



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**“DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON
ADITIVO DE BASE QUÍMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR (ES):

**REYES BAQUERIZO JEAN ALEXANDER
YAGUAL GONZÁLEZ RICKY LEONARDO**

TUTOR:

ING. JAIME FERNANDO ARGUDO RODRIGUEZ, PhD

LA LIBERTAD, ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON
ADITIVO DE BASE QUÍMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

REYES BAQUERIZO JEAN ALEXANDER
YAGUAL GONZÁLEZ RICKY LEONARDO

TUTOR:

ING. JAIME FERNANDO ARGUDO RODRIGUEZ, PhD

LA LIBERTAD – ECUADOR

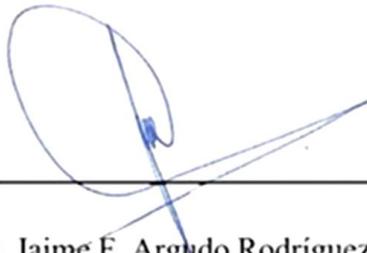
2023

UPSE

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Jonny Raúl Villao Borbor, MSc.

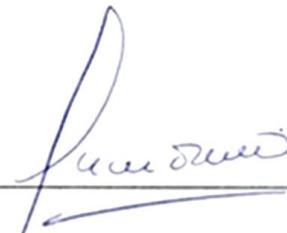
DIRECTOR DE CARRERA

f. 
Ing. Jaime F. Argudo Rodríguez, PhD

DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Alejandro C. Véliz Aguayo, PhD

DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Lucrecia C. Moreno Alcivar,
PhD

DOCENTE UIC

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios por brindarme vida, salud y sabiduría.

A mi padre Pablo Luis Reyes Avelino y a mi madre Gisela Maribel Baquerizo Matías. A mis hermanos Kevin Reyes, Luis Reyes, Jasser Reyes y Milagros Reyes porque son la fuente de inspiración y son los que me apoyan incondicionalmente, que gracias a los consejos que me dan me ayudan a seguir adelante, a esforzarme al máximo para alcanzar mis metas.

A mi familia materna y paterna que fueron de apoyo en momentos en mi formación profesional.

JEAN ALEXANDER REYES BAQUERIZO

El presente trabajo se lo dedico a mi familia, no habría sido posible sin su amor, apoyo y aliento constante. Desde el inicio de mi viaje académico, ustedes han estado a mi lado, impulsándome a alcanzar mis metas y animándome a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Su dedicación y sacrificio han sido fundamentales para mi éxito, y por eso les dedico este trabajo con todo mi corazón.

A mis padres Marita y Enrique, gracias por ser mis primeros maestros y por inculcarme la importancia de la educación. Su guía y sabiduría han sido pilares fundamentales en mi formación académica y personal. Gracias por su incansable apoyo, su paciencia y su amor incondicional.

A mis hermanos Joel y Yaritza, ustedes han sido mi inspiración y mis mejores compañeros de aventuras. Gracias por compartir risas, ideas y momentos inolvidables. Su ánimo constante y su apoyo moral han sido un verdadero regalo para mí.

RICKY LEONARDO YAGUAL GONZALEZ

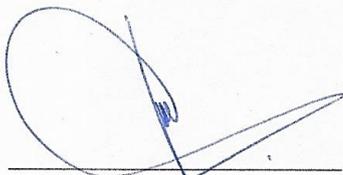
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUÍMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO**” elaborado por los estudiantes, **JEAN ALEXANDER REYES BAQUERIZO** y **RICKY LEONARDO YAGUAL GONZÁLEZ**, con **C.I.: 245072331-3** y **C.I.: 092816981-2** respectivamente, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península De Santa Elena, previo a la obtención del título **INGENIERO CIVIL**, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un **7%** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,



Ing. Jaime Fernando Argudo Rodríguez, PhD

C.I.: 0908377229

DOCENTE TUTOR



TESIS REYES-YAGUAL Julio Revisado JFA

7%
Similitudes



3% Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas
3% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS REYES-YAGUAL Julio Revisado
JFA.pdf
ID del documento: da5ddad53a9db37b12e4d6875555d71beb5ebc
Tamaño del documento original: 4.92 MB

Depositante: JAIME FERNANDO ARGUDO RODRIGUEZ
Fecha de depósito: 12/7/2023
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 12/7/2023

Número de palabras: 25,940
Número de caracteres: 179,199

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec Análisis comparativo entre un pavimento rígido convencio... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/am/46000/5963/1/UPSE-TIC-2021-0005.pdf 5 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (675 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec Análisis comparativo de sensibilidad de diferentes aditivo... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/am/46000/5267/1/UPSE-TIC-2020-0003.pdf 4 fuentes similares	2%		Palabras idénticas : 2% (488 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec Estudio de suelo, estabilización del material granular exist... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/am/46000/4767/1/UPSE-TIC-2019-0004.pdf 4 fuentes similares	2%		Palabras idénticas : 2% (450 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec Diseño de hormigón con agregado zeolita del río Ayampe. https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/am/46000/5035/1/UPSE-TIC-2021-0011.pdf 6 fuentes similares	2%		Palabras idénticas : 2% (415 palabras)
5	repositorio.upse.edu.ec Caracterización geotécnica de la vía alterna Punta Carnero... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/am/46000/5035/1/UPSE-TIC-2019-0014.pdf 4 fuentes similares	2%		Palabras idénticas : 2% (410 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec Estudio comparativo entre la filosofía de diseño sismoresis... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/am/46000/6946/1/UPSE-TIC-2022-0013.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (32 palabras)
2	dokumen.tips (PDF) Criterio mezcla - DOKUMEN.TIPS https://dokumen.tips/education/criterio-mezcla.html#:~:text=Agua,kg/m3,concreto,para,TMG,mm,Re...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (34 palabras)
3	Documento de otro usuario #016370 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (32 palabras)
4	hdl.handle.net Caracterización de las propiedades del hormigón autocompactante ... http://hdl.handle.net/10803/6176	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (23 palabras)
5	www.scielo.br A study of packing parameters that influence the fresh properties of... http://www.scielo.br/pdf/cei/v5n3/751678-4553-ce-65-375-432.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (20 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://www.scilit.net/article/1d9b2c86a4b14a2700604a1003ba85f>
- <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5267>
- <https://doi.org/10.3390/su142114640>
- <http://personales.upv.es/lbardisa/Pdf/autocompactante.pdf>
- <https://doi.org/10.3390/engproc2022022015>

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **JEAN ALEXANDER REYES BAQUERIZO** y **RