gravedad específica) es una cantidad sin dimensiones, es expresada como SH, SSS, o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y densidad relativa son determinadas después de secar el agregado. La densidad SSS, densidad relativa SSS, y absorción son determinadas después de saturar el agregado en agua para una duración prescrita.

2. Significado y Uso

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para cálculo del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas conteniendo agregados, incluyendo concreto de cemento portland.



Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de poro con las partículas constituyentes, comparado con la condición seca, cuando es considerado que el agregado ha estado en contacto con agua por un período suficiente para satisfacer la absorción potencial.

2.3.1.4 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.

ASTM Designación C 128

1. Alcance

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino (sin incluir el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregado fino.

Este método de prueba es usado para determinar la densidad de la porción esencialmente solida de un gran número de partículas de agregado y provee un valor promedio representando la muestra.

2. Significado y uso

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para cálculos del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas, incluyendo



concreto de cemento portland, concreto bituminoso, y otras muestras que son proporcionadas o analizadas en una base de volumen absoluto.

*2.3.1.5 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE
AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.*

ASTM Designación: C 136

1. Alcance

Este método de la prueba cubre la determinación de la distribución dimensional de partícula de agregados finos y gruesos por tamizado.

2. Resumen del método de la prueba

Una muestra de agregado seco de masa conocida se separa a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas para la determinación de la distribución de tamaño de partículas.

3. Significación y uso

Este método de la prueba se utiliza sobre todo para determinar la clasificación de los materiales propuestos para el uso como los agregados o que son utilizados como agregados.

*2.3.1.6 MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y
VACÍOS EN EL AGREGADO*



ASTM Designación: C 29

1. Alcance

Este método de ensayo se refiere a la determinación de la densidad aparente (“peso unitario”) entre las partículas de los agregados a granel en condición compactada o suelta, y el cálculo de los vacíos, agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos, basándose en una misma determinación.

2. Importancia y uso

Este método de ensayo se usa frecuentemente para determinar los valores de la densidad aparente que se requieren para utilizarse en muchos métodos para seleccionar el proporcionamiento de las mezclas de concreto.

2.3.1.7 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DEL AGREGADO

ASTM Designación: C 566

1. Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado ya sea humedad superficial y la humedad en los poros del agregado.

2. Muestreo

Se obtiene la muestra de acuerdo a la norma ASTM D75 y se reduce de acuerdo a la norma ASTM C-702, después que se ha obtenido el tamaño máximo nominal según la norma ASTM C 136.



Asegurar una muestra representativa de agregado para contenido de humedad y teniendo una masa no menor que la cantidad de la tabla 2.6, proteger la muestra contra pérdidas de humedad previa a la determinación de la masa.

<i>MÁXIMO TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO mm (pulg.)</i>	<i>MÁXIMO DE MUESTRA DE AGREGADO kg</i>
4.75 (No. 4)	0.5
9.5 (No. 3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	3
25.0 (1.0)	4
37.5 (1 1/2)	6
50 (2)	8
63 (2 1/2)	10
75 (3)	13
90 (3 1/2)	16
100 (4)	25
150 (6)	50

*Tabla 2.6: Tamaño de muestra para Agregado
Fuente: ASTM C 566*



2.3.2 PRUEBAS AL CONCRETO

2.3.2.1 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO HIDRÁULICO

ASTM Designación: C-143/ C-143M-03

1. Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación del revenimiento del concreto, en el laboratorio y en el campo.

2. Significado y Uso

Este método de ensayo pretende proporcionar un procedimiento para determinar el revenimiento de un concreto de cemento hidráulico en estado plástico.

Este método de ensayo fue originalmente desarrollado para proporcionar una técnica para monitorear la consistencia de un concreto no endurecido. Bajo condiciones de laboratorio, con estricto control de todos los materiales del concreto, el revenimiento es generalmente encontrado para incrementar proporcionalmente con el contenido de agua de una mezcla de concreto dada, y por lo tanto ser inversamente vinculado con la resistencia del concreto. Bajo condiciones de campo, sin embargo, como una relación de resistencia no está clara y consistentemente demostrado.

2.3.2.2 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA TEMPERATURA DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND RECIÉN MEZCLADO



ASTM Designación: C-1064/ C-1064M-03

1. Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la temperatura en mezclas de concreto de cemento portland recién mezclado.

2. Significado y Uso

Este método de ensayo proporciona un medio para medir la temperatura del concreto fresco. Este puede ser usado para verificar la concordancia con los requisitos especificados para temperatura del concreto.

3. Aparatos

Recipiente, El recipiente debe estar hecho de un material no absorbente y tan grande que proporcione al menos 3 pulg. (75 mm) de concreto en todas direcciones alrededor del sensor del dispositivo medidor de temperatura; el concreto debe poder cubrirlo y también ser al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Dispositivo Medidor de Temperatura, deberá ser capaz de medir la temperatura del concreto fresco con aproximación de $\pm 1^{\circ}\text{F}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) dentro de un rango de 30 a 120 $^{\circ}\text{F}$ (0 $^{\circ}$ a 50 $^{\circ}$ C). El dispositivo medidor de temperatura requerirá la inmersión de 3 pulg. (75 mm) o menos durante la operación



2.3.2.3 *MÉTODO DE ENSAYO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE
(MASA UNITARIA) RENDIMIENTO (VOLUMEN DE CONCRETO PRODUCIDO)
Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO.*

ASTM Designación: C138/138M

1. Alcance

Este método cubre la determinación de la densidad aparente de concreto recién mezclado y proporciona fórmulas para calcular el rendimiento de concreto, el contenido de cemento y el contenido de aire del concreto. El rendimiento se define como el volumen del concreto producido con una mezcla de cantidades conocidas de los materiales que la componen.

2. Aparatos

Balanza. Una balanza con exactitud de 45 g (0.1 lb) ó al 0.3% de la carga de ensayo lo que sea más grande para cualquier masa dentro del rango de uso. El rango de uso debe abarcar desde la masa del recipiente de medida vacío hasta la masa del recipiente más su contenido a 2600 kg/m³ 160 libra/pie³.

Varilla de apisonado. Una varilla de acero redonda, recta y lisa, con un diámetro de 16 mm ± 2 mm (5/8 de pulg ± 1/16 pulg), el largo de la varilla debe ser por lo menos 100 mm (4 pulg) mayor que la profundidad del recipiente donde se hará el apisonado, pero no mayor de 600 m (24 pulg). La varilla debe tener el uno o ambos extremos redondeados en forma de una semiesfera del mismo diámetro de la varilla.



Vibrador Interno. Los vibradores internos pueden ser de flecha rígida o flexible de preferencia eléctricos. La frecuencia de vibración debe ser de 7,000 vibraciones por minuto o mayor, cuando estén en uso, el diámetro externo o la dimensión lateral del elemento que vibra deber ser de al menos 19 mm (0.75 de pulgada) y no mayor a 38 mm (1.50 de pulgada). La longitud de la flecha deber ser como mínimo de 600 mm (24 pulg).

Recipiente de medida. Un recipiente cilíndrico de acero u otro metal adecuado. La capacidad mínima del recipiente debe adecuarse a los límites dados en la tabla, basados en el tamaño nominal máximo del agregado que se va a ensayar.

Placa enrasadora. Una placa de acero rectangular y plana de al menos 6mm ($\frac{1}{4}$ pulg) de espesor o una placa de vidrio o acrílico de al menos 12 mm ($\frac{1}{2}$ pulg) de espesor y con un ancho y largo de por lo menos 50 mm (2 pulg) mayor que el diámetro del recipiente con el cual se usara. Los extremos de la placa deben ser rectos y lisos, con una tolerancia de 2 mm ($\frac{1}{16}$ pulg).

Mazo. Un mazo (con cabeza de hule o cuero crudo) que pese aproximadamente 600 + 200 g (1.25 + 0.50 lb) para recipientes de 14 L (0.5 pie³) o menores. Para recipientes más grandes que 0.5 pie³, se usará un mazo que pese aproximadamente 1000 + 200 g (2.25 + 0.50 lbs).



Cucharón. Utilizar un cucharón de un tamaño suficiente para que cada cantidad de concreto obtenida del recipiente de la muestra sea representativa y suficientemente pequeña para que no se derrame durante su colocación en el recipiente de medida.

2.3.2.4 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ESFUERZO DE COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.

ASTM Designación: C39/C39M-03

1. Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto tales como cilindros moldeados y núcleos taladrados. Está limitado al concreto que tenga un peso unitario mayor de 50 lb/pie³ (800 Kg/m³).

2. Resumen del Método de Ensayo

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión al cilindro moldeado o núcleo a una razón que está dentro del rango prescrito antes de que la falla ocurra. El esfuerzo de compresión del espécimen es calculado dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.



3. Significado y Uso

Se necesita ser cuidadoso en la interpretación del significado para determinar la resistencia a la compresión por este método de ensayo, porque la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del concreto hecho con materiales dados.

Los resultados de este método de ensayo son usados como una base para el control de calidad de las operaciones de proporcionamiento, mezclado y colocación del concreto; determinación de concordancia con las especificaciones; control para evaluación de la efectividad de los aditivos y usos similares.

4. Aparatos

Máquina de Ensayo – La máquina de ensayo será de un tipo que tenga suficiente capacidad y capaz de proporcionar la razón de carga

2.4 REGLAMENTOS DE APOYO

2.4.1 ACI - AMERICAN CONCRETE INSTITUTE.

CAPITULO 4

Es en el capítulo 4 del ACI donde se enmarca la importancia de requisitos de durabilidad antes de seleccionar el f'_c y el recubrimiento de refuerzo, de igual manera se introducen categorías y clases de exposición con requisitos de durabilidad aplicables al concreto empleando un formato uniforme.



El diseñador facultado asigna las clases de exposición del concreto de acuerdo con la severidad de la exposición anticipada de los elementos de concreto estructural para categoría de exposición según tabla 2.5.

El reglamento ACI incluye cuatro categorías de exposición que afectan los requisitos del concreto para asegurar la durabilidad adecuada:

1. *Categoría de Exposición F:* par concreto exterior expuesto a la humedad y a ciclos de congelamiento y deshielo, con o sin productos químicos descongelantes.
2. *Categoría de Exposición S:* para concreto en contacto con suelo o agua que contengan cantidades perjudiciales de iones de sulfato soluble en agua tal y como se define en tabla 2.5.
3. *Categoría de Exposición P:* para concreto en contacto con el agua y que requiere baja permeabilidad.
4. *Categoría de Exposición C:* para concreto reforzado y preesforzado expuesto a condiciones que requieren protección adicional del refuerzo contra la corrosión.

	<i>Severidad</i>	<i>Clase</i>	<i>Condición</i>
F Congelamiento -deshielo	No es aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo



	Moderada	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshelo y exposición ocasional a la humedad
	Severa	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshelo y en contacto continuo con la humedad
	Muy Severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshelo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes
			Sulfato (SO_4) disuelto en agua, ppm*
S Sulfato	No aplicable	S0	$SO_4 < 150$
	Moderada	S1	$150 \leq SO_4 < 1500$ agua marina
	Severa	S2	$1500 \leq SO_4 \leq 10000$
	Muy severa	S3	$SO_4 > 10000$
P Requiere baja permeabilidad	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad
C Protección del refuerzo para la corrosión	No aplicable	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad
	Moderada	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una



			fuerza de fuente externa de cloruros
	Severa	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen.

*El porcentaje en masa de sulfato en el suelo debe determinarse por medio de la norma ASTM C-1580 ± La concentración de sulfatos disueltos en agua en partes por millón debe determinarse por medio de la norma ASTM D516 o la norma ASTM D4130

Tabla 2.7: Categorías y clases de exposición

Fuente: ACI 318 Cap. 4

▪ **Requisitos para mezclas de concreto**

Con base en las clases de exposición asignadas en la tabla 2.7 las mezclas de concreto deben cumplir con los requisitos aún más restrictivos según tabla 2.8.

CLASE DE EXPOSICIÓN	RELACIÓN A/MC MÁX.	F'c MIN MPA	REQUISITOS MÍNIMOS ADICIONALES		
			Contenido de Aire		Limites en los cementantes
F0	N/A	17	N/A		N/A
F1	0.45	31	Tabla 2.9		N/A
F2	0.45	31	Tabla 2.9		N/A
F3	0.45	31	Tabla 2.9		---
			Tipos de material cementante		
			ASTM C-150M	ASTM C-595M	ASTM C-1157M
			Aditivo cloruro de calcio		



S0	N/A	17	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción
S1	0.50	28	II	IP (MS), IS(<70) (MS)	MS	Sin restricción
S2	0.45	31	V	IP (HS), IS(<70) (MS)	HS	No se permite
S3	0.45	31	V puzolanas o escoria	IP (HS) y puzolanas o escoria o IS(<70) (HS) y puzolanas o escoria	HS y puzolanas o escoria	No se permite
P0	N/A	17	Ninguna			
P1	0.50	28	Ninguna			
				Contenido máximo de iones de cloruro (Cl) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento	Requisitos relacionados	
				Concreto reforzado			Concreto Pre esforzado
C0	N/A	17	1.00	1.00	0.06	Ninguno
C1	N/A	17	0.30	0.30	0.06	
C2	0.40	35	0.15	0.15	0.06	7.7.6, 18.16

Tabla 2.8: Requisitos para mezclas con cementos hidráulicos
Fuente: ACI 318 Cap. 4



▪ **Requisitos adicionales para exposición a congelamiento y deshielo**

En el reglamento e incluye una tabla con los contenidos de aire requerido para concreto resistente al congelamiento y deshielo

El concreto de peso normal y liviano expuesto a clases de exposición F1, F2 o F3 debe tener aire incorporado con el contenido de aire indicado según tabla 2.8

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Contenido de aire, porcentaje	
	Exposición Clase F1	Exposición Clase F2 y F3
9.5	6	7.5
12.5	5.5	7
19.0	5	6
25.0	4.5	6
37.5	4.5	5.5
50	4	5
75	3.5	4.5

Tabla 2.9: Tamaño máximo de agregado- Porcentaje de Aire para concreto expuesto a ciclos de congelamiento-deshielo
Fuente: ACI Cap. 4

CAPITULO 5.- CALIDAD DEL CONCRETO, MEZCLADO Y COLOCACIÓN

Secciones citadas que aplican a la investigación:



Art. 5.1.1 El concreto debe dosificarse para que proporcione una resistencia promedio a la compresión, f_{cr} , y debe satisfacer los criterios de durabilidad del Cap. 4. El concreto debe producirse de manera que minimice la frecuencia de resultados de resistencia inferiores a f_c .

Art. 5.1.2 Los requisitos de f_c deben basarse en ensayos de cilindros, hechos y ensayados.

Art. 5.6.1 El concreto debe ensayarse de acuerdo con los requisitos de frecuencia de ensayos e investigación de los resultados de ensayos con baja resistencia. El laboratorio que realice los ensayos de aceptación debe cumplir con la norma ASTM C 1077.

Art. 5.6.2.4 Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 150 por 300mm o de al menos tres probetas de 100 por 200mm, preparadas de la misma muestra de concreto y ensayada a 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f_c .

Art. 5.6.3.1 *Las muestras para ensayos de resistencia deben tomarse de acuerdo con ASTM C-172*

Art. 5.6.3.2 Los cilindros para los ensayos de resistencia deben ser fabricados y curados en laboratorio de acuerdo con ASTM C-31M, y deben ensayarse de acuerdo con ASTM C39M. Los cilindros deben ser de a 100 por 200 mm o de 150 por 300 mm.



Art. 5.6.3.3 El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a f'_c

Ningún resultado de ensayo de resistencia es menor que f'_c por más de 3.5 MPa (35.69 kg/cm²) cuando f'_c es 35 MPa (356.90 35.69 kg/cm²) o menor; por más de 0.10 f'_c cuando f'_c es mayor a 35 MPa

Art. 5.6.3.4 Cuando no se cumpla cualquiera de los dos requisitos de 5.6.3.3, deben tomarse las medidas necesarias para incrementar el promedio de los resultados de los siguientes ensayos de resistencia.

2.4.2 ACI 211.1 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR EL PROPORCIONAMIENTO DEL CONCRETO DE PESO NORMAL, PESADO Y DENSO

El procedimiento descrito en ACI 211.1 detalla 2 métodos de proporcionar mezclas de concreto de peso normal y denso que son:

1. Basado en un peso estimado del concreto por volumen unitario.
2. Basado en el cálculo del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto



Los métodos descritos proporcionan una aproximación preliminar de las cantidades de materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, que luego deben ser verificadas mediante mezclas de prueba en el laboratorio o en el campo y efectuar los ajustes que sean necesarios con el objetivo de lograr las características deseadas en el concreto fresco y endurecido.

El documento ACI 211.1 resume el procedimiento de diseño de mezclas de concreto, en 9 pasos que son:

1. *Elección del revenimiento*
2. *Elección del tamaño máximo de agregado*
3. *Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire*
4. *Selección de la relación agua- cemento*
5. *Cálculo del contenido de cemento*
6. *Estimación del contenido de agregado grueso*
7. *Estimación del contenido de agregado fino*
8. *Ajuste por humedad del agregado*
9. *Ajustes en las mezclas de prueba*

2.4.3 ASTM C-1157- ESPECIFICACIÓN POR DESEMPEÑO PARA CEMENTOS HIDRÁULICOS



Esta especificación cubre los cementos hidráulicos mezclados para aplicaciones generales y especiales. Esta es una especificación que da requisitos de desempeño. No hay restricciones a la composición del cemento o en sus componentes.

La especificación clasifica a los cementos por el tipo basado en requisitos específicos para uso general, resistencia temprana elevada, resistencia al ataque por sulfatos, y calor de hidratación. Requisitos opcionales son provistos para la propiedad de baja reactividad con agregados álcali-reactivos.

1. Clasificación y uso: Los tipos de cemento hidráulicos cubiertos por esta especificación son dados de acuerdo a propiedades específicas:

- Tipo GU: Cemento hidráulico para la construcción en general. Úsese cuando uno o más de los tipos especiales no son requeridos.
- Tipo HE: Resistencia temprana elevada
- Tipo MS: Moderada resistencia al sulfato
- Tipo HS: Elevada resistencia a sulfato
- Tipo MH: Moderado calor de hidratación
- Tipo LH: Bajo calor de hidratación

2. Opciones de resistencia a la compresión: Tres opciones para la resistencia a la compresión son listadas en esta especificación. Si la resistencia deseada, es diferente a la mínima de la tabla 2.10.



Para un tipo de cemento dado, la resistencia a la edad listada según tabla 2.10, no deberá de ser menor que la resistencia de la edad listada más temprana.

3. **Resistencia mínima a la compresión:** Si la resistencia mínima del rango listado en la tabla 2.10 es aceptable, especifique el mínimo de la tabla. Cuando ninguna otra opción se establece, los requerimientos aplicables de resistencia a la compresión son mínimos de los rangos listados en la tabla 2.11, para cada edad de la tabla 2.10, para el tipo de cemento considerado.
4. **Resistencia mínima a una edad listada:** Cuando se requiere un mínimo de resistencia, mayor al de un mínimo fijado a una edad listada, especifique el mínimo en un rango de resistencia listado en la tabla 2.11, a una edad listada en la tabla 2.10, para el tipo de cemento considerado.
5. **Rango de resistencia a una edad listada.** Cuando se requiere que un cemento este dentro del rango particular de resistencia, especifique que el cemento está dentro de un rango particular de resistencia de la tabla 2.11, a una edad listada para el tipo de cemento de la tabla 2.10.

Nota: Las edades listadas para el tipo HE en la tabla 2.10 son 1 y 3 días; las edades listadas para los tipos GU, MH, y MS son 3 y 7 días; las edades listadas para el tipo HS son 3, 7 y 28 días, las edades listadas para el tipo LH son 7 y 28 días.

6. **Rango de resistencia a una edad deseada.** Cuando se requiere que un cemento este dentro de un rango particular de resistencia, especifique que el cemento cumple con un rango de resistencia de la tabla 2.11 a una edad seleccionada



entre 3, 7 y 28 días; excepto si el tipo HE es especificado, donde un rango de resistencia deberá de ser seleccionado entre 1,3, 7 o 28 días. Si ningún rango de resistencia es especificado, solamente se aplicará el mínimo de resistencia de todos los rangos de la tabla 2.11, como está establecido en la Tabla 2.10.

- 7. Sulfato:** Cualquier método apropiado para determinar el SO_3 , puede ser usado. Si es utilizado el método de referencia de prueba C-114, la muestra no necesita ser descompuesta en su totalidad, siempre y cuando se agregue un exceso de ácido.

La resistencia a la compresión se determina según el Método de prueba C-109. Las pruebas serán llevadas a cabo según edades especificadas en la tabla 2.10; y si se seleccionan requisitos opcionales, realice las pruebas a la edad especificada del requisito opcional de la tabla 2.10

Tipo de Cemento	GU	HE	MS	HS	MH	LH
Rango de Resistencia a la compresión mínima, MPa ¹						
1 día	...	10	...	...	...	...
3 días	10	17	10	5	5	...
7 días	17	...	17	10	10	5
28 días	...	...	...	17	...	17



Expansión por sulfatos (resistencia a los sulfatos) ²						
6 meses, máx. %	...	...	0.10	0.05	...	...
1 año, máx. %	...	...	...	0.10	...	...
Resistencia a la compresión, ² min MPa (psi), 28 días	28 (4060)	...	28 (4060)	...	22 (3190)	...

Tabla 2.10: Requisitos Físicos Normalizados

Fuente: ASTM C-1157

¹ El rango de resistencia más bajo deberá aplicarse a la edad especificada, a menos que un rango de resistencia más alto se especifique. (Ver tabla 2.11)

² Cuando las resistencias a los 28 días son especificadas, el tiempo suficiente deberá ser permitido para completar la prueba. Cuando un certificado de resultados de prueba sea requerido, arreglos especiales para el almacenamiento del cemento pendientes de completar la prueba serán requeridos.

Rango de Resistencia	5	10	17	25	35	45
Resistencia a la compresión, min MPa, (psi)	5 (725)	10 (1450)	17 (2465)	25 (3625)	35 (5075)	45 (6525)
Resistencia a la compresión, máx. MPa, (psi)	15 (2175)	20 (2900)	30 (4350)	40 (5800)	60 (8700)	

Tabla 2.11: Rangos límites de Resistencia

Fuente: ASTM C-1157



CAPITULO III

“ELABORACIÓN, APLICACIÓN DE ENSAYO ACELERADO POR ATAQUE DE SULFATOS Y ENSAYOS A ESPECÍMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO”

La elaboración de concreto hidráulico requiere seguir los lineamientos mínimos establecidos en las normas ASTM para garantizar el desarrollo de las propiedades físicas y mecánicas esperadas, a partir de pruebas estándar de todos los materiales que lo componen puede calcularse hasta cierto punto el comportamiento futuro que podría tener un concreto, a continuación se describen las pruebas a realizarse para comprender el comportamiento que podría tener un concreto expuesto al ataque de sulfatos en comparación a un concreto curado normalmente.



3.1 PRUEBAS A LOS AGREGADOS

Los agregados constituyen del 60-75% del volumen del concreto es decir del 70-85% de la masa, de igual manera influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido de la mezcla así como en la economía del concreto. Para realizar un buen diseño de mezcla es necesario contar con materiales que cumplan ciertos parámetros de calidad.

Los agregados deben cumplir con algunas normas para que su uso en ingeniería se optimice: deben ser partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos absorbidos, revestimiento de arcilla u otros materiales finos en cantidades que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento.

A continuación se exponen los pasos a seguir dentro las normas ASTM respecto a la elaboración de especímenes de concreto, que va desde la selección de los agregados hasta los ensayos respectivos que se hacen en el concreto.

3.1.1 PRACTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DE AGREGADOS

A.S.T.M. Designación D 75

3.1.1.1 Obtención de muestra desde pilas de acopio

Es debido a este tipo de método que resulta muy difícil asegurar que las muestras no tengan variaciones por la segregación que se produce con frecuencia al apilar el material, ya que las partículas gruesas ruedan desde superficie hacia la base de la pila.



*Imagen 3.1: Pilas de Acopio LA HULERA
Fuente: Grupo de Tesis*

- ❖ Para los agregados gruesos se pidió hacer uso de equipo mecánico disponible en la cantera para que formen una pequeña pila para muestra y debido al grado de variación existente las muestras deberían ser extraídas de áreas separadas de la pila, conformadas de tres porciones tomadas del primer tercio, del medio y de la base del volumen total de la pila de acopio



*Imagen 3.2: Recolección de Agregado grueso en pila de Acopio LA HULERA
Fuente: Grupo de Tesis*

haciendo un corte con pala verticalmente en la pila de acopio, justo sobre los



puntos de extracción de las muestras para ayudar a evitar una segregación mayor.

- ❖ Para agregados finos al extraer muestras de las pilas de acopio, la capa externa, que podría estar segregada, es retirada y la muestra se toma del material que se encuentra por debajo de esta capa.



*Imagen 3.3: Recolección de Agregado fino en pila de Acopio cantera Rio Jiboa
Fuente: Grupo de Tesis*

3.1.1.2 Número y pesos de las muestras

El número de muestras depende de los puntos críticos y de la variación de las propiedades que serán medidas. Dicho número de muestras debe ser suficiente para dar confianza a los resultados de los ensayos.

<i>Tamaño máximo nominal de los áridos</i>	<i>Peso mínimo aprox. de las muestras, Kg</i>
Áridos Finos	
<i>2.36 mm</i>	<i>10</i>



4.75 mm	10
Áridos Gruesos	
9.5 mm	10
12.5 mm	15
19.0 mm	25
25.0 mm	50
37.5 mm	75
50 mm	100
63 mm	125
75 mm	150
90 mm	175

Tabla 3.1: Tamaño de muestra para Agregado Grueso
Fuente: Tabla 1 ASTM D-75

3.1.1.3 Transporte de Muestras

Los agregados se transportan en sacos o recipientes contruidos con el objetivo de evitar las pérdidas, contaminación de alguna parte de la muestra, o el daño al contenido causado por una mala manipulación durante el transporte. Además dichos recipientes se identifican adecuadamente para facilitar los informes de obra o el transporte al laboratorio así como el informe de los ensayos en laboratorio.



3.1.2 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGREGADO

A TAMAÑO DE PRUEBA

ASTM Designación C 702

El procedimiento para reducir la muestra obtenida en campo al tamaño conveniente para realizar los ensayos necesarios para el proceso de investigación así como para describir el material y medir su calidad se describe a continuación:

3.1.2.1 Selección del Método

❖ Para agregados gruesos se selecciona el método A: CUARTEO MECANICO

El partidador de muestras tiene un número igual de ocho conductos en total. Posee una tolva o cucharón de fondo recto el cual tiene un ancho igual o ligeramente menor que el ancho del conjunto de conductos.



Imagen 3.4: Cuarteo Mecánico de Agregado Grueso

Fuente: Grupo de Tesis

✚ Procedimiento Cuarteo Mecánico

Se coloca la muestra original en la tolva distribuyéndola uniformemente en toda su longitud, para que cuando se introduzcan en los conductos, fluya una cantidad aproximadamente igual a través de cada conducto. La cantidad a la cual la muestra es introducida debe ser tal que permita un flujo continuo por los conductos hacia los



receptáculos inferiores. Posteriormente se vuelve a introducir la porción de la muestra de uno de los receptáculos en el partidor cuantas veces sea necesario para reducir la muestra al tamaño requerido para el ensayo.

❖ **Para agregados finos se selecciona el método B: CUARTEO MANUAL**

El equipo consistió de una regla, un cucharón fondo plano y borde recto, pala o cuchara de albañil, una escoba o brocha, y una lona de aproximadamente 2 x 2.5 m, para nuestro caso no se contó con la lona sin embargo se utilizó bandeja cuarteadora.

✚ **Procedimiento de cuarteo manual**

Se coloca la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada en donde no se produce pérdida de material ni adición accidental de material extraño. Se mezcla completamente el material, traspaleando la muestra entera al menos tres veces. En el último traspaleo se conforma con la muestra una pila cónica,



Imagen 3.5: Cuarteo Manual de Agregado Fino

depositando cada palada en la parte superior de la pila. Cuidadosamente se aplana la pila cónica, presionando con una pala la parte superior del cono hasta obtener un espesor y diámetro uniforme, de tal forma que cada cuarto de la pila contiene el material que originalmente se encontraba en él.

Se dividió con una pala o cuchara, la masa aplanada, en cuatro partes iguales y se remueven los cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino, cepillando los espacios vacíos para limpiarlos. Se mezcla y cuarta sucesivamente el material restante hasta reducir la muestra al tamaño requerido.



Imagen 3.6: Cuarteo Manual de Agregado Fino

3.1.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

ASTM Designación C 127

3.1.3.1 Resumen del Método

La muestra de agregado es inmersa en agua por 24 ± 4 h para esencialmente llenar los poros. Entonces es removida del agua y el agua secada de la superficie de las



partículas y la masa determinada. Subsecuentemente, el volumen de la muestra es determinado por el método de desplazamiento de agua. Finalmente, la muestra es secada al horno y determinada la masa. Usando entonces los valores de masa obtenidos y las formulas en este método de ensayo, es posible calcular la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción.

3.1.3.2 Muestreo

Una vez reducida la muestra de acuerdo con la ASTM C-702. Se rechaza todo el material que pasa por la malla No. 4 por tamizado en seco y se lava completamente para remover el polvo y otros recubrimientos de la superficie.

La masa requerida depende del tamaño de las partículas de los agregados a ensayar:

<i>Tamaño máximo nominal mm (pulg)</i>	<i>Masa Mínima de la Muestra de Prueba Kg (lb)</i>
12.5 mm (½) o menos	2 (4.4)
19 mm (¾)	3 (6.6)
25.1 (1)	4 (8.8)
37.5 1 (½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)



90 (3½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)

Tabla 3.2: Tamaño de muestra para Agregado Grueso
Fuente: Tabla 1 ASTM D-127

3.1.3.3 Procedimiento

1. Se seca la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$, enfriar al aire a temperatura del cuarto por 1 a 3 horas hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea manejable (aproximadamente 50°C). Posteriormente se sumerge el agregado en agua a la temperatura del cuarto por un periodo de $24 \pm 4 \text{ h}$.

2. Los valores de la absorción y la densidad relativa (gravedad específica) son usados en proporcionar mezclas de concreto en la cual los agregados se encuentran en su condición de humedad natural.



Imagen 3.7 Agregado Grueso sumergido en Agua
Fuente: Grupo de Tesis

3. Se remueven la muestra de ensayo del agua y se enrolla en un paño o franela absorbente hasta que toda la película visible de agua es removida y se secan las partículas grandes individualmente. Teniendo cuidado para evitar la



evaporación de agua en los poros del agregado durante la operación de secado superficial. Se determina la masa de la muestra de ensayo en la condición saturado superficialmente seco. Y se registra esta y las subsecuentes masas con una precisión de 0.5 g o 0.05 % de la masa de la muestra, la que sea mayor.

4. Después de determinar la masa al aire, inmediatamente coloque la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el contenedor de muestra y se determina masa aparente en agua a 23 ± 2.0 °C. Se tiene cuidado de eliminar todo el aire atrapado antes de pesar, agitando el recipiente mientras es sumergido.

NOTAS:

- ✚ *La diferencia entre la masa al aire y la masa cuando la muestra es sumergida en agua es igual a la masa de agua desplazada por la muestra.*
- ✚ *El alambre del cual se suspende el contenedor debe ser del tamaño más pequeño posible para minimizar cualquier efecto de una longitud de inmersión variable.*

5. Se seca la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de 110 ± 5 ° C, se enfría hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que es confortable de manejar (aproximadamente 50° C), y se determina la masa.



3.1.4 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.

ASTM Designación C 128

3.1.4.1 Resumen del Método

Esta prueba cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino (sin incluir el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregado fino. Esta prueba es usada para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregado y provee un valor promedio representando la muestra.

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para cálculos del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas, incluyendo concreto de cemento portland, concreto bituminoso, y otras muestras que son proporcionadas o analizadas en una base de volumen absoluto.

3.1.4.2 Muestreo

Se muestrea el agregado de acuerdo a la práctica ASTM D-75. Se mezcla la muestra y se reduce para obtener un espécimen de prueba de aproximadamente 1kg usando el procedimiento aplicable descrito en la práctica ASTM C-702.



3.1.4.3 Procedimiento

Se seca la muestra a masa constante a la temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$, posteriormente se enfría a una temperatura para manipular confortablemente, se cubre con agua, por inmersión o adición de al menos 6% de humedad al agregado fino, y se pone a reposar por $24\pm 4\text{h}$.



*Imagen 3.8: Agregado Fino sumergido en Agua
Fuente: Grupo de Tesis*

Se decanta el exceso de agua con cuidado de evitar la pérdida de fino, extendiendo la muestra en una superficie plana no absorbente expuesta a un suave movimiento de corriente de aire caliente, y se revuelve frecuentemente para asegurar el secado homogéneo.

- Prueba para Humedad Superficial -

Se sostiene el molde firmemente en una superficie no absorbente con el diámetro mayor hacia abajo. Colocando una porción del agregado fino suelto parcialmente secado en el molde llenándolo hasta desbordar y amontonar material adicional en lo alto



*Imagen 3.9: Prueba para humedad superficial
Fuente: Grupo de Tesis*

del molde sosteniéndolo con la copa de los dedos de la mano. Se compacta el agregado dentro del molde con 25 caídas ligeras del apisonador. Se inicia la caída



aproximadamente 5mm sobre la superficie superior del agregado fino. Remueve la arena suelta desde la base y levanta el molde verticalmente. Si la humedad superficial todavía está presente, el agregado fino retendrá la forma del molde. Un ligero revenimiento del agregado fino moldeado indica que ha alcanzado una condición superficialmente seca.

– *Procedimiento Gravimétrico (Picnómetro)* –

1. Se llena parcialmente el picnómetro con agua. Y se introduce dentro 500 ± 10 g de agregado fino superficialmente seco, y se llena con agua adicional a aproximadamente 90% de la capacidad. A continuación se agita el picnómetro manualmente o mecánicamente.
2. Manualmente se rota, invierte y agita el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire, después de eliminar todas las burbujas de aire, se ajusta la temperatura del picnómetro y su contenido a $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ si es necesario por inmersión parcial en agua circulando, y lleva el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad calibrada.
3. Finalmente se determina la masa total del picnómetro, espécimen y agua y se remueve el agregado fino del picnómetro, para posteriormente secar a una masa constante y a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, enfría en aire a la temperatura de $1 \pm \frac{1}{2}$ h, y determina la masa.
4. Determina la masa del picnómetro lleno a su capacidad calibrada con agua a $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$.



*Imagen 310: Prueba con picnómetro
Fuente: Grupo de Tesis*

3.1.5 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.

ASTM Designación: C 136

En esta prueba una muestra de agregado seco de masa conocida se separa a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas para la determinación de la distribución de tamaño de partículas. Este método de la prueba se utiliza sobre todo para determinar la clasificación de los materiales propuestos para el uso como los agregados o que son utilizados como agregados.

3.1.5.1 Muestreo

El muestreo del agregado se realiza de acuerdo con la práctica ASTM D-75. Y se debe reducir a una cantidad conveniente de acuerdo con la práctica ASTM C-702. La



muestra para la prueba será aproximadamente la cantidad deseada cuando es seca y será el resultado final de la reducción.

Para el agregado fino - El tamaño de la muestra de la prueba, después el secado, será de 500g mínimos.

Para el agregado grueso - El tamaño de la muestra de la prueba del agregado grueso conformará con la siguiente tabla:

<i>Tamaño máximo nominal mm (pulg)</i>	<i>Masa Mínima de la Muestra de Prueba Kg (lb)</i>
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 mm (½) o menos	2 (4.4)
19 mm (¾)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15(33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60(130)
90 (3½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)

125 (5)	300 (660)
---------	-----------

Tabla 3.3: Tamaño de muestra para Agregado Grueso
Fuente: Tabla 1 ASTM C-136

3.1.5.2 Procedimiento

1. Se seca la muestra de masa constante en una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).
2. Se seleccionan los tamices con aberturas convenientes para suministrar la información requerida por las especificaciones que cubrían el material para la prueba. Es importante limitar la cantidad de material en un tamiz dado de modo que todas las partículas tienen oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz en un número de tiempo durante la operación de tamizado.



Imagen 3.11: Equipo Ro-Tap
Fuente: Laboratorio MZ
Consultores

3. Se debe continuar el tamizado por período suficiente.
4. Se determinen la masa de cada incremento del tamaño en una escala o de la balanza al 0.1% más cercano de la masa seca original total de la muestra.



3.1.6 MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN EL AGREGADO

ASTM Designación: C 29

Se determinó el volumen mínimo del molde a utilizar en función del tamaño máximo nominal y los valores de tabla en ASTM C29.

3.1.6.1 Preparación de la muestra de agregado a utilizar

La toma de muestras se hace generalmente de acuerdo con la práctica ASTM C172 o ASTM D75, y la reducción a la muestra de acuerdo con la práctica C 702.

El tamaño de la muestra fue de aproximadamente un 125 % a un 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente, y se manejó tratando de evitar la segregación, se secó la muestra de agregados hasta obtener una masa esencialmente constante, en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$).

3.1.6.2 Calibración del molde

1. Determinar el peso del molde seco solo, a la precisión descrita en norma ASTM C29
2. Cada molde que se utilizó fue calibrado con agua a temperatura ambiente, llenando el molde y nivelándolo con una pieza o placa de vidrio.
3. Se secó el exterior del molde con una toalla y se determinó el peso del molde más agua, se tomó la temperatura al agua.



4. Se determinó el peso volumétrico promedio del agua, por medio de las determinaciones de temperatura realizadas y datos de tabla en norma ASTM C29.
5. Se determinó el volumen promedio del molde con el auxilio de la tabla en norma.

3.1.6.3 *Determinación de pesos volumétricos (suelto, varillado)*

Determinación de peso volumétrico suelto

1. Se determinó el peso del molde a la precisión descrita en tabla.
2. Se colocó el molde en un sitio nivelado como un piso de concreto.
3. Se introdujo el agregado en el molde seleccionado, en su estado suelto, llenándolo por medio de una cuchara o pala a una altura que no excediere de 2 pulgadas., por encima del borde superior del molde teniendo el cuidado de evitar en la medida de lo posible la segregación.
4. Seguidamente se niveló la superficie con una regla enrasadora (en agregado fino o grueso) teniendo el cuidado de no presionar mucho para no compactar ligeramente su estado suelto o nivelando directamente con los dedos (en agregado grueso)
5. Se determinó el peso del molde con el agregado a la precisión descrita en norma.
6. Se realizaron dos determinaciones de PVS.
7. Se calculó el peso volumétrico suelto PVS promedio utilizando ecuaciones en norma ASTM C29.



3.1.6.3.1 *Determinación de peso volumétrico varillado*

1. Se determinó el peso del molde a la precisión descrita en norma.
2. Se colocó el molde en un sitio nivelado en este caso fue un piso de concreto.
3. Se introdujo el agregado en el molde seleccionado y se llenó hasta un tercio de su altura.
4. Se niveló con los dedos su superficie, a continuación se varilló la capa de agregados con 25 golpes uniformemente distribuidos sobre su superficie; al varillar la primera capa no se permitió que la varilla tocara el fondo del recipiente con una varilla lisa de acero de 5/8 pulg. de diámetro y 24 pulg. de largo cuyos extremos están redondeados con punta semiesférica.
5. A continuación se llenó el recipiente a dos tercios de su altura, se volvió a nivelar y aplicar 25 golpes con la varilla de compactación, uniformemente distribuida y vigorosa (pero de forma tal que la varilla no penetrara la capa anterior).
6. Finalmente se llenó el recipiente hasta rebosarlo y se varilló con 25 golpes uniformemente distribuidos.
7. Se niveló la superficie del agregado con los dedos o regla enrasadora de tal forma que ninguna partícula del agregado grueso sobresaliera en la parte superior del recipiente.
8. Se determinó el peso del molde con el agregado a la precisión descrita en norma para posteriormente realizar las dos determinaciones de PVS restantes.



3.1.7 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DEL AGREGADO

ASTM Designación: C 566

Algunos agregados pueden contener agua que esta químicamente combinada con los minerales del agregado. Esta prueba cubre la determinación del porcentaje de la humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, ya sea la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado. Las partículas de agregado grueso especialmente aquellas que son más grandes de 50 mm (2 pulg) pueden requerir grandes períodos de tiempo para que la humedad que se encuentre dentro del agregado, salga a la superficie del mismo.

3.1.7.1 Muestreo

El muestreo del agregado se realiza de acuerdo con la práctica ASTM D-75. Y se debe reducir a una cantidad conveniente de acuerdo con la práctica ASTM C-702, una vez que se ha obtenido el tamaño máximo nominal según la norma ASTM C-136.

Se debe asegurar tener una muestra representativa de agregado para la determinación del contenido de humedad y teniendo una masa no menos que la cantidad de la tabla 3.5.

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Masa Mínima de la Muestra de Prueba Kg (lb)
4.75 (0.187) (No. 4)	0.5



9.5 (3/8)	1.5
12.5 mm (1/2) o menos	2
19 mm (3/4)	3
25.0 (1)	4
37.5 (1 1/2)	6
50 (2)	8
63 (2 1/2)	10
75 (3)	13
90 (3 1/2)	16
100 (4)	25
150 (6)	50

Tabla 3.4: Tamaño de muestra para Agregado Grueso
Fuente: Tabla 1 ASTM C-566

3.1.7.2 Procedimiento

1. Se debe determinar la masa de la muestra con aproximación al 0.1%



Imagen 3.12: Equipo Balanza
Fuente: Laboratorio MZ Consultores



2. Se seca la muestra completamente en un horno a una temperatura controlada (ya que un calor excesivo altera el carácter del agregado)
3. Sacar del horno la muestra y determinar la masa de la muestra seca con aproximación al 0.1%
4. Se realizó los cálculos respectivos



*Imagen 3.13: Equipo Horno
Fuente: Laboratorio MZ Consultores*

NOTA: La muestra está totalmente seca cuando, el calor adicional causa o podría causar una pérdida adicional del 0.1% en masa.

3.2 ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO HIDRÁULICO

3.2.1 MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR

Para la elaboración y ensayo de los especímenes de concreto hidráulico se utilizaron los siguientes materiales y equipos:



DESCRIPCIÓN	MATERIAL Y EQUIPO
<p>Cementos:</p> <p>Fuerte y A.R.I. 5000</p> <p>Que cumplen con los requisitos estipulados en la norma ASTM C-1157.</p>	
<p>Agregados pétreos procedentes de:</p> <p>Río Jiboa (Arena); cantera La Hulera (Grava), depto. Usulután de El Salvador</p>	
<p>Agua potable El agua para elaborar el concreto debe estar limpia y libre de aceite y grasas, materias orgánicas e impurezas</p>	
<p>Moldes Cilíndricos para los ensayos de aceptación de la resistencia especificada a la compresión, deben utilizarse probetas cilíndricas de 6 x</p>	



<p>12 pulg (150 x 300 mm) o de 4 x 8 pulg (100 x 200 mm) ASTM -C31</p>	
<p>Varillas apisonadoras y aparato de revenimiento El molde debe tener la forma de la superficie lateral de un cono truncado, con la base de 200 mm (8 pulg) de diámetro, la parte superior de 100 mm (4 pulg) de diámetro, y la altura de 300 mm (12 pulg), la varilla apisonadora debe ser una varilla de acero recta, de sección circular de 16 mm (5/8 de pulg) \pm 2 mm (1/16 pulg) de diámetro. La longitud de la varilla debe ser de por lo menos 100 mm (4 pulg) mayor que la profundidad del molde en el que se hará la compactación</p>	



<p>Balanza digital para pesar la cantidad de agregados necesarios según diseño de mezcla</p>	
<p>Recipiente metálico para la medición del peso volumétrico del concreto.</p>	
<p>Cucharón y cuchara de albañil para el manejo de los agregados y el concreto</p>	
<p>Cepillo de alambre para la limpieza de los moldes cilíndricos</p>	



<p>Mazo para eliminar los vacíos al vaciar el concreto en los moldes cilíndricos</p>	
<p>Termómetro análogo para la medición de la temperatura del concreto fresco</p>	
<p>Concretera para mezclar adecuadamente el concreto</p>	
<p>Cinta métrica para la medición del revenimiento.</p>	
<p>Pie de rey para tomar las medidas (diámetro y altura) de los cilindros elaborados</p>	
<p>Llana metálica para enrasar los cilindros durante su elaboración</p>	



<p>Aceite y tela para aceitar las paredes internas de los moldes cilíndricos y de esta forma el concreto no se adhiere a ellas.</p>	
<p>Cubetas para pesar los agregados</p>	
<p>Manguera para transportar el agua al lugar de elaboración del concreto.</p>	
<p>Pilas de curado para mantener en constante humedad los cilindros durante el período de curado</p>	



<p>Horno para acelerar el daño causado por el sulfato en los cilindros</p>	
--	---

Tabla 3.5 Equipo a utilizar en el elaboración de cilindros
Fuente: Grupo de Tesis

3.2.2 ELABORACIÓN DEL CONCRETO

3.2.2.1 Procedimiento:

- 1- Se obtuvo la humedad de los agregados gruesos y finos para realizar los ajustes por humedad necesarios en el diseño de la mezcla.



Imagen 3.14: Recipiente con muestra de agregado
Fuente: Grupo de Tesis

- 2- A partir de los diseños de mezcla para cada relación agua cemento (0.45 y 0.60) se pesaron los agregados a ser vertidos dentro de la concreteira haciendo uso de las cubetas previamente pesadas.
- 3- Los agregados son vertidos dentro de la concreteira del más grueso al más fino según se describe en la norma ASTM-C192 y se mantuvieron mezclándose durante un periodo aproximado de 5 min hasta lograr la homogenización y buena trabajabilidad de la mezcla, evitando la degradación de los materiales.



3.2.3 PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:

3.2.3.1 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA REVENIMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO

✚ ASTM Designación C-143

- 1- Se humedeció el molde y se colocó en una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda.
- 2- Después de extraer el concreto de la concreteira se procedió a realizar la prueba del revenimiento llenando el molde en tres capas, cada una de aproximadamente 1/3 del volumen del molde, utilizando un cucharón para poder realizar el llenado de forma eficiente.
- 3- Cada capa se varillo 25 veces uniformemente en toda la sección transversal, lo que es requerido por la norma ASTM C-143, tomando en cuenta que cada capa debía ser varillada en todo su espesor, con el cuidado de no penetrar una profundidad mayor a 25mm de la capa adyacente inferior previamente varillada.



Imagen 3.15: Prueba de revenimiento
Fuente: Grupo de Tesis

5. Para la última capa se varillo uniformemente al igual que en las anteriores, en los casos en que el concreto quedo abajo del borde del molde se tuvo que



colocar más concreto y ser varillado para poder realizar posteriormente el enrasado en la superficie con la varilla de apisonamiento.

6. Inmediatamente después de varillar y enrasar la última capa se procedió a retirar el molde en forma vertical para evitar alterar los resultados de la prueba, se colocó boca abajo a un lado del espécimen, seguidamente se utilizó una cinta métrica para medir el asentamiento determinando la diferencia



*Imagen 3.16
Medición de revenimiento
Fuente: Grupo de Tesis*

7. Verificar entre la parte superior del molde y el centro original desplazado de la superficie superior del espécimen. Se verifico que el revenimiento obtenido en la mezcla se encontrase dentro del rango permitido según la tabla:

Construcción de Concreto	Revenimiento mm (pulg.)	
	Máximo*	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)



Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

*Se puede aumentar 25 mm (1 pulg.) para los métodos de consolidación manuales, tales como varillado o picado. Los plastificantes pueden proveer revenimientos mayores Adaptada del ACI 211.1.

Tabla 3.6: Revenimientos necesarios en construcción
Fuente: ACI 318-2.11

3.2.3.2 PRUEBA DE TEMPERATURA DEL CONCRETO

✚ ASTM Designación C-1064/C-1064M

1- Se colocó el termómetro en la mezcla de concreto fresco de modo que el sensor de temperatura quedase sumergido al menos 3 pulg (75mm) en todas las direcciones.

2- El termómetro permaneció inmerso en el concreto por un periodo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura de temperatura se estabilizo para poder registrar la temperatura.



Imagen 3.17:
Medición de temperatura al concreto
Fuente: Grupo de Tesis

3.2.3.3 DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

✚ ASTM Designación C-138/C-138M



1. Se hizo la selección del método de consolidación basado en el ensayo de asentamiento. Los métodos de consolidación son el apisonamiento con varilla y la vibración interna. Apisonar concretos con asentamientos mayores de 75 mm (3pulg). Apisonar o vibrar concretos con asentamiento de 25 mm a 75 mm (1 pulg a 3 pulg). Consolidar con vibración, los concretos con asentamientos menores a 25 mm (1 pulg).
2. Se colocó el concreto en el recipiente de medida utilizando el cucharón descrito anteriormente. Se movió el cucharón alrededor del perímetro de la abertura del recipiente de medida, para asegurar una distribución pareja del concreto con una mínima segregación, se llenó el recipiente de medida en el número de capas requeridas por el método de consolidación seleccionado (varillado)
3. Se colocó el concreto en el recipiente en tres capas de aproximadamente el mismo volumen de una, se varillo cada capa con 25 golpes de varilla. Se varilló cada capa uniformemente sobre toda la sección transversal, con el extremo redondeado de la varilla utilizando el número requerido de golpes. Al varillarse la primera capa se tuvo cuidado de no dañar el fondo del recipiente. Para cada capa superior, la varilla penetra a través de la capa que se varillo y en la capa interior, aproximadamente 25 mm (1 pulg). Después de varillar cada capa, se golpeó suavemente los lados del recipiente con el mazo apropiado usando la fuerza requerida para cerrar las oquedades o vacíos dejados por la varilla apisonadora y para liberar las burbujas grandes de aire



que hayan sido atrapadas. Se añadió la última capa evitando sobrellenar el recipiente.

4. Al completar la consolidación del concreto, el recipiente de medida no debía contener un exceso o carencia sustancial de concreto, un exceso de concreto de aproximadamente 3 mm (1/8 de pulg) por encima del tope del recipiente es lo óptimo, fue posible agregar una cantidad pequeña de concreto en los casos en que fue necesario corregir alguna deficiencia. Si el recipiente contenía un excedente grande de concreto después de la consolidación, se quitó lo necesario con una cuchara de albañil o cucharón inmediatamente después de terminar la consolidación y antes de enrasar el recipiente.
5. Después de la consolidación se removió el exceso de concreto de la superficie superior y se le dio un acabado suavemente con la placa plana de enrasado teniendo cuidado de dejar el recipiente adecuadamente lleno y nivelado. El enrasado se logra mejor presionando la placa de enrasado sobre la superficie superior del recipiente cubriendo aproximadamente dos terceras partes de esta y retirando la placa con un movimiento a manera de aserrado sobre el área cubierta. Luego se colocó la placa en la parte superior del recipiente cubriendo los dos tercios originales de la superficie y se utilizó con presión vertical y movimiento de aserrado sobre toda la superficie y continuar empujándola hasta que se deslizo completamente fuera del recipiente, se le dieron varias pasadas hasta lograr un acabado liso.



6. Después de enrasar, se limpió todo el concreto del exterior del recipiente y se determinó el peso del concreto en el mismo con la exactitud requerida.
7. Se utilizó la formula $\% \text{ de aire incluido} = \frac{(\text{Peso Vol.Theorico} - \text{Peso Vol.Ral})}{\text{Peso Vol.Theorico}} \times 100\%$ para determinar el % de aire incluido en cada diseño de mezcla (cálculos en ANEXO 5).

3.2.4 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES

3.2.4.1 PRACTICA NORMALIZADA PARA PREPARACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO EN LABORATORIO.

ASTM Designación C-192

- 1- Los moldes cilíndricos se limpiaron y aceitaron adecuadamente para evitar que el concreto endurecido se hubiese adherido a las paredes de los mismos
- 2- Se colocó el concreto en los moldes previamente aceitados utilizando un cucharón en dos capas diferentes según lo requerido por la norma ASTM C-192 para moldes de 4 pulg.
- 3- Cada capa se varillo 25 veces y utilizando un mazo de hule se le proporcionaron entre 10 y 15 golpes por capa en el exterior de los moldes para cerrar los vacíos dejados por el varillado y para liberar cualquier burbuja de aire grande que pueda estar atrapada.
- 4- Luego del golpeado, se emparejo el concreto a lo largo de los lados y extremos de los moldes con una llana metálica.

5- Después de moldeados los cilindros estos fueron almacenados en un cuarto con las condiciones adecuadas para evitar la pérdida de humedad.

6- Los especímenes fueron retirados de los moldes 24 ± 8 h después de moldeados.

7- Después de ser retirados de los moldes todos los cilindros fueron curados en húmedo a 73.5 ± 3.5 °F [23.0 ± 2.0 °C] desde el tiempo del



*Imagen 3.18:
Concreto moldeado
Fuente: Grupo de Tesis*

moldeo hasta el momento del ensayo, en el caso de los cilindros a ser sometidos a ensayo acelerado por ataque de sulfatos después de pasar 24 ± 8 h en curado normal se trasladaron al laboratorio de la Universidad de El Salvador para ser sometidos a ciclos de secado en horno y curados en solución de sulfato de magnesio.

3.3 APLICACIÓN DE ENSAYO ACELERADO POR ATAQUE DE SULFATOS

3.3.1 ATAQUE ACELERADO

El ataque por sulfatos se realizó en ciclos de mojado y secado:



✚ Fase de mojado de especímenes

Los especímenes fueron introducidos en el recipiente que contenía la solución de sulfato de magnesio, por un periodo de $14\text{ h} \pm 1\text{ h}$, al terminar el mojado de los especímenes estos se secaron con una toalla superficialmente para evitar excesos de humedad



Imagen 3.19: Cilindros en solución de sulfato de Mg

Fuente: Grupo de Tesis

a. Preparación para la dosificación

(Pila de sulfato)

Conversión

1ppm -----0.001 g/lts.

7000ppm----7g/lts.

Volumen de pila que se necesita:

$V = 1.52\text{m} \times 0.30\text{m} \times 0.75\text{m} =$

$0.342\text{m}^3 = 342\text{ lts.}$

Entonces:

$7\text{g/lts} \times 342\text{lts} = \mathbf{2,394\text{ g}}$

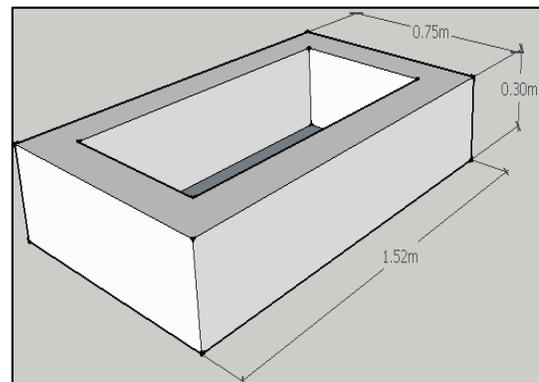


Figura 3.1: Dimensiones necesaria para ataque por sulfato de Mg

Fuente: Grupo de Tesis

El dato de **2.3940 kg** anterior representa la cantidad de sulfato que se le agrego a la pila de curado para los cilindros expuestos a ensayo acelerado. Estos 2.394 kg se diluyeron en un volumen de 342 lts.



b. Cálculo de contenido de pH

Para mantenernos dentro del rango de pH necesario (7-10) se hizo mediciones del sulfato dentro de la pila de curado para aumentar o disminuir la dosificación según fuera el caso.

✚ Fase de Secado

- a. Después de secar superficialmente los especímenes se dejaron en reposo a temperatura ambiente durante un período de tiempo aproximado 30 min. \pm 5 min.
- b. Seguidamente los especímenes fueron introducidos en un horno a una temperatura de $110 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ASTM C-88 y durante un período de $8 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$, la cual fue se incrementada gradualmente para evitar fisuras en el concreto.
- c. Luego se procedió al enfriamiento gradual de los especímenes durante un periodo de $1 \frac{1}{2} \text{ h} \pm 30 \text{ min.}$ para luego ser sumergidos nuevamente e iniciar un nuevo ciclo, el proceso se realizó sucesivamente hasta que se hayan concluido los ciclos preestablecidos.

3.4 PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

3.4.1 PRUEBAS EXPERIMENTALES: CAMBIO DE MASA, CAMBIO DE VOLUMEN Y EXPANSIÓN DE LOS CILINDROS.



3.4.1.1 CAMBIOS DE MASA

Para controlar los cambios de masa se optó por utilizar una balanza digital con precisión de 0.1gr., los pesos de los cilindros son anotados antes de ser ensayados a las edades preestablecidas, en el caso de los cilindros sometidos a ensayo acelerado por ataque de sulfatos se anotaron después de haber cumplido un ciclo de mojado – secado para poder determinar los cambios de masa a medida avanza el ensayo.

3.4.1.2 CAMBIO DE VOLUMEN

El cambio de volumen se determina a través del promedio de las mediciones de diámetro y altura tomadas de los cilindros inicial y final.

$$Vol = \pi r^2 h$$

$$Cambio\ de\ vol = vol_{final} - vol_{inicial}$$

3.4.1.3 EXPANSIÓN

La expansión es determinada utilizando la ecuación:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{vol_{final} - vol_{inicial}}{vol_{inicial}} \times 100$$



Imagen 3.20:
Medición de diámetro
Fuente: Grupo de Tesis

3.4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

ASTM Designación C-39

1- Para el ensayo de los cilindros de concreto, cada espécimen debe cumplir con la edad requerida para dicho ensayo según norma ASTM. Después de sacar los cilindros de las pilas de curado estos se pesaron y se les tomó el diámetro, el cual se sacó del promedio de tres mediciones en cada cilindro sobre la parte superior del mismo, además se



*Imagen 3.21: Prueba de compresión
Fuente: Grupo de Tesis*

tomó la altura del cilindro la cual se obtuvo del promedio de seis mediciones a cada 30° en sentido antihorario, al finalizar la recolección de datos se procedió colocar el espécimen sobre el anillo de carga inferior, se alineó cuidadosamente el eje del mismo con respecto al centro del anillo de carga del asiento inferior y sujetándolo con otro anillo de carga colocado en la parte superior se le aplicó la carga al espécimen hasta que falló.



Imagen 3.22: Prueba de compresión
Fuente: Grupo de Tesis

2- Se registró la carga soportada durante la prueba y se clasificó el tipo de falla, siguiendo como patrón, los siguientes planos de falla de cilindro:

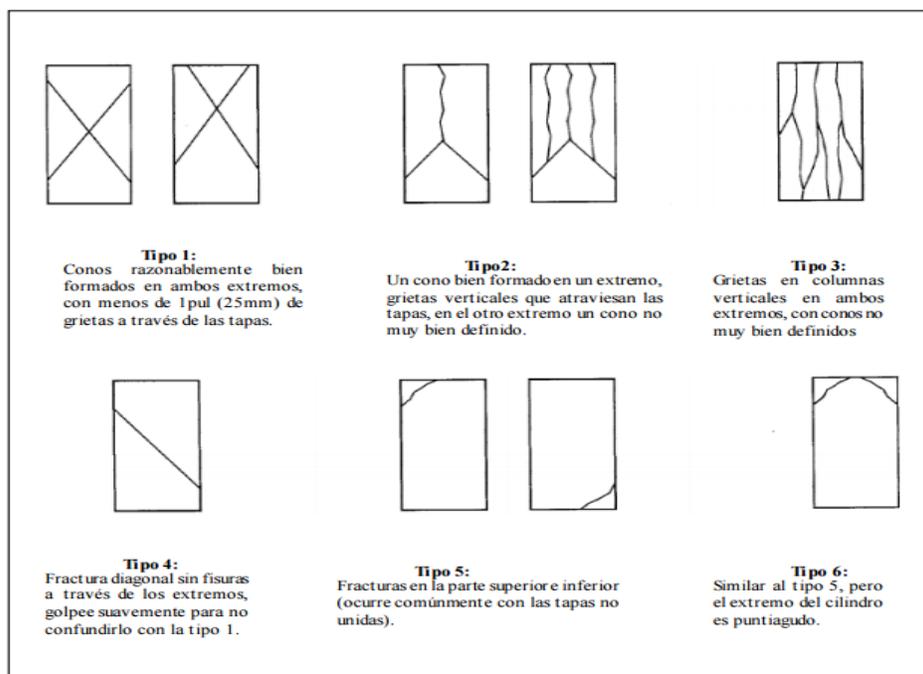


Figura 3.2: Planos de falla de cilindros de concreto

Fuente: ASTM C-39



CAPITULO IV

**“ APLICACIÓN DEL
MÉTODO DE DISEÑO DE
MEZCLAS DE CONCRETO
DE PESO NORMAL SEGÚN
ACI 211.1”**

Diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar las cantidades relativas de materiales que hay que emplear en la mezcla para obtener un concreto adecuado para un uso determinado.

En este capítulo abordamos cada aspecto del método de diseño de mezclas de concreto de peso normal según el ACI 211.1 iniciando con los ensayos que se le practican a los elementos constituyentes del concreto y analizando los resultados de dichos ensayos, para luego exponer los pasos que propone el método ACI 211.1 en cuanto al procedimiento de diseño. Además se proporcionan ejemplos diseños de mezclas elaborados y un ejemplo de aplicación en obras civiles de uno de estos diseños.



4.1 GENERALIDADES

Para poder cumplir con las propiedades de trabajabilidad, resistencia a la compresión, durabilidad además de la economía deseadas en las mezclas de concreto, es necesario contar con un buen diseño de mezcla con ingredientes apropiados en sus debidas cantidades relativas.

La mayor parte de procedimientos de diseño, están basados en lograr primordialmente una resistencia a la compresión para una edad especificada de igual manera tener una trabajabilidad apropiada. De manera que se asume que si el concreto alcanza la resistencia y trabajabilidad especificada también las demás propiedades serán satisfactorias; sin embargo, no resulta así en casos en donde es necesario medir las propiedades del concreto al congelamiento deshielo o en problemas de durabilidad provocada por ataque químico.

4.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El concreto a ser elaborado debe presentar las siguientes propiedades:

- Trabajabilidad aceptable del concreto fresco.
- Durabilidad, resistencia y apariencia uniforme del concreto endurecido.
- Economía.



4.3 ENSAYOS PREVIOS

Antes que se pueda determinar las proporciones de la mezcla, se seleccionan sus características considerando el uso que se propone dar al concreto, las condiciones de exposición, tamaño y forma de los elementos y las propiedades físicas del concreto (tales como resistencia a la congelación y resistencia mecánica) requeridas para la estructura.

Después que se hayan elegido las características, se puede dosificar la mezcla a partir de datos de campo o de laboratorio.

A continuación se muestran los resultados de los ensayos los agregados y al cemento para la aplicación de diseño de mezclas de concreto ACI 211.1.

4.3.1 CEMENTO

Como se ha mencionado anteriormente, los cementos utilizando esta investigación son los cementos que se fabrican bajo la norma ASTM C-1157 Tipo GU y Tipo HE, proporcionados por la empresa Holcim El Salvador, bajo las marcas "Holcim Fuerte Portland" y "Holcim A.R.I 5000" respectivamente.

4.3.1.1 Densidad del cemento hidráulico (ASTM C188)

Densidades de los cementos a utilizar (ASTM C-1157 Tipo GU y ASTM C-1157 Tipo HE):

- Para cemento ASTM C-1157 Tipo GU la densidad es: **2.96**
- Para cemento ASTM C-1157 Tipo HE la densidad es: **3.00**



4.4 AGREGADOS

Se utilizarán agregados pétreos procedentes de: Río Jiboa (Arena); cantera La Hulera, depto. Usulután (Grava) como se menciona en los capítulos anteriores. Y su respectiva reducción de muestras a utilizar será bajo la norma ASTM C-702 "Practica Estándar para reducir Muestras de Agregados a Tamaño de Prueba".

4.4.1 MUESTREO DE AGREGADOS (ASTM D-75)

Para reducir la muestra se tiene que el peso mínimo aproximado inicial a utilizar de agregado grueso es de:

<i>Tamaño máximo nominal de los áridos</i>	<i>Peso mínimo aprox. de las muestras, Kg</i>
$\frac{3}{4}$ (19 mm)	25 + 10 kg =35 kg

Tabla 4.1: Tamaño de muestra para Agregado Grueso
Fuente: Tabla 3.1

Mientras que el peso mínimo aproximado inicial a utilizar de agregado fino es de:

<i>Tamaño máximo nominal de los áridos</i>	<i>Peso mínimo aprox. de las muestras, Kg</i>
2.36 (19 mm)	10

NOTA: El peso mínimo debería ser el mínimo de áridos gruesos más 10 kg.

Tabla 4.2: Tamaño de muestra para Agregado Grueso
Fuente: Tabla 3.1



4.4.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO Y GRUESO (ASTM C128/C127)

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (no incluyendo el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad (Kg/m^3 , lb/pie^3) es expresado como secado al horno (SH), saturado superficialmente seco (SSS), o como densidad aparente. De igual forma, la densidad relativa (gravedad específica) una cantidad sin dimensiones, es expresada como SH, SSS, o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).

Para obtención de masa mínima de muestra en se tiene que:

<i>Tamaño máximo nominal mm (pulg)</i>	<i>Masa Mínima de la Muestra de Prueba Kg (lb)</i>
19 mm ($\frac{3}{4}$)	3 (6.6)

Tabla 4.3: Tamaño de muestra para Agregado Grueso
Fuente: Tabla 3.2

Mientras que los datos obtenidos para esta prueba son:



Datos obtenidos para aplicación de diseño según ACI 211.1	
Gravedad específica de agregado fino en condición secado al horno (SH) :	2.40
Absorción del agregado fino:	4.38 %
Gravedad específica de agregado grueso en condición secado al horno (SH):	2.71
Absorción del agregado grueso:	1.48 %

Tabla 4.4 Resultados obtenidos de ensayo de gravedad específica y absorción de Agregado grueso y fino
Fuente: Grupo de Tesis

NOTA: Resultados y cálculos completos en ANEXO 4

4.4.3 GRANULOMETRIA Y MODULO DE FINURA DE AGREGADOS (ASTM C-136)

Tanto la granulometría y finura son características que sirven para conocer la determinación de la distribución dimensional de partícula de agregados finos y gruesos por tamizado.

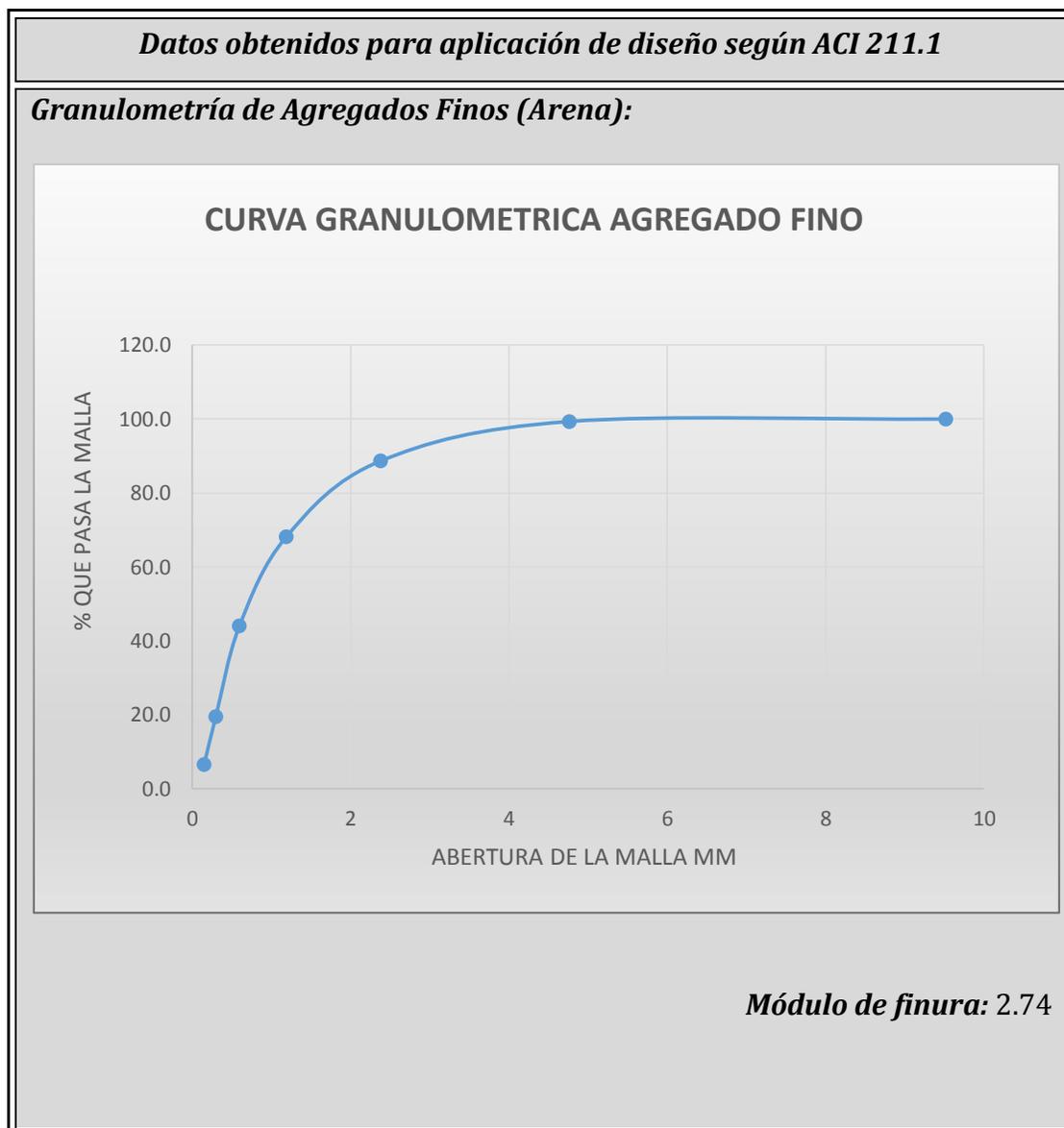
Para el agregado fino - El tamaño de la muestra de la prueba, después el secado, será de **500g mínimos**.

Para el agregado grueso - El tamaño de la muestra de la prueba del agregado grueso es:



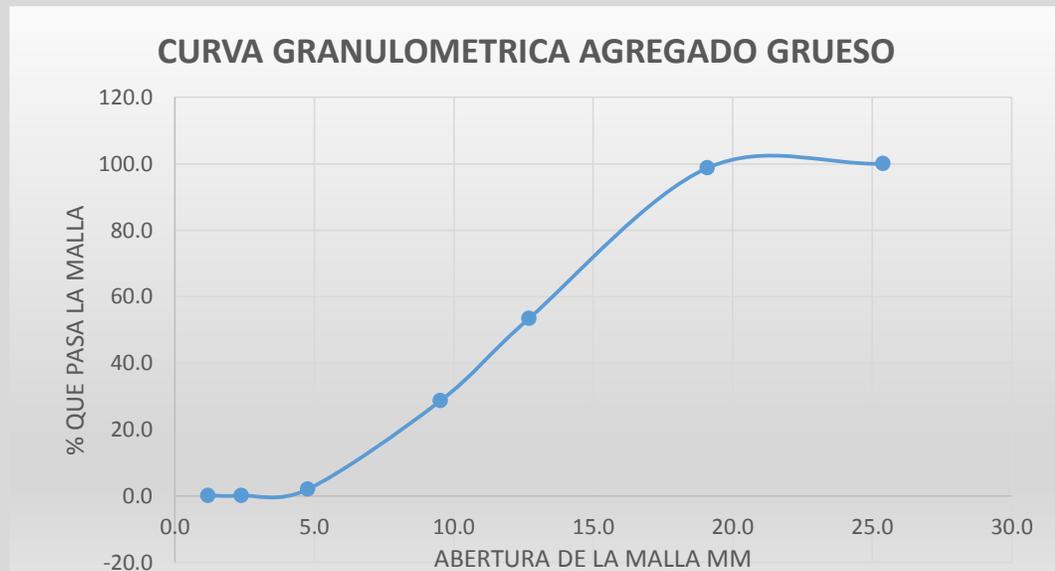
Tamaño máximo nominal, aberturas cuadradas, mm (pulg)	Prueba de muestra en tamaños mínimos. Kg (lb)
19 mm (¾)	5 (11)

Tabla 4.5: Tamaño de muestra para Agregado Grueso
Fuente: Tabla 3.3





Granulometría de Agregados Gruesos (Grava):



Tamaño máximo y tamaño máximo nominal del agregado grueso:

$\frac{3}{4}$ (19.1 mm)

Tabla 4.6: Resultados obtenidos de ensayo granulométrico (Finos y Gruesos) necesarios para diseño de mezcla

Fuente: Grupo de Tesis

NOTA: Resultados y cálculos completos en ANEXO 4

4.4.4 PESO VOLUMÉTRICO DE AGREGADOS (ASTM C-29)

Este método de prueba es aplicable a aquellos agregados que no excedan de 125 mm (5 pulgadas) como tamaño máximo nominal ya que este ensayo cubre la determinación de la densidad en masa de los agregados en condición compactada o suelta.



Datos obtenidos para aplicación de diseño según ACI 211.1	
Peso volumétrico suelto de Grava (PVS):	1390.70 kg/m³
Peso volumétrico varillado de Grava (PVV):	1544.64 kg/m³
Peso volumétrico suelto de Arena (PVS):	1412.62 kg/m³
Peso volumétrico varillado de Arena (PVV):	1540.48 kg/m³

Tabla 4.7: Resultados obtenidos de ensayo de peso volumétrico suelto de agregado fino y grueso
Fuente: Grupo de Tesis

NOTA: Resultados y cálculos completos en ANEXO 4

4.4.5 HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (ASTM C-566)

Este ensayo se realiza justo antes de realizar cada mezcla de concreto, cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado.

Los resultados de las humedades del presente trabajo son diferentes para cada diseño de mezcla y se presentan a continuación.

Datos obtenidos para aplicación de diseño según ACI 211.1		
	ARENA	GRAVA
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.45 (SIN ADITIVO) :</i>	2.61 %	0.56 %
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.45 (CON ADITIVO) :</i>	2.55 %	0.41 %
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.60 (SIN ADITIVO):</i>	2.32%	0.61%



<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.60 (CON ADITIVO):</i>	2.69 %	0.61 %
<i>Cemento Tipo HE, a/c 0.45 (SIN ADITIVO) :</i>	3.04 %	0.40 %
<i>Cemento Tipo HE, a/c 0.60 (SIN ADITIVO):</i>	4.67%	1.0 %

*Tabla 4.8: Humedades necesarias obtenidos para aplicación de diseño según ACI 211.1
Fuente: Grupo de Tesis*

4.5 PROCEDIMIENTO PARA PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO

El procedimiento descrito en ACI 211.1 detalla 2 métodos de proporcionar mezclas de concreto de peso normal y denso que son:

- A. Basado en un peso estimado del concreto por volumen unitario.
- B. Basado en el cálculo del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto.

En el presente trabajo de tesis se opta por me método B de VOLUMEN ABSOLUTO ya que es más preciso y envuelve el uso de las masas específicas relativas de todos los ingredientes para calcular el volumen total que cada uno de ellos ocupará en una unidad de volumen de concreto.



4.5.1 PASOS PARA EL PROPORCIONAMIENTO

Se puede resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

4.5.1.1 Elección de la resistencia promedio (f'_c)

- Resistencia de diseño

La resistencia a compresión especificada (f'_c) a los 28 días, es la resistencia que el promedio de cualquier conjunto de tres ensayos consecutivos de resistencia de especímenes de concreto debe lograr o superar. El ACI 318 requiere que el f'_c sea, por lo menos, para elementos estructurales una resistencia de 175 kg/cm² o 17.25 MPa (2500 lb/pulg²). Ninguna prueba individual (promedio de dos cilindros) puede tener resistencia inferior de 35 kg/cm² o 3.5 MPa (500 lb/pulg) de la resistencia especificada.

La resistencia de diseño de una mezcla de concreto hidráulico debe ser igual a la resistencia especificada más una tolerancia que lleva en consideración las variaciones de los materiales, de los métodos de mezclado, del transporte y colocación del concreto y variaciones en la producción, curado y ensayo de probetas cilíndricas de concreto. La resistencia de diseño, que es mayor que f'_c , se conoce como resistencia promedio requerida y se representa por f'_{cr} .

Cuando no se cuenta con registros de ensayos de resistencia o estos no cumplen con los requisitos mínimos establecidos en el ACI 318, el factor de incremento en f'_c , para obtener f'_{cr} se puede obtener de la tabla siguiente:



Resistencia a compresión especificada, f_c kg/cm²	Resistencia a compresión media requerida, f_{cr} kg/cm²
Menos de 210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
Más de 350	$1.10 f_c + 5.0$

*Tabla 4.9: Resistencia a Compresión Media Requerida cuando no hay Datos Disponibles para Establecer la Desviación Estándar
Fuente: Grupo de Tesis*

Así por ejemplo en la presente investigación para la mezcla 1 se tomara una resistencia a la compresión especificada $f_c = 296$ kg/cm² de tal manera que al obtener la resistencia requerida con el factor de incremento esta sea equivalente a la relación A/C de 0.45 y 0.60 para cada caso.

$$\text{Entre 210 - 350} = f_{cr} = f_c + 84$$

Entonces:
$$F'_{cr} = 296 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{cr} = F'_{cr} = 380 \text{ kg/cm}^2$$

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se opta por las siguientes resistencias:

CEMENTO FUERTE (Tipo GU)		
A/C	Resistencia compresión Especificada	Resistencia de Diseño
0.45 sin aditivo	$F'_c = 296 \text{ kg/cm}^2$	$F'_{cr} = 380 \text{ kg/cm}^2$



0.45 con aditivo	$F'c = 216 \text{ kg/cm}^2$	$F'cr = 300 \text{ kg/cm}^2$
0.60 sin aditivo	$F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$	$F'cr = 334 \text{ kg/cm}^2$
0.60 con aditivo	$F'c = 130 \text{ kg/cm}^2$	$F'cr = 200 \text{ kg/cm}^2$
CEMENTO A.R.I 5000 (Tipo HE)		
A/C	Resistencia compresión Especificada	Resistencia de Diseño
0.45 sin aditivo	$F'c = 291 \text{ kg/cm}^2$	$F'cr = 375 \text{ kg/cm}^2$
0.60 sin aditivo	$F'c = 190 \text{ kg/cm}^2$	$F'cr = 260 \text{ kg/cm}^2$

Tabla: 4.10: Resultados de Resistencias a la compresión especificada y de diseño
Fuente: Grupo de Tesis

4.5.1.2 Elección del Asentamiento (Slump)

Cuando se produce un concreto este debe de ser trabajable, tener consistencia y plasticidad adecuadas. De manera que el concreto tenga una fácil colocación, fluya libremente y sea fácilmente moldeable logrando una buena consolidación y acabado.

Si se usa más agregado en el concreto o si se adiciona menos agua, la mezcla se vuelve más rígida (menos plástica y menos trabajable) y difícil de moldearse. Ni las mezclas muy secas y desmoronables, ni las muy aguadas y fluidas se pueden considerar plásticas.

El ensayo del revenimiento se usa para medir la consistencia del concreto. Son necesarios diferentes tipos de revenimientos para varios tipos de construcción. Generalmente se indica el revenimiento en la especificación de la obra como un



rango, por ejemplo: como de 50 a 100 mm (2 a 4 pulg.) o como un valor máximo que no se debe exceder. La ASTM C 94 presentan en detalles las tolerancias para el revenimiento. Cuando no se especifica el revenimiento, un valor aproximado se puede elegir de la Tabla 3.7 para la consolidación mecánica del concreto cuando se usa vibración.

Para nuestro caso los valores de revenimiento tomados varían entre:

25mm -100mm es decir entre **1pulgada - 4 pulgadas**

4.5.1.3 Selección del tamaño máximo del agregado grueso.

Siempre que sea posible deben utilizarse agregados que cumplan con las normas ASTM establecidas.

- a. Agregados de peso normal: ASTM C-33M
- b. Agregado Liviano: ASTM C-330M

A excepción de agregados que han demostrado a través de ensayos o por experiencias prácticas que producen resistencia y durabilidad adecuadas y que han sido aprobados por la autoridad competente. En ningún caso el tamaño máximo debe exceder de:

- a. $1/5$ de la menor dimensión entre los costados de las cimbras.
- b. $1/3$ del espesor de las losas.



- c. 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre varillas o alambres individuales de refuerzo, paquetes de varillas, cables o ductos de pretensado.

El tamaño máximo del agregado a utilizar es de **19.05 mm (3/4")**, ya que para nuestro caso la menor dimensión por la cual pasará el agregado es el diámetro del molde cilíndrico (10 cm ó 4").

4.5.1.4 Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.

El contenido de agua depende de un variado número de factores entre los que se pueden mencionar tamaño, forma y textura del agregado, revenimiento, relación agua-material cementante, tipo y contenido de material cementante, aditivos, condiciones ambientales, etc. De manera que una variación en el contenido de cualquiera de ellos reducirá o aumentará la demanda de agua.

Por otra parte el aire incluido se debe usar en todo el concreto que será expuesto a factores ambientales extremos tales como congelación-deshielo y a productos químicos descongelantes y se lo puede utilizar para mejorar la durabilidad, incluso donde no se lo requiera.

La inclusión de aire se logra con el uso de cemento portland con inductor de aire o con la adición de aditivo inductor de aire en la mezcladora. La cantidad de aditivo se debe ajustar para compensar las variaciones de los ingredientes en el concreto y de las condiciones de la obra. La cantidad recomendada por el fabricante del aditivo producirá, en la mayoría de los casos, el contenido deseado.



Los contenidos de aire recomendado para el concreto con aire incluido y los requisitos aproximados de agua de mezcla se presentan en la Figura 4.1 y en la Tabla 4.11, donde se puede apreciar que la cantidad de aire necesaria para proveer una resistencia adecuada contra congelación-deshielo depende del tamaño máximo del agregado y del grado de exposición. En mezclas proporcionadas (dosificadas) adecuadamente, el aumento del tamaño máximo del agregado lleva a la disminución del contenido de mortero y, por consecuencia, a la disminución del contenido de aire requerido en el concreto.

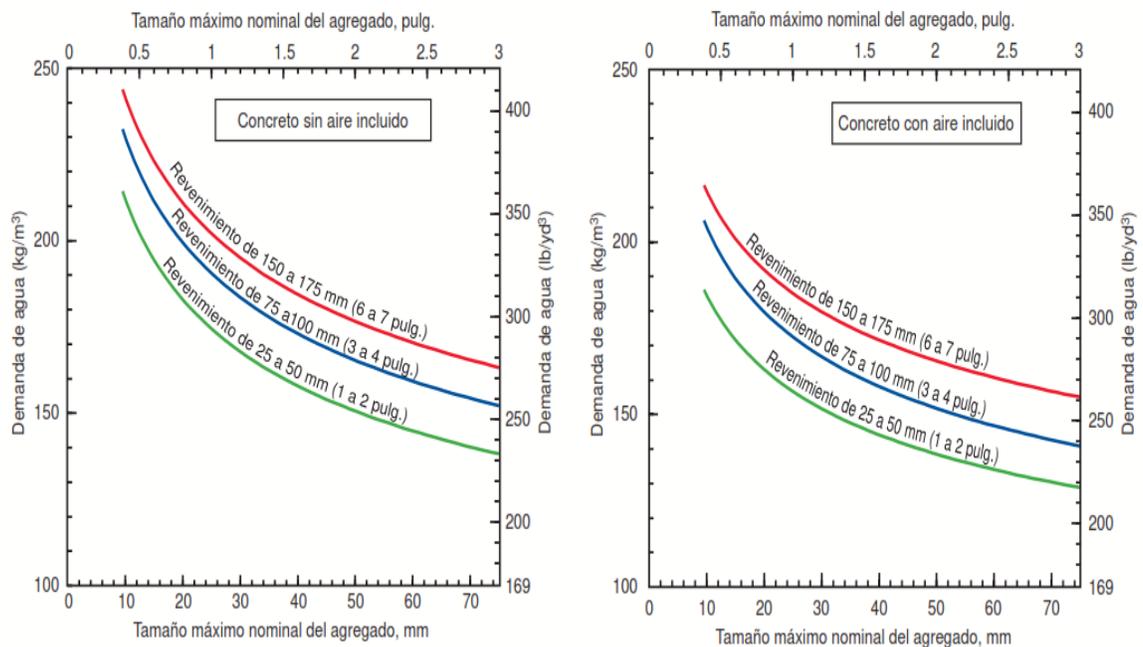


Figura 4.1: Relación Demanda de agua- TMN de agregado
Fuente: Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 318. Hover (1995)



Revenimiento (asentamiento) (mm)	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto, para los tamaños de agregado indicados*							
	9.5 mm	12 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50mm **	75mm **	150mm **
	Concreto sin aire incluido							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	----
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje.	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	Concreto con aire incluido							
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	-----
Promedio del contenido de aire total recomendado, para el nivel de exposición, porcentaje†								
Exposición leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0



* Estas cantidades de agua de mezcla son para utilizarse en el cálculo de los contenidos de cementos en las mezclas de prueba. Estas cantidades son máximas para agregados gruesos razonablemente angulares con granulometría dentro de los límites de las especificaciones.

** El revenimiento (asentamiento) del concreto conteniendo agregado mayor que 37.5 mm se basa en el ensayo de revenimiento realizado después de la remoción de las partículas mayores que 37.5 mm, a través de cribado húmedo.

† Las especificaciones de obra deben especificar un contenido de aire en el concreto entregado en la obra dentro -1 +2 puntos porcentuales del valor anotado en la tabla para las exposiciones moderada y severa.

*Tabla 4.11: Relación agua- tamaño de agregados, revenimiento
Fuente: Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 318. Hover (1995)*

Se debe tener en cuenta que el cambio de la cantidad de cualquier ingrediente del concreto normalmente afecta las proporciones de los otros ingredientes.

Para la presente investigación en los diseños de concreto sin aire incluido utilizando un revenimiento elegido de 75mm (valor intermedio de 4.7 entre 25mm-100mm elegidos como máximo y mínimo) y para un agregado de 19mm se tiene:

CEMENTO FUERTE (Tipo GU)		
DISEÑO DE MEZCLA	Cantidad de Agua	Contenido de Aire
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.45 (SIN ADITIVO)</i>	205.0 Kg	2.0 %
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.45 (CON ADITIVO)</i>	184.0 Kg	6.0 %
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.60 (SIN ADITIVO)</i>	205.0 Kg	2.0 %
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.60 (CON ADITIVO)</i>	184.0 Kg	6.0 %
<i>Cemento Tipo HE, a/c 0.45 (SIN ADITIVO)</i>	205.0 Kg	2.0 %
<i>Cemento Tipo HE, a/c 0.60 (SIN ADITIVO)</i>	207.52 Kg	2.0 %

*Tabla 4.12: Datos de cantidad de agua y contenido de aire obtenidos para aplicación de diseño según ACI 211.1
Fuente: Grupo de Tesis*



4.5.1.5 Selección de la relación agua-cemento (a/c).

Las mezclas de concreto deben ser dosificadas para cumplir con la relación máxima permitida agua-material cementante (a/c) y otros requisitos basados en la clase de exposición asignada al elemento estructural de concreto. De manera que todos los materiales cementantes especificados y las combinaciones de estos deben estar incluidos en los cálculos de la relación a/c de mezcla de concreto. Así es como la relación a/c no solo determina la resistencia del concreto sino también la durabilidad y acabado de la mezcla.

La relación agua-material cementante elegida para un diseño de mezcla debe ser el menor valor necesario para resistir a las condiciones de exposición anticipadas.

Resistencia a Compresión a los 28 días kg/cm² (MPa)	Relación agua-material cementante en masa	
450 (45)	0.38	0.31
400(40)	0.43	0.34
350(35)	0.48	0.40
300(30)	0.55	0.46
250(25)	0.62	0.53
200(20)	0.70	0.61
150(15)	0.80	0.72

Tabla 4.13: Dependencia entre la Relación Agua-Material Cementante y la Resistencia a Compresión del Concreto

Fuente: Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 211.3



La resistencia se basa en cilindros sometidos al curado húmedo durante 28 días, de acuerdo con la ASTM C-31. La dependencia asume el agregado con un tamaño máximo nominal de 19-25 mm.

La posibilidad de empleo de relaciones agua-cemento menores en el concreto con aire incluido compensa las resistencias menores en estos concretos, especialmente en mezclas pobres o con medio contenido de cemento.

Las Tablas 4.14 y 4.15 muestran los requisitos para varias condiciones de exposición.

CONDICIÓN DE EXPOSICIÓN	RELACIÓN AGUA-MATERIAL CEMENTANTE MÁXIMA POR MASA DE CONCRETO	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE DISEÑO MÍNIMA F'C KG/CM2 (MPA) [LB/PULG2]
Concreto protegido de la exposición a congelación-deshielo, de la aplicación de sales de deshielo o de sustancias agresivas	Elija la relación agua-material cementante basándose en la resistencia, trabajabilidad y requisitos de acabado (terminación superficial).	Elija la resistencia basándose en los requisitos estructurales
Concreto que se pretende que tenga baja permeabilidad cuando sea expuesto al agua	0.50	280 (28) [4000]
Concreto expuesto a congelación-deshielo en la condición húmeda y a descongelantes	0.45	320 (31) [4500]



Para protección contra la corrosión del refuerzo (armadura) del concreto expuesto a cloruro de las sales descongelantes, agua salobre, agua del mar o rociado de estas fuentes.	0.4	350 (35) [5000]
---	-----	-----------------

Tabla 4.14: Relación Agua-Material Cementante Máxima y Resistencia de Diseño Mínima para Varias Condiciones de Exposición.

Fuente: Tabla 9.1 PCA. Adaptada del ACI 318

EXPOSICIÓN A SULFATOS	SULFATOS SOLUBLES (SO₄) PRESENTES EN EL SUELO, EN AGUA PORCENTAJE EN MASA	SULFATOS (SO₄) EN EL AGUA, PPM**	TIPO DE CEMENTO	RELACIÓN AGUA-MATERIAL CEMENTANTE, MÁXIMA EN MASA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE DISEÑO MÍNIMA, F' C KG/CM² MPA [LB/PULG²]
Insignificante	Menor que 0.10	Menor que 150	Ningún tipo especial necesario	----	-----
Moderada[†]	0.10 a 0.20	150 a 1500	Cemento de moderada resistencia a sulfatos	0.50	280 (28) [4000]
Severa	0.20 a 2.00	1500 a 10,000	Cemento de alta resistencia a sulfatos	0.45	320 (31) [4500]
Muy severa	0.20 a 2.00	Mayor que 10,000	Cemento de alta resistencia a sulfatos	0.40	360 (35) [5000]

Tabla 4.15: Requisitos para el Concreto Expuesto a los Sulfatos del Suelo y del Agua* ACI-318

Fuente: Tabla 9.2 PCA. Adaptada del ACI 318



A raíz que la presente investigación está basada en concreto expuesto a sulfato según la tabla 4.15 se toma el nivel de importancia recae en la clase de exposición **SEVERA**, para una **relación agua-material cementante de 0.45** con una resistencia mínima de compresión de 320 kg/cm².

Y como propósito comparativo se tiene una segunda relación **agua-material cementante de 0.60** para exponer el concreto a una situación más desfavorable al aplicarle la misma metodología.

4.5.1.5 Cálculo del contenido de cemento.

El contenido de cemento se basa en la relación agua-cemento máxima y en el contenido de agua. Por lo tanto la cantidad de agua en kg/m³, dividido por la relación agua-cemento resulta el contenido de cemento.

Es importante recalcar que los aditivos o químicos afectaran las propiedades del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Dentro de los efectos del contenido de cemento en la mezcla se tiene que cuando se aumenta dicho contenido se produce una disminución de contenido de aire, de igual manera se tiene un incremento en el contenido de vacíos con el aumento del contenido de aire.

Los requisitos de contenido mínimo de cemento tienen como objetivo asegurar durabilidad y acabado (terminación superficial) satisfactorios, mejorar la resistencia al desgaste de losas y garantizar una apariencia adecuada para las superficies



verticales. Esto es importante aun cuando los requisitos de resistencia se cumplan con contenidos de materiales cementantes más bajos. Sin embargo, se deben evitar cantidades de materiales cementantes excesivamente elevadas, para que se mantenga la economía en la mezcla y no afecte adversamente la trabajabilidad y otras propiedades.

Dentro de los requisitos mínimos de material cementante para concreto encontramos:

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO, mm (Pulg.)	Material cementante kg/m³ (lb/yd³)
37.5 (1 ½)	280 (470)
25.0 (1)	310 (520)
19.0 (3/4'')	320 (540)
12.5 (½)	350 (590)
9.5 (½)	360 (610)

Tabla 4.16: Datos de contenido de cemento mínimos para concreto usado en superficies planas
Fuente: Tabla 9.7 PCA. Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 318. Hover (1995)

Para la presente investigación en los diseños de mezcla se tienen los siguientes
Contenidos de cementos:



DISEÑO DE MEZCLA	CONTENIDO DE CEMENTO
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.45 (SIN ADITIVO) :</i>	455.56 Kg
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.45 (CON ADITIVO):</i>	408.89 Kg
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.60 (SIN ADITIVO):</i>	341.67 Kg
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.60 (CON ADITIVO):</i>	306.67 Kg
<i>Cemento Tipo HE, a/c 0.45 (SIN ADITIVO):</i>	455.56 Kg
<i>Cemento Tipo HE, a/c 0.60 (SIN ADITIVO):</i>	341.67 Kg

Tabla 4.17: Datos de contenido de cemento obtenidos para Aplicación de diseño según ACI 211.1
Fuente: Tabla 9.7 PCA. Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 318. Hover (1995)

4.5.1.6 Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.

- **Contenido para Agregado Grueso**

La cantidad de agregado grueso para un tamaño nominal de 19mm (3/4 pulg.) se estima por medio de la tabla 4.18 o figura 4.2 Dichos volúmenes se basan en agregados en la condición de varillado seco acorde con la ASTM C 29, puede observarse que, para igual trabajabilidad el volumen de agregado grueso en volumen unitario de concreto depende solamente de su tamaño máximo y del módulo de finura del agregado fino.



Tamaño máximo nominal del agregado mm (Pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 ($\frac{3}{8}$)	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5 ($\frac{1}{2}$)	0.59	0.57	0.55	0.53
19 ($\frac{3}{4}$)	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 ($1\frac{1}{2}$)	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 4.18: Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto
Fuente: Tabla 9.7 PCA. Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 318. Hover (1995)

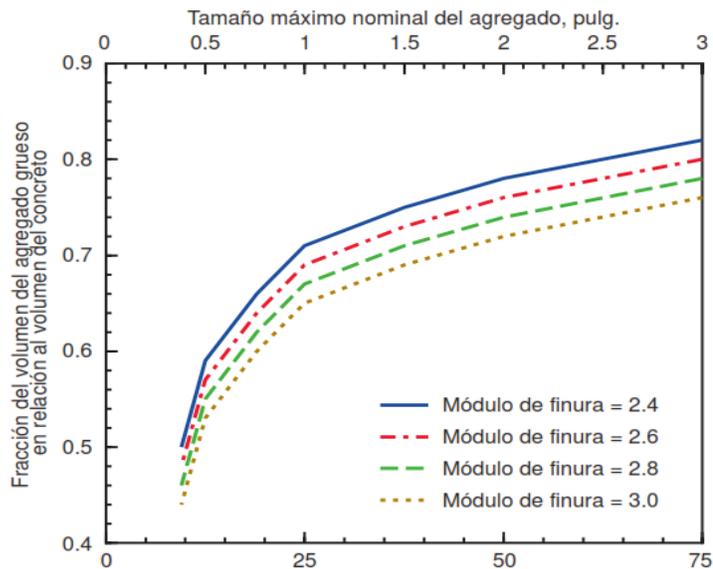


Figura 4.2: Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

Con el módulo de finura de la arena de 2.74 al interpolar en la tabla 4.18 se tiene un **volumen de agregado grueso de 0.63**.

- **Contenido para Agregado Fino**

La cantidad del agregado fino, se determina por diferencia, puesto que en este punto las cantidades de los ingredientes (El volumen absoluto del agua, cemento, aditivos y agregado grueso) a excepción del agregado fino se conocen.

En nuestro caso se emplea el **método B Método de volumen absoluto ocupado por los ingredientes del concreto**, ya que es un método más exacto para calcular cantidades, en donde, **el volumen del agregado fino se determina sustrayendo, de un metro cúbico, los volúmenes absolutos de los ingredientes conocidos.**



4.5.1.7 Contenido de Aditivo

El aditivo a incorporar es un aditivo incorporador de aire de la marca "IMIAIR" (ANEXO 6: Ficha Técnica aditivo inclusor de aire) para mejorar la durabilidad de las mezclas de concreto al exponerlos a ciclos de mojado-secado. También se mejora la trabajabilidad del concreto fresco y se reducen o eliminan tanto la segregación como el sangrado (exudación). Para un porcentaje determinado de contenido de aire, el fabricante del aditivo inclusor (incorporador) de aire recomienda una dosis (gramos) por kg de cemento.

Para la presente investigación se tiene un contenido de aditivo de:

DISEÑO DE MEZCLA (CON ADITIVO)	CONTENIDO DE ADITIVO
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.45:</i>	15.73 ML
<i>Cemento Tipo Gu, a/c 0.60</i>	11.80 ML

Tabla 4.19: Contenido de aditivo presente en los diseños de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis

4.5.1.8 Ajustes por humedad y absorción.

En el diseño de mezcla deben realizarse correcciones para la humedad en los agregados. En la práctica, los agregados contienen una cantidad mensurable de humedad, de manera que sus pesos secos deben incrementarse por el porcentaje de agua que contienen. Es por ello que el agua de la mezcla será ajustada dependiendo de los porcentajes de humedad y absorción que posean los agregados.



<p>Si:</p> <p>Porcentaje de absorción</p> <p style="text-align: center;">></p> <p>Porcentaje de humedad</p>	<p><i>El agregado absorberá agua del agua de mezclado obtenido, por lo tanto hay necesidad de agregar una cantidad de agua equivalente a la diferencia entre la absorción y la humedad de los agregados a fin de evitar que este consumo adicional de agua se refleje en mezclas poco manejables.</i></p>
<p>Si:</p> <p>Porcentaje de absorción</p> <p style="text-align: center;"><</p> <p>Porcentaje de humedad</p>	<p><i>El agregado aportará agua al agua de mezclado por lo tanto, hay necesidad de disminuir el agua de mezclado en una cantidad equivalente a la diferencia entre la humedad y la absorción a fin de evitar que la mezcla a elaborar sobrepase el revenimiento previsto.</i></p>
<p>Si:</p> <p>Porcentaje de absorción</p> <p style="text-align: center;">=</p> <p>Porcentaje de humedad</p>	<p><i>No se debe realizar ningún ajuste ya que los valores de la tabla 4.11 son calculados bajo esta condición.</i></p>

Tabla 4.20: Relación entre porcentaje de absorción y porcentaje de humedad para procedimiento de ajuste de humedad al diseño de mezcla

Fuente: Grupo de Tesis



4.6 EJEMPLO DE PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLA

MÉTODO DE VOLUMEN ABSOLUTO		
MEZCLA 1		A/C= 0.45
Condiciones y Especificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - El presente concreto se expondrá a la humedad en un ambiente severo de ataque por sulfatos. - La mezcla actual no contiene aditivo inductor de aire 		
F_c especificado (a los 28 días):	296 kg/cm ²	
Revenimiento:	25mm -100 mm	
Cemento:	GU "Fuerte" Portland (uso general)	
Aditivo Inductor de aire	---	
Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla		
GRAVA	Tamaño Máximo	¾ pulgada (19.0mm)
	Gravedad Específica (SH)	2.71
	Absorción	1.48%
	Humedad	0.56%
	PVV	1544.64 kg/m ³
ARENA	Tamaño Máximo	-
	Gravedad Específica (SH)	2.40
	Absorción	4.38%
	Humedad	2.61%
	PVV	1540.48 kg/m ³
	Módulo de Finura	2.74

Tabla 4.21: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla.
Fuente: Grupo de Tesis



CALCULOS:

1. RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA f'_c : La elección de la Resistencia promedio requerida para el diseño es según tabla 4.9 puesto que no hay datos estadísticos disponibles:

$$f'_{cr} = 296 \text{ kg/cm}^2 + 84 = \mathbf{380 \text{ kg/cm}^2}$$

2. REVENIMIENTO: En cuanto a la elección del revenimiento especificado tenemos entre: 25mm-100mm para el proporcionamiento.
3. AGREGADO GRUESO: La cantidad de agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " (19mm) es de 0.63 m³, cuando se tiene un módulo de finura de 2.74 para la arena.

El agregado grueso pesa 1544.64 kg/m³, entonces la masa seca en el horno del agregado grueso por metro cubico de concreto es:

$$1544.64 \text{ kg/m}^3 \times 0.63 \text{ m}^3 = \mathbf{979.30 \text{ kg}}$$

4. CONTENIDO DE AGUA: El contenido de agua es de 205 kg según la tabla 4.11 para un revenimiento entre 75mm - 100 mm y un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19 mm.



5. CONTENIDO DE AIRE. Para una exposición severa la tabla 4.11 recomienda un contenido de aire de 2% para agregado de 19 mm en concreto sin aire incluido
6. RELACION AGUA CEMENTO (a/c): Para conservar la durabilidad en el concreto es necesario una baja relación a/c por lo que se la relación elegida es: $a/c = 0.45$ que coincide con ambientes cambiantes tales como congelación deshielo.
7. CONTENIDO DE CEMENTO: El contenido de cemento se basa en la relación agua cemento máxima y el contenido de agua. Por lo tanto:

$$205 \frac{kg}{0.45} = 455.56 \text{ kg}/m^3 > 320 \text{ kg}/m^3 \text{ de tabla 4.16}$$

8. AGREGADO FINO: La cantidad de agregado fino por el método de volumen absoluto se determina sustrayendo, de un metro cubico los volúmenes absolutos de los ingredientes conocidos como sigue:

$$Arena = 1 - \left(\frac{2\%}{100\%} + \frac{205kg}{1 \times 1000kg/m^3} + \frac{455.56kg}{2.96 \times 1000kg/m^3} + \frac{979.30kg}{2.71 \times 1000kg/m^3} \right)$$

$$Arena = 0.26m^3$$

$$Arena = 0.26m^3 \times 2.40 \times 1000kg/m^3$$

$$Arena = 623.35 \text{ kg}$$



9. CORRECCIONES POR HUMEDAD

$$Agua = 205kg - \left(\frac{(0.56\% - 1.48\%) \times 979.30kg}{100\%} + \frac{(2.61\% - 4.38\%) \times 623.35kg}{100\%} \right)$$

$$Agua = 225.04 \text{ lt}$$

$$Grava = 979.30kg * \left(1 + \frac{0.56\%}{100\%} \right)$$

$$Grava = 984.79kg$$

$$Arena = 623.35kg * \left(1 + \frac{2.61\%}{100\%} \right)$$

$$Arena = 639.62kg$$

CANTIDADES OBTENIDAS	
Cemento	455.56 kg/ m³
Grava	984.79kg
Arena	639.62kg
Agua	225.04 lt

Tabla. 4.22: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis

NOTA: Datos calculados para 1m³



MÉTODO DE VOLUMEN ABSOLUTO		
MEZCLA 2		A/C= 0.60
Condiciones y Especificaciones:		
<ul style="list-style-type: none"> - El presente concreto se expondrá a la humedad en un ambiente severo de ataque por sulfatos. - La mezcla actual no contiene aditivo inductor de aire 		
F_c especificado (a los 28 días):	250 kg/cm ²	
Revenimiento:	25mm -100 mm	
Cemento:	GU "Fuerte" Portland (uso general)	
Aditivo Inductor de aire	---	
Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla		
GRAVA	Tamaño Máximo	¾ pulgada (19.0mm)
	Gravedad Específica (SH)	2.71
	Absorción	1.48%
	Humedad	0.615%
	PVV	1544.64 kg/m ³
ARENA	Tamaño Máximo	-
	Gravedad Específica (SH)	2.40
	Absorción	4.38%
	Humedad	2.328%
	PVV	1540.48 kg/m ³
	Módulo de Finura	2.74

Tabla 4.23: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis



CALCULOS:

1. RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA f'_c : La elección de la Resistencia promedio requerida para el diseño es según tabla 4.5 puesto que no hay datos estadísticos disponibles:

$$f'_{cr} = 250 \text{ kg/cm}^2 + 84 = 334 \text{ kg/cm}^2$$

2. REVENIMIENTO: En cuanto a la elección del revenimiento especificado tenemos entre: 25mm-100mm para el proporcionamiento.
3. AGREGADO GRUESO: La cantidad de agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " (19mm) es de 0.63 m³, cuando se tiene un módulo de finura de 2.74 para la arena.

El agregado grueso pesa 1544.64 kg/m³, entonces la masa seca en el horno del agregado grueso por metro cubico de concreto es:

$$1544.64 \text{ kg/m}^3 \times 0.63 \text{ m}^3 = 979.30 \text{ kg}$$

4. CONTENIDO DE AGUA: El contenido de agua es de 205 kg según la tabla 4.8 para un revenimiento entre 75mm - 100 mm y un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19 mm.



5. CONTENIDO DE AIRE. Para una exposición severa la tabla 4.8 recomienda un contenido de aire de 2% para agregado de 19 mm en concreto sin aire incluido
6. RELACION AGUA CEMENTO (a/c): Para conservar la durabilidad en el concreto es necesario una baja relación a/c por lo que se la relación elegida es: $a/c = 0.60$ que coincide con ambientes cambiantes tales como congelación deshielo.
7. CONTENIDO DE CEMENTO: El contenido de cemento se basa en la relación agua cemento máxima y el contenido de agua. Por lo tanto:

$$205 \text{ kg}/0.60 = 341.67 \text{ kg}/\text{m}^3 > 320 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ de tabla 4.11}$$

8. AGREGADO FINO: La cantidad de agregado fino por el método de volumen absoluto se determina sustrayendo, de un metro cubico los volúmenes absolutos de los ingredientes conocidos como sigue:

$$\text{Arena} = 1 - \left(\frac{2\%}{100\%} + \frac{205 \text{ kg}}{1 \times 1000 \text{ kg}/\text{m}^3} + \frac{341.67 \text{ kg}}{2.96 \times 1000 \text{ kg}/\text{m}^3} + \frac{979.30 \text{ kg}}{2.71 \times 1000 \text{ kg}/\text{m}^3} \right)$$

$$\text{Arena} = 0.30 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = 0.30 \text{ m}^3 \times 2.40 \times 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$$



$$\text{Arena} = 715.69 \text{ kg}$$

9. CORRECCIONES POR HUMEDAD

$$\text{Agua} = 205 \text{ kg} - \left(\frac{(0.62\% - 1.48\%) \times 979.30 \text{ kg}}{100\%} + \frac{(2.33\% - 4.38\%) \times 715.69 \text{ kg}}{100\%} \right)$$

$$\text{Agua} = 228.16 \text{ kg}$$

$$\text{Grava} = 979.30 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.62\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Grava} = 985.32 \text{ kg}$$

$$\text{Arena} = 715.69 \text{ kg} * \left(1 + \frac{2.33\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Arena} = 732.36 \text{ kg}$$

CANTIDADES OBTENIDAS	
Cemento	341.67 kg/ m³
Grava	985.32 kg
Arena	732.36 kg
Agua	228.16 lt

Tabla 4.24: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis

NOTA: Datos calculados para 1m³



MÉTODO DE VOLUMEN ABSOLUTO		
MEZCLA 3		A/C= 0.45
Condiciones y Especificaciones:		
<ul style="list-style-type: none"> - El presente concreto se expondrá a la humedad en un ambiente severo de ataque por sulfatos. - La mezcla actual contiene aditivo inclusor de aire 		
F_c especificado (a los 28 días):	216 kg/cm ²	
Revenimiento:	25mm -100 mm	
Cemento:	GU "Fuerte" Portland (uso general)	
Aditivo Inclusor de aire	Marca IMIAIR según ASTM C-260 se conoce por mejorar la durabilidad de mezclas de concreto	
Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla		
GRAVA	Tamaño Máximo	¾ pulgada (19.0mm)
	Gravedad Específica (SH)	2.71
	Absorción	1.48%
	Humedad	0.615%
	PVV	1544.64 kg/m ³
ARENA	Tamaño Máximo	-
	Gravedad Específica (SH)	2.40
	Absorción	4.38%
	Humedad	2.328%
	PVV	1540.48 kg/m ³
	Módulo de Finura	2.74

Tabla 4.25: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis



CALCULOS:

1. RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA f'_c : La elección de la Resistencia promedio requerida para el diseño es según tabla 4.5 puesto que no hay datos estadísticos disponibles:

$$f'_{cr} = 216 \text{ kg/cm}^2 + 84 = \mathbf{300 \text{ kg/cm}^2}$$

2. REVENIMIENTO: En cuanto a la elección del revenimiento especificado tenemos entre: 25mm-100mm para el proporcionamiento.
3. AGREGADO GRUESO: La cantidad de agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " (19mm) es de 0.63 m³, cuando se tiene un módulo de finura de 2.74 para la arena.

El agregado grueso pesa 1544.64 kg/m³, entonces la masa seca en el horno del agregado grueso por metro cubico de concreto es:

$$1544.64 \text{ kg/m}^3 \times 0.63 \text{ m}^3 = \mathbf{979.30 \text{ kg}}$$

4. CONTENIDO DE AGUA: El contenido de agua es de 184 kg según la tabla 4.8 para un revenimiento entre 75mm - 100 mm y un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19 mm.



5. CONTENIDO DE AIRE. Para una exposición severa la tabla 4.8 recomienda un contenido de aire de 6 % para agregado de 19 mm en concreto con aire incluido
6. RELACION AGUA CEMENTO (a/c): Para conservar la durabilidad en el concreto es necesario una baja relación a/c por lo que se la relación elegida es: $a/c = 0.45$ que coincide con ambientes cambiantes tales como congelación deshielo.
7. CONTENIDO DE CEMENTO: El contenido de cemento se basa en la relación agua cemento máxima y el contenido de agua. Por lo tanto:

$$185\text{kg}/0.45 = 408.89 \text{ kg}/\text{m}^3 > 320 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ de tabla 4.11}$$

8. AGREGADO FINO: La cantidad de agregado fino por el método de volumen absoluto se determina sustrayendo, de un metro cubico los volúmenes absolutos de los ingredientes conocidos como sigue:

$$\text{Arena} = 1 - \left(\frac{6\%}{100\%} + \frac{185\text{kg}}{1 \times 1000\text{kg}/\text{m}^3} + \frac{408.89\text{kg}}{2.96 \times 1000\text{kg}/\text{m}^3} + \frac{979.30\text{kg}}{2.71 \times 1000\text{kg}/\text{m}^3} \right)$$

$$\text{Arena} = 0.26\text{m}^3$$

$$\text{Arena} = 0.26\text{m}^3 \times 2.40 \times 1000\text{kg}/\text{m}^3$$



$$\text{Arena} = 615.59 \text{ kg}$$

9. CORRECCIONES POR HUMEDAD

$$\text{Agua} = 184 \text{ kg} - \left(\frac{(0.41\% - 1.48\%) \times 979.30 \text{ kg}}{100\%} + \frac{(2.55\% - 4.38\%) \times 615.59 \text{ kg}}{100\%} \right)$$

$$\text{Agua} = 205.74 \text{ kg}$$

$$\text{Grava} = 979.30 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.41\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Grava} = 983.32 \text{ kg}$$

$$\text{Arena} = 615.59 \text{ kg} * \left(1 + \frac{2.55\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Arena} = 631.29 \text{ kg}$$

CANTIDADES OBTENIDAS	
Cemento	408.89 kg/ m³
Grava	983.32 kg
Arena	631.29 kg
Agua	205.74 lt

Tabla 4.26: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis

NOTA: Datos calculados para 1m³



MÉTODO DE VOLUMEN ABSOLUTO		
MEZCLA 4		A/C= 0.60
Condiciones y Especificaciones:		
<ul style="list-style-type: none"> - El presente concreto se expondrá a la humedad en un ambiente severo de ataque por sulfatos. - La mezcla actual contiene aditivo inclusor de aire 		
F_c especificado (a los 28 días):	130 kg/cm ²	
Revenimiento:	25mm -100 mm	
Cemento:	GU "Fuerte" Portland (uso general)	
Aditivo Inclusor de aire	Marca IMIAIR según ASTM C-260 se conoce por mejorar la durabilidad de mezclas de concreto	
Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla		
GRAVA	Tamaño Máximo	¾ pulgada (19.0mm)
	Gravedad Específica (SH)	2.71
	Absorción	1.48%
	Humedad	0.615%
	PVV	1544.64 kg/m ³
ARENA	Tamaño Máximo	-
	Gravedad Específica (SH)	2.40
	Absorción	4.38%
	Humedad	2.328%
	PVV	1540.48 kg/m ³
	Módulo de Finura	2.74

Tabla 4.27: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis



CALCULOS:

1. RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA f'_c : La elección de la Resistencia promedio requerida para el diseño es según tabla 4.5 puesto que no hay datos estadísticos disponibles:

$$f'_{cr} = 130 \text{ kg/cm}^2 + 70 = \mathbf{200 \text{ kg/cm}^2}$$

2. REVENIMIENTO: En cuanto a la elección del revenimiento especificado tenemos entre: 25mm-100mm para el proporcionamiento.
3. AGREGADO GRUESO: La cantidad de agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " (19mm) es de 0.63 m³, cuando se tiene un módulo de finura de 2.74 para la arena.

El agregado grueso pesa 1544.64 kg/m³, entonces la masa seca en el horno del agregado grueso por metro cubico de concreto es:

$$1544.64 \text{ kg/m}^3 \times 0.63 \text{ m}^3 = \mathbf{979.30 \text{ kg}}$$

4. CONTENIDO DE AGUA: El contenido de agua es de 184 kg según la tabla 4.8 para un revenimiento entre 75mm - 100 mm y un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19 mm.



5. CONTENIDO DE AIRE. Para una exposición severa la tabla 4.8 recomienda un contenido de aire de 6 % para agregado de 19 mm en concreto con aire incluido
6. RELACION AGUA CEMENTO (a/c): Para conservar la durabilidad en el concreto es necesario una baja relación a/c por lo que se la relación elegida es: $a/c = 0.60$ que coincide con ambientes cambiantes tales como congelación deshielo.
7. CONTENIDO DE CEMENTO: El contenido de cemento se basa en la relación agua cemento máxima y el contenido de agua. Por lo tanto:

$$\frac{185kg}{0.60} = 306.67 \text{ kg}/\text{m}^3 < 320 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ de tabla 4.11}$$

8. AGREGADO FINO: La cantidad de agregado fino por el método de volumen absoluto se determina sustrayendo, de un metro cubico los volúmenes absolutos de los ingredientes conocidos como sigue:

$$Arena = 1 - \left(\frac{6\%}{100\%} + \frac{185kg}{1 \times 1000kg/m^3} + \frac{306.67kg}{2.96 \times 1000kg/m^3} + \frac{979.30kg}{2.71 \times 1000kg/m^3} \right)$$

$$Arena = 0.26m^3$$

$$Arena = 0.29m^3 \times 2.40 \times 1000kg/m^3$$



$$\text{Arena} = 698.47 \text{ kg}$$

9. CORRECCIONES POR HUMEDAD

$$\text{Agua} = 184 \text{ kg} - \left(\frac{(0.62\% - 1.48\%) \times 979.30 \text{ kg}}{100\%} + \frac{(2.69\% - 4.38\%) \times 698.47 \text{ kg}}{100\%} \right)$$

$$\text{Agua} = 204.23 \text{ kg}$$

$$\text{Grava} = 979.30 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.62\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Grava} = 985.37 \text{ kg}$$

$$\text{Arena} = 698.47 \text{ kg} * \left(1 + \frac{2.69\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Arena} = 717.26 \text{ kg}$$

CANTIDADES OBTENIDAS	
Cemento	306.67 kg/ m³
Grava	985.37kg
Arena	717.26kg
Agua	204.23 lt

Tabla 4.28: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis

NOTA: Datos calculados para 1m³



MÉTODO DE VOLUMEN ABSOLUTO		
MEZCLA 5		A/C= 0.45
Condiciones y Especificaciones:		
<ul style="list-style-type: none"> - El presente concreto se expondrá a la humedad en un ambiente severo de ataque por sulfatos. - La mezcla actual no contiene aditivo inductor de aire 		
F_c especificado (a los 28 días):	291 kg/cm ²	
Revenimiento:	25mm -100 mm	
Cemento:	HE (Alta Resistencia Inicial)	
Aditivo Inductor de aire	---	
Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla		
GRAVA	Tamaño Máximo	¾ pulgada (19.0mm)
	Gravedad Especifica (SH)	2.71
	Absorción	1.48%
	Humedad	0.615%
	PVV	1544.64 kg/m ³
ARENA	Tamaño Máximo	-
	Gravedad Especifica (SH)	2.40
	Absorción	4.38%
	Humedad	2.328%
	PVV	1540.48 kg/m ³
	Módulo de Finura	2.74

Tabla 4.29: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis



CALCULOS:

1. RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA f'_c : La elección de la Resistencia promedio requerida para el diseño es según tabla 4.5 puesto que no hay datos estadísticos disponibles:

$$f'_{cr} = 291 \text{ kg/cm}^2 + 84 = 375 \text{ kg/cm}^2$$

2. REVENIMIENTO: En cuanto a la elección del revenimiento especificado tenemos entre: 25mm-100mm para el proporcionamiento.
3. AGREGADO GRUESO: La cantidad de agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " (19mm) es de 0.63 m³, cuando se tiene un módulo de finura de 2.74 para la arena.

El agregado grueso pesa 1544.64 kg/m³, entonces la masa seca en el horno del agregado grueso por metro cubico de concreto es:

$$1544.64 \text{ kg/m}^3 \times 0.63 \text{ m}^3 = 979.30 \text{ kg}$$

4. CONTENIDO DE AGUA: El contenido de agua es de 205 kg según la tabla 4.8 para un revenimiento entre 75mm - 100 mm y un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19 mm.



5. CONTENIDO DE AIRE. Para una exposición severa la tabla 4.8 recomienda un contenido de aire de 2% para agregado de 19 mm en concreto sin aire incluido

6. RELACION AGUA CEMENTO (a/c): Para conservar la durabilidad en el concreto es necesario una baja relación a/c por lo que se la relación elegida es: $a/c = 0.45$ que coincide con ambientes cambiantes tales como congelación deshielo.

7. CONTENIDO DE CEMENTO: El contenido de cemento se basa en la relación agua cemento máxima y el contenido de agua. Por lo tanto:

$$205 \frac{kg}{0.45} = 455.56 \frac{kg}{m^3} > 320 \frac{kg}{m^3} \text{ de tabla 4.11}$$

8. AGREGADO FINO: La cantidad de agregado fino por el método de volumen absoluto se determina sustrayendo, de un metro cubico los volúmenes absolutos de los ingredientes conocidos como sigue:

$$Arena = 1 - \left(\frac{2\%}{100\%} + \frac{205kg}{1 \times 1000kg/m^3} + \frac{455.56kg}{2.96 \times 1000kg/m^3} + \frac{979.30kg}{2.71 \times 1000kg/m^3} \right)$$

$$Arena = 0.26m^3$$

$$Arena = 0.26m^3 \times 2.40 \times 1000kg/m^3$$



$$\text{Arena} = 628.28 \text{ kg}$$

9. CORRECCIONES POR HUMEDAD

$$\text{Agua} = 205 \text{ kg} - \left(\frac{(0.41\% - 1.48\%) \times 979.30 \text{ kg}}{100\%} + \frac{(3.04\% - 4.38\%) \times 628.28 \text{ kg}}{100\%} \right)$$

$$\text{Agua} = 223.95 \text{ kg}$$

$$\text{Grava} = 979.30 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.41\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Grava} = 983.27 \text{ kg}$$

$$\text{Arena} = 623.35 \text{ kg} * \left(1 + \frac{3.04\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Arena} = 647.38 \text{ kg}$$

CANTIDADES OBTENIDAS	
Cemento	455.56 kg/ m³
Grava	983.27kg
Arena	647.38kg
Agua	223.95 lt

Tabla 4.30: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis

NOTA: Datos calculados para 1m³



MÉTODO DE VOLUMEN ABSOLUTO		
MEZCLA 6		A/C= 0.60
Condiciones y Especificaciones:		
<ul style="list-style-type: none"> - El presente concreto se expondrá a la humedad en un ambiente severo de ataque por sulfatos. - La mezcla actual no contiene aditivo inductor de aire 		
F_c especificado (a los 28 días):	291 kg/cm ²	
Revenimiento:	25mm -100 mm	
Cemento:	HE (Alta Resistencia Inicial)	
Aditivo Inductor de aire	---	
Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla		
GRAVA	Tamaño Máximo	¾ pulgada (19.0mm)
	Gravedad Especifica (SH)	2.71
	Absorción	1.48%
	Humedad	0.615%
	PVV	1544.64 kg/m ³
ARENA	Tamaño Máximo	-
	Gravedad Especifica (SH)	2.40
	Absorción	4.38%
	Humedad	2.328%
	PVV	1540.48 kg/m ³
	Módulo de Finura	2.74

Tabla 4.31: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis



CALCULOS:

1. RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA f'_c : La elección de la Resistencia promedio requerida para el diseño es según tabla 4.5 puesto que no hay datos estadísticos disponibles:

$$f'_{cr} = 190 \text{ kg/cm}^2 + 70 = \mathbf{260 \text{ kg/cm}^2}$$

2. REVENIMIENTO: En cuanto a la elección del revenimiento especificado tenemos entre: 25mm-100mm para el proporcionamiento.
3. AGREGADO GRUESO: La cantidad de agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " (19mm) es de 0.63 m³, cuando se tiene un módulo de finura de 2.74 para la arena.

El agregado grueso pesa 1544.64 kg/m³, entonces la masa seca en el horno del agregado grueso por metro cubico de concreto es:

$$1544.64 \text{ kg/m}^3 \times 0.63 \text{ m}^3 = \mathbf{979.30 \text{ kg}}$$

4. CONTENIDO DE AGUA: El contenido de agua es de 205 kg según la tabla 4.8 para un revenimiento entre 75mm - 100 mm y un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19 mm.



5. CONTENIDO DE AIRE. Para una exposición severa la tabla 4.8 recomienda un contenido de aire de 2% para agregado de 19 mm en concreto sin aire incluido
6. RELACION AGUA CEMENTO (a/c): Para conservar la durabilidad en el concreto es necesario una baja relación a/c por lo que se la relación elegida es: $a/c = 0.60$ que coincide con ambientes cambiantes tales como congelación deshielo.
7. CONTENIDO DE CEMENTO: El contenido de cemento se basa en la relación agua cemento máxima y el contenido de agua. Por lo tanto:

$$205 \frac{kg}{0.60} = 341.67 \frac{kg}{m^3} > 320 \frac{kg}{m^3} \text{ de tabla 4.11}$$

8. AGREGADO FINO: La cantidad de agregado fino por el método de volumen absoluto se determina sustrayendo, de un metro cubico los volúmenes absolutos de los ingredientes conocidos como sigue:

$$Arena = 1 - \left(\frac{2\%}{100\%} + \frac{205kg}{1 \times 1000kg/m^3} + \frac{341.67kg}{2.96 \times 1000kg/m^3} + \frac{979.30kg}{2.71 \times 1000kg/m^3} \right)$$

$$Arena = 0.30m^3$$

$$Arena = 0.30m^3 \times 2.40 \times 1000kg/m^3$$



$$\text{Arena} = 719.39 \text{ kg}$$

9. CORRECCIONES POR HUMEDAD

$$\text{Agua} = 205 \text{ kg} - \left(\frac{(1.01\% - 1.48\%) \times 979.30 \text{ kg}}{100\%} + \frac{(4.67\% - 4.38\%) \times 719.39 \text{ kg}}{100\%} \right)$$

$$\text{Agua} = 207.52 \text{ kg}$$

$$\text{Grava} = 979.30 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1.01\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Grava} = 989.19 \text{ kg}$$

$$\text{Arena} = 623.35 \text{ kg} * \left(1 + \frac{4.67\%}{100\%} \right)$$

$$\text{Arena} = 752.98 \text{ kg}$$

CANTIDADES OBTENIDAS	
Cemento	341.67 kg/ m³
Grava	989.19 kg
Arena	752.98 kg
Agua	207.52 lt

Tabla 4.32: Datos de materiales incorporados en diseño de mezcla
Fuente: Grupo de Tesis

NOTA: Datos calculados para 1m³



CAPITULO V "PRESENTACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS"

En este capítulo se presenta el seguimiento usado para obtener los resultados a las variables de estudio planteadas en el capítulo I a partir de los datos de laboratorio necesarios para validar o rechazar los objetivos planteados así como verificar si las mezclas ensayadas a lo largo de toda investigación cumple o no con los conceptos de estudio. En el presente capítulo se realizan tabulaciones, gráficas y análisis de resultados de las mezclas estudiadas.



5.1 ENFOQUE DE DURABILIDAD

A. *Dentro de los aspectos a enfatizar en la parte de los cambios de masa para las mezclas expuestas a sulfato y temperatura se tienen los siguientes conceptos:*

- PÉRDIDA DE MASA debido al ataque (descascaramientos, fisuras)
- AUMENTO DE MASA debido a cristalización de sales, las cuales ocupan poros en el cilindro.

B. *Dentro de los aspectos a enfatizar en la parte de los cambios de volumen y porcentaje de expansión se tienen los siguientes conceptos necesarios a tomar en cuenta para su análisis:*

- *CASO 1 Contracción Plástica y autógena:*

La primera ocurre a medida que el concreto fresco pierde humedad después de la colocación y antes de que ocurra cualquier desarrollo de resistencia. Mientras que la segunda resulta de las reacciones químicas que ocurren a medida que el cemento portland se hidrata. Esta contracción tiene lugar sin la pérdida real de agua del concreto, y es difícil de medir.

- *Caso 2 Contracción por secado:*

Este tipo de contracción involucra el movimiento y pérdida de agua dentro de los poros extremadamente pequeños de la pasta hidratada de cemento. A medida que el concreto en servicio se seca, se pierde humedad desde estos



poros muy pequeños y se forman meniscos. La tensión superficial del agua asociada a estos meniscos atrae los poros uno hacia el otro y da como resultado una pérdida de volumen del concreto.

▪ *Caso 3 Expansión retardada por calor inducido ERCI:*

Es una condición de ataque de sulfatos internos a través de la cual el concreto maduro se expande y se fisura. Sólo los concretos con composiciones químicas particulares son afectados cuando alcanzan temperaturas altas, (entre 70°C y 100°C) dependiendo de los componentes del concreto y del tiempo de corrido desde la colocación hasta que la temperatura se alcance).

CASOS A ANALIZAR	PERÍODO POSIBLE EN QUE PUEDE PRESENTARSE
CASO 1	1- 14 días
CASO 2	14- 28 días
CASO 3	60 días

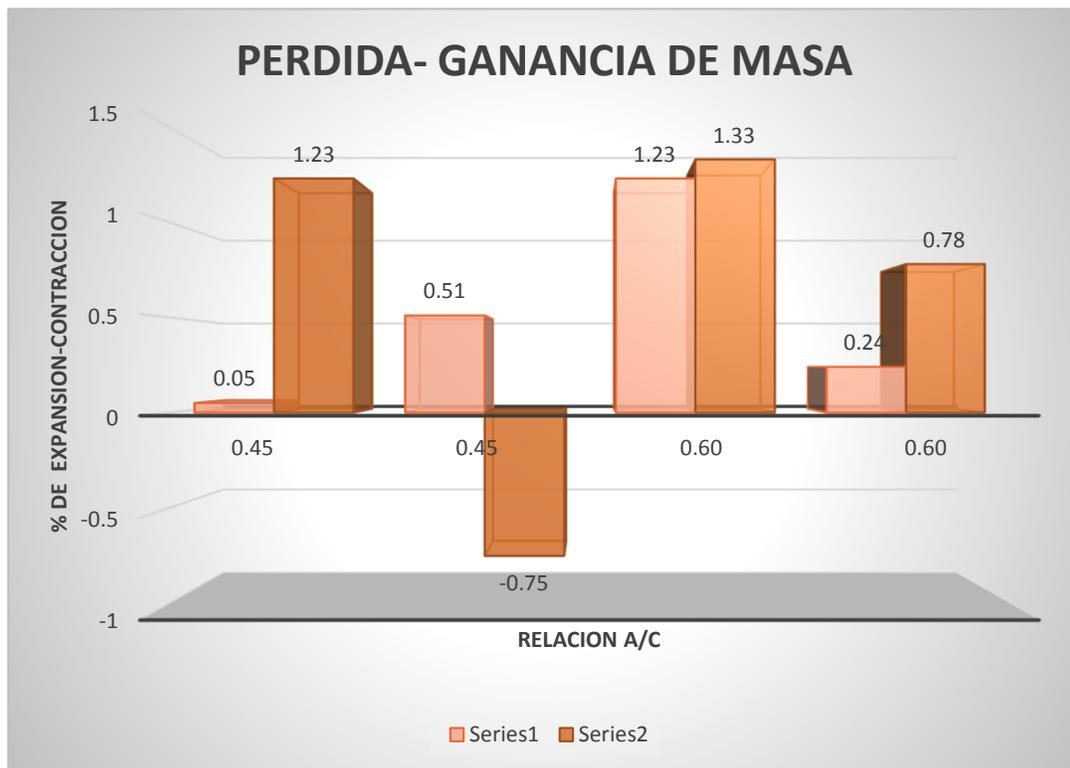


5.2 CAMBIOS DE MASA

5.2.1 Especímenes con Cemento GU

A continuación se presentan los resultados en cuanto a cambios de masa en los especímenes de concreto con cemento GU que fueron expuestos tanto a curado normal como con sulfato VER TABULACIONES Y GRAFICOS EN ANEXO 7

<i>Mezcla No.</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>PORCENTAJE DE GANANCIA DE MASA</i>	<i>PORCENTAJE DE PERDIDA DE MASA</i>
1	GU a/c=0.45 en curado normal	0.05 %	
	GU a/c=0.45 curado en sulfato	0.51%	
2	GU a/c=0.60 en curado normal	1.23%	
	GU a/c=0.60 curado en sulfato	0.24%	
3	GU a/c=0.45 más Aditivo inclusor de aire curado normal	1.23%	
	GU a/c = 0.45 más Aditivo inclusor de aire en curado con sulfato		-0.75%
4	GU a/c=0.60 más Aditivo inclusor de aire en curado normal	1.33%	
	GU a/c 0.60 más Aditivo inclusor de aire en curado con sulfato de igual	0.78%	



ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CAMBIOS DE MASA CEMENTO GU (FUERTE)

- La mezcla de cemento GU $a/c = 0.45$ en curado normal presenta una expansión mínima de 0.05%. Esta mezcla contiene una un promedio de ganancia de masa de $-6.00E-04 \text{ kg} \approx 0.6 \text{ g}$ datos acordes de acuerdo con el porcentaje de ganancia expansivo obtenido.

Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.45$ en curado en sulfato de magnesio corresponde a un aumento en la masa total de 0.51%. Y contiene un promedio de ganancia de masa de $1.01E-02 \text{ kg} \approx 10.1 \text{ g}$



- La mezcla de cemento GU $a/c = 0.60$ en curado normal presenta un porcentaje expansivo para el último periodo de prueba, mientras que los periodos anteriores sufre una leve pérdida de masa y presenta una expansión total de 1.23% que corresponde a un cambio en su masa de $3.59E-02 \text{ kg} \approx 35.90 \text{ g}$.
Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.60$ en curado en sulfato de magnesio corresponde a un aumento en la masa total de 0.24% en todo el periodo de ensayo igual a un aumento de $1.01E-04 \text{ kg} \approx 0.10 \text{ g}$

- La mezcla de cemento GU $a/c = 0.45$ más aditivo en curado normal presenta en los periodos aumentos y disminuciones de masa. Sin embargo presenta una expansión total de 1.23% que corresponde a un cambio en su masa de $3.83E-02 \text{ kg} \approx 38.30 \text{ g}$.
Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.45$ más aditivo en curado en sulfato de magnesio presenta una disminución correspondiente de la masa total de -0.75% en todo el período de ensayo igual a una disminución de $-2.80E-03 \text{ kg} \approx 2.8 \text{ g}$

- La mezcla de cemento GU $a/c = 0.60$ más aditivo en curado normal sufre aumentos y disminuciones de masa como en todas las mezclas anteriores. Sin embargo presenta una expansión total de 1.33% que corresponde a una masa de $4.15E-02 \text{ kg} \approx 41.5 \text{ g}$.

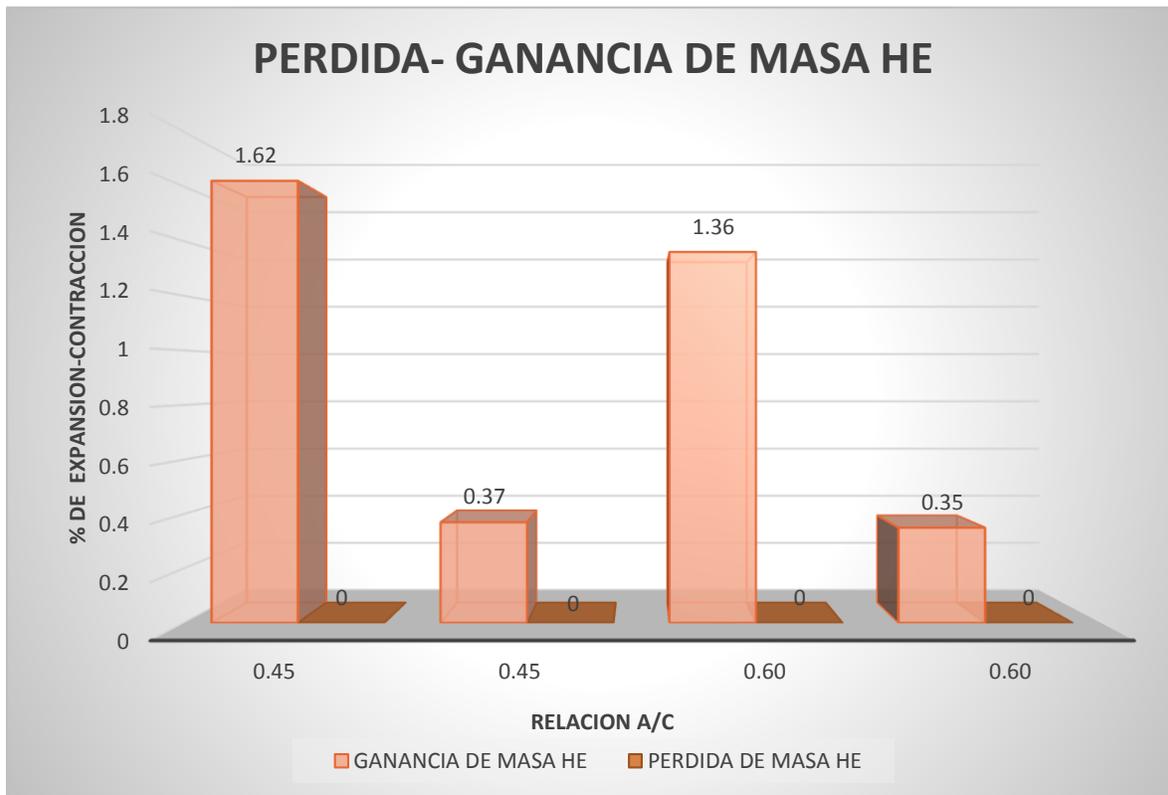


- Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.60$ más aditivo en curado en sulfato de magnesio corresponde a un aumento en la masa total de 0.78% en todo el período de ensayo, valor correspondiente a $2.27E-02 \text{ kg} \approx 22.70 \text{ g}$.

5.2.2 Especímenes con Cemento HE

A continuación se presentan los resultados en cuanto a cambios de masa en los especímenes de concreto con cemento HE que fueron expuestos tanto a curado normal como con sulfato VER TABULACIONE Y GRAFICOS EN ANEXO 7

<i>Mezcla No.</i>	<i>DESCRIPCION</i>	<i>PORCENTAJE DE PERDIDA DE MASA PROMEDIO</i>	<i>PORCENTAJE DE GANANCIA DE MASA PROMEDIO</i>
1	HE $a/c=0.45$ en curado normal		1.62 %
	HE $a/c=0.45$ curado en sulfato		0.37%
2	HE $a/c=0.60$ en curado normal		1.36 %
	HE $a/c=0.60$ curado en sulfato		0.35%



ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CAMBIOS MASA HE (ARI 5000)

- La mezcla HE $a/c=0.45$ en curado normal presenta a lo largo del período de ensayo cambios de contracciones y expansiones por igual, el concreto presenta un aumento de su masa de 1.62% en promedio a lo largo de todas las contracciones- expansiones sufridas. Además el promedio de aumento por expansión de volumen respecto al volumen inicial de la muestra corresponde a $46.13 \text{ g} \approx 4.6\text{E}-02 \text{ m}^3$ - CONTRACCION-

Y para la relación a/c 0.45 en curado con sulfato de igual manera se presentan cambios de expansión – contracción y al igual que la mezcla anterior presenta



aumento de volumen de 0.37%, teniendo una expansión que corresponde a 23.3
g \approx 2.33E-06 kg -EXPANSIÓN-

- La mezcla HE a/c=0.60 en curado normal se observa que presenta a lo largo del período mayores expansiones que contracciones el concreto presenta un aumento de masa de 1.36% en promedio a lo largo de todas las contracciones-expansiones durante el proceso. Además el promedio aumento por expansión respecto al volumen inicial de la muestra corresponde a 28.0 g \approx 3.80E-02 kg -EXPANSIÓN-

Y para la relación a/c 0.60 en curado con sulfato de igual manera se presentan cambios de expansión – contracción y al igual que la mezcla anterior presenta un aumento masa de 0.35%, correspondiente a 22.6 g \approx 2.26E-02 kg -EXPANSIÓN-



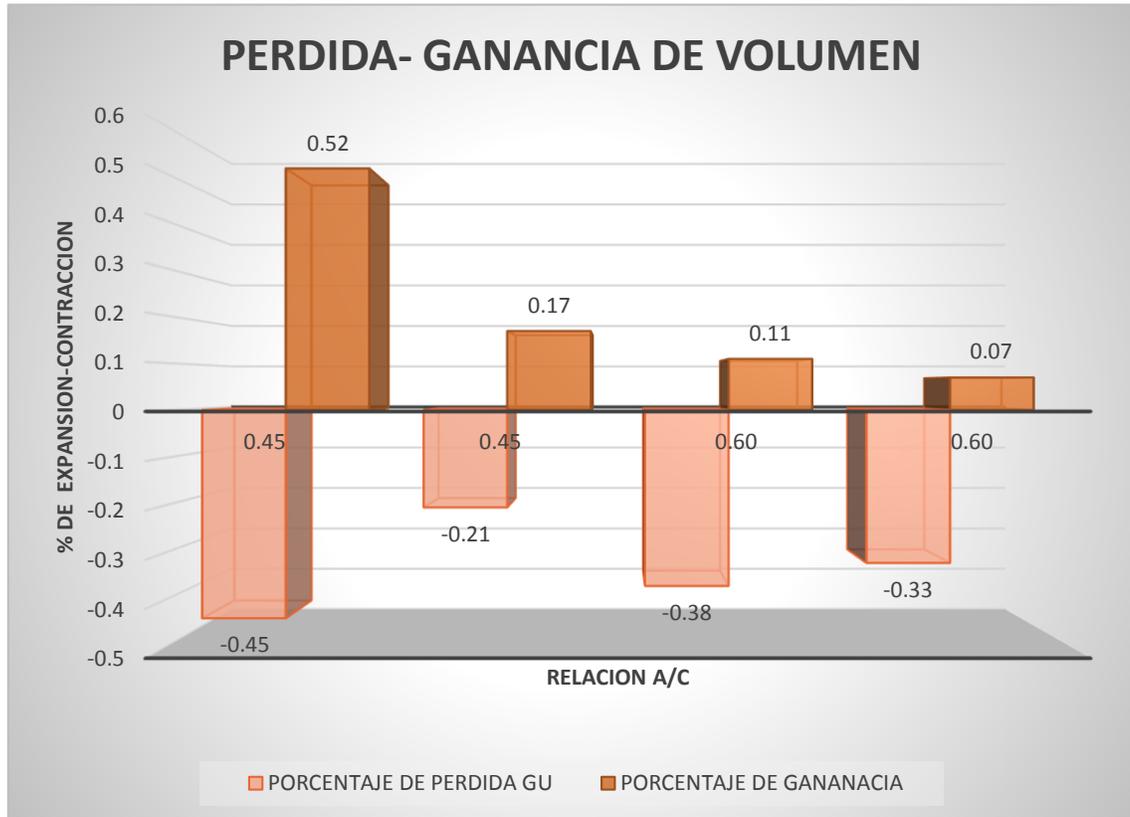
5.3 CAMBIOS DE VOLUMEN

5.3.1 Especímenes con Cemento GU

A continuación se presentan los resultados en cuanto a cambios de volumen en los especímenes de concreto que fueron expuestos tanto a curado normal como con sulfato

VER TABULACIONE Y GRAFICOS EN ANEXO 6

<i>Mezcla No.</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>PORCENTAJE DE PERDIDA DE VOLUMEN PROMEDIO</i>	<i>PORCENTAJE DE GANANCIA DE VOLUMEN PROMEDIO</i>
1	GU a/c=0.45 en curado normal	0.45 %	
	GU a/c=0.45 curado en sulfato	0.21%	
2	GU a/c=0.60 en curado normal	0.38%	
	GU a/c=0.60 curado en sulfato	0.33%	
3	GU a/c=0.45 más Aditivo inclusor de aire curado normal		0.52%
	GU a/c = 0.45 más Aditivo inclusor de aire en curado con sulfato		0.17%
4	GU a/c=0.60 más Aditivo inclusor de aire en curado normal		0.11%
	GU a/c 0.60 más Aditivo inclusor de aire en curado con sulfato		0.07%



ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CAMBIOS DE VOLUMEN Y EXPANSIÓN CEMENTO GU (FUERTE)

- La mezcla GU a/c=0.45 en curado normal, presenta a lo largo del período de ensayo cambios de contracciones y expansiones en ella, se observa que el concreto presenta una pérdida de volumen de 0.45 % en promedio a lo largo de todas las contracciones- expansiones sufridas. Además el promedio de pérdida por contracción de volumen respecto al volumen inicial de la muestra corresponde a $-1.59 \text{ cm}^3 \approx -1.59\text{E-}06 \text{ m}^3$ - CONTRACCIÓN-



- Y para la relación a/c 0.45 en curado con sulfato de igual manera se presentan cambios de expansión – contracción y al igual que la mezcla anterior presenta perdida de volumen de 0.21%, sin embargo la perdida por contracción de esta muestra corresponde a $2.21 \text{ cm}^3 \approx -2.21\text{E-}06 \text{ m}^3$ - CONTRACCIÓN-
- La mezcla GU a/c=0.60 en curado normal se observa que presenta a lo largo del período de ensayo cambios de contracciones - expansiones, y el concreto presenta una pérdida de volumen de 0.38% en promedio a lo largo de todas las contracciones-expansiones sufridas. Además el promedio de perdida por contracción de volumen respecto al volumen inicial de la muestra corresponde a $-2.76 \text{ cm}^3 \approx -2.76\text{E-}06 \text{ m}^3$ - CONTRACCIÓN-

Y para la relación a/c 0.60 en curado con sulfato de igual manera se presentan cambios de expansión – contracción y al igual que la mezcla anterior presenta perdida de volumen de 0.33%, sin embargo la perdida por contracción de esta muestra corresponde $-3.31 \text{ cm}^3 \approx -3.31\text{E-}06 \text{ m}^3$ - CONTRACCIÓN-

- La mezcla GU a/c=0.45 más Aditivo inclusor de aire en curado normal presenta a lo largo del período de ensayo cambios de contracciones - expansiones, sin embargo en esta mezcla predominan la ganancia de volumen con un 0.52% en promedio a lo largo de todas las contracciones-expansiones sufridas. Además el promedio de ganancia por expansión de volumen respecto al volumen inicial de la muestra corresponde a $2.08 \text{ cm}^3 \approx 2.08\text{E-}06 \text{ m}^3$ -EXPANSIÓN-



Y para la relación $a/c = 0.45$ más Aditivo inclusor de aire en curado con sulfato de igual manera se presentan cambios de expansión - contracción con la discrepancia de que en este diseño se presenta ganancia de volumen 0.48%. Y e igual manera un aumento por expansión que corresponde a $1.74 \text{ cm}^3 \approx 1.74\text{E}-06 \text{ m}^3$ - EXPANSIÓN-

- La mezcla GU $a/c=0.60$ más Aditivo inclusor de aire en curado normal se presenta a lo largo del período de ensayo cambios de contracciones - expansiones, sin embargo en esta mezcla predominan la ganancia de volumen con un 0.11% en promedio a lo largo de todas las contracciones-expansiones sufridas. Además el promedio de ganancia por expansión de volumen respecto al volumen inicial de la muestra corresponde a $2.70 \text{ cm}^3 \approx 2.70 \text{ E}-06 \text{ m}^3$ - EXPANSIÓN-

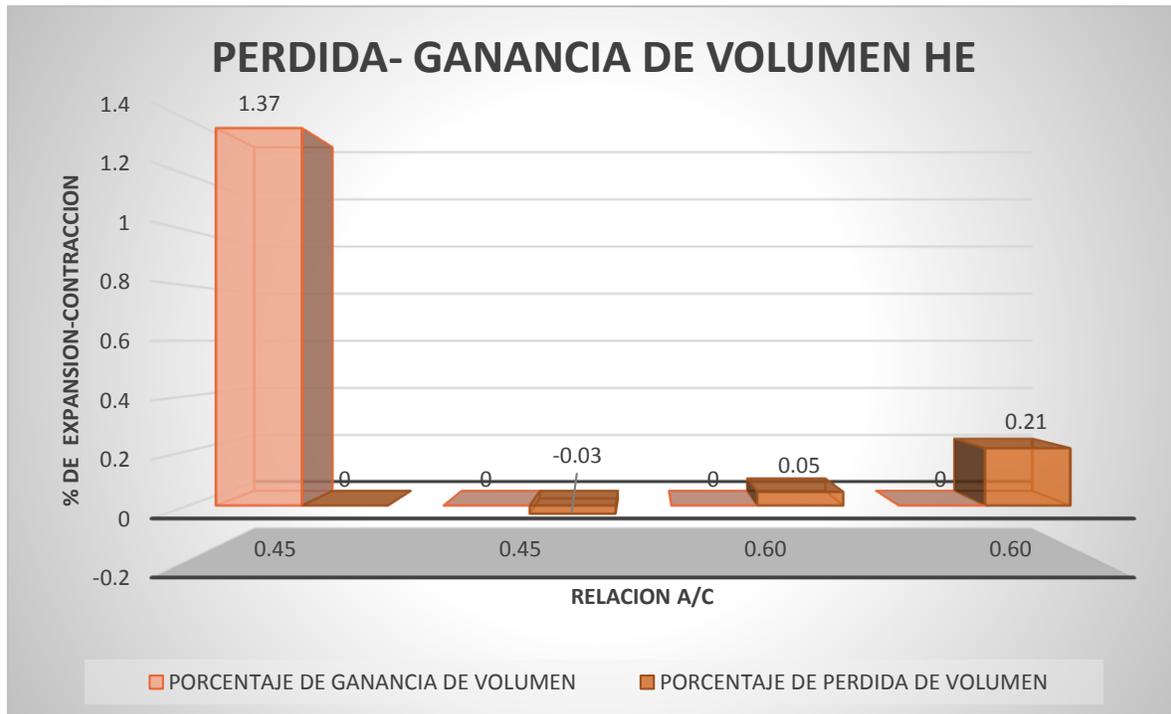
Y para la relación $a/c 0.60$ más Aditivo inclusor de aire en curado con sulfato de igual manera se presentan cambios de expansión - contracción con la discrepancia de que en este diseño se presenta ganancia de volumen 0.07%. Además presenta un aumento por expansión de $4.85 \text{ cm}^3 \approx 4.85\text{E}-06$ - EXPANSIÓN-



5.3.2 Especímenes con Cemento HE

A continuación se presentan los resultados en cuanto a cambios de volumen en los especímenes de concreto con cemento HE que fueron expuestos tanto a curado normal como con sulfato VER TABULACIONE Y GRAFICOS EN ANEXO 6

<i>Mezcla No.</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>PORCENTAJE DE PERDIDA DE VOLUMEN PROMEDIO</i>	<i>PORCENTAJE DE GANANCIA DE VOLUMEN PROMEDIO</i>
1	HE a/c=0.45 en curado normal		1.37 %
	HE a/c=0.45 curado en sulfato	-0.03%	
2	HE a/c=0.60 en curado normal		0.05%
	HE a/c=0.60 curado en sulfato		0.21%





ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CAMBIOS DE VOLUMEN Y EXPANSIÓN PARA CEMENTO HE (ARI 5000)

- La mezcla HE a/c=0.45 en curado normal presenta a lo largo del período de ensayo cambios principalmente de expansiones, con un aumento de volumen de la muestra total de 1.37%. Además el promedio de pérdida por contracción de volumen respecto al volumen inicial de la muestra corresponde a $7.16E-06 m^3 \approx -7.16 \text{ cm}^3$ - EXPANSIÓN-

Y para la relación a/c 0.45 en curado con sulfato de igual manera se presentan un comportamiento similar de expansión – contracción, sin embargo presenta una pérdida de volumen de 0.03%, de esta muestra corresponde a $-0.24 \text{ cm}^3 \approx -2.41E-06 \text{ m}^3$ – CONTRACCIÓN-

- La mezcla HE a/c=0.6 en curado normal presenta a lo largo del período de ensayo cambios principalmente dos puntos de contracciones y dos puntos de expansiones, pero el volumen de la muestra total de es de 0.05%. Además el promedio de pérdida por contracción de volumen respecto al volumen inicial de la muestra corresponde a $1.08 \text{ cm}^3 \approx 1.08E-06 \text{ cm}^3$ - EXPANSIÓN-

Y para la relación a/c 0.60 en curado con sulfato de igual manera se presentan un comportamiento similar mayormente de y al final del período de prueba los datos arrojan una expansión de la muestra de 0.21%, q corresponde a $2.541E-06 \text{ m}^3 \approx 2.54 \text{ cm}^3$ – CONTRACCIÓN-

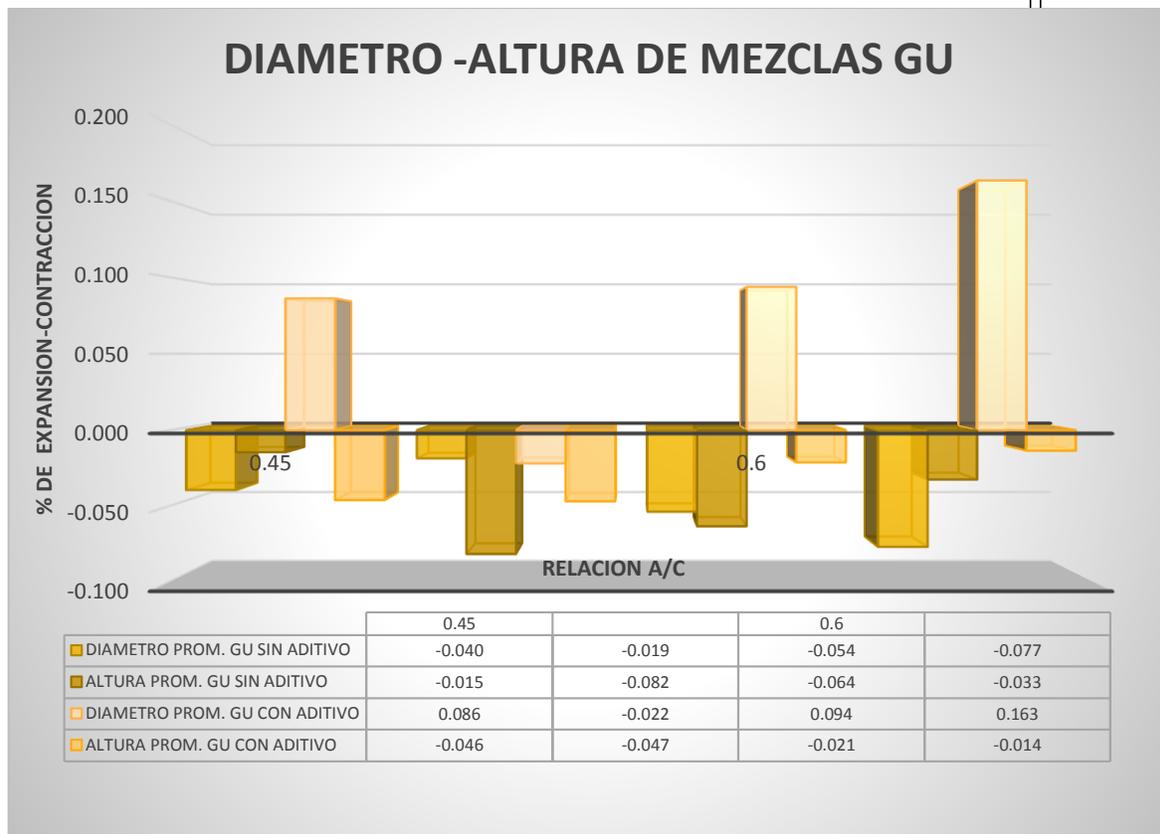


5.4 EXPANSIÓN DIAMETRO-ALTURA

5.4.1 Especímenes con Cemento GU

A continuación se presentan los cambios en diámetro - alturas totales de cada diseño de mezcla los demás cálculos se encuentran en ANEXO 8

<i>DISEÑO</i>	<i>A/C</i>	<i>DIAMETRO PROMEDIO</i>	<i>ALTURA PROMEDIO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
1	0.45	-0.0396	-0.0146	CEMENTO GU 0.45 CURADO NORMAL
		-0.0186	-0.0819	CEMENTO GU 0.45 CURADO SULFATO
2	0.6	-0.0540	-0.0636	CEMENTO GU 0.60 CURADO NORMAL
		-0.0772	-0.0326	CEMENTO GU 0.60 CURADO SULFATO
3	0.45	0.0862	-0.0463	CEMENTO GU 0.45 CURADO NORMAL+ADITIVO
		-0.0219	-0.0471	CEMENTO GU 0.45 CURADO SULFATO + ADITIVO
4	0.6	0.0938	-0.0214	CEMENTO GU 0.60 CURADO NORMAL+ADITIVO
		0.1633	-0.0136	CEMENTO GU 0.60 CURADO SULFATO + ADITIVO



ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CAMBIOS DE DIÁMETRO -ALTURA PARA CEMENTO GU (FUERTE)

- De la mezcla con cemento GU para una relación $a/c=0.45$ en curado normal se puede observar que tanto el diámetro como la altura disminuyen durante todo el proceso, teniendo un mayor aumento el porcentaje de diámetro

De la mezcla con cemento GU para una relación $a/c=0.45$ en curado en sulfato de magnesio se puede observar que tanto el diámetro como la altura disminuyen, sin embargo en este caso la altura presenta un mayor porcentaje de expansión.



- De la mezcla con cemento GU para una relación $a/c=0.60$ en curado normal se puede observar que tanto el diámetro como la altura disminuyen, teniendo un mayor pequeño aumento el porcentaje de altura.

De la mezcla con cemento GU para una relación $a/c=0.45$ en curado en sulfato de magnesio se puede observar que tanto el diámetro como la altura disminuyen, sin embargo en este caso la altura presenta un mayor porcentaje de expansión.

- De la mezcla con cemento GU para una relación $a/c=0.45$ más aditivo inclusor de aire en curado normal, observa que en este caso el diámetro presenta una expansión, mientras la altura disminuye.

De la mezcla con cemento GU para una relación $a/c=0.45$ más aditivo inclusor de aire curado en sulfato de magnesio, se puede observar que tanto el diámetro como la altura se contraen, sin embargo este porcentaje de contracción ocurre mayormente en la altura.

- De la mezcla con cemento GU para una relación $a/c=0.60$ más aditivo inclusor de aire en curado normal, observa que en este caso el diámetro presenta una expansión, mientras la altura disminuye, al igual q en la mezcla No. 3

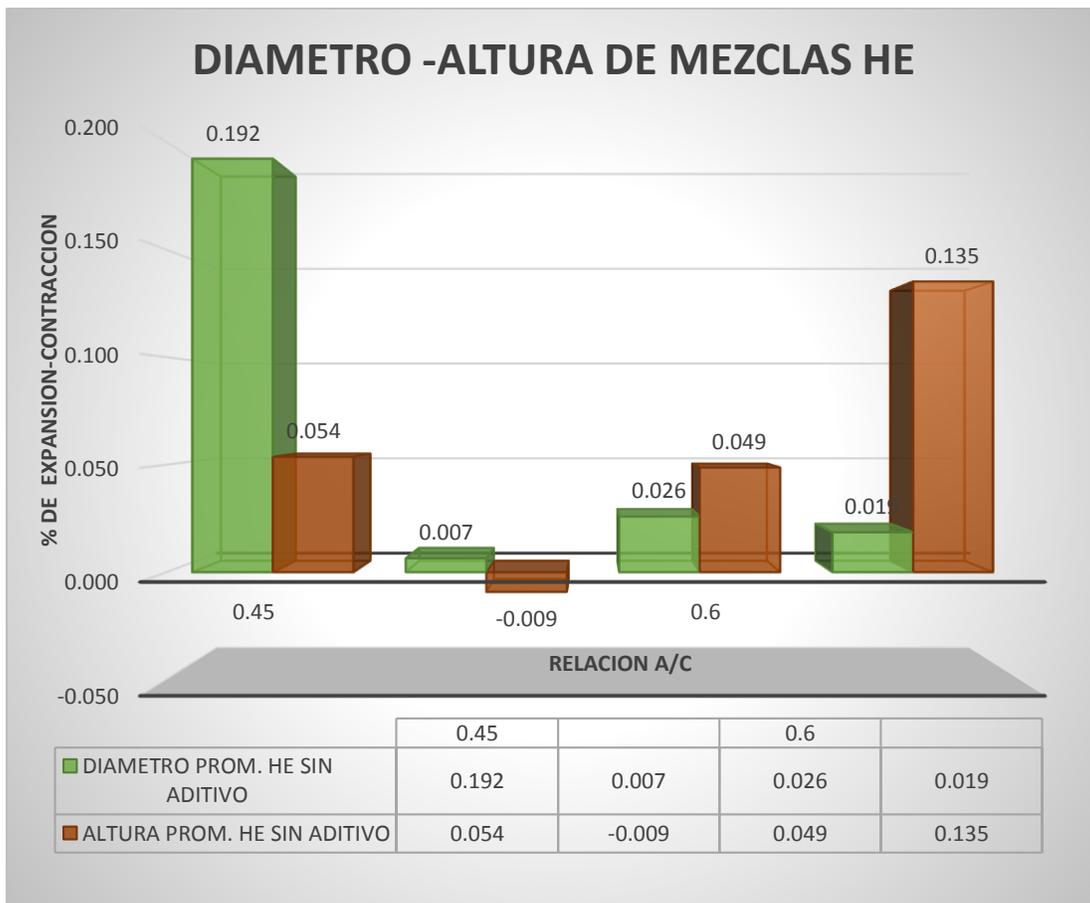
De la mezcla con cemento GU para una relación $a/c=0.60$ más aditivo inclusor de aire curado en sulfato de magnesio, se observa que el diámetro aumenta mientras la altura se contrae.



5.4.2 Especímenes con Cemento HE

A continuación se presentan los cambios en diámetro - alturas totales de cada diseño de mezcla con cemento HE los demás cálculos se encuentran en ANEXO 8

DISEÑO	A/C	DIAMETRO PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO	DESCRIPCIÓN
1	0.45	0.192	0.054	CEMENTO HE 0.45 CURADO NORMAL
		0.007	-0.009	CEMENTO HE 0.45 CURADO SULFATO
2	06	0.026	0.049	CEMENTO HE 0.60 CURADO NORMAL
		0.019	0.135	CEMENTO HE 0.60 CURADO SULFATO





ANÁLISIS DE RESULTADOS DE DIÁMETRO-ALTURA CEMENTO HE (ARI 5000)

- De la mezcla con cemento HE para una relación $a/c=0.45$ en curado normal se puede observar que tanto el diámetro como la altura aumentan durante todo el proceso, teniendo un mayor aumento el porcentaje promedio de diámetro de los cilindros (EXPANSIÓN-EXPANSIÓN)

De la mezcla con cemento HE para una relación $a/c=0.45$ en curado en sulfato de magnesio se puede observar que en este caso el diámetro aumenta mientras que la altura disminuye levemente (EXPANSIÓN-CONTRACCIÓN)

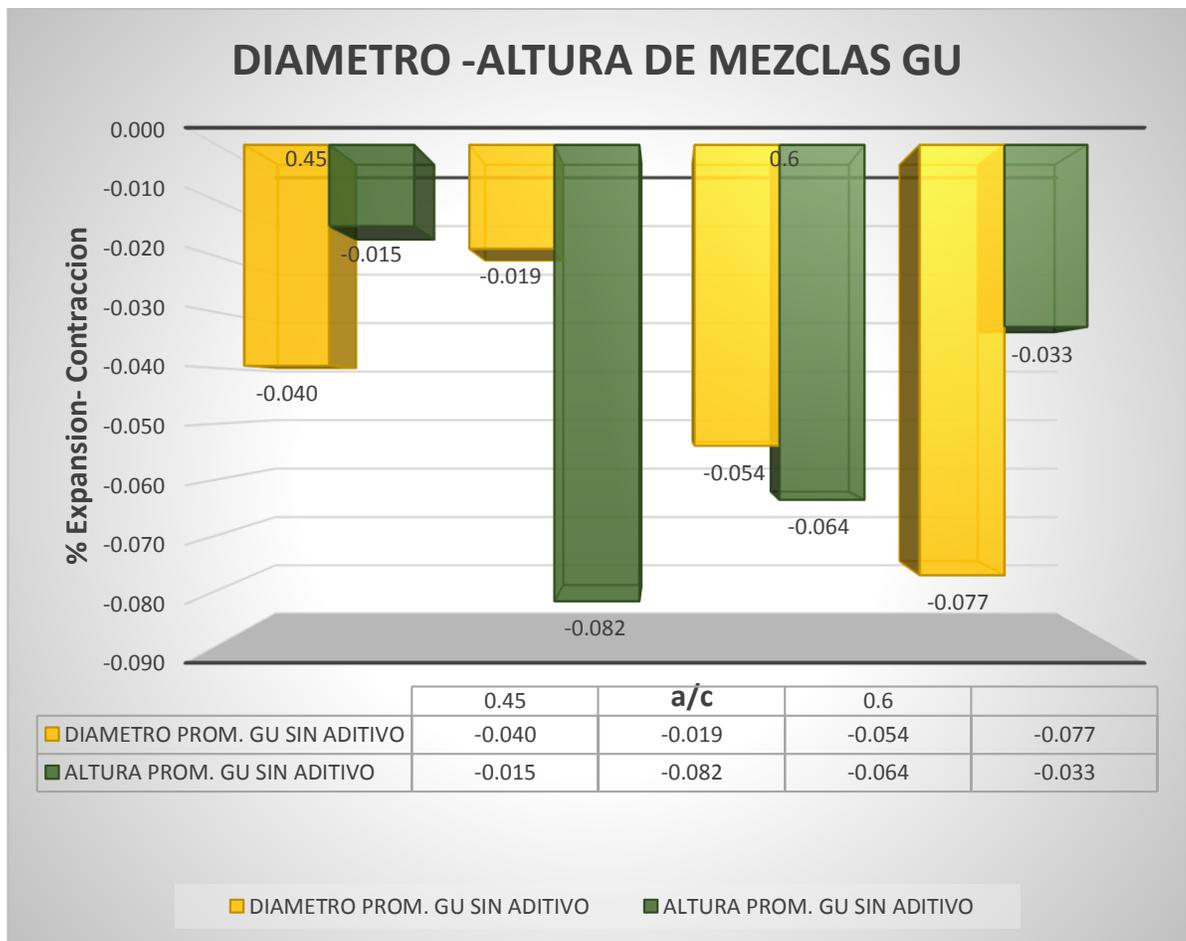
- De la mezcla con cemento GU para una relación $a/c=0.60$ en curado normal se puede observar que tanto el diámetro como la altura aumentan, sin embargo en este caso es la altura la que varía considerablemente. (EXPANSIÓN-EXPANSIÓN)
- De la mezcla con cemento HE para una relación $a/c=0.60$ en curado en sulfato de magnesio se puede observar que tanto el diámetro como la altura aumentan al igual que la mezcla anterior y de igual manera es el porcentaje de diámetro el mayor valor en expansión. (EXPANSIÓN-EXPANSIÓN)



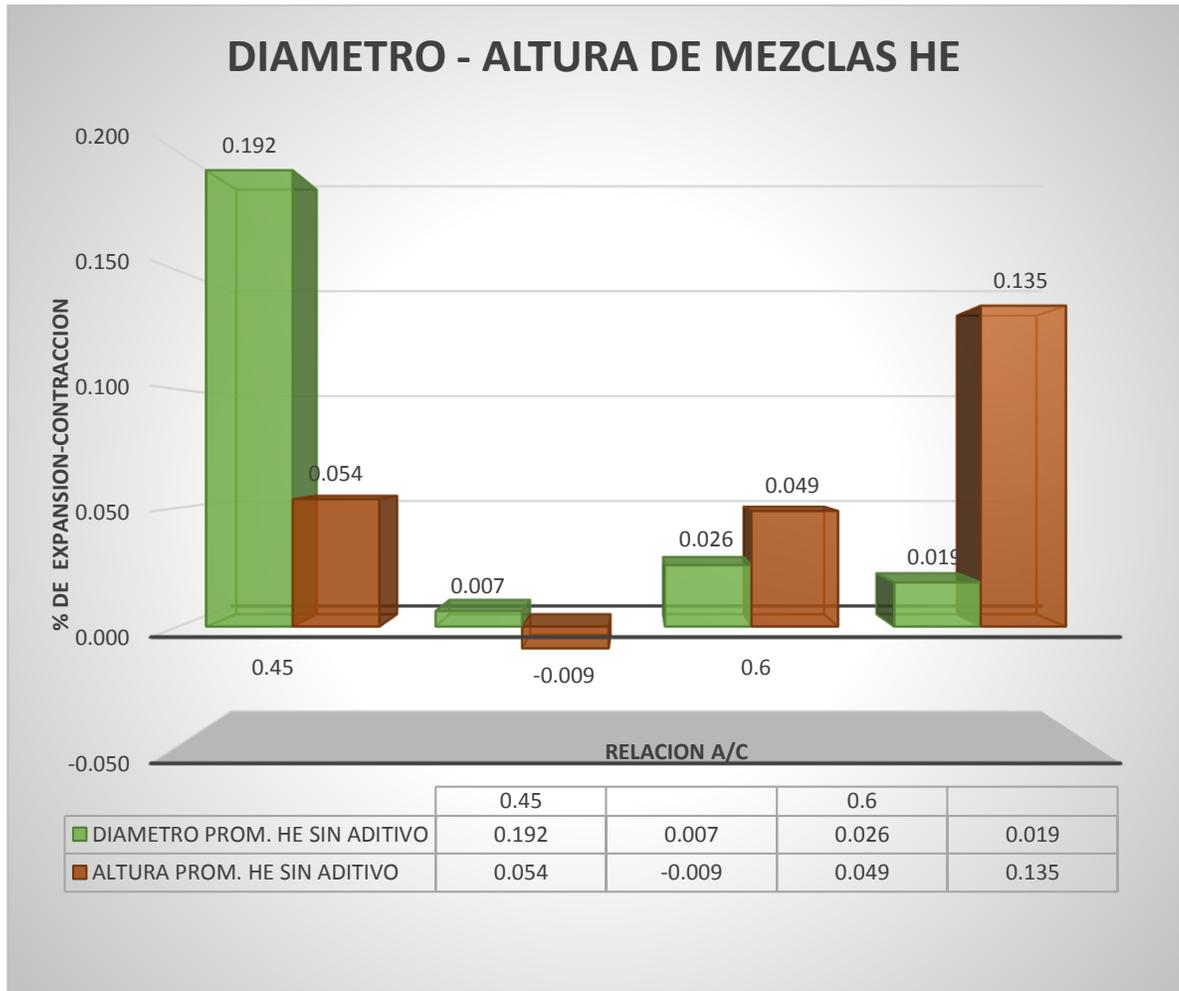
5.5 COMPARACIÓN EXPANSIÓN CEMENTOS GU – HE

Los dos tipos de cementos utilizados en la presente investigación corresponden a cemento los cementos Tipo GU –Fuerte- y Tipo HE –ARI 5000-

A continuación se demarcan las diferencias en cuanto a resultados de un concreto al utilizar un tipo de cemento respecto al otro.



***Observacion:** Las mezclas de cemento GU sin aditivo presentan una contracción tanto en diámetro como en altura*



Observación: Las mezclas de cemento HE sin aditivo presentan una expansión tanto en diámetro como en altura tanto en curado normal como con sulfato de Magnesio

✚ ANALISIS DE RESULTADOS DE DIAMETRO-ALTURA CEMENTO GU (FUERTE) vrs. HE (ARI 5000) – sin aditivo incluso de aire-

Para cemento GU

1. Para las relación a/c 0.45 en condición de curado normal se observa contracciones tanto en diámetro como en altura, sin embargo es el porcentaje



- de diámetro el de mayor contracción con 0.040% (2.7 veces mayor q 0.015 % de la altura promedio.)
2. Para las relación a/c 0.45 en condición de curado en solución de sulfato de magnesio ocurren contracciones tanto en diámetro como en altura, sin embargo es el porcentaje de altura que presenta notoriamente mayor contracción el de mayor contracción con 0.082% (4.31 veces mayor que 0.019 % de la altura promedio)
 3. Para las relación a/c 0.60 en condición de curado normal se observa que predomina el valor de contracción en el concreto tanto en diámetro como en altura, sin embargo es el porcentaje de altura el de mayor contracción con 0.064% (1.19 veces mayor que 0.054 % del diámetro promedio.)
 4. Para las relación a/c 0.60 de las contracciones presentes el porcentaje de diámetro promedio predomina sobre la altura promedio para este diseño con 0.077% (2.33 veces más que 0.033% de altura)

Para cemento HE

1. Para las relación a/c 0.45 en condición de curado normal el concreto se expande tanto en diámetro como en altura, sin embargo es el porcentaje de diámetro el de mayor expansión con 0.192% (3.56 veces mayor q 0.054 % de la altura promedio.)
2. Para las relación a/c 0.45 en condición de curado en solución de sulfato de magnesio ocurren contracciones tanto en diámetro como en altura, siendo



el porcentaje de diámetro el que presenta una expansión de 0.007% (mayor que 0.009 % de la altura promedio en contracción)

3. Para las relación a/c 0.60 en condición de curado normal se observa que predomina el valor de expansión en el concreto tanto en diámetro como en altura, sin embargo es el porcentaje de altura el de mayor expansión con 0.049% (1.88 veces mayor q 0.026 % del diámetro promedio.)
4. Para las relación a/c 0.60 de las expansiones que presento el concreto es el porcentaje de altura promedio el que predomina sobre la diámetro promedio para este diseño con 0.135% (7.10 veces más que 0.019% del diámetro promedio.)

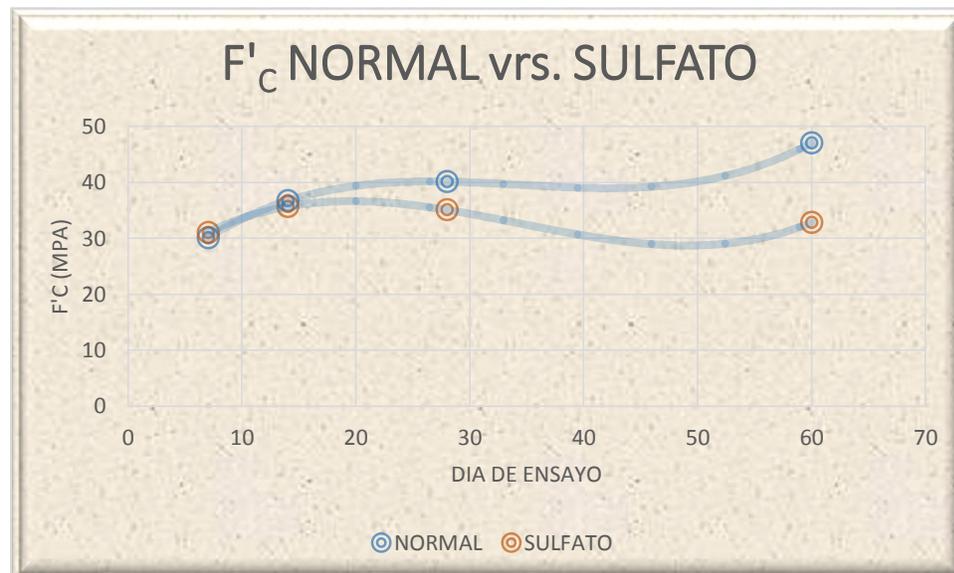


5.6 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO

5.6.1 GRÁFICAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MEZCLAS SOMETIDAS A CURADO NORMAL Y CURADO CON SULFATO ELABORADAS CON CEMENTOS GU, GU MAS ADITIVO Y HE.

GU 0.45

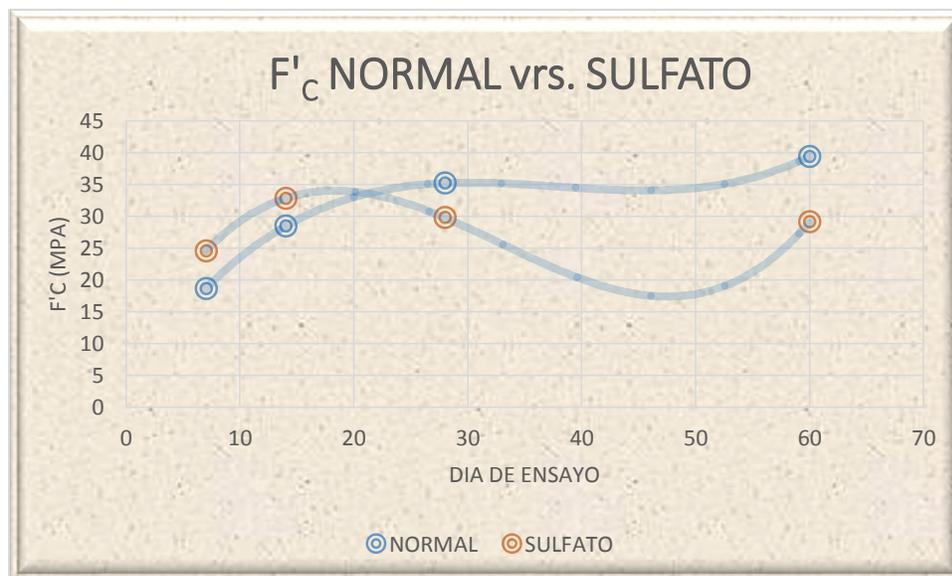
DIAS	RESISTENCIA (MPa)	
	NORMAL	SULFATO
7	30.07	31.06
14	36.68	35.67
28	40.12	35.07
60	47.05	32.78





GU más ADITIVO 0.45

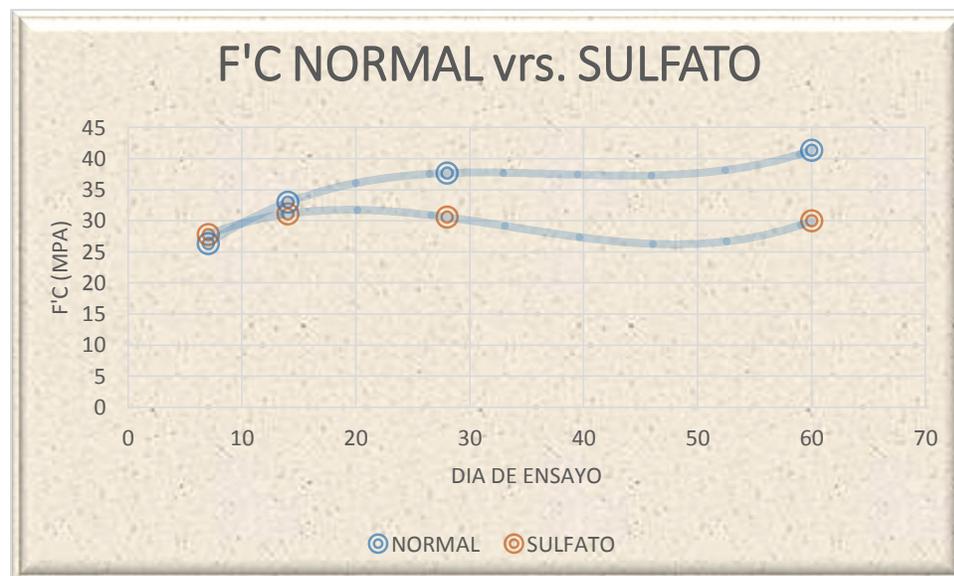
DIAS	RESISTENCIA (MPa)	
	NORMAL	SULFATO
7	18.64	24.56
14	28.42	32.81
28	35.21	29.75
60	39.40	29.08





HE 0.45

DIAS	RESISTENCIA (MPa)	
	NORMAL	SULFATO
7	26.33	27.74
14	32.93	31.10
28	37.66	30.56
60	41.32	29.96

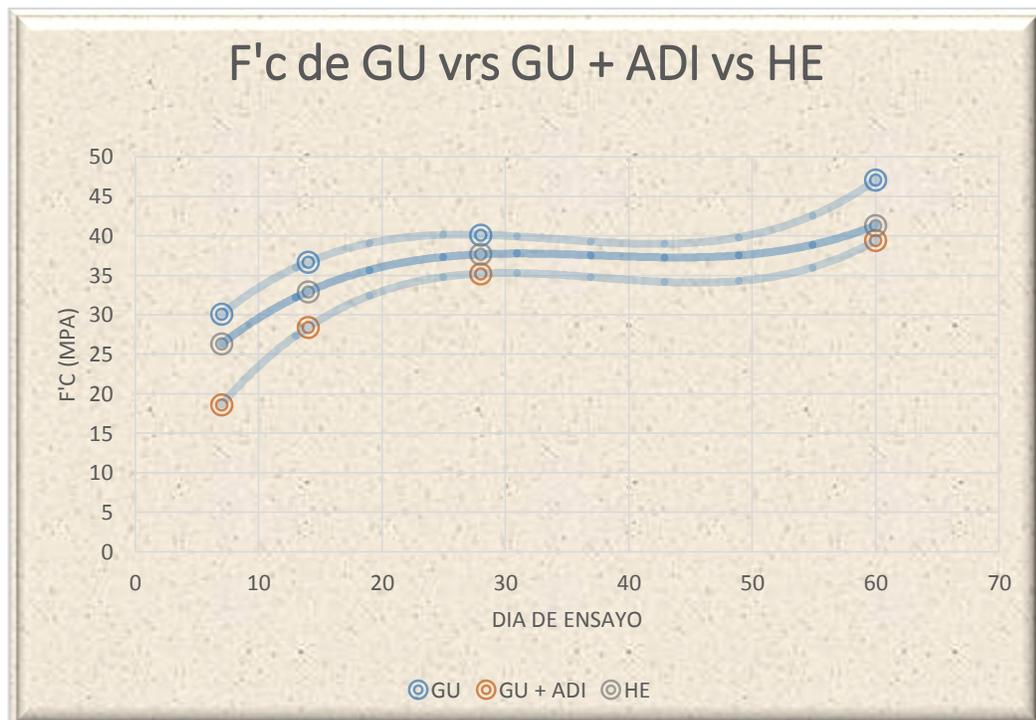




5.6.2 *GRAFICAS DE RESISTENCIAS PARA MEZCLAS CON CURADO NORMAL PARA GU, GU MAS ADITIVO Y HE.*

A/C = 0.45

DIAS	RESISTENCIA (MPa)		
	GU	GU + ADITIVO	HE
7	30.07	18.64	26.33
14	36.68	28.42	32.93
28	40.12	35.21	37.66
60	47.05	39.40	41.32

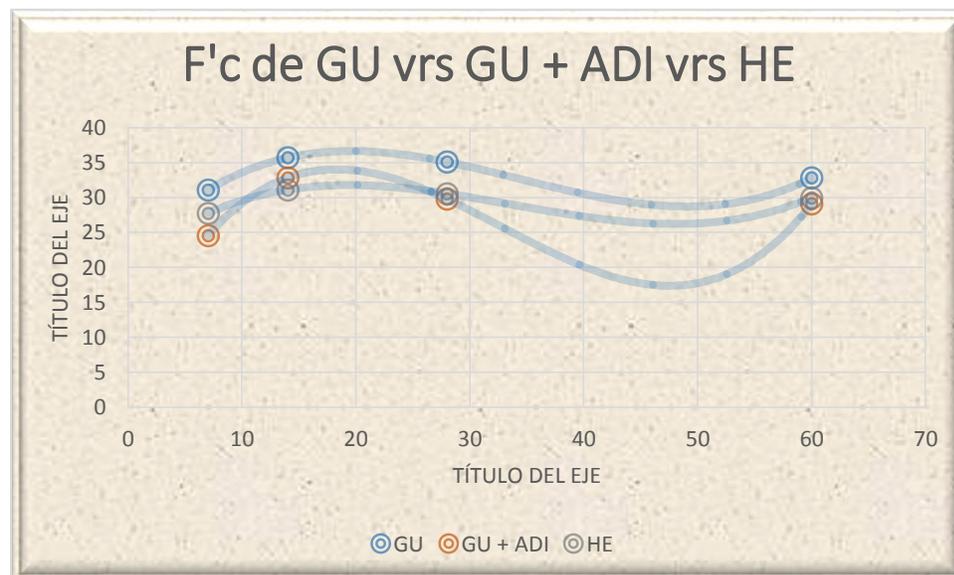




5.6.3 *GRAFICAS DE RESISTENCIAS PARA MEZCLAS CON CURADO ACELERADO POR ATAQUE DE SULFATOS PARA MEZCLA CON CEMENTOS GU, GU MAS ADITIVO Y HE.*

A/C = 0.45

DIAS	RESISTENCIA (MPa)		
	GU	GU + ADITIVO	HE
7	31.06	24.56	27.74
14	35.67	32.81	31.10
28	35.07	29.75	30.56
60	32.78	29.08	29.96

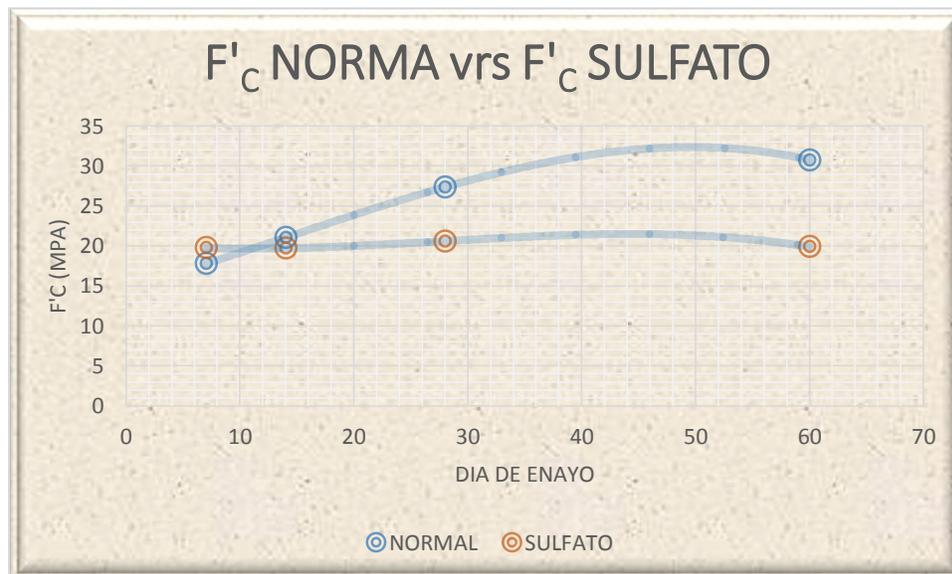




5.6.4 CURVAS DE RESISTENCIA PARA MEZCLAS CON CURADO NORMAL Y CON SULFATO

✚ GU 0.60 sin Aditivo

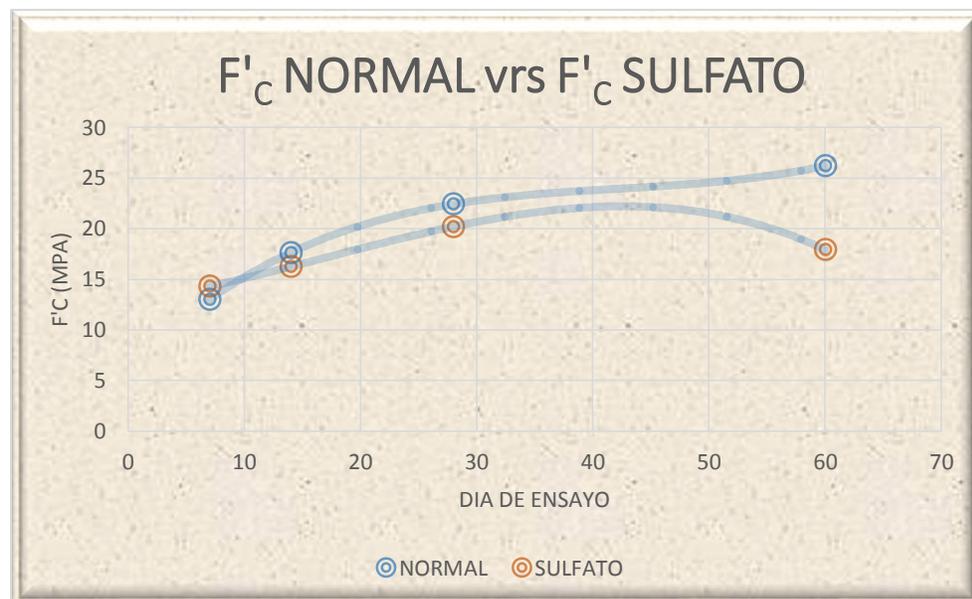
DIAS	RESISTENCIA (MPa)	
	NORMAL	SULFATO
7	17.77	19.76
14	21.04	19.71
28	27.36	20.60
60	30.76	19.89





GU más ADITIVO 0.60

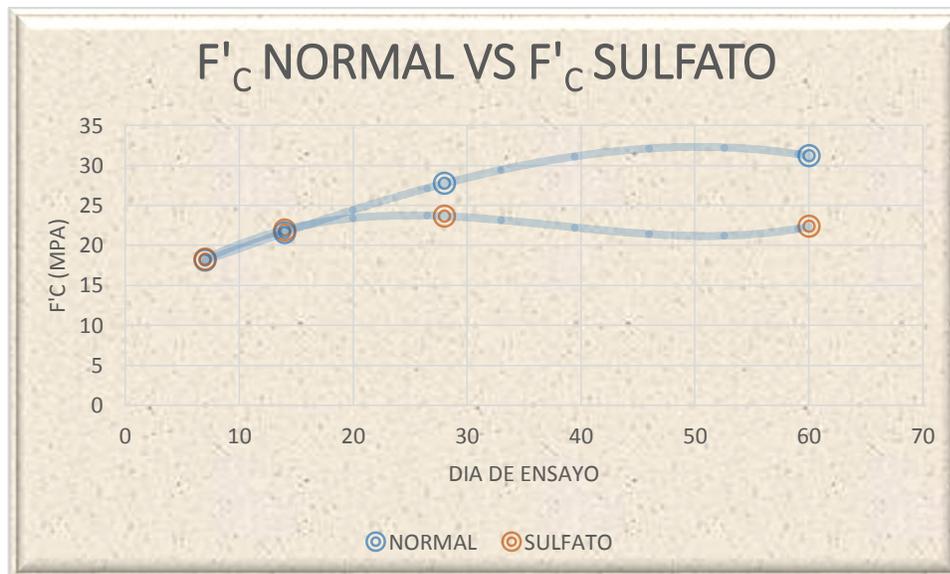
DIAS	RESISTENCIA (MPa)	
	NORMAL	SULFATO
7	13.01	14.30
14	17.63	16.25
28	22.42	20.21
60	26.21	17.93





HE 0.45

DIAS	RESISTENCIA (MPa)	
	NORMAL	SULFATO
7	18.12	18.26
14	21.61	21.95
28	27.73	23.66
60	31.20	22.35

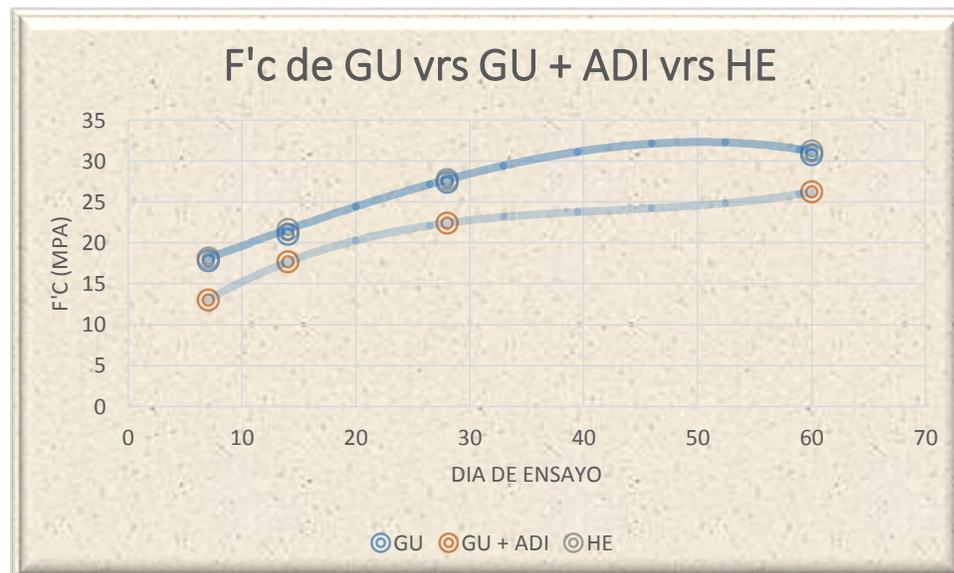




5.6.5 *GRAFICAS DE RESISTENCIAS PARA MEZCLAS CON CURADO NORMAL PARA GU, GU MAS ADITIVO Y HE.*

✚ A/C = 0.60

DIAS	RESISTENCIA (MPa)		
	GU	GU + ADITIVO	HE
7	17.77	14.30	18.12
14	21.04	16.25	21.61
28	27.36	20.21	27.73
60	30.76	17.93	31.20

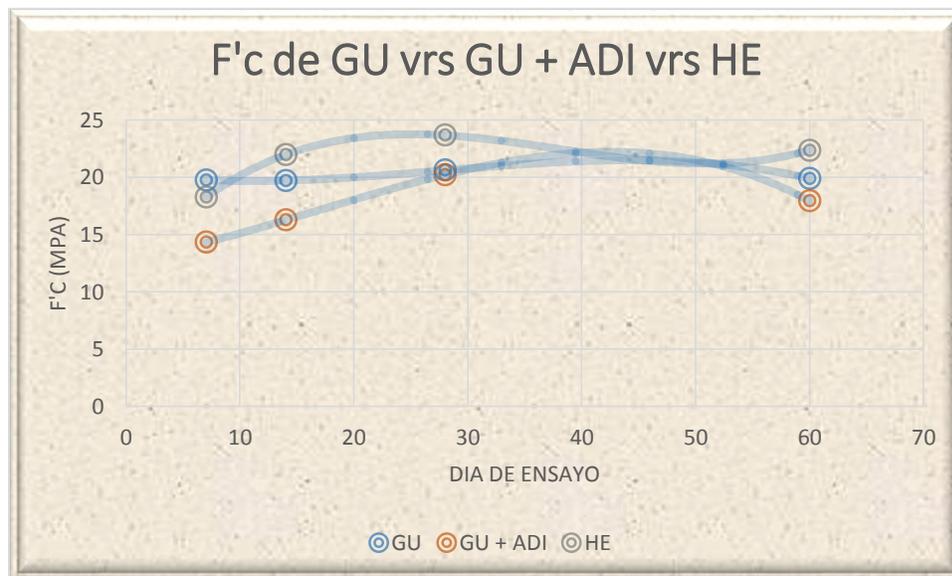




5.6.6 *GRAFICAS DE RESISTENCIAS PARA MEZCLAS CON CURADO ACELERADO POR ATAQUE DE SULFATOS PARA GU, GU MAS ADITIVO Y HE.*

 **A/C = 0.60**

DIAS	RESISTENCIA (MPa)		
	GU	GU + ADITIVO	HE
7	19.76	14.30	18.26
14	19.71	16.25	21.95
28	20.60	20.21	23.66
60	19.89	17.93	22.35





ANÁLISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS SEIS DISEÑOS DE MEZCLA.

- Para la gráfica de la mezcla con cemento GU con una relación $a/c=0.45$ se puede observar que el ataque del sulfato al concreto puede notarse a partir del día 14, donde la resistencia del concreto comienza a disminuir, ampliando cada vez más la diferencia en la resistencia según el tipo de curado.
- Para la gráfica de la mezcla con cemento GU mas ADITIVO INCLUSOR DE AIRE para una relación $a/c=0.45$, el concreto sometido ante el ataque de sulfato, presenta una ventaja en resistencia sobre el concreto curado en condiciones normales durante los primeros 14 días, luego las tendencias comienzan a invertirse y en el primer mes el concreto sometido al ataque de sulfato ha disminuido su resistencia, hasta llegar al segundo mes donde la diferencia se ha vuelto más amplia.
- Para la gráfica de la mezcla con cemento HE para una relación $a/c=0.45$ se puede observar que inicialmente ambas curvas tienen aproximadamente el mismo comportamiento, de manera que en los días 7 y 14 tienen casi la misma resistencia. El ataque del sulfato al concreto puede notarse a partir del día 14, donde la resistencia del concreto comienza a disminuir, ampliando cada vez más la diferencia hasta llegar al segundo mes.



- Para la gráfica que muestra el comportamiento en la resistencia de cada uno de los diseños con una relación A/C de 0.45, en curado normal, puede notarse una tendencia bien definida en cada caso. Haciéndose notar las mayores resistencias para el cemento GU, seguido por el HE y finalmente se encuentra el GU mas ADITIVO INCLUSOR DE AIRE.

- Para la gráfica que muestra el comportamiento en la resistencia de cada uno de los diseños con una relación A/C de 0.45, en curado acelerado ante el ataque de sulfato, puede notarse una tendencia a decrecer en la resistencia a partir del día 14, donde las resistencias más altas siempre son para el cemento GU, seguidamente está el HE y el GU mas ADITIVO INCLUSOR DE AIRE.

- Para la gráfica de la mezcla con cemento GU para una relación a/c=0.60 se puede observar al igual que en la de GU 0.45, que el ataque del sulfato al concreto puede notarse a partir del día 14, donde la resistencia del concreto comienza a disminuir, ampliando cada vez más la diferencia en la resistencia según el tipo de curado.

- Para la gráfica de la mezcla con cemento GU mas ADITIVO INCLUSOR DE AIRE para una relación a/c=0.60, el concreto sometido ante el ataque de sulfato,



presenta una ventaja en resistencia sobre el concreto curado en condiciones normales durante los primeros 7 días, luego las tendencias comienzan a invertirse y a los 14 días el concreto sometido al ataque de sulfato ha disminuido su resistencia, hasta llegar al segundo mes donde la diferencia se ha vuelto más amplia.

- Para la gráfica de la mezcla con cemento HE para una relación $a/c=0.60$ se puede observar que inicialmente ambas curvas tienen aproximadamente el mismo comportamiento, de manera que en los días 7 y 14 tienen casi la misma resistencia. El ataque del sulfato al concreto puede notarse a partir del día 14, donde la resistencia del concreto comienza a disminuir, ampliando cada vez más la diferencia hasta llegar al segundo mes.
- Para la gráfica que muestra el comportamiento en la resistencia de cada uno de los diseños para con una relación A/C de 0.60, en curado normal, puede notarse una tendencia bien definida en cada caso. Haciéndose notar una leve ventaja en la resistencia para el cemento HE sobre el GU, colocándose en último lugar el cemento GU más ADITIVO INCLUSOR DE AIRE. Esta tendencia en el comportamiento de cada una de las mezclas se mantiene desde el inicio del análisis hasta el final.



- Para la gráfica que muestra el comportamiento en la resistencia de cada uno de los diseños con una relación A/C de 0.60, en curado acelerado ante el ataque de sulfato, puede notarse una tendencia a decrecer en la resistencia a partir del primer mes, donde las resistencias más altas son para el cemento HE, ubicándose en segundo lugar el GU y por último el GU mas ADITIVO INCLUSOR DE AIRE.

Nota: Los formatos de laboratorio con la información recolectada se encuentran en el ANEXO 9



CAPITULO VI

"CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES"

A continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos dentro del proceso investigativo enmarcándose en los objetivos planteados al comienzo de la investigación. De igual manera se exponen las recomendaciones a las que como grupo hemos llegado luego de hacer un análisis a los datos obtenidos.



6.1 CONCLUSIONES

- ✚ Se necesitan periodos largos de tiempo para evaluar la durabilidad del concreto ante el ataque de sulfatos, por medio de la resistencia a la compresión, cambios de volumen y cambios de masa.
- ✚ En periodos cortos de tiempo, la resistencia a la compresión es un indicador del ataque de sulfatos en el concreto, ya que pudo notarse en todos los casos de exposición una pérdida considerable en la resistencia.
- ✚ La capacidad del concreto para soportar la acción del clima puede ser determinada por medio del ensayo de variables como lo son la resistencia a la compresión, cambios de masa, cambios de volumen y finalmente los porcentajes de expansión que ocurren, sin embargo se requiere de un período prolongado de tiempo para un análisis más detallado.
- ✚ De acuerdo a los resultados obtenidos las mezclas con cemento GU relación a-c de 0.45 y 0.60 sin aditivo sufren una contracción en cuanto a su volumen y expansión, mientras que su masa incrementa. No es correcto decir que las contracciones de estas mezclas se deben a la contracción por secado respectiva del concreto ya que únicamente dos de las 4 mezclas con cemento GU fueron ensayadas en ciclos de mojado-secado con temperatura y no resulta lógico que las otras dos mezclas también presentaran este



comportamiento por lo tanto se requiere continuar con investigación en un mayor tiempo de ensayos. Sin embargo es notoria la ganancia de masa que presentan todas mezclas ensayadas ya que en todos los diseños la masa incrementa.

- ✚ Las mezclas en las que se utilizó cemento HE relación a-c de 0.45 y 0.60 sufren deformaciones y aumentos en las variables de volumen y masa, siendo mezclas con a-c = 0.45 de menor expansión demostrando así una menor relación agua material cementante aumenta la durabilidad del concreto
- ✚ Por otra parte la mayoría de las mezclas en las que se utilizó cemento GU relación a-c de 0.45 y 0.60 con aditivo sufren deformaciones y aumentos en las dos variables volumen y masa, siendo las expansiones-contracciones características típicas del concreto atacado por sulfatos además de las pérdidas de resistencias mostradas en la investigación. No obstante se puede apreciar que al incorporar aditivo inclusor de aire "IMIAIR" al concreto si cambia las propiedades de este, disminuyendo su resistencia a la compresión pero mejorando los porcentajes de pérdida al final del periodo de análisis.
- ✚ Al utilizar aditivo inclusor de aire para mejorar el comportamiento del cemento ante el ataque del sulfato, es posible reducir el margen de pérdida de resistencia a largo plazo, mas sin embargo, este se debe utilizar en



cantidades medidas y manteniendo una relación A/C baja, ya que mientras mayor sea la concentración de este en la mezcla de concreto, menor será la resistencia alcanzada como lo muestran los resultados obtenidos.

- ✚ El cemento HE resulta ser la mejor alternativa en cuanto a resistencia ya que al final de los 60 días de análisis este presentó una pérdida en la resistencia del 27% para una relación A/C de 0.45 y del 28% para una relación A/C de 0.60.
- ✚ El cemento GU con aditivo inclusor de aire resultó ser la segunda alternativa ante este tipo de exposiciones, ya que al final de los 60 días de análisis este presentó una pérdida en la resistencia del 26% para una relación A/C de 0.45 y del 31% para una relación A/C de 0.60.
- ✚ La última alternativa a utilizar ante este tipo de exposiciones resultó ser el cemento GU sin aditivo ya que al final de los 60 días de análisis este presentó una pérdida en la resistencia del 30% para una relación A/C de 0.45 y del 35% para una relación A/C de 0.60.
- ✚ Obtener un concreto durable ante este tipo de exposiciones, resulta de la combinación óptima de diversos factores, de los cuales uno de los más importantes es mantener una relación A/C baja, ya que los porcentajes de



pérdida de resistencia resultaron ser menores en los diseños con menor relación A/C.



6.2 RECOMENDACIONES

- ✚ Continuar la investigación para períodos más largos de tiempo y así ampliar información sobre el comportamiento de las mezclas de concreto cuando es atacado por sulfatos por ser un deterioro lento y progresivo.

- ✚ Durante el trabajo de laboratorio para la elaboración de los cilindros de concreto, es necesario que una sola persona la que realice el varillado de la mezcla de concreto en los moldes, tal y como lo recomiendan las normas ASTM en donde se define esto como "unilaboratorio", al ser una sola persona la que suministra energía de compactación al concreto en estado fresco para no tener demasiadas variaciones en los resultados obtenidos

- ✚ Hacer una investigación con estas mismas variables, pero con agregados y cementos diferentes de a zona oriental del país, para establecer las similitudes/diferencias entre los resultados de cada investigación.

- ✚ Es necesario tener un conocimiento básico a cerca de los diferentes tipos de cementos que existen en nuestro país, así como sus características y comportamiento al estar expuesto ante diferentes agentes dañinos que pudiesen afectar su durabilidad.



- ✚ En el diseño de toda infraestructura de concreto, es necesario considerar que no se debe tomar como único requisito, que el concreto cumpla con una resistencia específica a los 28 días; sino también que esta sea capaz de mantener sus propiedades inalterables durante el período para el cual ha sido diseñada.

- ✚ Cada vez que se diseñe una estructura de concreto, se debe mantener una relación A/C lo más baja posible, ya que esto garantizará una reducción considerable en el número de vacíos del concreto, por lo cual será menos permeable y menos susceptible a sufrir daños provocados por los sulfatos o cualquier otro químico presente en el ambiente natural.

- ✚ Realizar otra investigación en el área del ataque de los sulfatos al concreto, en la cual se analicen los demás cementos existentes en nuestro país, para así saber cómo es su comportamiento ante este tipo de exposiciones.

- ✚ Realizar otra investigación, donde se compare el comportamiento de mezclas de concreto, elaboradas utilizando aditivos inclusores de aire y reductores de agua, para analizar su comportamiento y observar cual resulta ser el idóneo de utilizar en este tipo de exposiciones.



- ✚ Considerar otros parámetros de medición aparte de la resistencia a la compresión, cambios de masa, volumen y expansión, los cuales reflejen el ataque de los sulfatos en el concreto.

- ✚ Al proyectar una nueva estructura de concreto, es necesario conocer las condiciones ambientales a las que estará expuesta durante su período de vida útil, ya que esto condicionará la vida útil de la misma.



BIBLIOGRAFIA

❖ TESIS

Alvarado F, Selvin; Guzmán R, Nelson; Henríquez T, Geovany Eugenio, 2009, *"Comportamiento Del Concreto En Climas Tropicales Para Las Principales Zonas De El Salvador"*, Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente, San Salvador.

Garzón Pire William, 2013, *"Estudio De Durabilidad Al Ataque De Sulfatos Del Concreto Con Agregado Reciclado"*, Tesis para Maestría en Construcción, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

García M. Wilbert; Hernández M. Juan; Menéndez A, Marjory Cristabel, 2011, *"Estudio técnico de la goma triturada como agregado en el diseño de Mezclas de concreto y mortero tipo M y S para obras civiles"*, Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador FMO. San Miguel

Gilberto A. Quirós, R. M. (2010). *Evaluación del efecto del ataque de sulfato sobre concreto, mediante la técnica de velocidad de pulso ultrasónico (VPU)*. Colombia: Universidad Industrial de Santander.

Aparicio V. Alberto Antonio; Rivera R, Gilberto Antonio; Rodríguez G. Magdiel, 2009, *"Estudio Exploratorio De Diseño De Mezclas De Peso Normal Y Mortero Tipo M Y S Usando Vidrio Reciclado Como Agregado"*, Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador FMO. San Miguel

Cáder Valencia, Gustavo Alexander, 2012, *"Adaptación Del Método De Diseño De Mezclas De Concreto Según ACI 211.1 Utilizando Los Tipos De Cemento ASTM C-1157 Tipo GU Y ASTM C-1157 Tipo HE"*, Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente, San Salvador.



❖ **NORMAS**

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS)

ASTM C-33 (2003) *Especificación Normalizada para Agregados para Concreto.*

ASTM C-39 (2003) *Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.*

ASTM C-88 (1999) *Solidez del Agregados por uso de sulfato de sodio o sulfato de Magnesio*

ASTM C-94(2004) *Especificación Normalizada para Concreto Premezclado.*

ASTM C-114 (2004) *Método de Ensayo para Análisis Químico del Cemento Hidráulico.*

ASTM C-136 (2001) *Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos.*

ASTM C-143 (2003) *Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico.*

ASTM C-150 (2004) *Especificación Normalizada para Cemento Portland*

ASTM C-186 (1998) *Método Estándar de Ensayo para Hidratación del Cemento Hidráulico.*

ASTM C-192 (2002) *Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Concreto para Ensayo en Laboratorio.*

ASTM C-470 (2002) *Especificación Estándar para Moldes para Encofrado Vertical de Cilindros de Concreto.*

ASTM C-260. (2001) *Especificación Estándar de Aditivo con aire incluido para Concretos*

ASTMC-684. (1999). *Elaboración, Curado acelerado y prueba de compresión a especímenes de concreto.*

ASTM C-702 (1998) *Practica Estándar para Reducción de las Muestras de Agregado a*



Tamaños de Prueba.

ASTM C-845 (1996) *Especificación Normalizada para Cemento Hidráulico Expansivo.*

ASTM C-873 (1999) *Método de Prueba Estándar para Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto Colados In Situ en Moldes Cilíndricos.*

ASTM C-1064 (2003) *Método de Ensayo Normalizado de Temperatura de Concreto de Cemento Hidráulico recién Mezclado.*

ASTM C-1012. (2004). *Método de prueba estándar para el cambio en la longitud de los morteros de cemento hidráulico expuesto a una solución de sulfato, 2.*

ASTM C-1157 *Especificación Normalizada de Desempeño para Cemento Hidráulico.*

ASTM C-1602 *Especificación para el Agua de Mezcla Utilizada en la Fabricación de Concreto de Cemento Hidráulico.*

❖ **REGLAMENTOS**

ACI 318 -2011 AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (CAPÍTULOS IV Y V)

ACI 211.1 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR EL PROPORCIONAMIENTO DEL CONCRETO DE PESO NORMAL Y PESO DENSO.

ACI 214.R-02 EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO



ANEXOS



ANEXO 1: CARTAS DE SOLICITUD DE COLABORACION

Ing. González
Director Ejecutivo

Viernes 29 de mayo del 2015

Ing. Rafael Alejandro González Magaña
Director Ejecutivo de Fundación ISCYC
Reciba un cordial saludo de nuestra parte.



Nuevamente por este medio nos dirigimos a usted agradecido por el apoyo recibido por parte de la Fundación hasta el día de hoy.

Luego de haber recibido respuesta por parte del Ing. Marlon Sánchez respecto al préstamo de los 18 moldes cilíndricos de 10x20cm, para el desarrollo de la parte experimental de nuestra tesis de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, que se titula: "Evaluación de la durabilidad de mezclas de concreto hidráulico elaboradas utilizando cemento bajo la norma ASTM C-1157 tipo GU (Fuerte), sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos". Decirle que como grupo esperamos contar con dichos moldes por un periodo aproximado de tres semanas, a partir del momento en que contemos con todos los materiales necesarios para la elaboración de la mezclas de concreto hidráulico. De momento, si todo sale como esperamos, estaríamos comenzando a elaborar las mezclas de concreto hidráulico el día martes 2 de junio y esperamos hacer la devolución de dichos moldes el viernes 19 de junio. La razón de las tres semanas es por la limitante que tenemos en cuanto a la cantidad de hornos disponibles para la parte de secado de los cilindros, por ello será necesario realizar las mezclas de concreto hidráulico en semanas distintas (semana 1, se harán dos mezclas y semana 3 las dos restantes), esto para poder contar con suficiente espacio en los hornos para los cilindros ya que en la semana 3 se habrán reventado los de 3, 7 y 14 días lo cual nos dará un margen suficiente para poder trabajar y llevar a cabo los ciclos de mojado y secado sin mayor dificultad. Por nuestra parte nos comprometemos a cuidarlos y entregarlos en las mismas condiciones en que nos sean dados, conscientes de lo valioso que son en el desarrollo de nuestra investigación.

Agradeciendo su atención y colaboración, nos suscribimos a usted:

Atte.

Br. Kathya Seneyda Paiz Urrutia DUI: 04202611-11
Br. Lilian Marcela Salmerón Vigil DUI: 04725889-8
Br. Williams Omar Benítez Andrade DUI: 04408755-7

F.
F.
F.

F.

Ing. Juan Antonio Granillo

Jefe del depto. de Ingeniería y Arquitectura



OK. G. procede a hacer documento de entrega



Antiguo Cuscatlán, 01 de Junio de 2015.

Promedio del presente se hace entrega de 18 moldes cilíndricos de 10x12²⁰ cm a los alumnos (4 x 8 pulg)

- Kathy Paiz
- Lilian Salmeron
- Willians Benítez

De la *Universidad de El Salvador, Facultad multidisciplinaria Oriental*. Empleados para el trabajo de graduación: "Evaluación de la durabilidad de mezclas de concreto hidráulico elaboradas utilizando cemento bajo norma ASTM C-1157 tipo GU (Fuerte), sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos".

Durante un periodo de préstamo de tres (3) semanas, siendo el día de devolución el: viernes 19 de Junio de 2015.

3 bolsas (GU) fuerte
1 bolsa HE ARI

Entregado

Recibido de conforme:

Julio Hdez
Lab ISCYC
01-06-15



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



Estimado Ingeniero: Román Zabala

Reciba un cordial saludo de nuestra parte.

El motivo de la presente es para solicitar la colaboración de la empresa MZ CONSULTORES, en el sentido de colaborar en el proceso de investigación del trabajo de graduación de la Universidad de El Salvador, que se titula *"Evaluación de la durabilidad de mezclas de concreto hidráulico elaboradas utilizando cemento hidráulico tipo GU bajo la norma ASTM C 1157, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos."*

La colaboración solicitada consiste en: prestar las instalaciones de su laboratorio y de su equipo para realizar los ensayos necesarios para la caracterización del agregado fino y grueso.

Considerando que en este momento las instalaciones del laboratorio y el estado del equipo necesario para estos ensayos no se encuentran en las mejores condiciones, por ello consideramos sumamente valiosa su colaboración y apoyo para tal fin.

Agradeciendo su atención y respuesta, nos despedimos de usted.

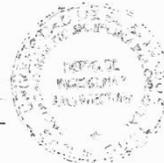
Atte.

Br. Willians Omar Benitez Andrade

Br. Kathya Seneida Paiz Urrutia

Br. Lilian Marcela Salmerón Vigil

Ing. Juan Antonio Granillo.



Jefe del depto. de Ing. Y Arq.

ANEXO 2:FICHA TECNICA CEMENTO TIPO GU



Cemento Holcim Fuerte
CESSA Portland para uso general

Holcim Fuerte - CESSA Portland es el cemento de mayor uso y tradición en la construcción de El Salvador.

Por sus componentes, se utiliza para la elaboración de mezclas de concreto estructural en zapatas, soleras de fundación, columnas, vigas, entrepisos, nervios, etc. Además, pueden elaborarse mezclas para mortero, suelo cemento convencional y suelo cemento fluido, entre otros.



Presentación del producto:
Cemento empaquetado
en bolsas de 42.5 kg
y a granel.



Holcim El Salvador S.A. de C.V.
Calle Holcim y Av. El Espino, Madre Selva,
Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.
Tel.: (503) 2507-8888 Fax: (503) 2505-0070
www.holcim.com.sv



**Cemento
Holcim
Fuerte**

Holcim

Fuerte
CESSA Portland uso general
Norma ASTM C1157 Tipo GU

Nuestro Cemento... Calidad Mundial

42.5 kg

Cemento para uso general



Nuestro Cemento... Calidad Mundial





Características:

Holcim Fuerte es un cemento hidráulico para uso general, el cual posee la misma composición del cemento tipo I, pero con la adición de **puzolona y caliza activada** en proporciones específicas en la molienda final.

Este cemento alcanza resistencias mayores a los 4200 psi a los 28 días, por lo que es recomendado para cualquier tipo de uso en las construcciones en general.

Fabricado con base en la norma ASTM C 1157 tipo GU (GU=uso general). Disponible en bolsas de 42.5 kg y a granel.

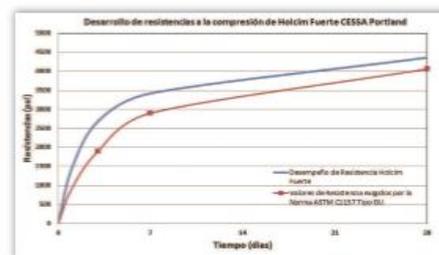
Usos:

Puede ser utilizado para la fabricación de concretos estructurales en zapatas, soleras de fundación, columnas, vigas, losas, nervios, etc. También en la elaboración de morteros, suelo cemento convencional y suelo cemento fluido, entre otros.

Otros usos especiales:

Este es un cemento puzolánico con características de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.

Cemento para uso general



Nuestro Cemento... Calidad Mundial



ANEXO 3:FICHA TECNICA CEMENTO TIPO HE



Cemento Holcim CESSA A.R.I. 5000

Para uso industrial

Holcim CESSA A.R.I. 5000 es el cemento ideal para la elaboración de productos prefabricados y estructuras moldeadas como bloques, postes, tubos, viviendas de concreto, puentes, pasos a desnivel, edificios, bóvedas, entre otros. También es ideal para la fabricación de concretos estructurales con alta resistencia a edades tempranas. Su uso está aprobado por el ACI 318.



*Presentación del producto:
Cemento empacado
en bolsas de 42.5 kg
y a granel.*



Holcim El Salvador S.A. de C.V.
Calle Holcim y Av. El Espino, Madreselva,
Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.
Tel.: (503) 2507-8888 Fax: (503) 2505-0070
www.holcim.com.sv

Cemento
Holcim CESSA
A.R.I. 5000

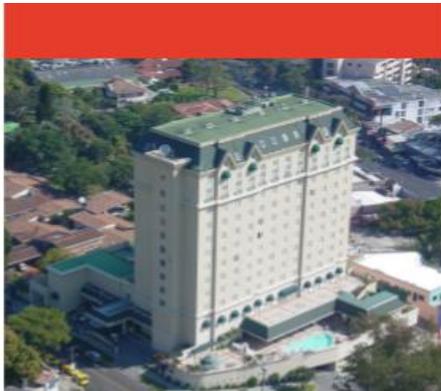


Para uso industrial



Nuestro Cemento... Calidad Mundial





Características:

Holcim CESSA A.R.I. 5000 (alta resistencia inicial) es un cemento hidráulico que alcanza resistencias promedio mayores a los 3500 psi a los 3 días y 5600 psi a los 28 días, por lo que es recomendable para la elaboración de productos prefabricados, estructuras de concreto moldeadas y concreto premezclado. Las características de los componentes de este producto permiten alcanzar altas resistencias a edades tempranas con un tiempo de fraguado más acelerado, al utilizar una adecuada relación agua/cemento.

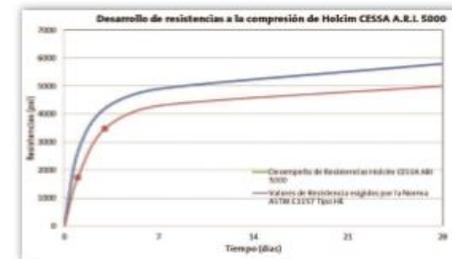
Fabricado con base en la norma ASTM C 1157 tipo HE (HE= alta resistencia a edades tempranas). Disponible en bolsas de 42.5 kg y a granel.

Usos:

Holcim CESSA A.R.I. 5000 es recomendable para la fabricación de productos prefabricados y estructuras moldeadas como vigas, bloques, postes, tubos, adoquines, ladrillos, puentes, edificios, pilas, planchas, etc.

También puede ser utilizado en la construcción de casas de concreto. En este caso, la reutilización del molde es vital en la velocidad del proceso constructivo. El cemento A.R.I. 5000 es ideal para la elaboración de concreto premezclado y la producción de concretos estructurales y concretos de alto desempeño por su alta resistencia a edades tempranas. Su uso está aprobado por el ACI 318.

Para uso industrial



Nuestro Cemento... Calidad Mundial





ANEXO 4: RESULTADOS DE ENSAYOS DE AGREGADOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION ASTM C-127	
AGREGADO GRUESO	
PROYECTO	: <i>Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos</i>
UBICACIÓN CANTERA	: <u>La Hulera, Usulután</u>
TIPO DE MUESTRA	: <u>Grava</u>
FECHA DE MUESTREO	: <u>03 de junio de 2015</u>
FECHA DE ENSAYO	: <u>09 de junio de 2015</u>
LABORATORISTAS	<u>Benitez Andrade, Willians Omar</u> <u>Paiz Urrutia, Kathya Senevda</u> <u>Salmeron Vigil, Lilian Marcela</u>
HOJA DE LABORATORIO	
MUESTRA No 1	
MASA SATURADA, W _{sss} + TARA	1096.20
MASA SATURADA, W _{sss} (g)	1000.00
MASA TARA SUMERGIDA (g)	828.60
MASA APARENTE + TARA SUM. (g)	1465.05
MASA APARENTE	636.45
MASA TARA (g)	96.20
MASA SECA, W _{seca} + TARA (g)	1081.60
MASA SECA, W _{seca} (g)	985.40
AGUA (g)	
ABSORCION (%)	1.48
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	2.71
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS	2.75



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION ASTM C-128
 AGREGADO FINO

PROYECTO : *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA : Río Jiboa

TIPO DE MUESTRA : Arena

FECHA DE MUESTREO : 04 de junio de 2015

FECHA DE ENSAYO : 09 de junio de 2015

LABORATORISTAS : Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

HOJA DE LABORATORIO

MUESTRA No 1	
MASA PICNOMETRO + AGUA	1169.00
MASA SATURADA, W _{ss} (g)	500.00
MASA PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA	1469.00
MASA PICNOMETRO	
MASA SECA, W _{seca} (g)	479.00
MASA TARA (g)	96.00
AGUA (g)	
ABSORCION (%)	4.38
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	2.40
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS	2.50



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM C-136
 AGREGADO GRUESO

PROYECTO : *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA : La Hulera, Usulután

TIPO DE MUESTRA : Grava

FECHA DE MUESTREO : 03 de junio de 2015

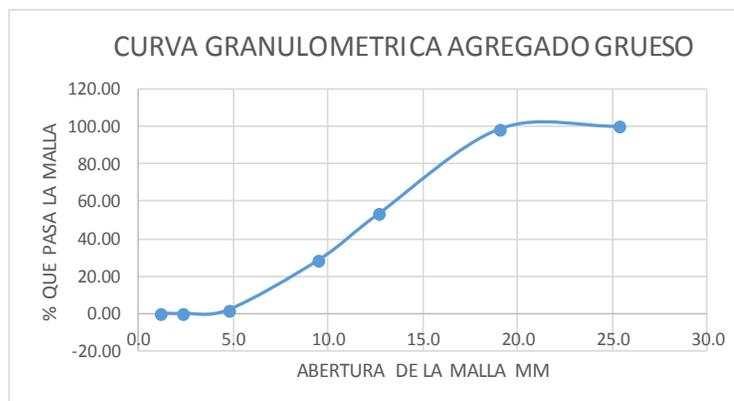
FECHA DE ENSAYO : 08 de junio de 2015

LABORATORISTAS : Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

HOJA DE LABORATORIO

MASA TARA (g) : 150.35
 MASA TARA + MUESTRA (g) : 2650.35
 MASA MUESTRA (g) : 2500

MALLA	MAT. RETENIDO PARCIAL (g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA LA MALLA	OBSERVACIONES
1"	0.0	0.00	0.00	100.00	CUMPLE
3/4"	30.71	1.23	1.23	98.77	CUMPLE
1/2"	1133.48	45.34	46.57	53.43	CUMPLE
3/8"	620.17	24.81	71.38	28.62	CUMPLE
4	666.29	26.65	98.03	1.97	CUMPLE
8	46.55	1.86	99.89	0.11	CUMPLE
16	0.4	0.02	99.91	0.09	CUMPLE
FONDO	2.4	0.09	100.00	0.00	
SUMAS	2500.0				





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM C-136
 AGREGADO FINO

PROYECTO : *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN : Río Iboá

TIPO DE MUESTRA : Arena

FECHA DE MUESTREO : 04 de junio de 2015

FECHA DE ENSAYO : 08 de junio de 2015

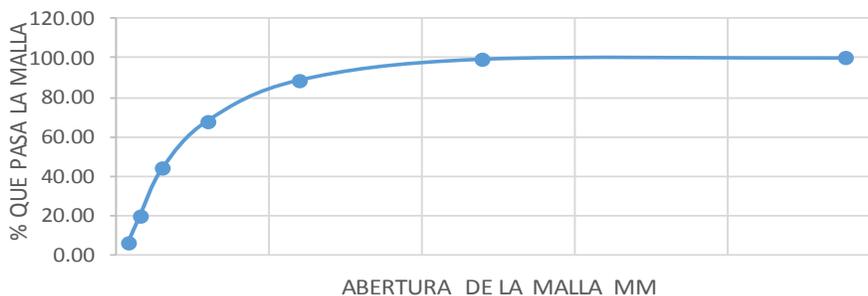
LABORATORISTAS : Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

HOJA DE LABORATORIO

MASA TARA (g) : 175
 MASA TARA + MUESTRA (g) : 970
 MASA MUESTRA (g) : 795

MALLA	MAT. RETENIDO PARCIAL (g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA LA MALLA	OBSERVACIONES
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.00	CUMPLE
4	5.3	0.67	0.67	99.33	CUMPLE
8	84.7	10.65	11.32	88.68	CUMPLE
16	162.6	20.45	31.77	68.23	CUMPLE
30	192.4	24.20	55.97	44.03	CUMPLE
50	194.8	24.50	80.48	19.52	CUMPLE
100	103.2	12.98	93.46	6.54	CUMPLE
FONDO	52	6.54	100.00	0.00	
SUMAS	795.0				

CURVA GRANULOMETRICA AGREGADO FINO



MF = 2.74



✓ **ASTM C-29 MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DENSIDAD APARENTE (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN EL AGREGADO**

AGREGADOS GRUESOS

Calibración del recipiente de medición

$$V = W / \rho(^{\circ}T)w, \text{ para } 29.4 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ ----} \rightarrow \rho_w = 995.83$$

$$V_1 = 0.00699$$

$$V_2 = 0.00698$$

$$V_3 = 0.00699$$

$$V_{\text{prom}} = 0.00699$$

DESCRIPCION	UNIDAD	1	2	3
ID del molde	***	1	2	3
peso del molde	kg	2.961	2.961	2.961
peso del molde + agua	kg	9.919	9.915	9.929
peso del agua	kg	6.958	6.954	6.968
temperatura	oC	29.4	29.4	29.4

PVS

DESCRIPCION	UNIDAD	1	2	3
ID del molde	***	1	2	3
peso del molde T	kg	2.961	2.961	2.961
peso del molde + grava	kg	12.695	12.745	12.606
peso de grava	kg	9.734	9.784	9.645
vol promedio del molde	m3	0.00699	0.00699	0.00699

$$PVS_1 = 9.734 / 0.00699 = 1392.56 \text{ KG/M}^3$$

$$PVS_2 = 9.784 / 0.00699 = 1399.71 \text{ KG/M}^3$$

$$PVS_3 = 9.645 / 0.00699 = 1379.83 \text{ KG/M}^3$$

$$PVS_{\text{prom}} = 1390.7 \text{ KG/M}^3$$

$$S = \frac{((1392.56 - 1390.7)^2 + (1399.71 - 1390.7)^2 + (1379.83 - 1390.7)^2)^{1/2}}{(3 - 1)^{1/2}}$$

$$S = 10.07 < 14 \text{ KG/M}^3 \quad \text{OK.}$$



PVV

	UNIDAD	1	2	3
peso del molde + grava	kg	13.745	13.707	13.822
peso de grava	kg	10.784	10.746	10.861

$$PVV1 = 10.784/0.00699 = 1542.78\text{KG/M}^3$$

$$PVV2 = 10.746/0.00699 = 1537.34\text{KG/M}^3$$

$$PVV3 = 10.861/0.00699 = 1553.79\text{KG/M}^3$$

PVV prom = 1544.64 KG/M ³

$$S = \frac{((1542.78 - 1544.64)^2 + (1537.34 - 1544.64)^2 + (1553.79 - 1544.64)^2)^{1/2}}{(3 - 1)^{1/2}}$$

$$S = 8.38 < 14\text{KG/M}^3 \quad \text{OK.}$$



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



PESO VOLUMETRICO ASTM C-29

AGREGADO GRUESO

PROYECTO : *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA : La Hulera, Usulután
 TIPO DE MUESTRA : Grava
 FECHA DE MUESTREO : 03 de junio de 2015
 FECHA DE ENSAYO : 10 de junio de 2015
 LABORATORISTAS : Benitez Andrade, Williams Omar
 Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
 Salmeron Vigil, Lilian Marcela

HOJA DE LABORATORIO

PESO SUELTO		PESO VARILLADO	
A. MASA RECIPIENTE VACIO (kg)	2.96	A. MASA RECIPIENTE VACIO (kg)	2.96
B. VOLUMEN RECIPIENTE (M3)	0.00699	B. VOLUMEN RECIPIENTE (M3)	0.00699
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1	12.695	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1	13.75
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2	12.745	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2	13.71
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3	12.606	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3	13.82
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO	12.682	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO	13.76
C. MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO	9.721	C. MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO	10.80

PESO VOLUMETRICO (kg/m3)	1390.70	PESO VOLUMETRICO (kg/m3)	1544.64
--------------------------	---------	--------------------------	---------

S = 10.07 < 14KG/M3 OK.

S = 8.38 < 14KG/M3 OK.



AGREGADOS FINOS

Calibración del recipiente de medición

$$V = W / \rho(oT)w, \text{ para } 29 \text{ oC} \text{ ----> } \rho_w = 996.02$$

$$V1 = 0.0028$$

$$V2 = 0.0028$$

$$V3 = 0.0028$$

$$V_{prom} = 0.0028$$

DESCRIPCION	UNIDAD	1	2	3
ID del molde	***	1	2	3
peso del molde	kg	1.735	1.735	1.735
peso del molde + agua	kg	4.573	4.566	4.57
peso del agua	kg	2.838	2.831	2.835
temperatura	oC	29	29	29

PVS

DESCRIPCION	UNIDAD	1	2	3
ID del molde	***	1	2	3
peso del molde T	kg	1.735	1.735	1.735
peso del molde + arena	kg	5.675	5.698	5.698
peso de arena	kg	3.94	3.963	3.963
vol promedio del molde	m3	0.0028	0.0028	0.0028

$$PVS1 = 3.94 / 0.0028 = 1407.14 \text{ KG/M}^3$$

$$PVS2 = 3.963 / 0.0028 = 1415.36 \text{ KG/M}^3$$

$$PVS3 = 3.963 / 0.0028 = 1415.36 \text{ KG/M}^3$$

$PVS_{prom} = 1412.62 \text{ KG/M}^3$

$$S = \frac{((1407.14 - 1412.62)^2 + (1415.36 - 1412.62)^2 + (1415.36 - 1412.62)^2)^{1/2}}{(3 - 1)^{1/2}}$$

$$S = 4.74 < 14 \text{ KG/M}^3 \quad \text{OK.}$$

PVV

	UNIDAD	1	2	3
peso del molde + arena	kg	6.159	6.177	6.197
peso de arena	kg	4.424	4.442	4.462
peso seco de arena	kg	4.3	4.31	4.33



$$PVV1 = 4.30/0.00288 = 1535.71\text{KG/M}^3$$

$$PVV2 = 4.31/0.00288 = 1539.29\text{KG/M}^3$$

$$PVV3 = 4.33/0.00288 = 1546.43\text{KG/M}^3$$

$PVV \text{ prom} = 1540.48 \text{ KG/M}^3$

$$S = \frac{((1535.71 - 1540.48)^2 + (1539.29 - 1540.48)^2 + (1546.43 - 1540.48)^2)^{1/2}}{(3 - 1)^{1/2}}$$

$$S = 7 < 14 \text{KG/M}^3 \quad \text{OK.}$$



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



PESO VOLUMETRICO ASTM C-29

AGREGADO FINO

PROYECTO : *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA : Río Iboá

TIPO DE MUESTRA : Arena

FECHA DE MUESTREO : 04 de junio de 2015

FECHA DE ENSAYO : 10 de junio de 2015

LABORATORISTAS : Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

HOJA DE LABORATORIO

PESO SUELTO		PESO VARILLADO	
A. MASA RECIPIENTE VACIO (kg)	1.735	A. MASA RECIPIENTE VACIO (kg)	1.735
B. VOLUMEN RECIPIENTE (M3)	0.0028	B. VOLUMEN RECIPIENTE (M3)	0.0028
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1	5.68	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1	6.16
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2	5.70	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2	6.18
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3	5.70	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3	6.20
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO	5.69	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO	6.18
C. MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO	3.96	C. MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO	4.31

PESO VOLUMETRICO (kg/m3)	1412.62	PESO VOLUMETRICO (kg/m3)	1540.48
--------------------------	---------	--------------------------	---------

S = 4.74 < 14KG/M3 OK.

S = 7 < 14KG/M3 OK.



✓ **ASTM C138 MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO),
RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DE CONCRETO**

• **MEZCLA 1 GU 0.45**

Datos

Contenido de Aire Previsto: 2% (Aire Ocluido)

Peso Volumétrico Teórico = 2305.01 kg/m³

Peso Volumétrico Real = 2268.74 kg/m³

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(\text{Peso Vol. Teorico} - \text{Peso Vol. Real})}{\text{Peso Vol. Teorico}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(2305.01 - 2268.74)}{2305.01} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = 1.57 \%$$

• **MEZCLA 2 GU 0.60**

Datos

Contenido de Aire Previsto: 6 % (Aire Incluido)

Peso Volumétrico Teórico = 2287.50 kg/m³

Peso Volumétrico Real = 2247.52 kg/m³

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(\text{Peso Vol. Teorico} - \text{Peso Vol. Real})}{\text{Peso Vol. Teorico}} \times 100\%$$



$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(2287.50 - 2247.52)}{2287.50} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = 1.75 \%$$

- **MEZCLA 3 GU 0.45 CON ADITIVO INCLUSOR DE AIRE**

Datos

Contenido de Aire Previsto: 6 % (Aire Incluido)

Peso Volumétrico Teórico = 2229.24 kg/m³

Peso Volumétrico Real = 2149.93 kg/m³

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(\text{Peso Vol. Teorico} - \text{Peso Vol. Real})}{\text{Peso Vol. Teorico}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(2229.24 - 2149.93)}{2229.24} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = 3.56 \%$$

- **MEZCLA 4 GU 0.60 CON ADITIVO INCLUSOR DE AIRE**

Datos

Contenido de Aire Previsto: 6 % (Aire Incluido)

Peso Volumétrico Teórico = 2213.53 kg/m³



Peso Volumétrico Real = 2130.13 kg/m³

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(\text{Peso Vol. Teorico} - \text{Peso Vol. Real})}{\text{Peso Vol. Teorico}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(2213.53 - 2130.13)}{2213.53} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = 3.77 \%$$

- **MEZCLA 5 HE 0.45**

Datos

Contenido de Aire Previsto: 2% (Aire Ocluido)

Peso Volumétrico Teórico = 2310.15 kg/m³

Peso Volumétrico Real = 2265.91 kg/m³

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(\text{Peso Vol. Teorico} - \text{Peso Vol. Real})}{\text{Peso Vol. Teorico}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(2310.15 - 2265.91)}{2310.15} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = 1.92 \%$$



- **MEZCLA 6 HE 0.60**

Datos

Contenido de Aire Previsto: 2 % (Aire Ocluido)

Peso Volumétrico Teórico = 2291.36 kg/m³

Peso Volumétrico Real = 2247.52 kg/m³

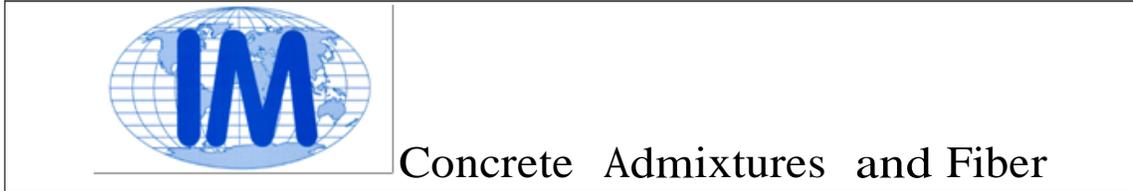
$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(\text{Peso Vol. Teorico} - \text{Pe Vol. Real})}{\text{Peso Vol. Teorico}} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = \frac{(2291.36 - 2247.52)}{2291.36} \times 100\%$$

$$\% \text{ de aire incluido} = 1.91 \%$$



ANEXO 5: FICHA TECNICA ADITIVO INCLUSOR DE AIRE



IMIAIR

Aditivo Incorporador de Aire para Concreto

DESCRIPCION

IMIAIR es una solución acuosa altamente procesada de resina de vinsol neutralizada usada como agente incorporador de aire para concreto. **IMIAIR** is específicamente formulada bajo un control rígido, que asegura la ununiformidad del producto. **IMIAIR** es compatible con otros aditivos usados en concreto conteniendo aditivos como (reductores de agua, aceleradores, retardadores, densificadores y repelentes de agua.) Además aumenta el aire incorporado de mezclas de concreto hechas con cemento Portland incorporador de aire.

VENTAJAS

- Aumenta la resistencia a ciclos de congelado y descongelado
- Aumenta la resistencia a decapado causado por sales de des-hielo
- Mejora la plasticidad y la trabajabilidad
- Reduce la segregación y sangrado
- Reduce la permeabilidad

INFORMACION TECNICA

IMIAIR cumple con los requisitos de las siguientes especificaciones:

- ASTM Specification C-260
- AASHTO Specification M-154
- Corp of Engineers Specification CRD-C-13

INTERNATIONAL MATERIALS INDUSTRIES, L.L.C.

2800 North Johnson Street* New Orleans, Louisiana 70117 * PHONE: (504) 267-3341 * Fax: (504) 267-3345

GARANTIA: La información que contiene esta ficha técnica esta basada en pruebas e información de fuentes confiables; sin embargo, no se ofrece garantía ni expresada ni implicada concerniente a la exactitud de estos datos, de los resultados que se obtienen por el uso de esto o que este uso no infringirá cualquier patente. Esta información se suministra con la condición de que las personas que la reciben harán sus propias pruebas para determinar lo adecuado para su propósito de uso particular. La responsabilidad por daños para el fabricante será, en ningún caso, mayor que el precio del material entregado.



ANEXO 6: GRAFICAS DE RESULTADOS

CAMBIOS VOLUMEN Y EXPANSIÓN PARA CEMENTO GU (FUERTE) Y HE (ARI 5000)



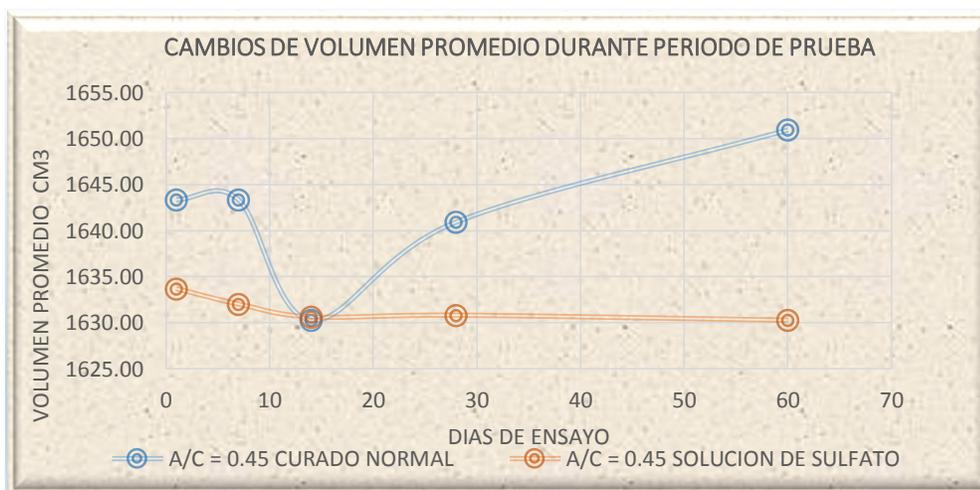
A. CAMBIOS DE VOLUMEN PARA GU A/C 0.45 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO

CEMENTO GU A/C: 0.45 CURADO NORMAL

<i>DIAS</i>	<i>VOLUMEN</i>			<i>VOLUMEN PROMEDIO CM³</i>
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1649.34	1648.21	1632.54	1643.36
7	1649.34	1648.21	1632.54	1643.36
14	1628.63	1632.08	1630.12	1630.28
28	1647.66	1642.76	1632.40	1640.94
60	1676.45	1643.80	1632.54	1650.93

CEMENTO GU A/C: 0.45 CURADO SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO

<i>DIAS</i>	<i>VOLUMEN</i>			<i>VOLUMEN PROMEDIO CM³</i>
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1632.25	1635.14	1633.71	1633.70
7	1627.57	1636.48	1632.04	1632.03
14	1630.12	1631.13	1630.65	1630.63
28	1627.43	1634.20	1630.84	1630.82
60	1630.38	1630.17	1630.30	1630.28

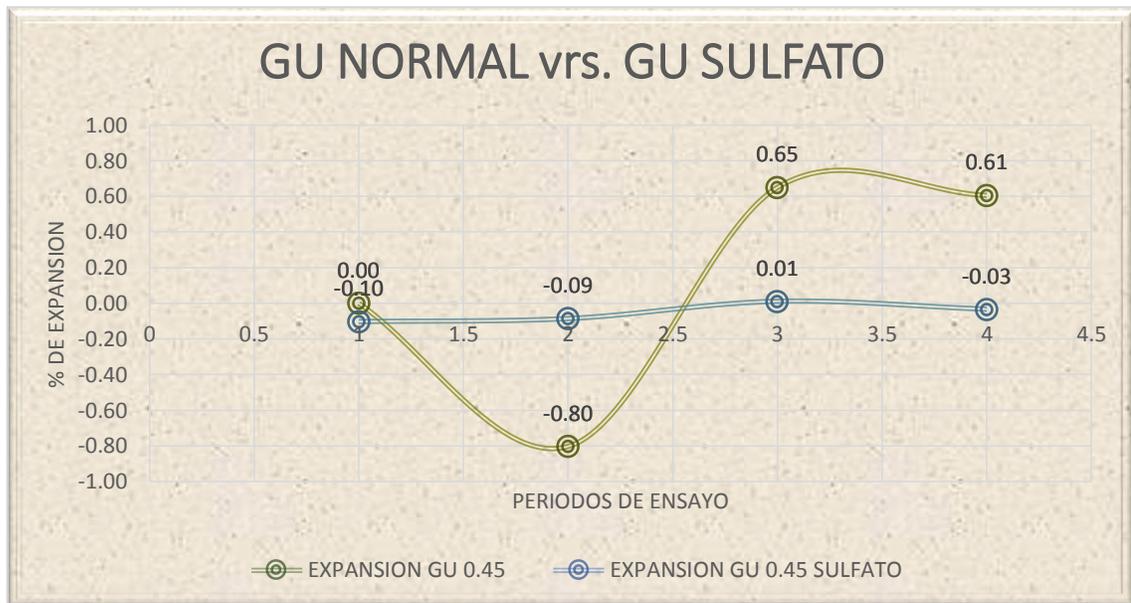




B. PORCENTAJE DE EXPANSIÓN

CEMENTO GU A/C: 0.45 CURADO NORMAL vs. CURADO ACELEADO

<i>EXPANSIÓN EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	0.00	-0.10
2	7-14 días	-0.80	-0.09
3	14-28 días	0.65	0.01
4	28-60 días	0.61	-0.03



<i>EXPANSIÓN TOTAL AL FINAL DEL PERIODO DE ENSAYOS</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
4	28-60 días	0.45	-0.21

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros analizados en todo el periodo de ensayo

El signo negativo denota que se trata de contracción



ANALISIS DE RESULTADOS A y B

La mezcla No. 1 de cemento GU $a/c = 0.45$ en curado normal presenta un ***aumento*** en su volumen para el final de su período de ensayo con un porcentaje de expansión de 0.61%. Sin embargo la contracción total de las muestras es de 0.45 %
CONTRACCIÓN

Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.45$ en curado de sulfato de magnesio presenta una disminución en su volumen es decir una contracción en todos los periodos de ensayo y presenta una contracción de 0.21% como CONTRACCIÓN total de las muestras.

LAS PRIMERAS MUESTRAS DENOTAN EXPANSIÓN

LAS SEGUNDAS MUESTRAS DENOTAN CONTRACCIÓN



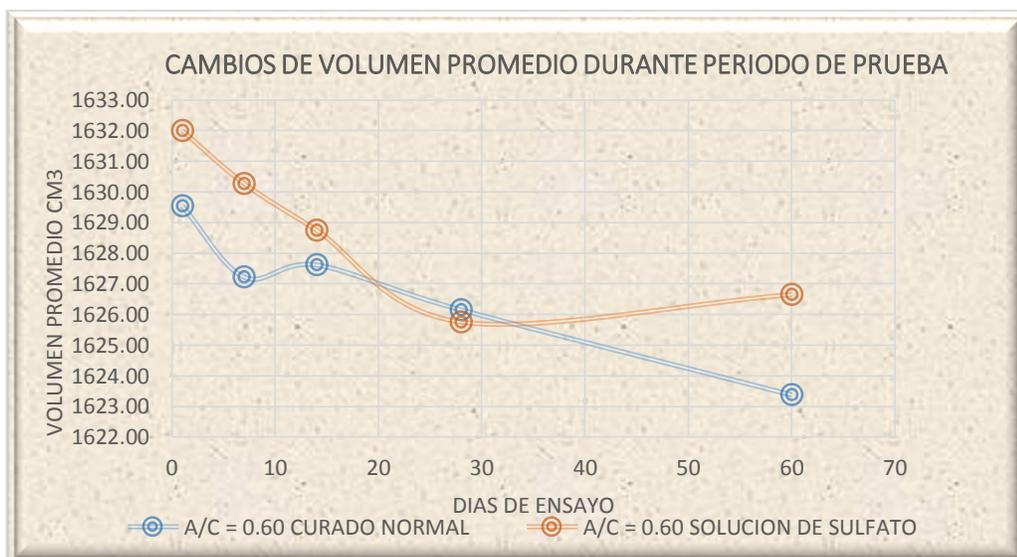
C. CAMBIOS DE VOLUMEN PARA GU A/C 0.60 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO

CEMENTO GU A/C: 0.60 CURADO NORMAL

DIAS	VOLUMEN			VOLUMEN PROMEDIO CM³
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1633.99	1629.03	1625.60	1629.54
7	1629.70	1627.56	1624.39	1627.22
14	1629.71	1624.88	1628.25	1627.62
28	1628.63	1625.96	1623.86	1626.15
60	1627.69	1622.59	1619.85	1623.37

CEMENTO GU A/C: 0.60 CURADO SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	VOLUMEN			VOLUMEN PROMEDIO CM³
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1629.45	1634.53	1632.01	1632.00
7	1633.64	1626.89	1630.28	1630.27
14	1625.41	1632.09	1628.77	1628.75
28	1624.62	1626.87	1625.77	1625.75
60	1624.02	1629.27	1626.66	1626.65

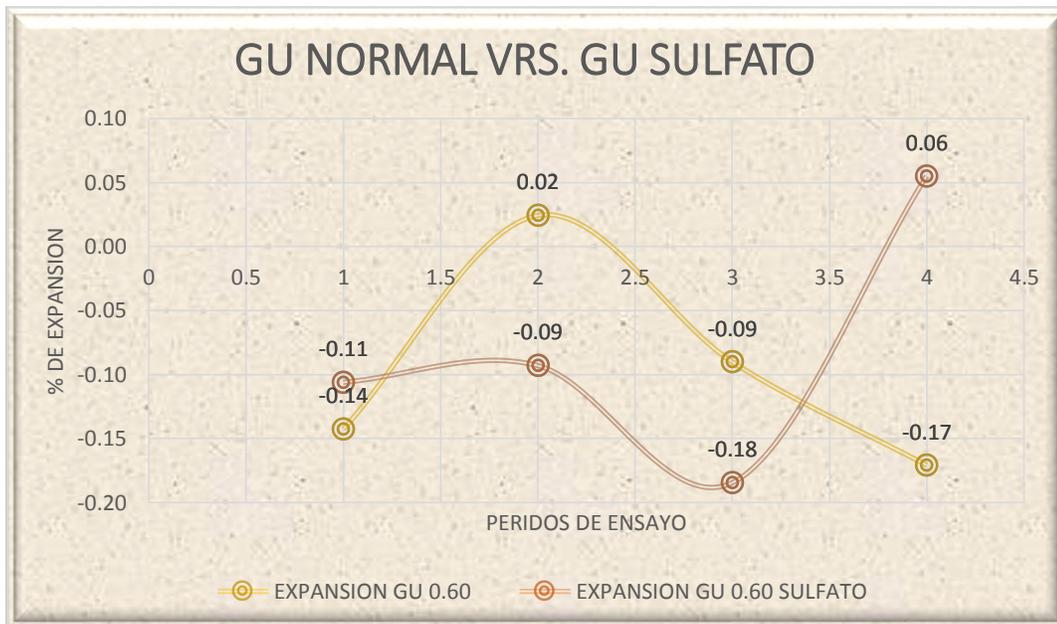




D. PORCENTAJE DE EXPANSIÓN

CEMENTO GU A/C: 0.60 CURADO NORMAL vs. CURADO ACELEADO

<i>EXPANSION EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSION PROMEDIO
1	1- 7 días	-0.14	-0.11
2	7-14 días	0.02	-0.09
3	14-28días	-0.09	-0.18
4	28-60días	-0.17	0.06



<i>EXPANSIÓN TOTAL AL FINAL DEL PERÍODO DE ENSAYOS</i>			
PERÍODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
4	28-60 días	-0.38	-0.33

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el periodo de ensayo.

El signo negativo solo denota que se trata de contracción



ANÁLISIS DE RESULTADOS C y D

La mezcla No. 2 de cemento GU $a/c = 0.60$ en curado normal presenta una **disminución** en su volumen para el final de su periodo de ensayo con un porcentaje de contracción de 0.17% respecto a su periodo inmediato superior. Sin embargo la expansión total de las muestras es de - 0.38 % CONTRACCION

Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.60$ en curado en sulfato de magnesio presenta una **disminución** en su volumen y a la vez una contracción en todos los periodo de ensayo a excepción del ultimo sin embargo presenta una contracción general de 0.33%

LAS DOS MUESTRAS DENOTAN CONTRACCIÓN



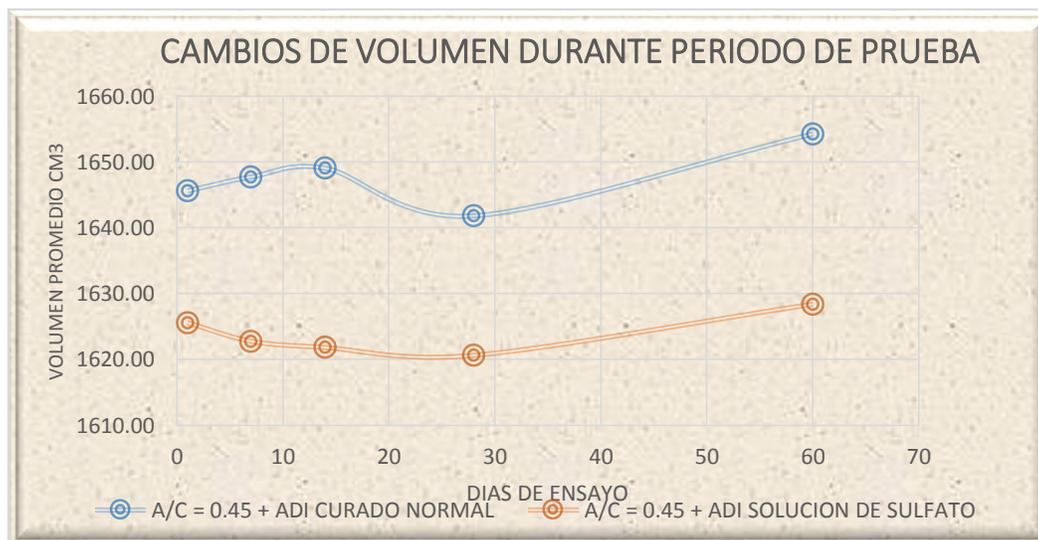
E. CAMBIOS DE VOLUMEN PARA GU A/C 0.45 CON ADITIVO EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO

CEMENTO GU A/C: 0.45 + ADI CURADO NORMAL

<i>DIAS</i>	<i>VOLUMEN</i>			<i>VOLUMEN PROMEDIO CM³</i>
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1676.58	1633.45	1626.78	1645.61
7	1685.64	1629.55	1627.98	1647.73
14	1687.02	1630.77	1629.33	1649.04
28	1659.75	1631.56	1634.14	1641.82
60	1690.16	1643.93	1628.65	1654.24

CEMENTO GU A/C: 0.45 + ADI CURADO SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO

<i>DIAS</i>	<i>VOLUMEN</i>			<i>VOLUMEN PROMEDIO CM³</i>
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1626.08	1625.04	1625.58	1625.57
7	1625.14	1620.38	1622.78	1622.77
14	1624.34	1619.28	1621.83	1621.82
28	1621.00	1620.24	1620.64	1620.63
60	1625.67	1631.09	1628.40	1628.39

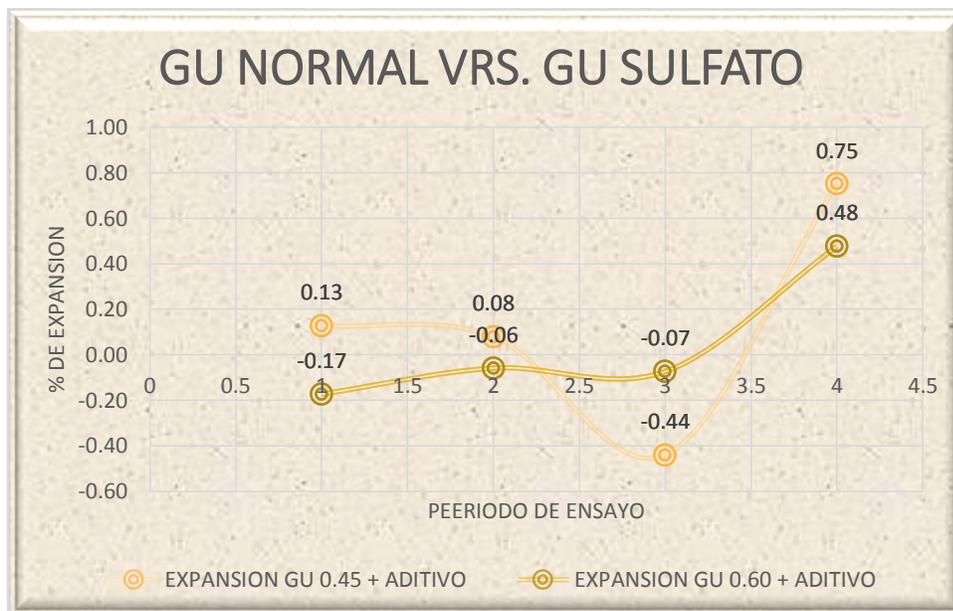




F. PORCENTAJE DE EXPANSIÓN

CEMENTO GU A/C: 0.45 + ADI CURADO NORMAL

<i>EXPANSION EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	0.13	-0.17
2	7-14 días	0.08	-0.06
3	14-28 días	-0.44	-0.07
4	28-60 días	0.75	0.48



<i>EXPANSIÓN TOTAL AL FINAL DEL PERÍODO DE ENSAYOS</i>			
PERÍODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
4	28-60 días	0.52	0.17

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el periodo de ensayo

El signo negativo solo denota que se trata de contracción



ANALISIS DE RESULTADOS E y F

La mezcla No. 3 de cemento GU a/c = 0.45 más Aditivo inclusor de aire en curado normal presenta una **umento** en su volumen para el final de su período de ensayo con un porcentaje de expansión de 0.75% respecto a su periodo inmediato superior. Sin embargo la EXPANSIÓN total de las muestras es de 0.52%

Por otra parte la misma mezcla GU a/c = 0.45 más aditivo inclusor de aire en curado en sulfato de magnesio presenta una **umento** en su volumen al final de período de prueba y a la vez presenta contracciones en todos los período de ensayo a excepción del ultimo con 0.48% de expansión respecto al muestreo inmediato superior, y una expansión general de 0.17%

LA MUESTRA GU 0.45 +ADI NORMAL: PRESENTA EXPANSIÓN

LA MUESTRA GU 0.45 +ADI SULFATO: PRESENTA EXPANSIÓN



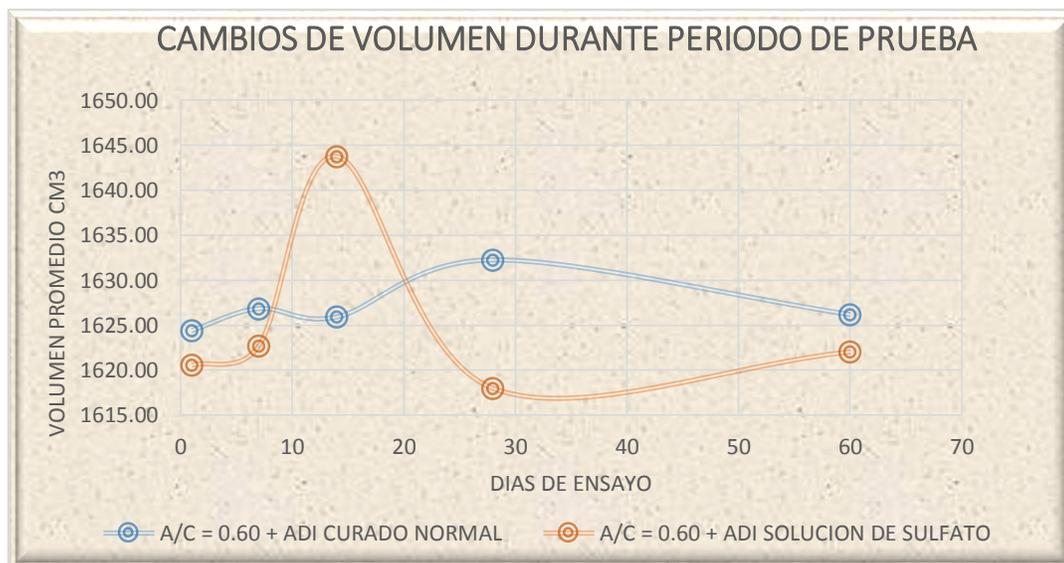
G. CAMBIOS DE VOLUMEN PARA GU A/C 0.60 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO CON ADITIVO

CEMENTO GU A/C: 0.60 + ADI CURADO NORMAL

DIAS	VOLUMEN			VOLUMEN PROMEDIO CM^3
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1617.29	1625.40	1630.60	1624.43
7	1620.22	1626.22	1634.11	1626.85
14	1617.70	1627.30	1632.76	1625.92
28	1634.60	1626.89	1635.30	1632.26
60	1615.96	1627.29	1635.31	1626.19

CEMENTO GU A/C: 0.60 + ADI CURADO SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	VOLUMEN			VOLUMEN PROMEDIO CM^3
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1621.68	1619.43	1620.58	1620.56
7	1624.49	1620.91	1622.72	1622.71
14	1663.67	1623.84	1643.78	1643.76
28	1620.88	1615.05	1617.99	1617.97
H60	1621.42	1622.64	1622.05	1622.04

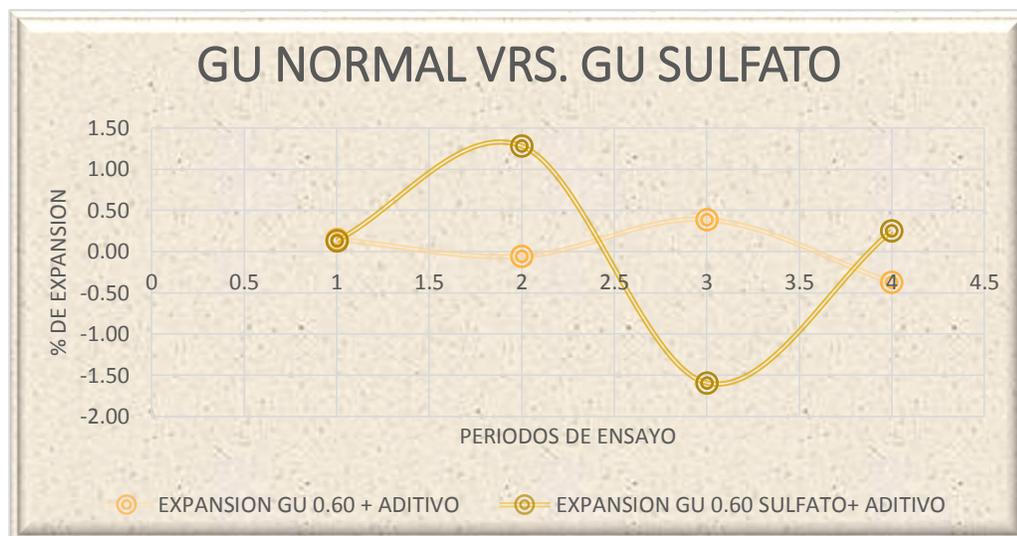




H. PORCENTAJE DE EXPANSIÓN

CEMENTO GU A/C: 0.60 + ADI CURADO NORMAL

<i>EXPANSION EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	0.15	0.13
2	7-14 días	-0.06	1.28
3	14-28 días	0.39	-1.59
4	28-60 días	-0.37	0.25



<i>EXPANSIÓN TOTAL AL FINAL DEL PERÍODO DE ENSAYOS</i>			
PERÍODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
4	28-60 días	0.11	0.07

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el periodo de ensayo.



ANÁLISIS DE RESULTADOS G y H

La mezcla No. 4 de cemento GU a/c = 0.60 más Aditivo inductor de aire en curado normal presenta una **aumento** en su volumen para el final de su periodo de ensayo, pero presenta una contracción en la última fecha de ensayo correspondiente a 0.37% respecto a su periodo inmediato superior. Sin embargo se presenta una EXPANSIÓN total de las muestras es de 0.47 %

Por otra parte la misma mezcla GU a/c = 0.60 más aditivo inductor de aire en curado de sulfato de magnesio presenta una **aumento** en su volumen al final de período de prueba y a la vez presenta una expansión en el último periodo de prueba de 0.25% de expansión respecto al muestreo inmediato superior, sin embargo se presenta una CONTRACCIÓN general de 0.11%

LA MUESTRA GU 0.60+ADI NORMAL: PRESENTA EXPANSIÓN

LA MUESTRA GU 0.45 +ADI SULFATO: PRESENTA CONTRACCIÓN



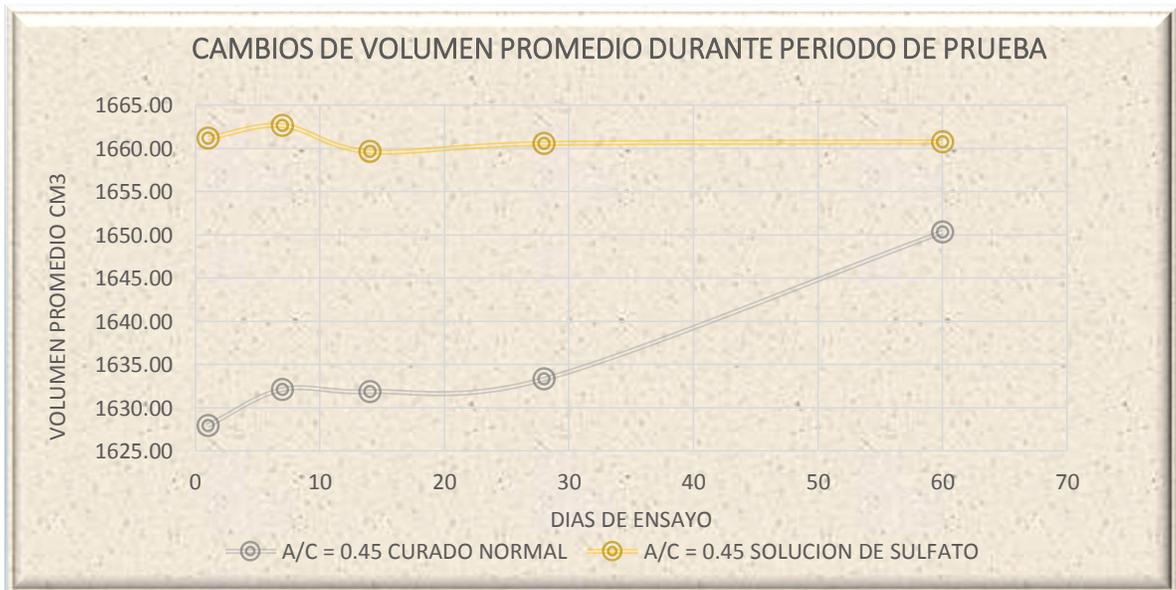
A. CAMBIOS DE VOLUMEN PARA HE A/C 0.45 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO

CEMENTO GU A/C: 0.45 CURADO NORMAL

DIAS	VOLUMEN			VOLUMEN PROMEDIO CM ³
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1628.11	1629.69	1626.08	1627.96
7	1630.51	1633.31	1632.54	1632.12
14	1626.46	1632.89	1636.28	1631.88
28	1644.55	1626.88	1628.51	1633.31
60	1658.51	1662.52	1629.97	1650.33

CEMENTO HE A/C: 0.45 CURADO SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	VOLUMEN			VOLUMEN PROMEDIO CM ³
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1625.80	1696.61	1661.23	1661.21
7	1627.29	1698.00	1662.67	1662.65
14	1628.62	1690.66	1659.66	1659.64
28	1627.29	1693.86	1660.59	1660.58
60	1628.09	1693.45	1660.79	1660.78

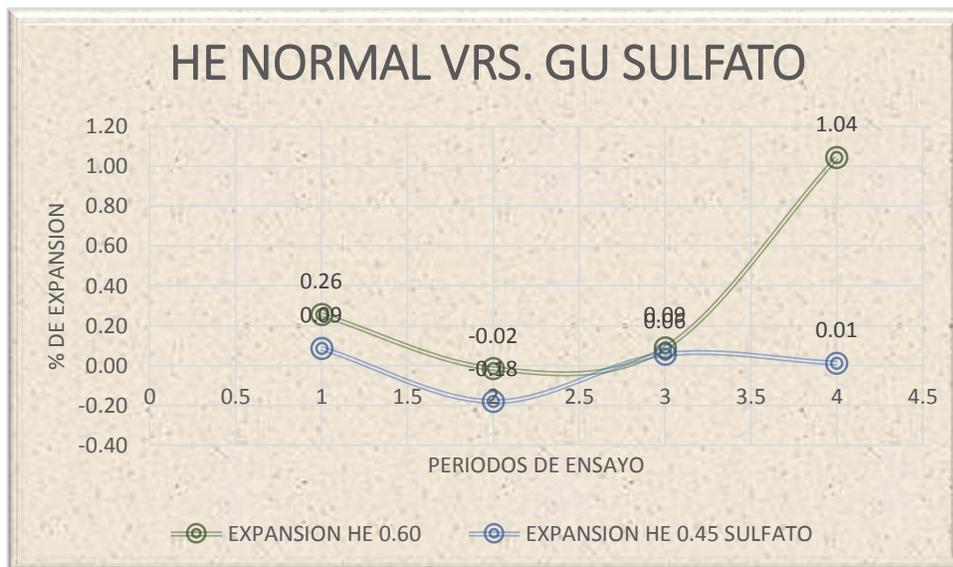




B. PORCENTAJE DE EXPANSIÓN

CEMENTO HE A/C: 0.45 CURADO NORMAL vs. CURADO ACELEADO

<i>EXPANSIÓN EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	0.26	0.09
2	7-14 días	-0.02	-0.18
3	14-28 días	0.09	0.06
4	28-60 días	1.04	0.01



<i>EXPANSIÓN TOTAL AL FINAL DEL PERÍODO DE ENSAYOS</i>			
PERÍODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
4	28-60 días	1.37	-0.03

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el periodo de ensayo

El signo negativo solo denota que se trata de contracción



ANÁLISIS DE RESULTADOS A y B

La mezcla No. 1 de cemento HE a/c = 0.45 en curado normal presenta un **aumento** en su volumen para el final de su período de ensayo con un porcentaje de expansión de 1.04% respecto a su periodo inmediato superior. Y de igual manera la mezcla presenta una EXPANSIÓN total 1.37 %.

Por otra parte la misma mezcla HE a/c = 0.45 en curado en sulfato de magnesio presenta un aumento en tres de los cuatro periodos de ensayos por lo tanto presenta una EXPANSIÓN general de 0.03%

LAS PRIMER MUESTRA DENOTA EXPANSIÓN

LA SEGUNDA MUESTRA DENOTA EXPANSIÓN

C. CAMBIOS DE VOLUMEN PARA HE A/C 0.60 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO

CEMENTO HE A/C: 0.60 CURADO NORMAL

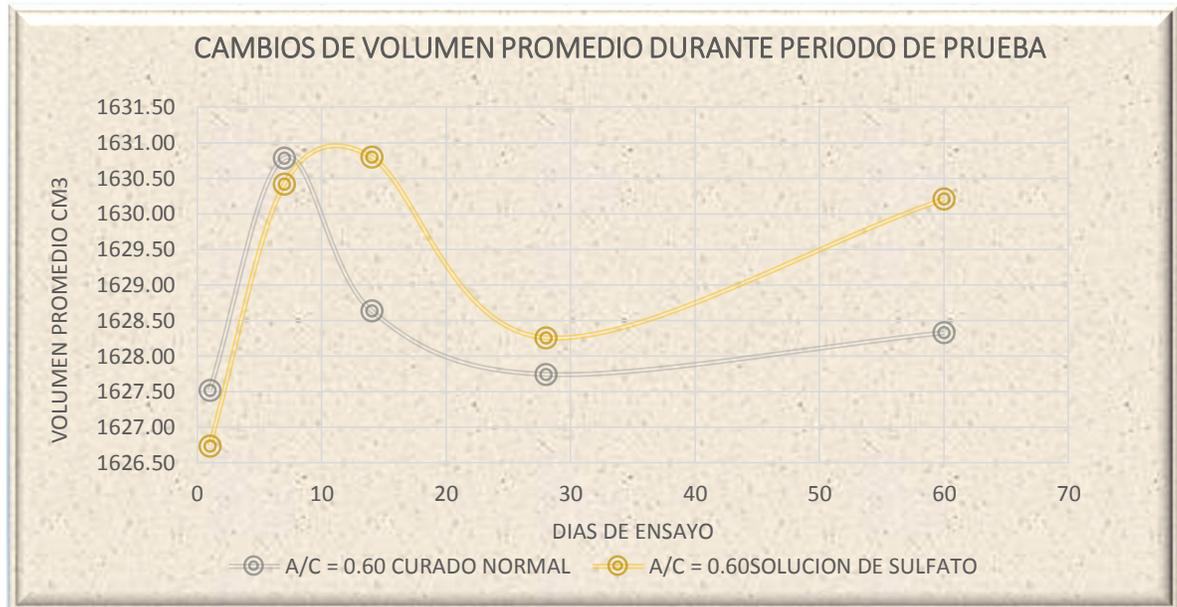
DIAS	VOLUMEN			VOLUMEN PROMEDIO CM ³
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1625.30	1630.76	1626.50	1627.52
7	1630.26	1633.71	1628.38	1630.78
14	1626.37	1632.91	1626.64	1628.64
28	1626.10	1631.36	1625.77	1627.74
60	1625.37	1183.46	1174.48	1327.77

CEMENTO HE A/C: 0.60 CURADO SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	VOLUMEN			VOLUMEN PROMEDIO CM ³
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	1628.89	1624.58	1626.75	1626.74



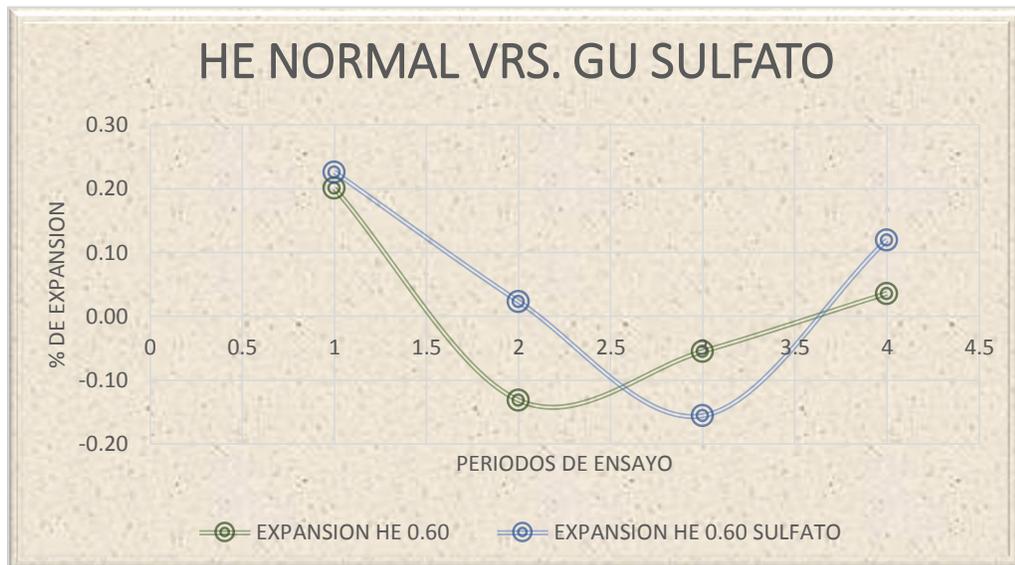
7	1632.50	1628.33	1630.44	1630.42
14	1632.61	1628.97	1630.81	1630.80
28	1630.47	1626.04	1628.27	1628.26
60	1631.8184	1628.5831	1630.22	1630.21



D. PORCENTAJE DE EXPANSIÓN

CEMENTO HE A/C: 0.45 CURADO NORMAL vs. CURADO ACELEADO

<i>EXPANSION EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	0.20	0.23
2	7-14 días	-0.13	0.02
3	14-28 días	-0.06	-0.16
4	28-60 días	0.04	0.12



EXPANSION TOTAL AL FINAL DEL PERÍODO DE ENSAYOS			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
4	28-60 días	0.05	0.21

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el período de ensayo

El signo negativo solo denota que se trata de contracción.

ANÁLISIS DE RESULTADOS C y D

La mezcla No. 2 de cemento HE a/c = 0.60 en curado normal presenta un **aumento** en su volumen para el final de su periodo de ensayo con un porcentaje de expansión de 0.04% respecto a su período inmediato superior. Y de igual manera la mezcla presenta una EXPANSIÓN total 0.05 %.

Por otra parte la misma mezcla HE a/c = 0.60 curado en sulfato de magnesio presenta un aumento en tres de los cuatro periodos de ensayos por lo tanto presenta una EXPANSIÓN general de 0.21%



ANEXO 7: GRAFICAS DE RESULTADOS

CAMBIOS DE MASA PARA CEMENTO GU (FUERTE) Y HE (ARI 5000)



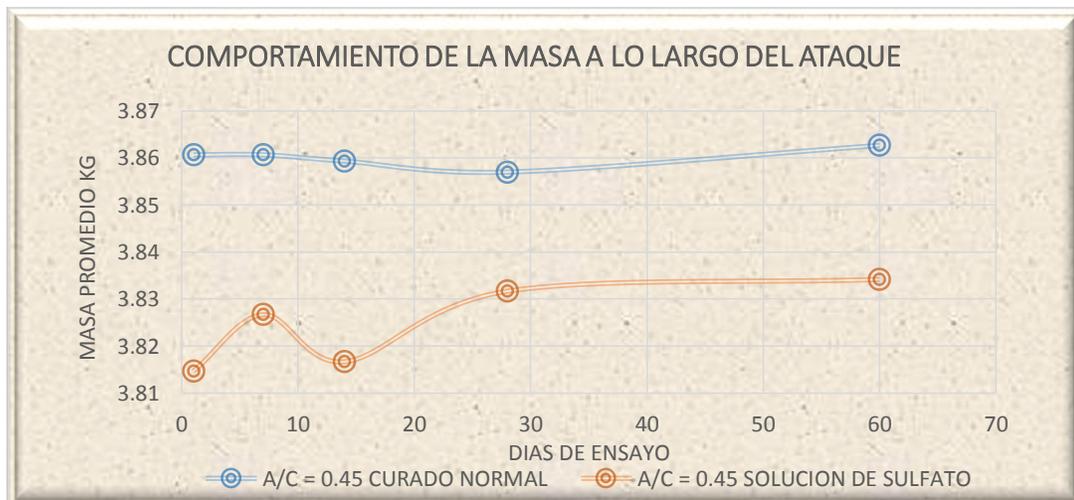
A. CAMBIOS DE MASA PARA GU A/C 0.45 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO

CEMENTO GU A/C: 0.45 CURADO NORMAL

DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.87	3.86	3.85	3.86
7	3.87	3.86	3.85	3.86
14	3.87	3.85	3.86	3.86
28	3.87	3.86	3.84	3.86
60	3.88	3.86	3.85	3.86

CEMENTO GU A/C: 0.45 CURADO SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.80	3.82	3.83	3.81
7	3.82	3.83	3.84	3.83
14	3.81	3.81	3.83	3.82
28	3.83	3.83	3.85	3.83
60	3.83	3.83	3.85	3.83

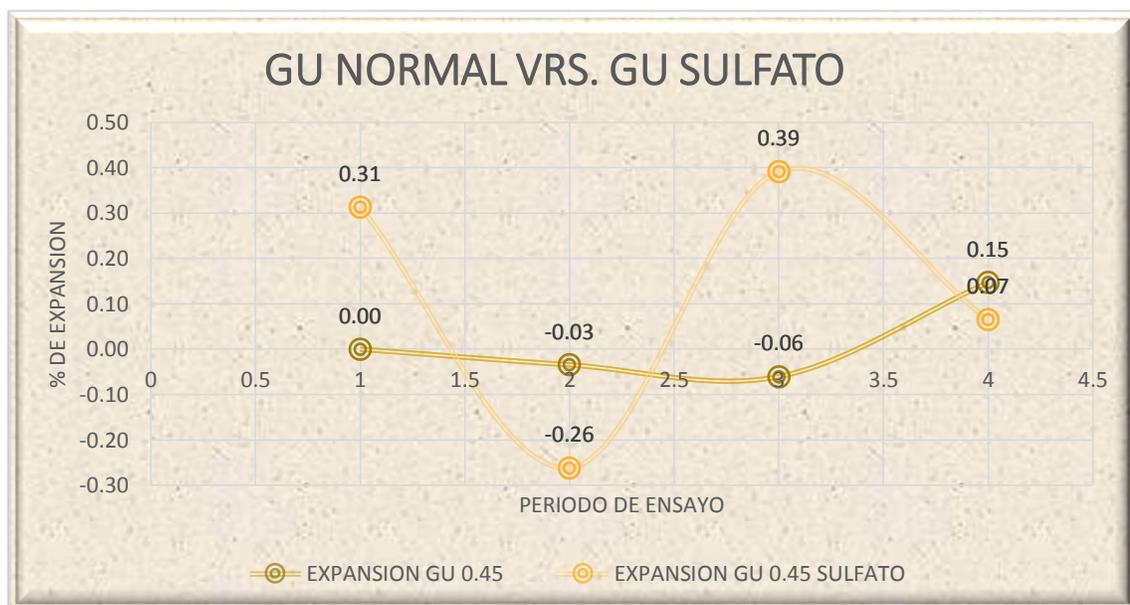




B. PORCENTAJE DE EXPANSIÓN

CEMENTO GU A/C: 0.45 CURADO NORMAL

<i>EXPANSIÓN EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	0.00	0.31
2	7-14 días	-0.03	-0.26
3	14-28 días	-0.06	0.39
4	28-60 días	0.15	0.07



<i>EXPANSIÓN TOTAL DE MASA AL FINAL DEL PERÍODO DE ENSAYOS</i>			
PERÍODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN	% EXPANSIÓN
4	28-60 días	0.05	0.51

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el periodo de ensayo

El signo negativo solo denota que se trata de contracción



ANALISIS DE RESULTADOS A y B

La mezcla No. 1 de cemento GU $a/c = 0.45$ en curado normal presenta una constante en su masa con un porcentaje expansivo de 0.15% para el último periodo de prueba, mientras que los periodos anteriores sufre una leve pérdida de masa. Sin embargo presenta una expansión mínima de 0.05%

Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.45$ en curado en sulfato de magnesio para el último periodo de prueba se presenta un aumento en su masa de 0.07% respecto al periodo inmediato superior y corresponde a un aumento en la masa total de 0.51%



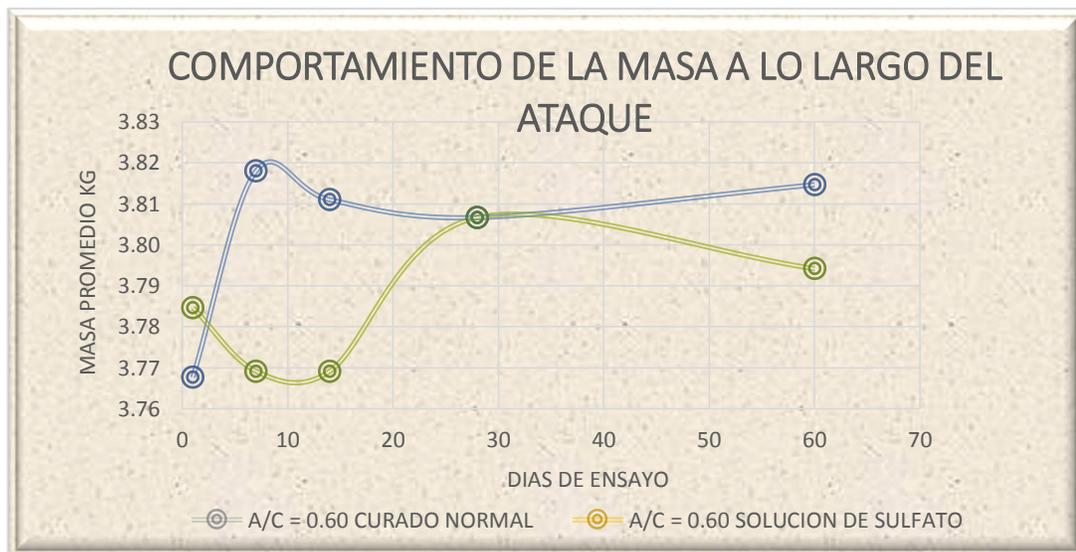
C. CAMBIOS DE MASA PARA GU A/C 0.60 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO

CEMENTO GU A/C: 0.60 CURADO NORMAL

DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.78	3.77	3.76	3.77
7	3.83	3.83	3.80	3.82
14	3.82	3.81	3.80	3.81
28	3.82	3.81	3.79	3.81
60	3.83	3.82	3.80	3.81

CEMENTO GU A/C: 0.60 CURADO SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO

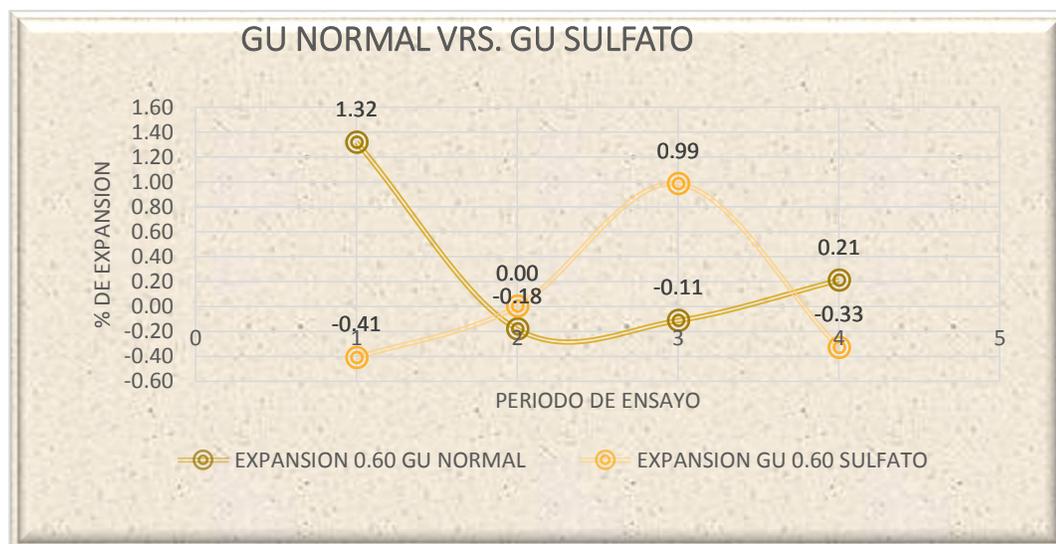
DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.77	3.79	3.80	3.78
7	3.73	3.80	3.78	3.77
14	3.75	3.78	3.78	3.77
28	3.80	3.81	3.82	3.81
60	3.78	3.80	3.81	3.79





**D. PORCENTAJE DE EXPANSION
CEMENTO GU A/C: 0.60 CURADO NORMAL**

<i>EXPANSIÓN EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	1.32	-0.41
2	7-14 días	-0.18	0.00
3	14-28 días	-0.11	0.99
4	28-60 días	0.21	-0.33



<i>EXPANSIÓN TOTAL DE MASA AL FINAL DEL PERIODO DE ENSAYOS</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN	% EXPANSIÓN
4	28-60 días	1.23	0.24

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el periodo de ensayo

El signo negativo solo denota que se trata de contracción



ANALISIS DE RESULTADOS C y D

La mezcla No. 2 de cemento GU $a/c = 0.60$ en curado normal presenta una constante en su masa con un porcentaje expansivo de 0.21% para el último periodo de prueba, mientras que los períodos anteriores sufre una leve pérdida de masa. Sin embargo presenta una expansión total de 1.23%

Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.60$ en curado en sulfato de magnesio para el último periodo de prueba se presenta una disminución en su masa de 0.33% respecto al periodo inmediato superior sin embargo corresponde a un aumento en la masa total de 0.24% en todo el periodo de ensayo



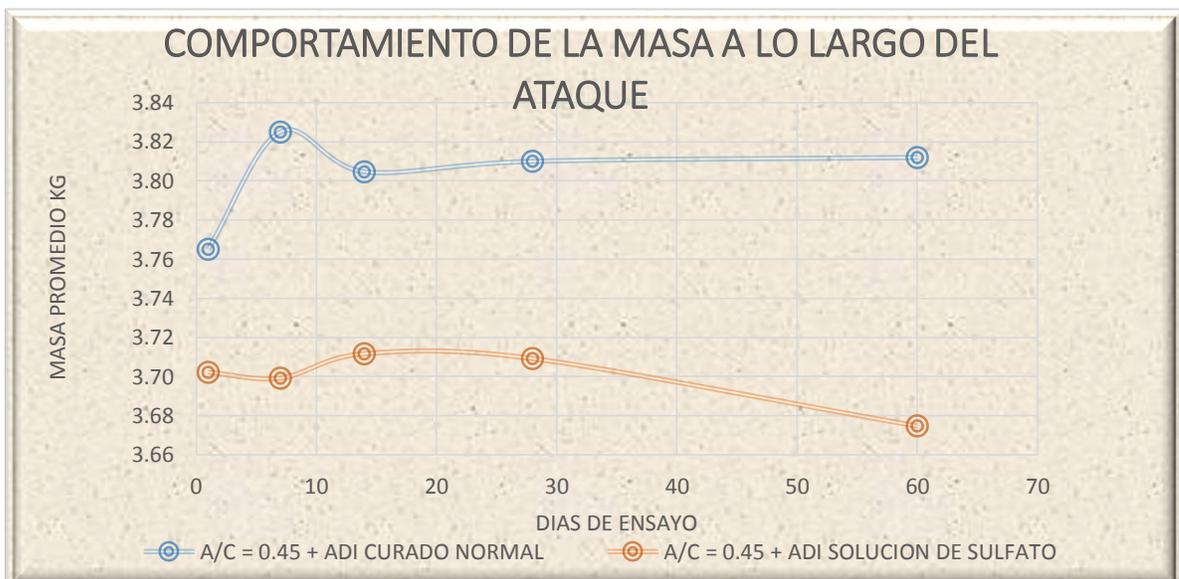
E. CAMBIOS DE MASA PARA GU A/C 0.45 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO CON ADITIVO

CEMENTO GU A/C: 0.45 + ADI CURADO NORMAL

DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.86	3.73	3.71	3.77
7	3.90	3.83	3.75	3.83
14	3.89	3.77	3.75	3.80
28	3.90	3.77	3.76	3.81
60	3.90	3.78	3.76	3.81

CEMENTO GU A/C: 0.45 + ADI CURADO SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.70	3.69	3.72	3.70
7	3.66	3.73	3.71	3.70
14	3.70	3.72	3.73	3.71
28	3.71	3.70	3.72	3.71
60	3.67	3.67	3.69	3.67

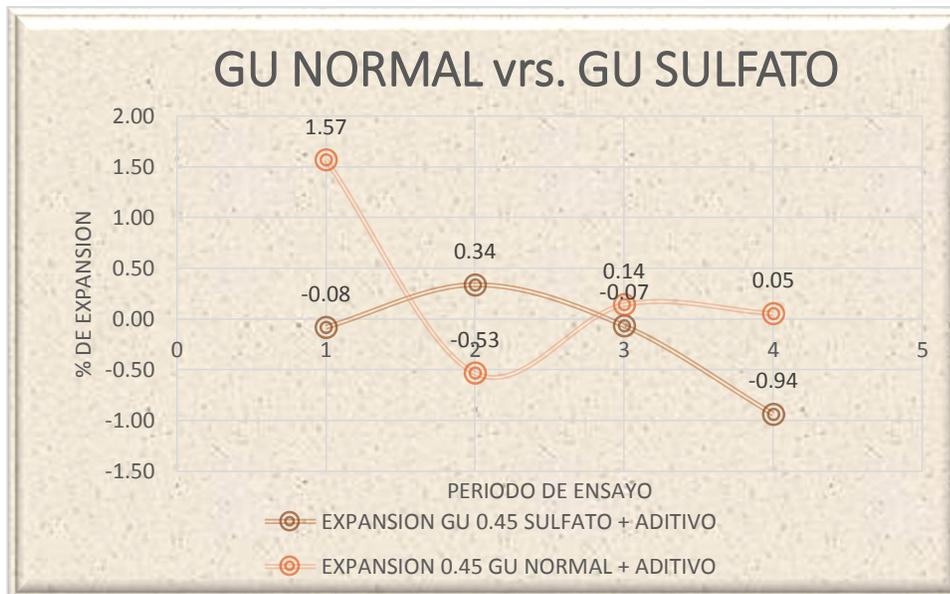




F. PORCENTAJE DE EXPANSIÓN

CEMENTO GU A/C: 0.45 + ADI CURADO NORMAL

<i>EXPANSIÓN EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERÍODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	1.57	-0.08
2	7-14 días	-0.53	0.34
3	14-28 días	0.14	-0.07
4	28-60 días	0.05	-0.94



<i>EXPANSIÓN TOTAL DE MASA AL FINAL DEL PERIODO DE ENSAYOS</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN	% EXPANSIÓN
4	28-60 días	1.23	- 0.75

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el período de ensayo

El signo negativo solo denota que se trata de contracción



ANALISIS DE RESULTADOS E y F

La mezcla No. 3 de cemento GU $a/c = 0.45$ más aditivo en curado normal presenta una expansión en su masa con un porcentaje de 0.05% para el último período de prueba, mientras que los periodos anteriores sufre aumentos y disminuciones de masa. Sin embargo presenta una expansión total de 1.23%

Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.45$ más aditivo en curado en sulfato de magnesio para el último periodo de prueba se presenta una disminución en su masa de 0.94% respecto al período inmediato superior y de igual manera corresponde a una disminución en la masa total de -0.75% en todo el período de ensayo.



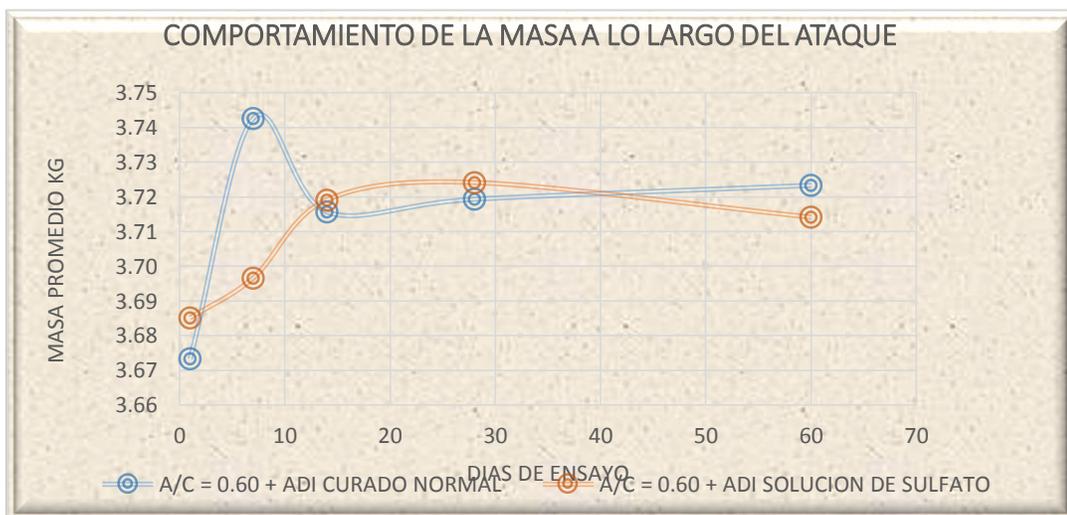
G. CAMBIOS DE MASA PARA GU A/C 60 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO CON ADITIVO

CEMENTO GU A/C: 0.60 + ADI CURADO NORMAL

<i>DIAS</i>	<i>MASA</i>			<i>MASA PROMEDIO KG</i>
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.65	3.68	3.69	3.67
7	3.70	3.80	3.73	3.74
14	3.70	3.72	3.73	3.72
28	3.70	3.73	3.73	3.72
60	3.70	3.73	3.74	3.72

CEMENTO GU A/C: 0.60 + ADI CURADO SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO

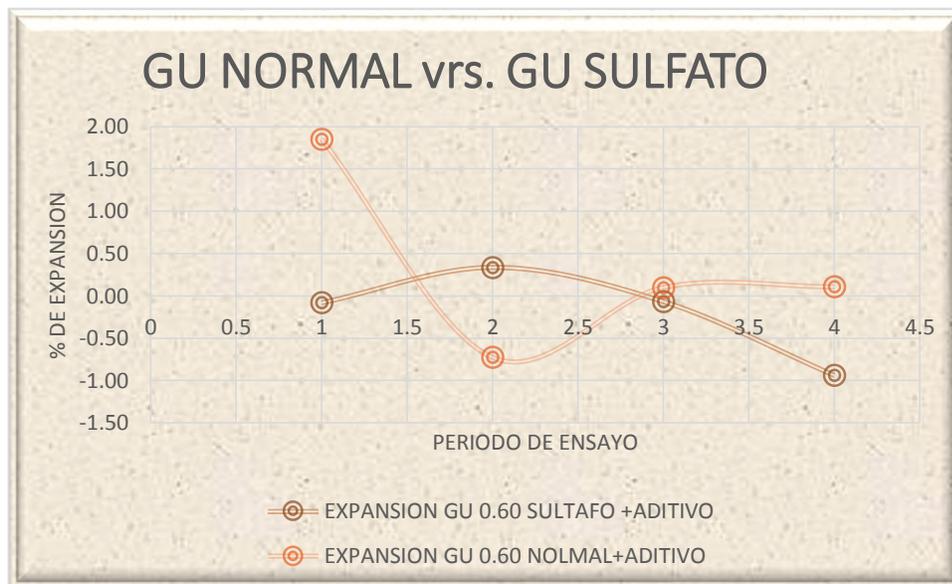
<i>DIAS</i>	<i>MASA</i>			<i>MASA PROMEDIO KG</i>
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.68	3.68	3.70	3.69
7	3.68	3.71	3.71	3.70
14	3.71	3.72	3.73	3.72
28	3.72	3.72	3.74	3.72
60	3.71	3.71	3.73	3.71





**H. PORCENTAJE DE EXPANSIÓN
CEMENTO GU A/C: 0.60 + ADI CURADO NORMAL**

<i>EXPANSION EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	1.85	0.31
2	7-14 días	-0.73	0.60
3	14-28 días	0.10	0.13
4	28-60 días	0.11	-0.27





EXPANSIÓN TOTAL DE MASA AL FINAL DEL PERÍODO DE ENSAYOS			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN	% EXPANSIÓN
4	28-60 días	1.33	0.78

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el periodo de ensayo

El signo negativo solo denota que se trata de contracción

ANÁLISIS DE RESULTADOS G y H

La mezcla No. 4 de cemento GU $a/c = 0.60$ más aditivo en curado normal presenta una expansión en su masa con un porcentaje de 0.11% para el último periodo de prueba, mientras que los periodos anteriores sufre aumentos y disminuciones de masa. Sin embargo presenta una expansión total de 1.33%

Por otra parte la misma mezcla GU $a/c = 0.60$ más aditivo en curado en sulfato de magnesio para el último período de prueba se presenta una disminución en su masa de 0.97% respecto al período inmediato superior, sin embargo corresponde a un aumento en la masa total de 0.78% en todo el período de ensayo.



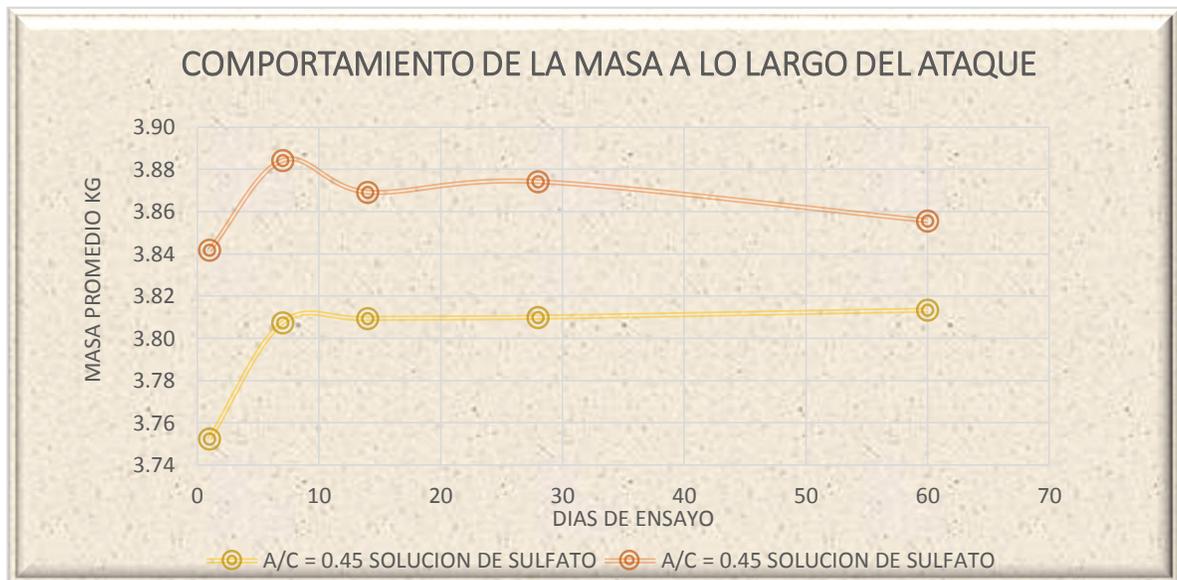
A.CAMBIOS DE MASA PARA HE A/C 0.45 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO

CEMENTO HE A/C: 0.45 CURADO NORMAL

DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.75	3.75	3.76	3.75
7	3.81	3.80	3.81	3.81
14	3.81	3.81	3.81	3.81
28	3.81	3.81	3.81	3.81
60	3.81	3.81	3.82	3.81

CEMENTO HE A/C: 0.45 CURADO SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.76	3.91	3.86	3.84
7	3.80	3.96	3.90	3.88
14	3.80	3.93	3.88	3.87
28	3.80	3.94	3.89	3.87
60	3.79	3.91	3.87	3.86

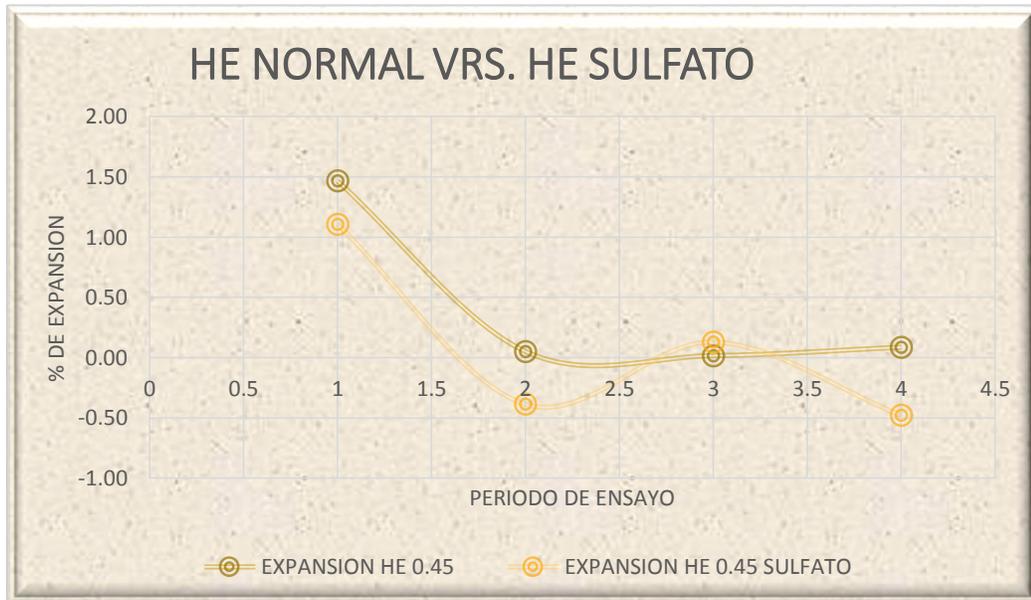




B.PORCENTAJE DE EXPANSIÓN DE MASA

CEMENTO HE A/C: 0.45 CURADO NORMAL vs. CURADO ACELERADO

<i>EXPANSIÓN EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERÍODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	1.47	1.11
2	7-14 días	0.05	-0.39
3	14-28 días	0.02	0.13
4	28-60 días	0.09	-0.48



<i>EXPANSIÓN TOTAL AL FINAL DEL PERIODO DE ENSAYOS</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
4	28-60 días	1.62	0.37

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el periodo de ensayo

El signo negativo solo denota que se trata de contracción



ANALISIS DE RESULTADOS A y B

La mezcla No. 1 de cemento HE $a/c = 0.45$ en curado normal presenta un **aumento** en su masa en todo el periodos de pruebas y para el final de su periodo de ensayo cuenta porcentaje de expansión de 0.09% respecto a su periodo inmediato superior. Y de igual manera la mezcla presenta una EXPANSIÓN total 1.62 %.

Por otra parte la misma mezcla HE $a/c = 0.45$ curado en sulfato de magnesio presenta un aumento en dos de los cuatro períodos de ensayos mientras que en los restantes dos presenta una pérdida de masa, sin embargo ocurre una EXPANSIÓN general de masa de 0.37% en toda la mezcla

LAS PRIMER MUESTRA DENOTA EXPANSIÓN

LA SEGUNDA MUESTRA DENOTA EXPANSIÓN



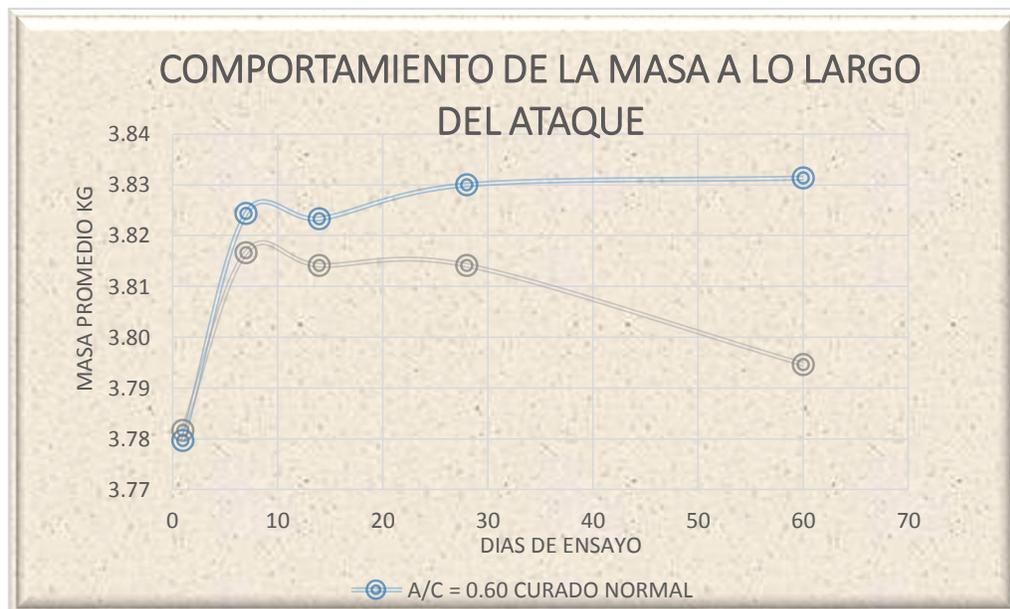
C. CAMBIOS DE MASA PARA HE A/C 0.60 EN CURADO NORMAL Y CURADO ACELERADO

CEMENTO HE A/C: 0.60 CURADO NORMAL

DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.77	3.80	3.77	3.78
7	3.81	3.85	3.82	3.82
14	3.81	3.85	3.81	3.82
28	3.82	3.85	3.82	3.83
60	3.82	3.85	3.82	3.83

CEMENTO HE A/C: 0.60 CURADO SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	MASA			MASA PROMEDIO KG
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	3.79	3.76	3.80	3.78
7	3.82	3.80	3.83	3.82
14	3.81	3.81	3.83	3.81
28	3.82	3.80	3.83	3.81
60	3.80	3.78	3.81	3.79

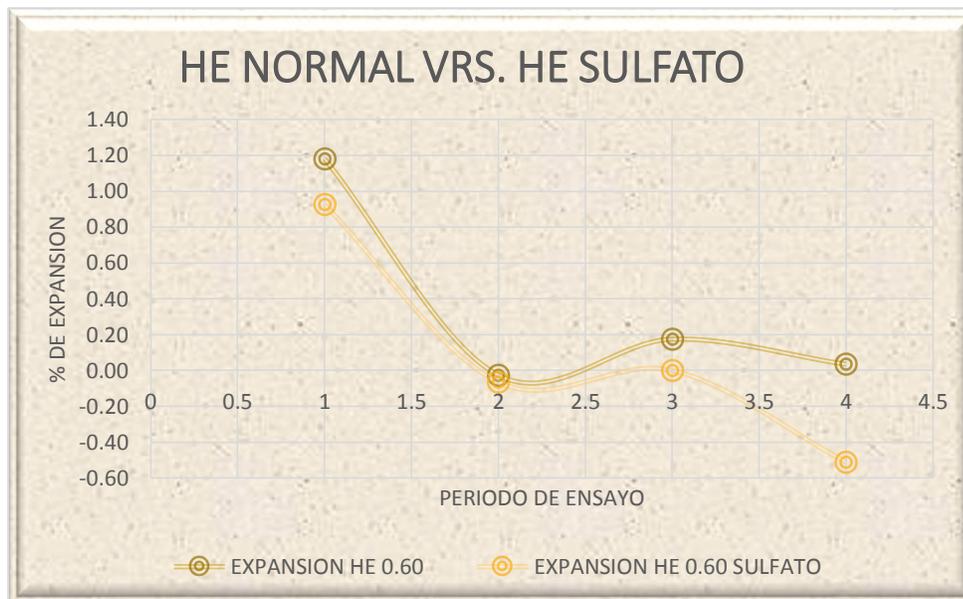




D.PORCENTAJE DE EXPANSIÓN DE MASA

CEMENTO HE A/C: 0.60 CURADO NORMAL vs. CURADO ACELEADO

<i>EXPANSIÓN EN CADA EDAD DE ENSAYO</i>			
PERÍODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
1	1- 7 días	1.18	0.93
2	7-14 días	-0.03	-0.07
3	14-28 días	0.17	0.00
4	28-60 días	0.03	-0.51



<i>EXPANSIÓN TOTAL AL FINAL DEL PERIODO DE ENSAYOS</i>			
PERIODOS	DIAS	CURADO NORMAL	CURADO ACELERADO
		% EXPANSIÓN PROMEDIO	% EXPANSIÓN PROMEDIO
4	28-60 días	1.36	0.35

NOTA: la expansión total corresponde a la sumatoria total de expansiones y contracciones de los cilindros en todo el periodo de ensayo

El signo negativo solo denota que se trata de contracción



ANALISIS DE RESULTADOS C y D

La mezcla No. 2 de cemento HE $a/c = 0.60$ en curado normal presenta un **aumento** en su masa en todo el períodos de pruebas exceptuando el segundo período q presenta una leve contracción, aunque para el final de su periodo de ensayo cuenta porcentaje de expansión de 0.03% respecto a su periodo inmediato superior. De igual manera la mezcla presenta una EXPANSIÓN total 1.36 %.

Por otra parte la misma mezcla HE $a/c = 0.60$ curado en sulfato de magnesio presenta un aumento en dos de los cuatro períodos de ensayos mientras que en los restantes dos presenta una pérdida de masa, sin embargo ocurre una EXPANSIÓN general de masa de 0.35% en toda la mezcla

LAS PRIMER MUESTRA DENOTA EXPANSIÓN

LA SEGUNDA MUESTRA DENOTA EXPANSIÓN



ANEXO 8: GRAFICAS DE RESULTADOS EXPANSIONES Y CONTRACCIONES DEL CONCRETO CON CEMENTO GU Y HE

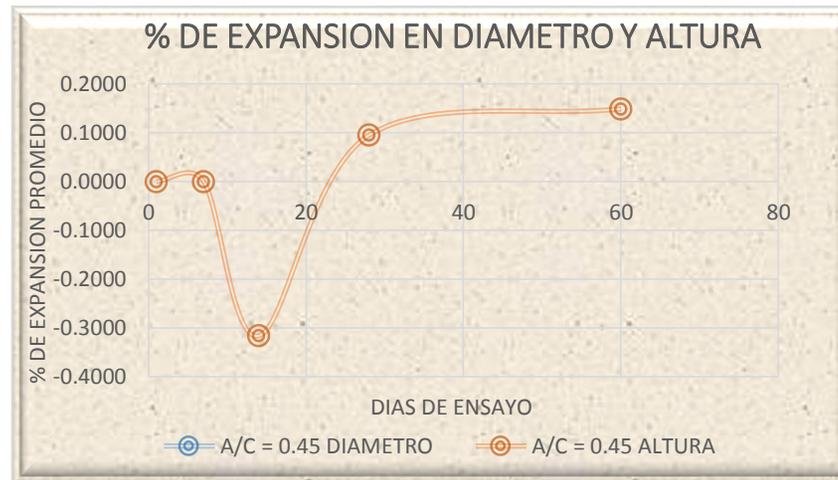


A. CEMENTO GU A/C: 0.45

CURADO NORMAL

DIAS	EXPANSION EN DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	-0.3623	-0.2474	-0.0825	-0.2307
28	-0.1647	-0.1979	0.0000	-0.1209
60	0.6917	-0.2309	0.0000	0.1536

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	-0.5365	-0.4867	0.0736	-0.3165
28	0.2276	0.0649	-0.0082	0.0948
60	0.2520	0.1947	0.0000	0.1489

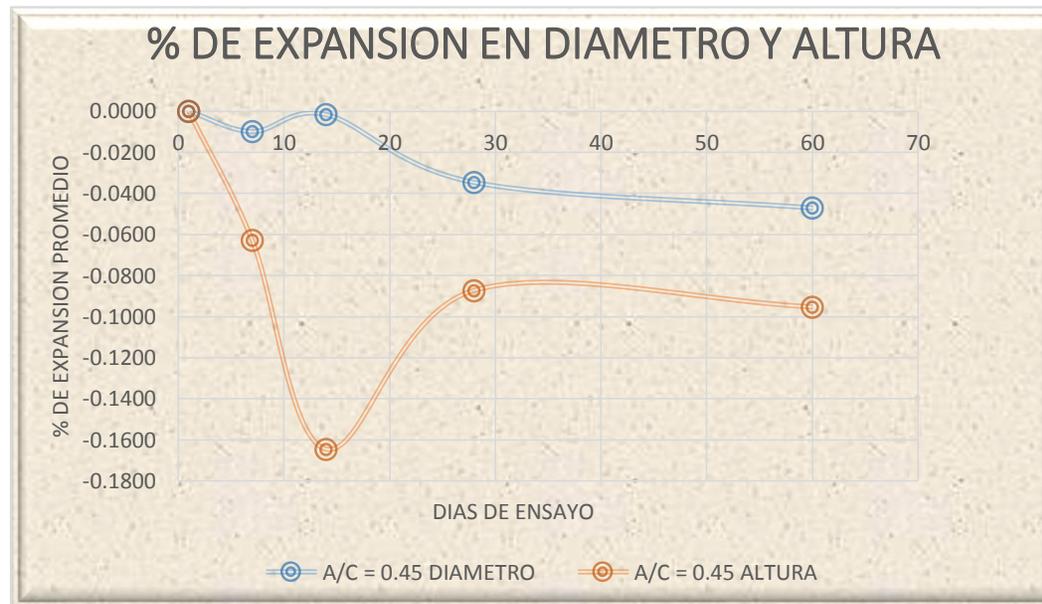




CURADO SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	-0.0496	0.0165	0.0035	-0.0098
14	0.0165	-0.0331	0.0117	-0.0016
28	-0.0661	-0.0165	-0.0213	-0.0346
60	0.0000	-0.1075	-0.0337	-0.0471

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	-0.1878	0.0488	-0.0495	-0.0628
14	-0.1633	-0.1790	-0.1511	-0.1645
28	-0.1633	-0.0244	-0.0739	-0.0872
60	-0.1143	-0.0895	-0.0819	-0.0952



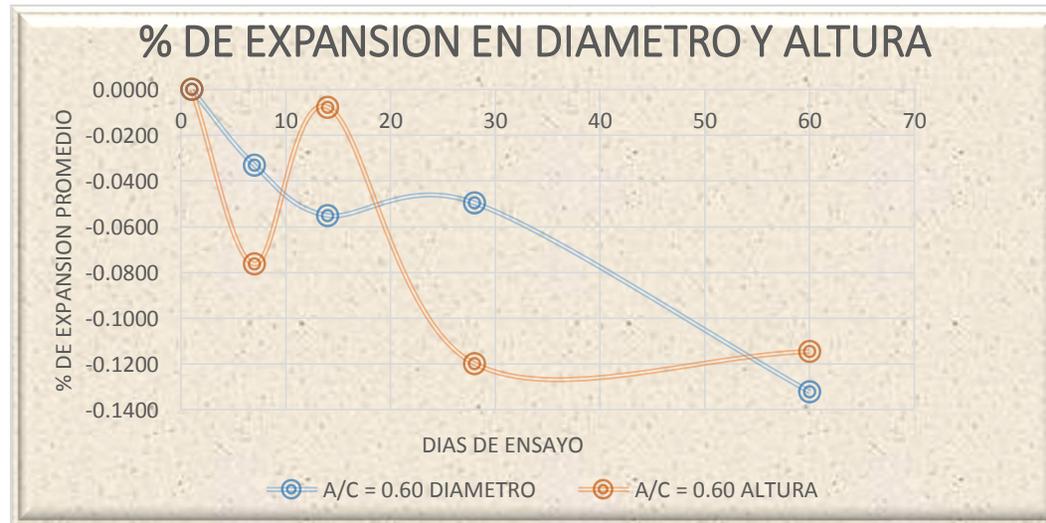


B. CEMENTO GU A/C: 0.60

CURADO NORMAL

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	-0.0495	-0.0331	-0.0165	-0.0330
14	-0.0330	-0.0826	-0.0495	-0.0551
28	-0.0826	-0.0331	-0.0330	-0.0495
60	-0.0908	-0.1818	-0.1238	-0.1321

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	-0.1632	-0.0245	-0.0410	-0.0762
14	-0.1958	-0.0899	0.2627	-0.0077
28	-0.1958	-0.1226	-0.0410	-0.1198
60	-0.2040	-0.0327	-0.1067	-0.1145

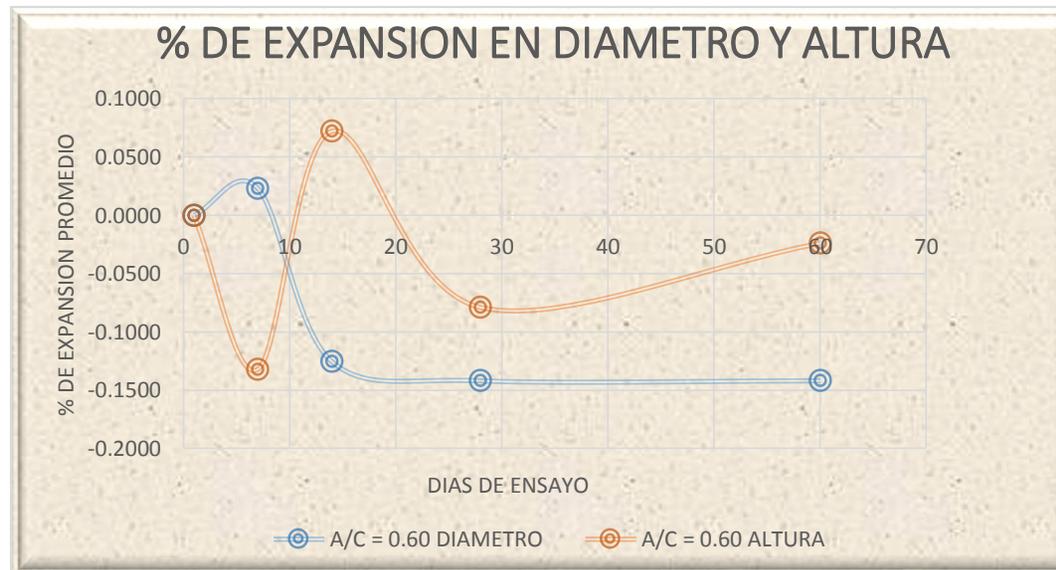




CURADO SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.1652	-0.1321	0.0365	0.0232
14	-0.1652	-0.0991	-0.1121	-0.1254
28	-0.1321	-0.1651	-0.1286	-0.1420
60	-0.1321	-0.1651	-0.1286	-0.1420

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	-0.0736	-0.2040	-0.1188	-0.1321
14	0.0818	0.0490	0.0854	0.0720
28	-0.0327	-0.1387	-0.0657	-0.0790
60	-0.0695	0.0082	-0.0107	-0.0240



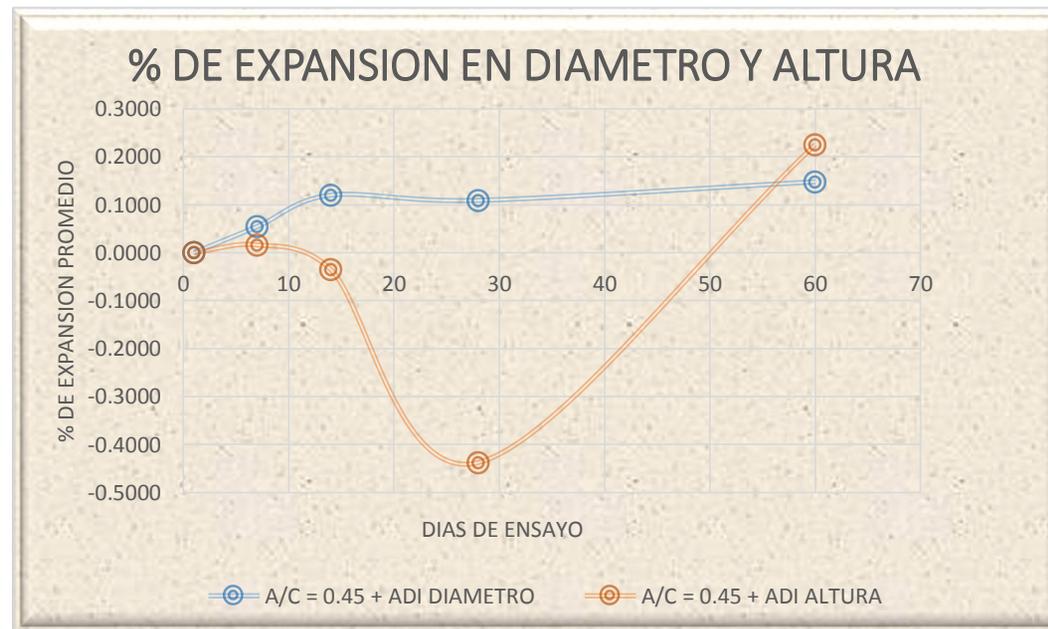


C. CEMENTO GU A/C: 45 + ADITIVO INCLUSOR DE AIRE

CURADO NORMAL

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.2454	-0.0991	0.0165	0.0543
14	0.3272	-0.0495	0.0826	0.1201
28	0.3272	-0.0826	0.0826	0.1091
60	0.2781	0.1486	0.0165	0.1478

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0486	-0.0408	0.0409	0.0163
14	-0.0324	-0.0653	-0.0082	-0.0353
28	-1.6484	0.0490	0.2866	-0.4376
60	0.2512	0.3428	0.0819	0.2253

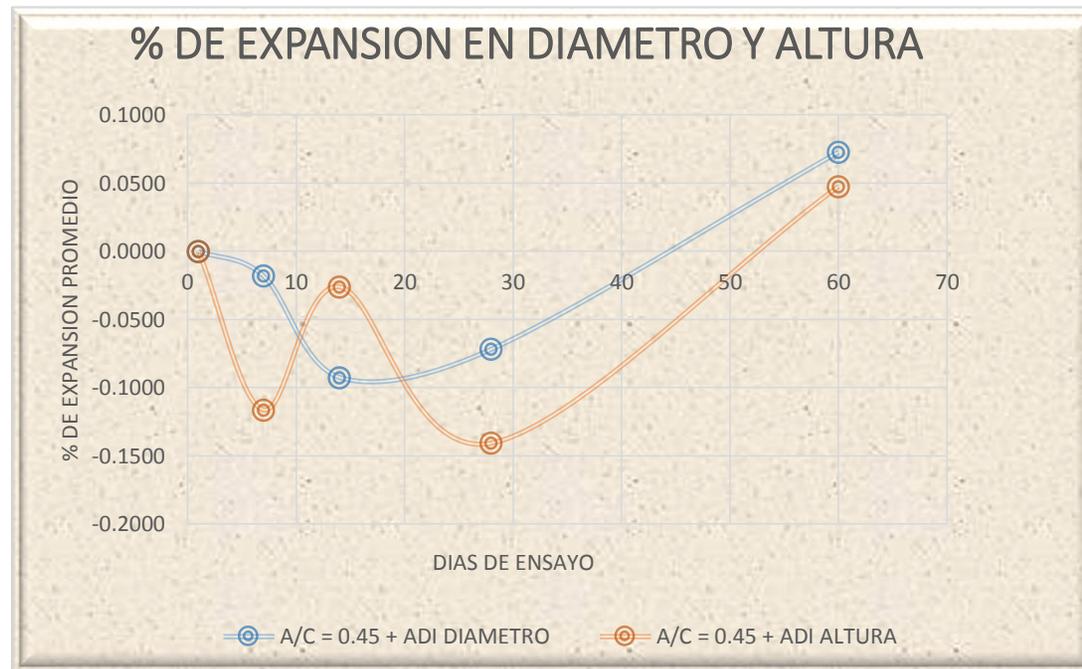




CURADO SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	-0.0331	-0.0165	-0.0048	-0.0181
14	-0.0496	-0.1487	-0.0792	-0.0925
28	-0.0992	-0.0578	-0.0585	-0.0719
60	-0.0331	0.1652	0.0861	0.0727

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0082	-0.2541	-0.1029	-0.1163
14	-0.0082	-0.0574	-0.0128	-0.0261
28	-0.1145	-0.1803	-0.1274	-0.1407
60	0.0409	0.0410	0.0609	0.0476

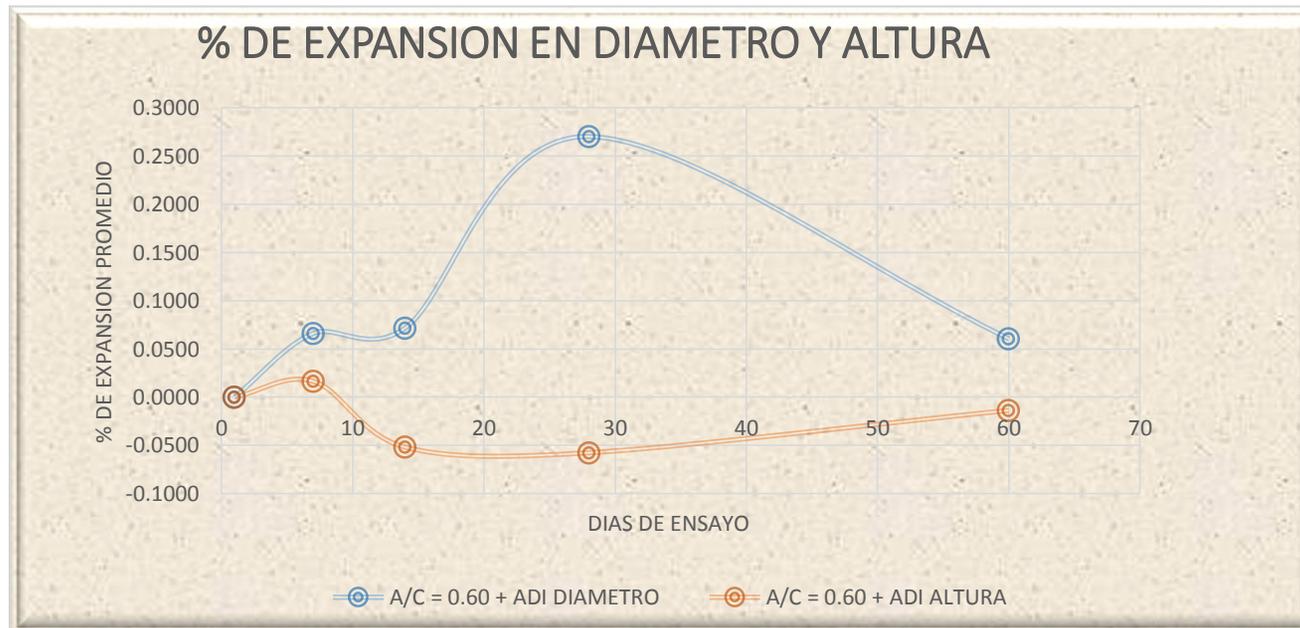




D. CEMENTO GU A/C: 60 + ADITIVO INCLUSOR DE AIRE CURADO NORMAL

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0497	0.0496	0.0992	0.0662
14	0.0497	0.0993	0.0661	0.0717
28	0.6620	0.0662	0.0827	0.2703
60	-0.0083	0.0745	0.1158	0.0606

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0821	-0.0490	0.0163	0.0165
14	-0.0739	-0.0817	0.0000	-0.0519
28	-0.2544	-0.0409	0.1223	-0.0577
60	-0.0657	-0.0327	0.0571	-0.0138

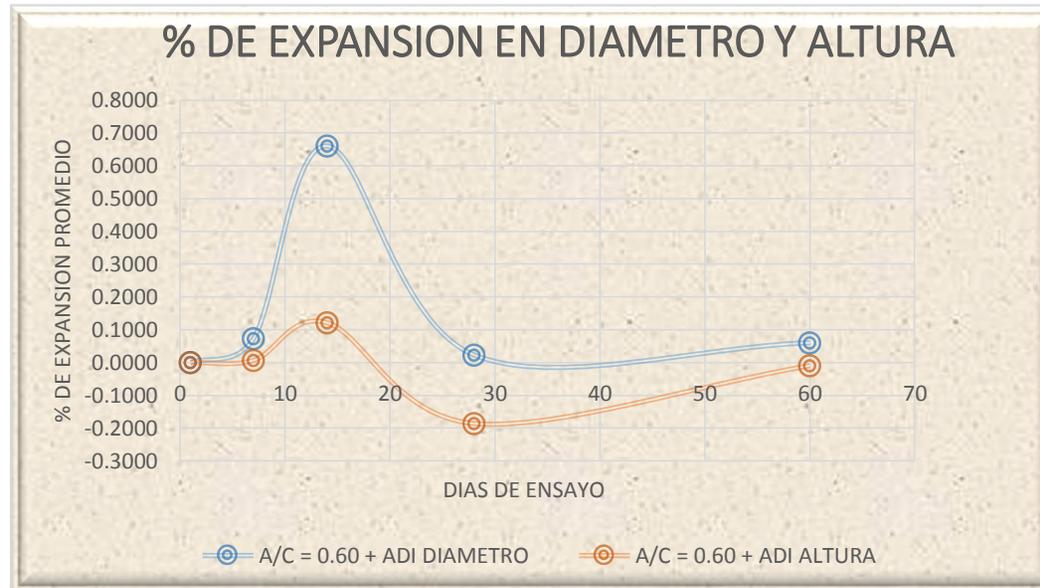




CURADO SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0662	0.0662	0.0862	0.0728
14	1.2244	0.0827	0.6735	0.6602
28	0.0000	0.0331	0.0365	0.0232
60	0.0331	0.0744	0.0738	0.0604

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0410	-0.0410	0.0200	0.0066
14	0.1229	0.1067	0.1348	0.1214
28	-0.0491	-0.3365	-0.1728	-0.1862
60	-0.0819	0.0492	0.0037	-0.0097

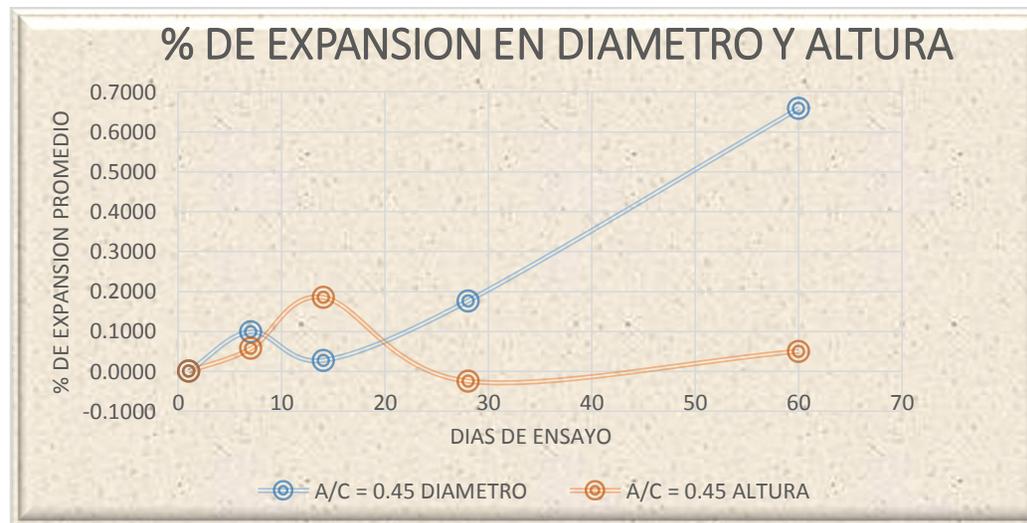




E. CEMENTO HE A/C: 0.45

CURADO NORMAL

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO	DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3			ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0165	0.0661	0.2150	0.0992	7	0.1145	0.0898	-0.0327	0.0572
14	-0.1322	0.0000	0.2150	0.0276	14	0.1636	0.1960	0.1962	0.1853
28	0.4792	-0.0496	0.0992	0.1763	28	0.0491	-0.0735	-0.0490	-0.0245
60	0.8757	1.0000	0.0992	0.6583	60	0.1063	0.0041	0.0409	0.0504

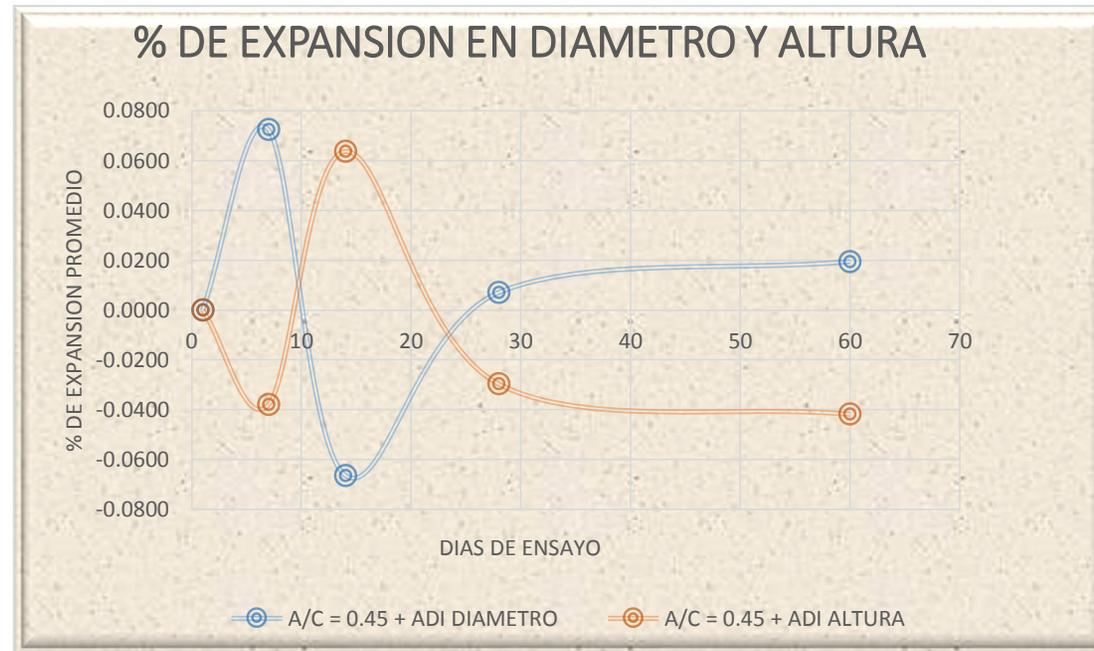




CURADO SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0662	0.0652	0.0857	0.0724
14	0.0496	-0.1956	-0.0530	-0.0663
28	0.0496	-0.0489	0.0204	0.0070
60	0.0744	-0.0489	0.0328	0.0194

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	-0.0409	-0.0484	-0.0246	-0.0380
14	0.0736	0.0403	0.0769	0.0636
28	-0.0082	-0.0645	-0.0164	-0.0297
60	-0.0082	-0.0887	-0.0285	-0.0418



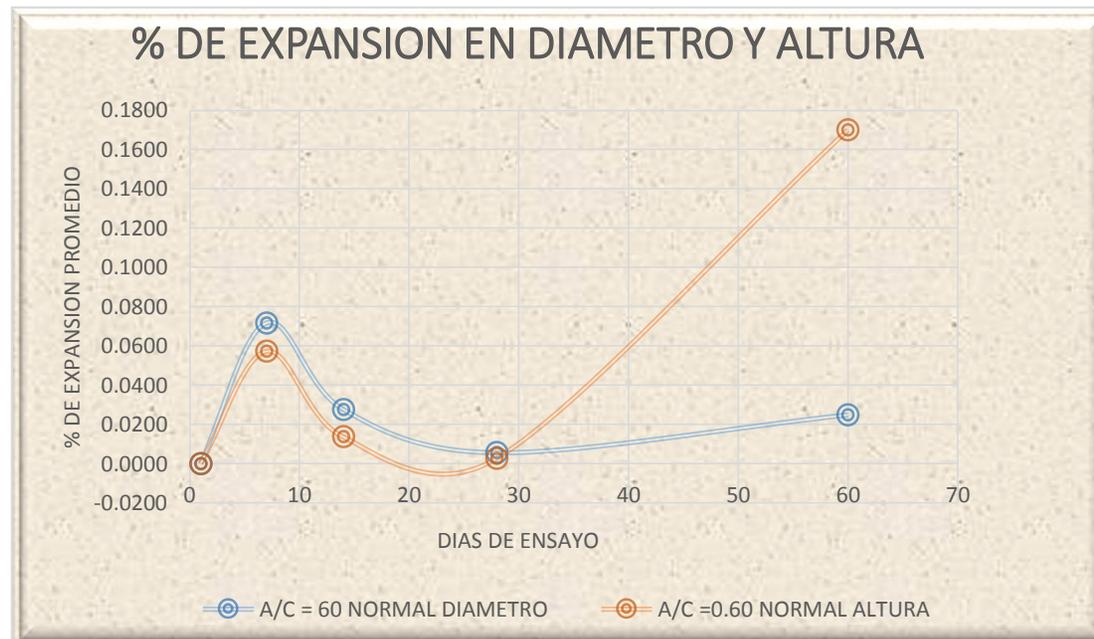


F. CEMENTO HE A/C: 0.60

CURADO NORMAL

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.1323	0.0331	0.0496	0.0716
14	0.0331	0.0331	0.0165	0.0275
28	0.0331	-0.0083	-0.0083	0.0055
60	0.0248	0.0496	0.0000	0.02479

DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0409	0.1143	0.0164	0.0572
14	0.0000	0.0653	-0.0246	0.0136
28	-0.0164	0.0531	-0.0286	0.0027
60	0.1634	0.1634	0.1834	0.1700

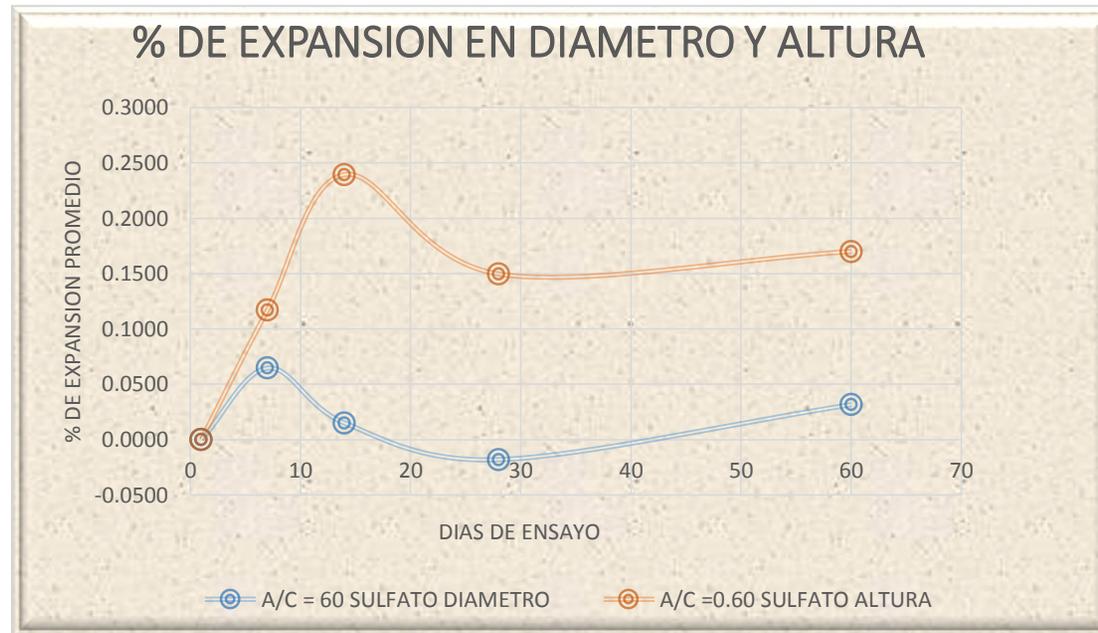




CURADO SULFATO DE MAGNESIO

DIAS	DIAMETRO			DIAMETRO PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0496	0.0662	0.0779	0.0646
14	0.0000	0.0166	0.0283	0.0149
28	-0.0413	-0.0083	-0.0048	-0.0181
60	0.0083	0.0414	0.0448	0.0315

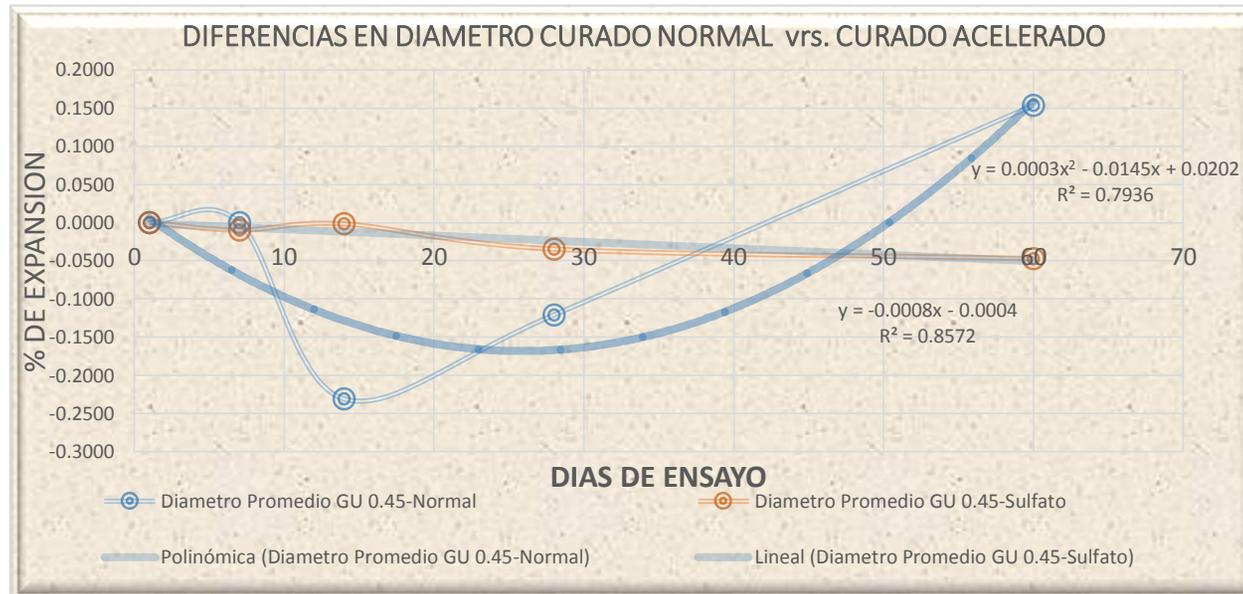
DIAS	ALTURA			ALTURA PROMEDIO
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.1225	0.0980	0.1303	0.1169
14	0.2287	0.2369	0.2528	0.2395
28	0.1797	0.1062	0.1629	0.1496
60	0.1634	0.1634	0.1834	0.1700





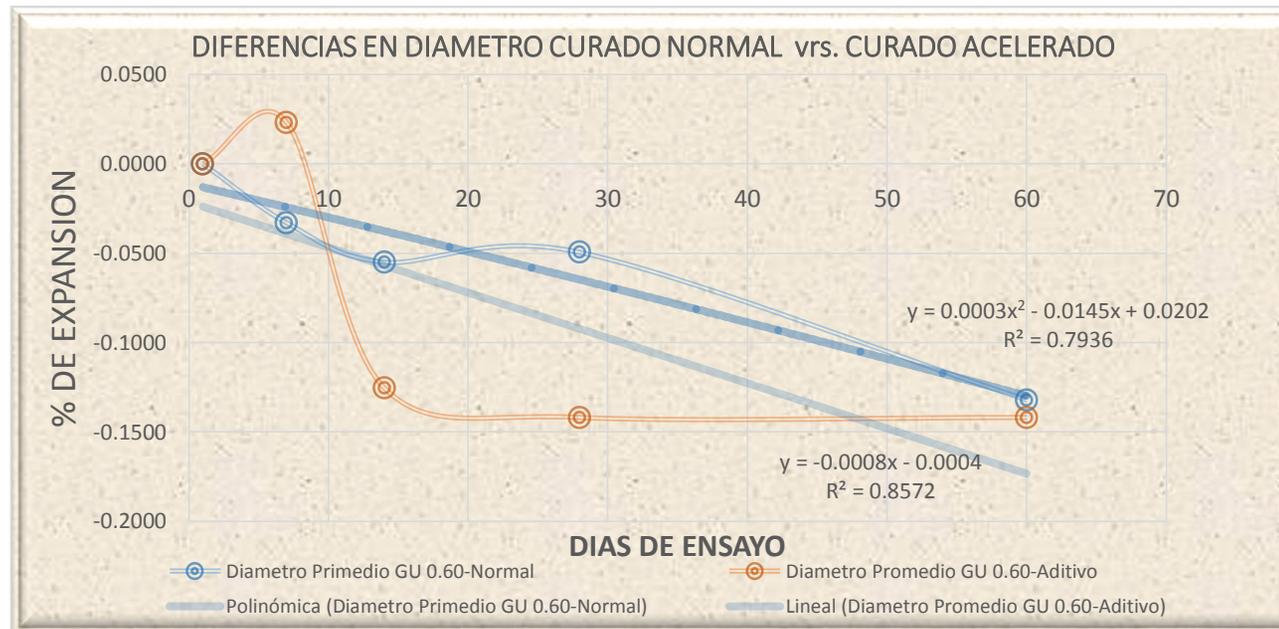
✓ **EXPANSION DIAMETRO (GU EN CURADO NORMAL) - DIAMETRO (GU EN CURADO ACELERADO)- SIN ADITIVO**

A/C 0.45 SIN ADITIVO		
	GU CURADO NORMAL	GU CURADO SULFATO
DIAS	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO PROMEDIO
1	0.0000	0.0000
7	0.0000	-0.0098
14	-0.2307	-0.0016
28	-0.1209	-0.0346
60	0.1536	-0.0471





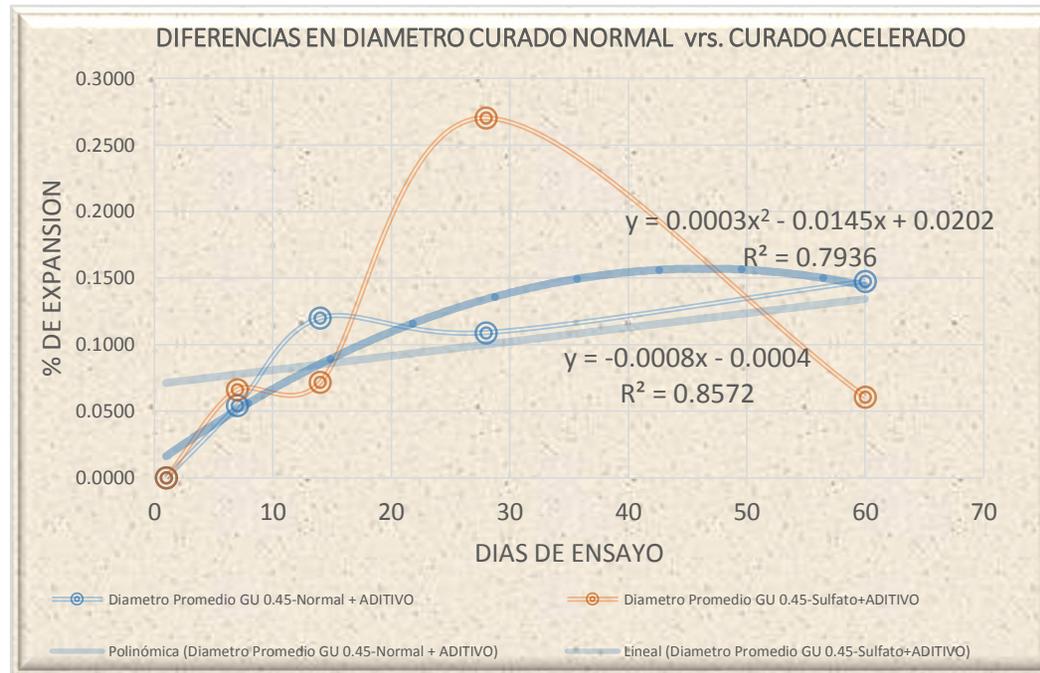
DIAS	A/C 0.60 SIN ADTIVO	
	GU CURADO NORMAL	GU CURADO SULFATO
	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO PROMEDIO
1	0.0000	0.0000
7	-0.0330	0.0232
14	-0.0551	-0.1254
28	-0.0495	-0.1420
60	-0.1321	-0.1420





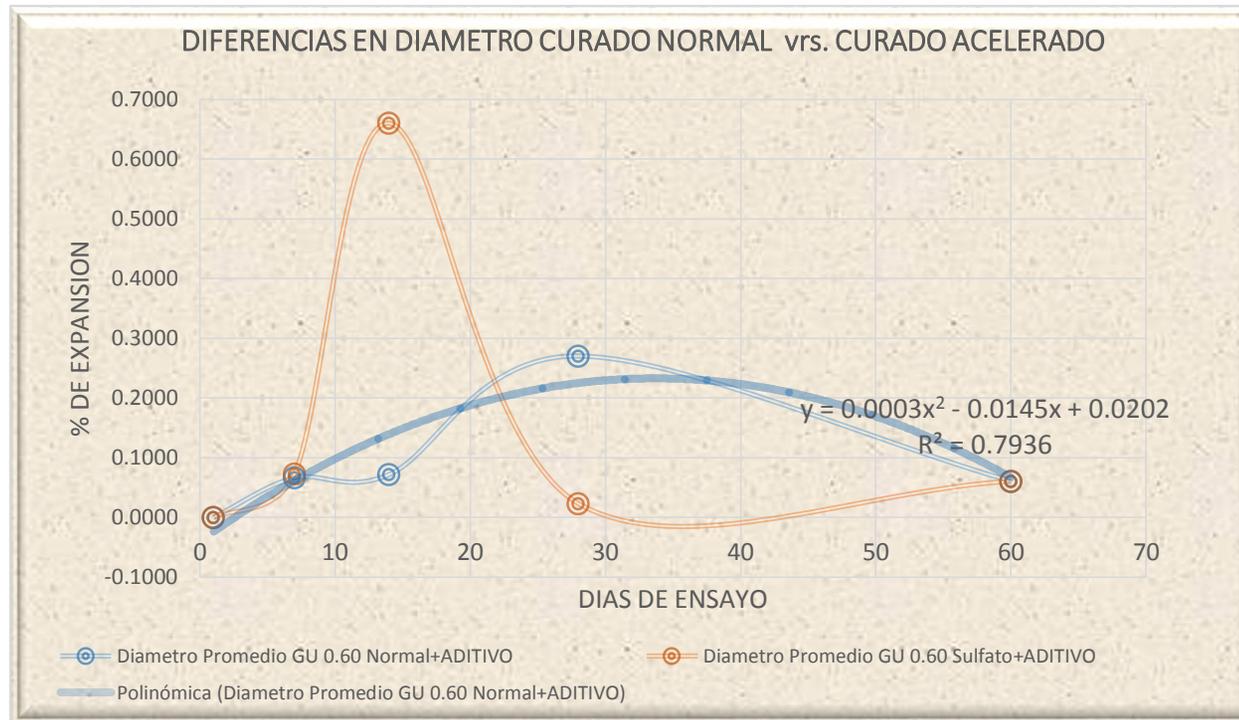
✓ **EXPANSION DIAMETRO (GU EN CURADO NORMAL) - DIAMETRO (GU EN CURADO ACELERADO)- CON ADITIVO**

DIAS	A/C 0.45 CON ADITIVO	
	GU CURADO NORMAL	GU CURADO SULFATO
	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO PROMEDIO
1	0.0000	0.0000
7	0.0543	-0.0181
14	0.1201	-0.0925
28	0.1091	-0.0719
60	0.1478	0.0727





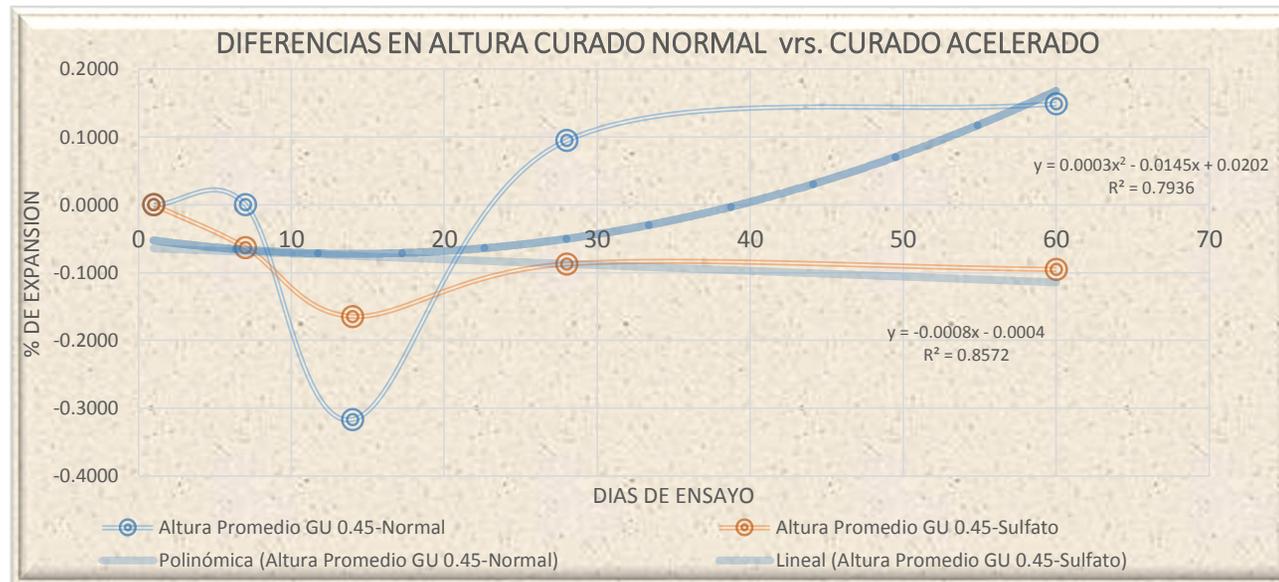
A/C 0.60 CON ADTIVO		
	GU CURADO NORMAL	GU CURADO SULFATO
DIAS	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO PROMEDIO
1	0.0000	0.0000
7	0.0662	0.0728
14	0.0717	0.6602
28	0.2703	0.0232
60	0.0606	0.0604





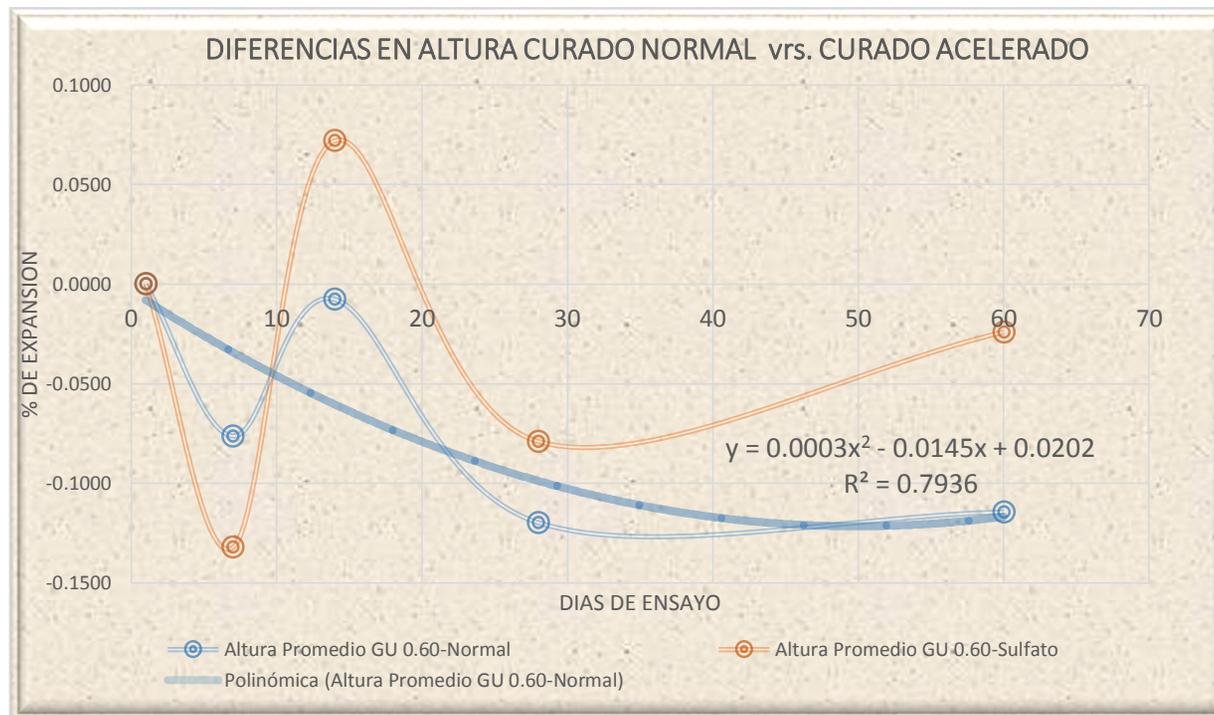
✓ **EXPANSION ALTURA (GU EN CURADO NORMAL) - ALTURA (GU EN CURADO ACELERADO)- SIN ADITIVO**

A/C 0.45 SIN ADITIVO		
DIAS	ALTURA PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO
1	0.0000	0.0000
7	0.0000	-0.0628
14	-0.3165	-0.1645
28	0.0948	-0.0872
60	0.1489	-0.0952





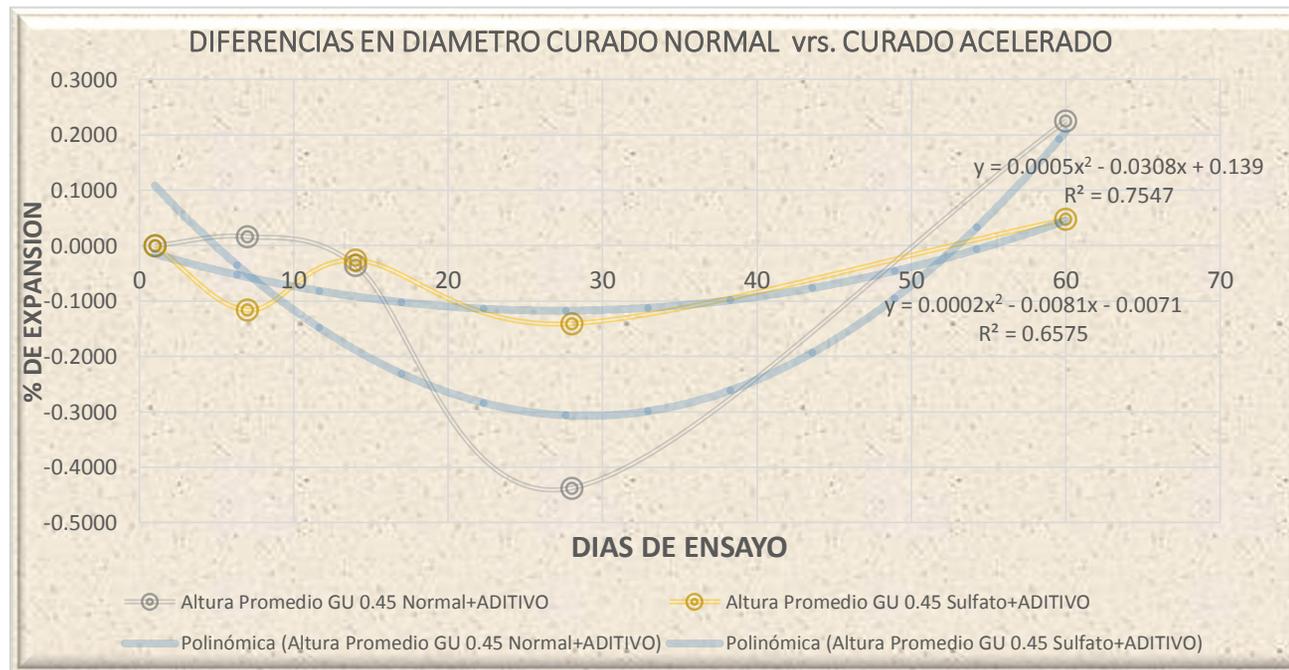
A/C 0.60 SIN ADTIVO		
DIAS	ALTURA PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO
1	0.0000	0.0000
7	-0.0762	-0.1321
14	-0.0077	0.0720
28	-0.1198	-0.0790
60	-0.1145	-0.0240





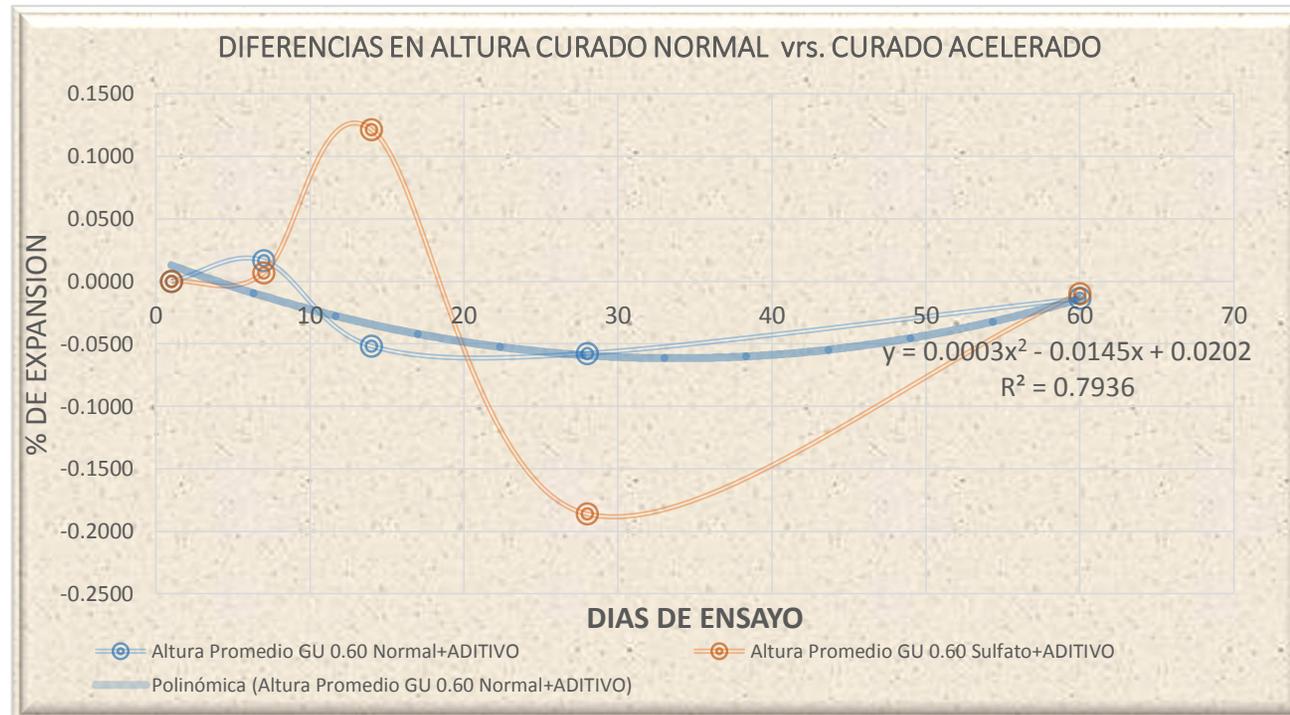
✓ **EXPANSION ALTURA (GU EN CURADO NORMAL) - ALTURA (GU EN CURADO ACELERADO)- CON ADITIVO**

A/C 0.45 CON ADTIVO		
DIAS	ALTURA PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO
1	0.0000	0.0000
7	0.0163	-0.1163
14	-0.0353	-0.0261
28	-0.4376	-0.1407
60	0.2253	0.0476





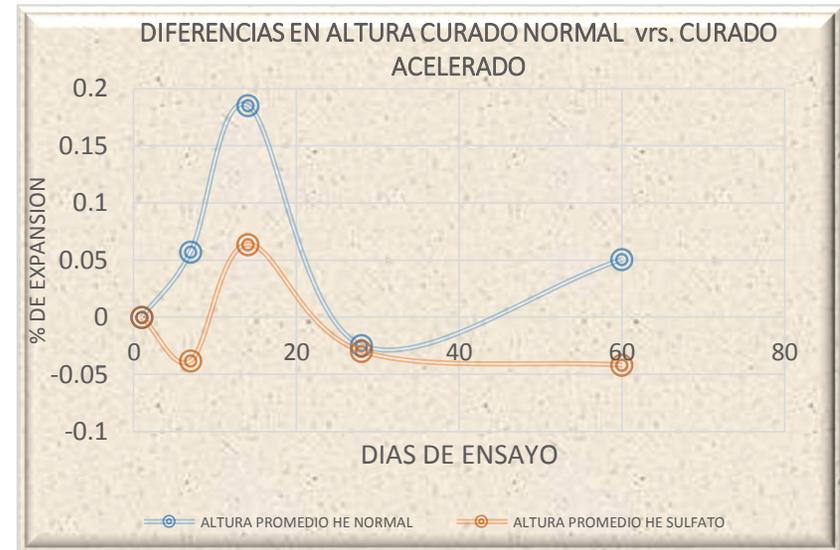
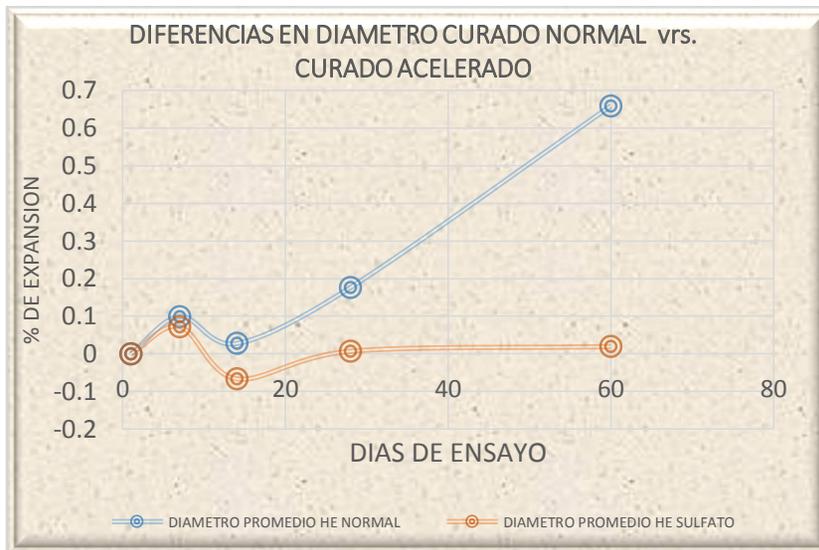
A/C 0.60 CON ADITIVO		
DIAS	ALTURA PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO
1	0.0000	0.0000
7	0.0163	-0.1163
14	-0.0353	-0.0261
28	-0.4376	-0.1407
60	0.2253	0.0476





3- EXPANSIONES DIAMETRO – DIAMETRO Y ALTURA-ALTURA EN (HE EN CURADO NORMAL Y HE EN CURADO ACELERADO)

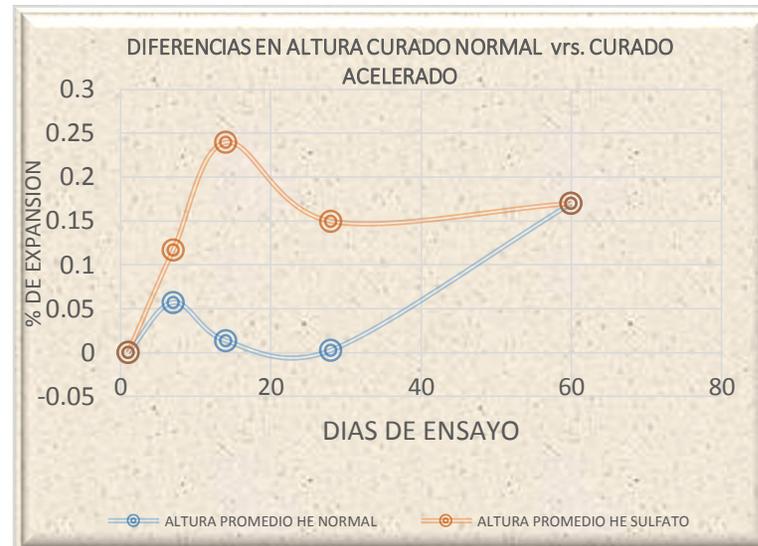
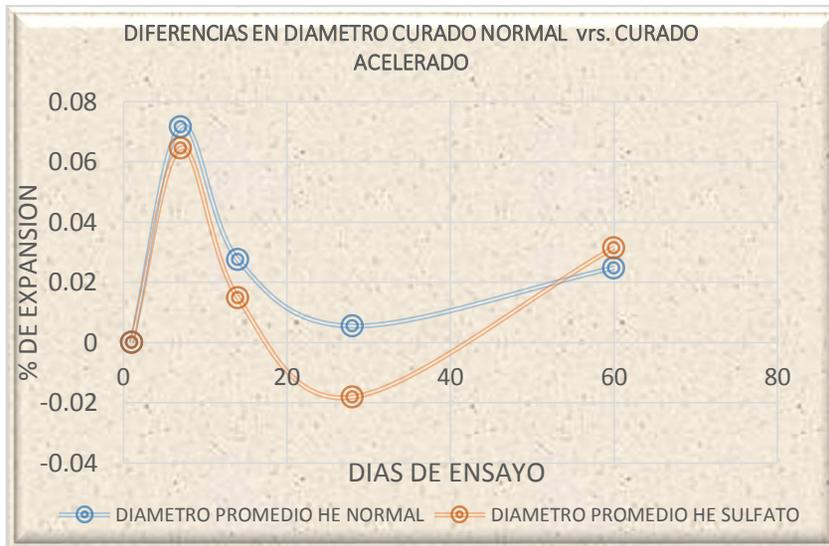
A/C 0.45 SIN ADTIVO				
HE CURADO NORMAL		HE CURADO SULFATO		
DIAS	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0992	0.0724	0.0572	-0.0380
14	0.0276	-0.0663	0.1853	0.0636
28	0.1763	0.0070	-0.0245	-0.0297
60	0.6583	0.0194	0.0504	-0.0418





4- EXPANSIONES DIAMETRO – DIAMETRO Y ALTURA-ALTURA EN (HE EN CURADO NORMAL Y HE EN CURADO ACELERADO)

A/C 0.60 SIN ADITIVO				
HE CURADO NORMAL		HE CURADO SULFATO		
DIAS	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0716	0.0646	0.0572	0.1169
14	0.0275	0.0149	0.0136	0.2395
28	0.0055	-0.0181	0.0027	0.1496
60	0.0248	0.0315	0.1700	0.1700





ANEXO 9 FORMATOS DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESION

ANEXO MEZCLA N°1

CEMENTO: GU (FUERTE)

RELACION A/C: 0.45

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Williams Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	13-Jul-15	13-Jul-15	13-Jul-15
Fecha de ensayo	20-Jul-15	20-Jul-15	20-Jul-15
Edad de cilindro en dias	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	380.00	380.00	380.00
Diametro (cm)	10.21	10.23	10.08
Altura (cm)	20.53	20.67	20.57
Lectura Dial	60502.00	65870.00	63524.00
Area (cm2)	81.87	82.19	79.80
Volumen (cm3)	1680.86	1698.95	1641.52
Peso kg	3.95	3.98	3.89
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	290.93	315.51	313.40
Esfuerzo de ruptura en Mpa	28.53	30.94	30.73
% de ganancia según diseño	76.56	83.03	82.47

TIPO DE FALLA	2	1	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa: La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

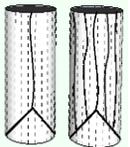
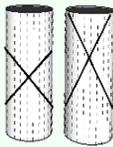
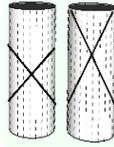
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	13-Jul-15	13-Jul-15	13-Jul-15
Fecha de ensayo	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	380.00	380.00	380.00
Diametro (cm)	10.28	10.07	10.08
Altura (cm)	20.45	20.42	20.48
Lectura Dial	78040.00	75620.00	76630.00
Area (cm2)	83.00	79.64	79.80
Volumen (cm3)	1697.34	1626.31	1634.33
Peso kg	3.87	3.87	3.87
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	370.18	373.81	378.05
Esfuerzo de ruptura en Mpa	36.30	36.66	37.07
% de ganancia según diseño	97.41	98.37	99.49

TIPO DE FALLA	2	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

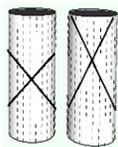
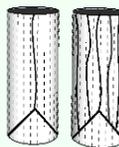
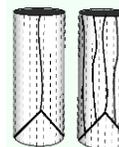
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	13-Jul-15	13-Jul-15	13-Jul-15
Fecha de ensayo	10-Aug-15	10-Aug-15	10-Aug-15
Edad de cilindro en dias	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	380.00	380.00	380.00
Diametro (cm)	10.11	10.09	10.08
Altura (cm)	20.49	20.42	20.45
Lectura Dial	78740.00	87530.00	83135.00
Area (cm2)	80.28	79.96	79.80
Volumen (cm3)	1644.88	1632.78	1631.94
Peso kg	3.85	3.85	3.85
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	386.16	430.97	410.15
Esfuerzo de ruptura en Mpa	37.87	42.26	40.22
% de ganancia según diseño	101.62	113.41	107.93

TIPO DE FALLA	1	2	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

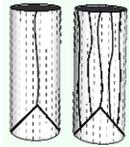
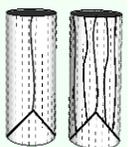
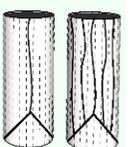
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	13-Jul-15	13-Jul-15	13-Jul-15
Fecha de ensayo	11-Sep-15	11-Sep-15	11-Sep-15
Edad de cilindro en dias	60 días	60 días	60 días
F'c de diseño en kg/cm2	380.00	380.00	380.00
Diametro (cm)	10.19	10.08	10.10
Altura (cm)	20.56	20.59	20.39
Lectura Dial	94890.00	97910.00	101390.00
Area (cm2)	81.55	79.80	80.12
Volumen (cm3)	1676.72	1643.11	1633.62
Peso kg	3.88	3.86	3.85
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	458.09	483.04	498.23
Esfuerzo de ruptura en Mpa	44.92	47.37	48.86
% de ganancia según diseño	120.55	127.12	131.11

TIPO DE FALLA	2	2	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



MEZCLA N°1

CEMENTO: GU (FUERTE)

RELACION AGUA CEMENTO: 0.45

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa: La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	13-Jul-15	13-Jul-15	13-Jul-15
Fecha de ensayo	20-Jul-15	20-Jul-15	20-Jul-15
Edad de cilindro en dias	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	380.00	380.00	380.00
Diametro (cm)	10.09	10.10	10.10
Altura (cm)	20.55	20.42	20.49
Lectura Dial	65256.00	63542.00	64399.00
Area (cm ²)	79.96	80.12	80.04
Volumen (cm ³)	1643.18	1636.02	1639.60
Peso kg	3.80	3.80	3.80
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm ²	321.30	312.24	316.77
Esfuerzo de ruptura en Mpa	31.51	30.62	31.06
% de ganancia según diseño	84.55	82.17	83.36

TIPO DE FALLA	2	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Río jiboa: La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

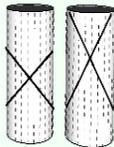
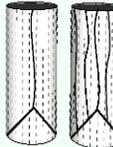
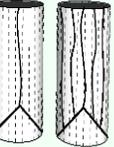
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	13-Jul-15	13-Jul-15	13-Jul-15
Fecha de ensayo	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Edad de cilindro en dias	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	380.00	380.00	380.00
Diametro (cm)	10.09	10.08	10.09
Altura (cm)	20.20	20.47	20.34
Lectura Dial	73540.00	74060.00	73800.00
Area (cm2)	79.96	79.80	79.88
Volumen (cm3)	1615.19	1633.54	1624.37
Peso kg	3.77	3.77	3.77
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	362.09	365.38	363.73
Esfuerzo de ruptura en Mpa	35.51	35.83	35.67
% de ganancia según diseño	95.29	96.15	95.72

TIPO DE FALLA	1	2	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa: La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	13-Jul-15	13-Jul-15	13-Jul-15
Fecha de ensayo	10-Aug-15	10-Aug-15	10-Aug-15
Edad de cilindro en dias	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	380.00	380.00	380.00
Diametro (cm)	10.08	10.23	10.16
Altura (cm)	20.53	20.72	20.63
Lectura Dial	69830.00	77380.00	73605.00
Area (cm2)	79.80	82.19	80.99
Volumen (cm3)	1638.32	1703.06	1670.49
Peso kg	3.83	3.95	3.89
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	344.51	370.64	357.79
Esfuerzo de ruptura en Mpa	33.78	36.35	35.09
% de ganancia según diseño	90.66	97.54	94.15

TIPO DE FALLA	2	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Río Jiboa: La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

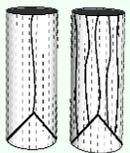
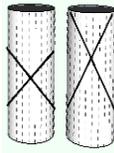
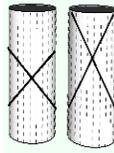
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	13-Jul-15	13-Jul-15	13-Jul-15
Fecha de ensayo	11-Sep-15	11-Sep-15	11-Sep-15
Edad de cilindro en dias	60 días	60 días	60 días
F'c de diseño en kg/cm2	380.00	380.00	380.00
Diametro (cm)	10.09	10.07	10.08
Altura (cm)	20.39	20.47	20.43
Lectura Dial	69980.00	65540.00	67760.00
Area (cm2)	79.96	79.64	79.80
Volumen (cm3)	1630.38	1630.30	1630.34
Peso kg	3.83	3.83	3.83
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	344.56	323.98	334.29
Esfuerzo de ruptura en Mpa	33.79	31.77	32.78
% de ganancia según diseño	90.67	85.26	87.97

TIPO DE FALLA	2	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



MEZCLA N°2

CEMENTO: GU (FUERTE)

RELACION AGUA CEMENTO: 0.60

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 34 °C

REVENIMIENTO 5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	15-Jul-15	15-Jul-15	15-Jul-15
Fecha de ensayo	22-Jul-15	22-Jul-15	22-Jul-15
Edad de cilindro en dias	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	334.00	334.00	334.00
Diametro (cm)	10.08	10.21	10.09
Altura (cm)	20.32	20.61	20.37
Lectura Dial	34060.00	40570.00	36670.00
Area (cm2)	79.80	81.87	79.96
Volumen (cm3)	1621.57	1687.41	1628.78
Peso kg	3.79	3.95	3.84
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	168.04	195.09	180.55
Esfuerzo de ruptura en Mpa	16.48	19.13	17.71
% de ganancia según diseño	50.31	58.41	54.06

TIPO DE FALLA	2	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa: La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

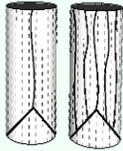
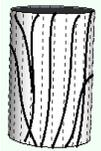
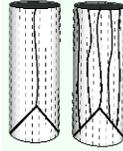
TEMPERATURA 34 °C

REVENIMIENTO 5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	15-Jul-15	15-Jul-15	15-Jul-15
Fecha de ensayo	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Edad de cilindro en dias	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	334.00	334.00	334.00
Diametro (cm)	10.08	10.21	10.09
Altura (cm)	20.31	20.43	20.34
Lectura Dial	46090.00	47850.00	37810.00
Area (cm2)	79.80	81.87	79.96
Volumen (cm3)	1620.77	1672.67	1626.38
Peso kg	3.80	3.93	3.82
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	227.39	230.09	186.17
Esfuerzo de ruptura en Mpa	22.30	22.56	18.26
% de ganancia según diseño	68.08	68.89	55.74

TIPO DE FALLA	2	3	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Río jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 34 °C

REVENIMIENTO 5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	15-Jul-15	15-Jul-15	15-Jul-15
Fecha de ensayo	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Edad de cilindro en dias	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	334.00	334.00	334.00
Diametro (cm)	10.09	10.10	10.08
Altura (cm)	20.38	20.38	20.41
Lectura Dial	53780.00	58200.00	58000.00
Area (cm2)	79.96	80.12	79.80
Volumen (cm3)	1629.58	1632.81	1628.75
Peso kg	3.80	3.81	3.82
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	264.80	285.99	286.14
Esfuerzo de ruptura en Mpa	25.97	28.05	28.06
% de ganancia según diseño	79.28	85.63	85.67

TIPO DE FALLA	2	1	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 34 °C

REVENIMIENTO 5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	15-Jul-15	15-Jul-15	15-Jul-15
Fecha de ensayo	14-Sep-15	14-Sep-15	14-Sep-15
Edad de cilindro en dias	61 días	61 días	61 días
F'c de diseño en kg/cm2	334.00	334.00	334.00
Diametro (cm)	10.08	10.07	10.08
Altura (cm)	20.39	20.39	20.28
Lectura Dial	65220.00	63750.00	61660.00
Area (cm2)	79.80	79.64	79.80
Volumen (cm3)	1627.15	1623.93	1618.37
Peso kg	3.83	3.82	3.80
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	321.76	315.14	304.20
Esfuerzo de ruptura en Mpa	31.55	30.90	29.83
% de ganancia según diseño	96.34	94.35	91.08

TIPO DE FALLA	1	1	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



MEZCLA N°2

CEMENTO: GU (FUERTE)

RELACION AGUA CEMENTO: 0.60

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

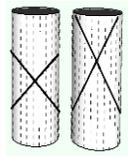
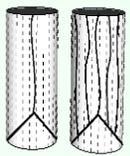
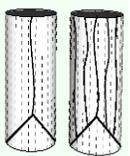
TEMPERATURA 34 °C

REVENIMIENTO 5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	15-Jul-15	15-Jul-15	15-Jul-15
Fecha de ensayo	22-Jul-15	22-Jul-15	22-Jul-15
Edad de cilindro en dias	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	334.00	334.00	334.00
Diametro (cm)	10.13	10.10	10.12
Altura (cm)	20.34	20.58	20.46
Lectura Dial	42270.00	40000.00	41135.00
Area (cm2)	80.60	80.12	80.36
Volumen (cm3)	1639.30	1648.84	1644.10
Peso kg	3.76	3.81	3.79
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	206.49	196.56	201.54
Esfuerzo de ruptura en Mpa	20.25	19.28	19.76
% de ganancia según diseño	61.82	58.85	60.34

TIPO DE FALLA	1	2	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa: La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 34 °C

REVENIMIENTO 5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	15-Jul-15	15-Jul-15	15-Jul-15
Fecha de ensayo	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	334.00	334.00	334.00
Diametro (cm)	10.09	10.08	10.09
Altura (cm)	20.51	20.52	20.52
Lectura Dial	38280.00	43280.00	40780.00
Area (cm2)	79.96	79.80	79.88
Volumen (cm3)	1639.98	1637.53	1638.75
Peso kg	3.76	3.77	3.77
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	188.48	213.52	200.99
Esfuerzo de ruptura en Mpa	18.48	20.94	19.71
% de ganancia según diseño	56.43	63.93	60.18

TIPO DE FALLA	2	1	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

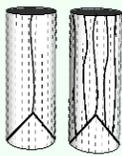
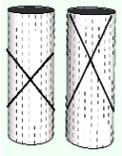
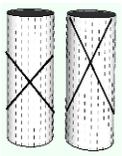
TEMPERATURA 34 °C

REVENIMIENTO 5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	15-Jul-15	15-Jul-15	15-Jul-15
Fecha de ensayo	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	334.00	334.00	334.00
Diametro (cm)	10.08	10.08	10.08
Altura (cm)	20.31	20.36	20.34
Lectura Dial	43440.00	41730.00	42585.00
Area (cm2)	79.80	79.80	79.80
Volumen (cm3)	1620.77	1624.76	1622.76
Peso kg	3.76	3.77	3.76
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	214.31	205.88	210.09
Esfuerzo de ruptura en Mpa	21.02	20.19	20.60
% de ganancia según diseño	64.17	61.64	62.90

TIPO DE FALLA	2	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 34 °C

REVENIMIENTO 5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	15-Jul-15	15-Jul-15	15-Jul-15
Fecha de ensayo	14-Sep-15	14-Sep-15	14-Sep-15
Edad de cilindro en dias	61 días	61 días	61 días
F'c de diseño en kg/cm2	334.00	334.00	334.00
Diametro (cm)	10.08	10.08	10.08
Altura (cm)	20.36	20.43	20.40
Lectura Dial	40520.00	41700.00	41110.00
Area (cm2)	79.80	79.80	79.80
Volumen (cm3)	1624.76	1630.34	1627.55
Peso kg	3.78	3.80	3.79
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	199.91	205.73	202.82
Esfuerzo de ruptura en Mpa	19.60	20.17	19.89
% de ganancia según diseño	59.85	61.59	60.72

TIPO DE FALLA	2	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



MEZCLA N°3

CEMENTO: GU (FUERTE) + ADITIVO

RELACION AGUA CEMENTO: 0.45

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Fecha de ensayo	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Edad de cilindro en dias	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	300.00	300.00	300.00
Diametro (cm)	10.09	10.09	10.09
Altura (cm)	20.28	20.39	20.40
Lectura Dial	40810.00	25850.00	49170.00
Area (cm2)	79.96	79.96	79.96
Volumen (cm3)	1621.59	1630.38	1631.18
Peso kg	3.74	3.75	3.76
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	200.94	127.28	242.10
Esfuerzo de ruptura en Mpa	19.71	12.48	23.74
% de ganancia según diseño	66.98	42.43	80.70

TIPO DE FALLA	2	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Fecha de ensayo	10-Aug-15	10-Aug-15	10-Aug-15
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	300.00	300.00	300.00
Diametro (cm)	10.08	10.12	10.10
Altura (cm)	20.26	20.28	20.34
Lectura Dial	64030.00	57400.00	55480.00
Area (cm2)	79.80	80.44	80.12
Volumen (cm3)	1616.78	1631.24	1629.61
Peso kg	3.75	3.74	3.76
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	315.89	280.95	272.63
Esfuerzo de ruptura en Mpa	30.98	27.55	26.74
% de ganancia según diseño	105.30	93.65	90.88

TIPO DE FALLA	1	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

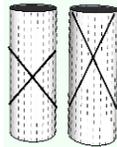
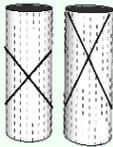
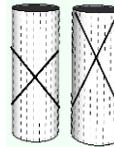
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Fecha de ensayo	24-Aug-15	24-Aug-15	24-Aug-15
Edad de cilindro en dias	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	300.00	300.00	300.00
Diametro (cm)	10.08	10.10	10.08
Altura (cm)	20.32	20.35	20.32
Lectura Dial	72260.00	71290.00	75070.00
Area (cm2)	79.80	80.12	79.80
Volumen (cm3)	1621.57	1630.41	1621.57
Peso kg	3.72	3.75	3.74
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	356.49	350.32	370.36
Esfuerzo de ruptura en Mpa	34.96	34.35	36.32
% de ganancia según diseño	118.83	116.77	123.45

TIPO DE FALLA	1	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

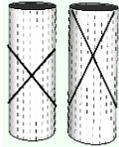
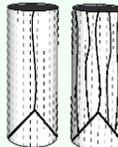
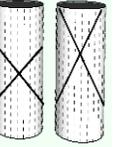
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Fecha de ensayo	25-Sep-15	25-Sep-15	25-Sep-15
Edad de cilindro en días	60 días	60 días	60 días
F'c de diseño en kg/cm2	300.00	300.00	300.00
Diametro (cm)	10.22	10.11	10.09
Altura (cm)	20.62	20.49	20.37
Lectura Dial	86900.00	79220.00	81180.00
Area (cm2)	82.03	80.28	79.96
Volumen (cm3)	1691.53	1644.88	1628.78
Peso kg	3.90	3.78	3.76
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	417.06	388.52	399.71
Esfuerzo de ruptura en Mpa	40.90	38.10	39.20
% de ganancia según diseño	139.02	129.51	133.24

TIPO DE FALLA	1	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



MEZCLA N°3

CEMENTO: GU (FUERTE) + ADITIVO

RELACION AGUA CEMENTO: 0.45

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

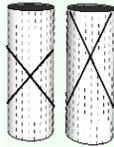
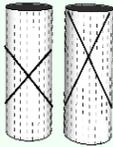
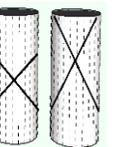
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Fecha de ensayo	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Edad de cilindro en dias	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	300.00	300.00	300.00
Diametro (cm)	10.07	10.23	10.15
Altura (cm)	20.27	20.31	20.29
Lectura Dial	47810.00	55180.00	51495.00
Area (cm2)	79.64	82.19	80.91
Volumen (cm3)	1614.37	1669.36	1641.74
Peso kg	3.74	3.81	3.77
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	236.34	264.31	250.56
Esfuerzo de ruptura en Mpa	23.18	25.92	24.57
% de ganancia según diseño	78.78	88.10	83.52

TIPO DE FALLA	1	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Fecha de ensayo	10-Aug-15	10-Aug-15	10-Aug-15
Edad de cilindro en dias	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	300.00	300.00	300.00
Diametro (cm)	10.09	10.09	10.09
Altura (cm)	20.29	20.29	20.29
Lectura Dial	70710.00	65190.00	67950.00
Area (cm2)	79.96	79.96	79.96
Volumen (cm3)	1622.39	1622.39	1622.39
Peso kg	3.72	3.70	3.71
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	348.16	320.98	334.57
Esfuerzo de ruptura en Mpa	34.14	31.48	32.81
% de ganancia según diseño	116.05	106.99	111.52

TIPO DE FALLA	1	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathy Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

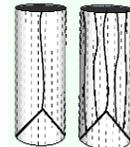
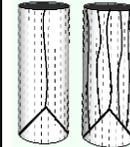
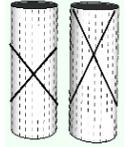
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Fecha de ensayo	24-Aug-15	24-Aug-15	24-Aug-15
Edad de cilindro en dias	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	300.00	300.00	300.00
Diametro (cm)	10.10	10.08	10.09
Altura (cm)	20.43	20.39	20.41
Lectura Dial	62500.00	60730.00	61615.00
Area (cm2)	80.12	79.80	79.96
Volumen (cm3)	1636.82	1627.15	1631.98
Peso kg	3.73	3.71	3.72
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	307.12	299.61	303.38
Esfuerzo de ruptura en Mpa	30.12	29.38	29.75
% de ganancia según diseño	102.37	99.87	101.13

TIPO DE FALLA	2	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

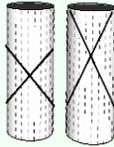
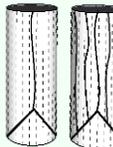
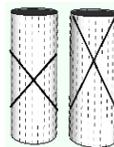
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	27-Jul-15	27-Jul-15	27-Jul-15
Fecha de ensayo	25-Sep-15	25-Sep-15	25-Sep-15
Edad de cilindro en dias	60 días	60 días	60 días
F'c de diseño en kg/cm2	300.00	300.00	300.00
Diametro (cm)	10.08	10.10	10.09
Altura (cm)	20.39	20.35	20.37
Lectura Dial	55140.00	65330.00	60235.00
Area (cm2)	79.80	80.12	79.96
Volumen (cm3)	1627.15	1630.41	1628.78
Peso kg	3.67	3.67	3.67
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	272.03	321.03	296.58
Esfuerzo de ruptura en Mpa	26.68	31.48	29.08
% de ganancia según diseño	90.68	107.01	98.86

TIPO DE FALLA	1	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



ANEXO MEZCLA N°4

CEMENTO: GU (FUERTE) + ADITIVO

RELACION AGUA CEMENTO: 0.60

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio ijboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Williams Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

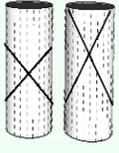
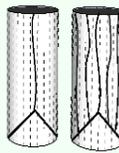
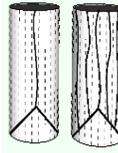
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Fecha de ensayo	5-Aug-15	5-Aug-15	5-Aug-15
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	200.00	200.00	200.00
Diametro (cm)	10.07	10.08	10.08
Altura (cm)	20.34	20.38	20.36
Lectura Dial	24410.00	27390.00	28840.00
Area (cm2)	79.64	79.80	79.80
Volumen (cm3)	1619.94	1626.35	1624.76
Peso kg	3.71	3.71	3.73
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	120.67	135.13	142.28
Esfuerzo de ruptura en Mpa	11.83	13.25	13.95
% de ganancia según diseño	60.33	67.56	71.14

TIPO DE FALLA	1	2	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

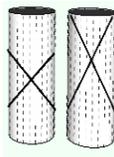
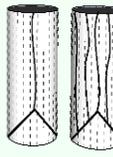
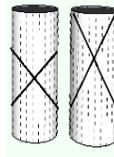
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Fecha de ensayo	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Edad de cilindro en dias	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	200.00	200.00	200.00
Diametro (cm)	10.09	10.10	10.08
Altura (cm)	20.35	20.30	20.31
Lectura Dial	32360.00	38800.00	38380.00
Area (cm2)	79.96	80.12	79.80
Volumen (cm3)	1627.18	1626.40	1620.77
Peso kg	3.73	3.70	3.72
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	159.33	190.66	189.35
Esfuerzo de ruptura en Mpa	15.63	18.70	18.57
% de ganancia según diseño	79.67	95.33	94.67

TIPO DE FALLA	1	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio ijboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Fecha de ensayo	26-Aug-15	26-Aug-15	26-Aug-15
Edad de cilindro en dias	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	200.00	200.00	200.00
Diametro (cm)	10.18	10.08	10.08
Altura (cm)	20.57	20.34	20.34
Lectura Dial	51340.00	44300.00	44410.00
Area (cm2)	81.39	79.80	79.80
Volumen (cm3)	1674.25	1623.16	1623.16
Peso kg	3.83	3.72	3.72
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	248.33	218.55	219.10
Esfuerzo de ruptura en Mpa	24.35	21.43	21.49
% de ganancia según diseño	124.17	109.28	109.55

TIPO DE FALLA	1	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Fecha de ensayo	28-Sep-15	28-Sep-15	28-Sep-15
Edad de cilindro en días	61 días	61 días	61 días
F'c de diseño en kg/cm2	200.00	200.00	200.00
Diametro (cm)	10.07	10.08	10.09
Altura (cm)	20.29	20.39	20.45
Lectura Dial	54920.00	52630.00	54950.00
Area (cm2)	79.64	79.80	79.96
Volumen (cm3)	1615.96	1627.15	1635.18
Peso kg	3.70	3.73	3.74
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	271.49	259.65	270.56
Esfuerzo de ruptura en Mpa	26.62	25.46	26.53
% de ganancia según diseño	135.74	129.83	135.28

TIPO DE FALLA	2	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



 MEZCLA N°4

CEMENTO: GU (FUERTE) + ADITIVO

RELACION AGUA CEMENTO: 0.60

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

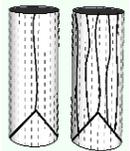
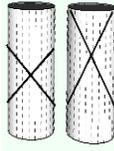
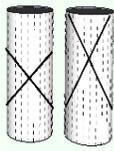
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Fecha de ensayo	5-Aug-15	5-Aug-15	5-Aug-15
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	200.00	200.00	200.00
Diametro (cm)	10.08	10.09	10.09
Altura (cm)	20.40	20.37	20.39
Lectura Dial	28540.00	30620.00	29580.00
Area (cm2)	79.80	79.96	79.88
Volumen (cm3)	1627.95	1628.78	1628.37
Peso kg	3.69	3.68	3.68
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	140.80	150.76	145.79
Esfuerzo de ruptura en Mpa	13.81	14.78	14.30
% de ganancia según diseño	70.40	75.38	72.89

TIPO DE FALLA	2	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Fecha de ensayo	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Edad de cilindro en dias	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	200.00	200.00	200.00
Diametro (cm)	10.09	10.08	10.09
Altura (cm)	20.43	20.27	20.35
Lectura Dial	31870.00	35380.00	33625.00
Area (cm2)	79.96	79.80	79.88
Volumen (cm3)	1633.58	1617.58	1625.57
Peso kg	3.72	3.69	3.70
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	156.92	174.55	165.72
Esfuerzo de ruptura en Mpa	15.39	17.12	16.25
% de ganancia según diseño	78.46	87.27	82.86

TIPO DE FALLA	2	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

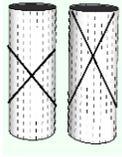
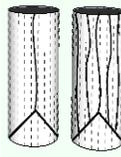
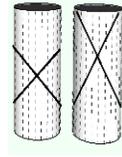
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Fecha de ensayo	26-Aug-15	26-Aug-15	26-Aug-15
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	200.00	200.00	200.00
Diametro (cm)	10.08	10.19	10.14
Altura (cm)	20.36	20.47	20.42
Lectura Dial	44800.00	39620.00	42210.00
Area (cm2)	79.80	81.55	80.67
Volumen (cm3)	1624.76	1669.38	1646.97
Peso kg	3.74	3.83	3.78
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	221.02	191.27	205.99
Esfuerzo de ruptura en Mpa	21.67	18.76	20.20
% de ganancia según diseño	110.51	95.63	102.99

TIPO DE FALLA	1	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: GU + ADITIVO RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	29-Jul-15	29-Jul-15	29-Jul-15
Fecha de ensayo	28-Sep-15	28-Sep-15	28-Sep-15
Edad de cilindro en días	61 días	61 días	61 días
F'c de diseño en kg/cm2	200.00	200.00	200.00
Diametro (cm)	10.08	10.08	10.08
Altura (cm)	20.33	20.32	20.33
Lectura Dial	36870.00	37260.00	37065.00
Area (cm2)	79.80	79.80	79.80
Volumen (cm3)	1622.36	1621.57	1621.97
Peso kg	3.71	3.71	3.71
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	181.90	183.82	182.86
Esfuerzo de ruptura en Mpa	17.84	18.03	17.93
% de ganancia según diseño	90.95	91.91	91.43

TIPO DE FALLA	1	1	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



ANEXO MEZCLA N°5

CEMENTO: HE (A.R.I. 5000)

RELACION AGUA CEMENTO: 0.45

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

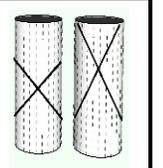
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Fecha de ensayo	10-Aug-15	10-Aug-15	10-Aug-15
Edad de cilindro en dias	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	375.00	375.00	375.00
Diametro (cm)	10.08	10.08	10.11
Altura (cm)	20.42	20.31	20.46
Lectura Dial	55150.00	56070.00	52370.00
Area (cm2)	79.80	79.80	80.28
Volumen (cm3)	1629.55	1620.77	1642.47
Peso kg	3.81	3.77	3.82
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	272.08	276.62	256.84
Esfuerzo de ruptura en Mpa	26.68	27.13	25.19
% de ganancia según diseño	72.56	73.77	68.49

TIPO DE FALLA	2	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Fecha de ensayo	17-Aug-15	17-Aug-15	17-Aug-15
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	375.00	375.00	375.00
Diametro (cm)	10.07	10.08	10.20
Altura (cm)	20.34	20.30	20.43
Lectura Dial	62280.00	70860.00	72600.00
Area (cm2)	79.64	79.80	81.71
Volumen (cm3)	1619.94	1619.97	1669.39
Peso kg	3.76	3.77	3.90
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	307.87	349.59	349.79
Esfuerzo de ruptura en Mpa	30.19	34.28	34.30
% de ganancia según diseño	82.10	93.22	93.28

TIPO DE FALLA	1	1	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

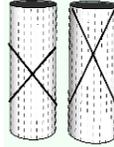
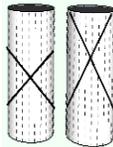
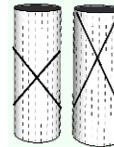
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Fecha de ensayo	31-Aug-15	31-Aug-15	31-Aug-15
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	375.00	375.00	375.00
Diametro (cm)	10.08	10.10	10.10
Altura (cm)	20.33	20.39	20.33
Lectura Dial	78240.00	76440.00	79480.00
Area (cm2)	79.80	80.12	80.12
Volumen (cm3)	1622.36	1633.62	1629.05
Peso kg	3.81	3.81	3.80
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	386.00	375.62	390.56
Esfuerzo de ruptura en Mpa	37.85	36.84	38.30
% de ganancia según diseño	102.93	100.17	104.15

TIPO DE FALLA	1	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

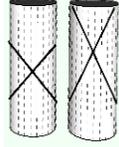
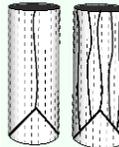
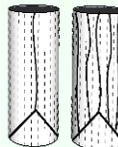
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Fecha de ensayo	2-Oct-15	2-Oct-15	2-Oct-15
Edad de cilindro en días	60 días	60 días	60 días
F'c de diseño en kg/cm2	375.00	375.00	375.00
Diametro (cm)	10.07	10.08	10.09
Altura (cm)	20.40	20.41	2040.00
Lectura Dial	86990.00	87420.00	85410.00
Area (cm2)	79.64	79.80	79.96
Volumen (cm3)	1624.72	1628.75	163118.19
Peso kg	3.81	3.81	3.82
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	430.02	431.29	420.54
Esfuerzo de ruptura en Mpa	42.17	42.29	41.24
% de ganancia según diseño	114.67	115.01	112.14

TIPO DE FALLA	1	2	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



ANEXO MEZCLA N°5

CEMENTO: HE (A.R.I. 5000)

RELACION AGUA CEMENTO: 0.45

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

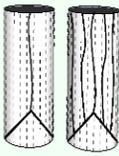
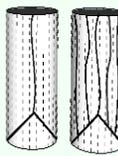
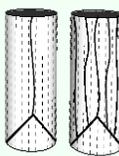
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Fecha de ensayo	10-Aug-15	10-Aug-15	10-Aug-15
Edad de cilindro en dias	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	375.00	375.00	375.00
Diametro (cm)	10.10	10.08	10.09
Altura (cm)	20.39	20.37	20.38
Lectura Dial	54930.00	59960.00	57445.00
Area (cm2)	80.12	79.80	79.96
Volumen (cm3)	1633.62	1625.56	1629.58
Peso kg	3.78	3.74	3.76
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	269.93	295.81	282.84
Esfuerzo de ruptura en Mpa	26.47	29.01	27.74
% de ganancia según diseño	71.98	78.88	75.42

TIPO DE FALLA	2	2	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

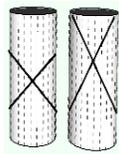
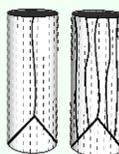
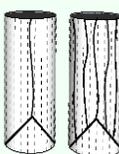
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Fecha de ensayo	17-Aug-15	17-Aug-15	17-Aug-15
Edad de cilindro en dias	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	375.00	375.00	375.00
Diametro (cm)	10.08	10.08	10.08
Altura (cm)	20.29	20.30	20.30
Lectura Dial	64700.00	63880.00	64290.00
Area (cm2)	79.80	79.80	79.80
Volumen (cm3)	1619.17	1619.97	1619.57
Peso kg	3.78	3.76	3.77
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	319.20	315.15	317.17
Esfuerzo de ruptura en Mpa	31.30	30.91	31.10
% de ganancia según diseño	85.12	84.04	84.58

TIPO DE FALLA	1	2	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa: La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

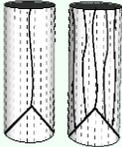
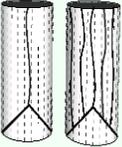
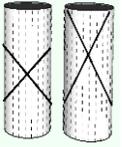
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Fecha de ensayo	31-Aug-15	31-Aug-15	31-Aug-15
Edad de cilindro en dias	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	375.00	375.00	375.00
Diametro (cm)	10.06	10.08	10.07
Altura (cm)	20.34	20.45	20.40
Lectura Dial	64060.00	62010.00	63035.00
Area (cm2)	79.49	79.80	79.64
Volumen (cm3)	1616.73	1631.94	1624.32
Peso kg	3.77	3.78	3.77
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	317.30	305.93	311.60
Esfuerzo de ruptura en Mpa	31.12	30.00	30.56
% de ganancia según diseño	84.61	81.58	83.09

TIPO DE FALLA	2	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneida
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.45

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	3-Aug-15	3-Aug-15	3-Aug-15
Fecha de ensayo	2-Oct-15	2-Oct-15	2-Oct-15
Edad de cilindro en días	60 días	60 días	60 días
F'c de diseño en kg/cm2	375.00	375.00	375.00
Diametro (cm)	10.08	10.22	10.15
Altura (cm)	20.39	20.64	20.52
Lectura Dial	60800.00	64810.00	62805.00
Area (cm2)	79.80	82.03	80.91
Volumen (cm3)	1627.15	1693.17	1659.94
Peso kg	3.79	3.91	3.85
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	299.96	311.04	305.59
Esfuerzo de ruptura en Mpa	29.42	30.50	29.97
% de ganancia según diseño	79.99	82.94	81.49

TIPO DE FALLA	2	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



MEZCLA N°6

CEMENTO: HE (A.R.I. 5000)

RELACION AGUA CEMENTO: 0.60

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio ijboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Williams Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

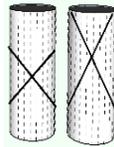
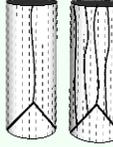
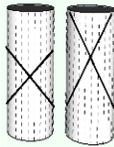
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Fecha de ensayo	19-Aug-15	19-Aug-15	19-Aug-15
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	260.00	260.00	260.00
Diametro (cm)	10.07	10.10	10.09
Altura (cm)	20.38	20.38	20.34
Lectura Dial	36560.00	40060.00	35870.00
Area (cm2)	79.64	80.12	79.96
Volumen (cm3)	1623.13	1632.81	1626.38
Peso kg	3.79	3.80	3.81
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	180.73	196.85	176.61
Esfuerzo de ruptura en Mpa	17.72	19.30	17.32
% de ganancia según diseño	69.51	75.71	67.93

TIPO DE FALLA	1	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Fecha de ensayo	26-Aug-15	26-Aug-15	26-Aug-15
Edad de cilindro en dias	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	260.00	260.00	260.00
Diametro (cm)	10.08	10.08	10.22
Altura (cm)	20.35	20.30	20.45
Lectura Dial	45950.00	45430.00	43820.00
Area (cm2)	79.80	79.80	82.03
Volumen (cm3)	1623.96	1619.97	1677.59
Peso kg	3.80	3.77	3.89
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	226.69	224.13	210.30
Esfuerzo de ruptura en Mpa	22.23	21.98	20.62
% de ganancia según diseño	87.19	86.20	80.89

TIPO DE FALLA	2	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

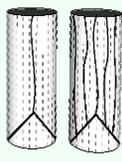
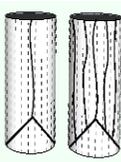
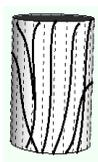
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Fecha de ensayo	9-Sep-15	9-Sep-15	9-Sep-15
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	260.00	260.00	260.00
Diametro (cm)	10.06	10.06	10.15
Altura (cm)	20.39	2.35	20.55
Lectura Dial	62170.00	55880.00	54190.00
Area (cm2)	79.49	79.49	80.91
Volumen (cm3)	1620.70	186.79	1662.78
Peso kg	3.82	3.80	3.94
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	307.94	276.78	263.67
Esfuerzo de ruptura en Mpa	30.20	27.14	25.86
% de ganancia según diseño	118.44	106.45	101.41

TIPO DE FALLA	2	2	3
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Fecha de ensayo	12-Oct-15	12-Oct-15	12-Oct-15
Edad de cilindro en días	61 días	61 días	61 días
F'c de diseño en kg/cm2	260.00	260.00	260.00
Diametro (cm)	10.08	10.09	10.09
Altura (cm)	20.35	20.43	20.36
Lectura Dial	64630.00	64450.00	64610.00
Area (cm2)	79.80	79.96	79.96
Volumen (cm3)	1623.96	1633.58	1627.98
Peso kg	3.82	3.85	3.82
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	318.85	317.33	318.12
Esfuerzo de ruptura en Mpa	31.27	31.12	31.20
% de ganancia según diseño	122.64	122.05	122.35

TIPO DE FALLA	1	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



MEZCLA N°6

CEMENTO: HE (A.R.I. 5000)

RELACION AGUA CEMENTO: 0.60

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

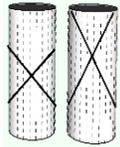
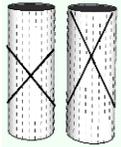
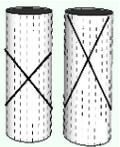
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Fecha de ensayo	19-Aug-15	19-Aug-15	19-Aug-15
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	260.00	260.00	260.00
Diametro (cm)	10.07	10.08	10.08
Altura (cm)	20.30	20.39	20.35
Lectura Dial	37380.00	38030.00	37705.00
Area (cm2)	79.64	79.80	79.72
Volumen (cm3)	1616.76	1627.15	1621.95
Peso kg	3.75	3.79	3.77
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	184.78	187.62	186.20
Esfuerzo de ruptura en Mpa	18.12	18.40	18.26
% de ganancia según diseño	71.07	72.16	71.62

TIPO DE FALLA	1	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Fecha de ensayo	26-Aug-15	26-Aug-15	26-Aug-15
Edad de cilindro en dias	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	260.00	260.00	260.00
Diametro (cm)	10.11	10.09	10.10
Altura (cm)	20.44	20.40	20.42
Lectura Dial	42910.00	48180.00	45545.00
Area (cm2)	80.28	79.96	80.12
Volumen (cm3)	1640.87	1631.18	1636.02
Peso kg	3.80	3.80	3.80
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	210.44	237.23	223.81
Esfuerzo de ruptura en Mpa	20.64	23.26	21.95
% de ganancia según diseño	80.94	91.24	86.08

TIPO DE FALLA	1	2	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Willians Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

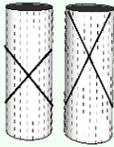
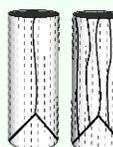
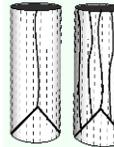
TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilidro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Fecha de ensayo	9-Sep-15	9-Sep-15	9-Sep-15
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	260.00	260.00	260.00
Diametro (cm)	10.07	10.05	10.06
Altura (cm)	20.35	20.36	20.36
Lectura Dial	49290.00	48130.00	48710.00
Area (cm2)	79.64	79.33	79.49
Volumen (cm3)	1620.74	1615.10	1617.92
Peso kg	3.80	3.78	3.79
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	243.66	238.87	241.27
Esfuerzo de ruptura en Mpa	23.89	23.43	23.66
% de ganancia según diseño	93.71	91.87	92.80

TIPO DE FALLA	1	2	2
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA ESPECIMENES CILINDRICOS
 DE CONCRETO ASTM C-39

PROYECTO *Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos*

UBICACIÓN CANTERA Rio jiboa; La hulera

LABORATORISTAS Benitez Andrade, Williams Omar
Paiz Urrutia, Kathya Seneyda
Salmeron Vigil, Lilian Marcela

TEMPERATURA 32.5 °C

REVENIMIENTO 3.5 cm

TIPO DE CEMENTO: HE RELACION A/C: 0.6

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboracion	12-Aug-15	12-Aug-15	12-Aug-15
Fecha de ensayo	12-Oct-15	12-Oct-15	12-Oct-15
Edad de cilindro en días	61 días	61 días	61 días
F'c de diseño en kg/cm2	260.00	260.00	260.00
Diametro (cm)	10.08	10.07	10.08
Altura (cm)	20.44	20.44	20.44
Lectura Dial	47320.00	44970.00	46145.00
Area (cm2)	79.80	79.64	79.72
Volumen (cm3)	1631.14	1627.91	1629.52
Peso kg	3.80	3.78	3.79
Esfuerzo de ruptura en kgf/cm2	233.45	222.30	227.88
Esfuerzo de ruptura en Mpa	22.89	21.80	22.35
% de ganancia según diseño	89.79	85.50	87.65

TIPO DE FALLA	2	1	1
Esquema de fractura en el cilindro			

TIPO DE CURADO: SOLUCION DE SULFATO DE MAGNESIO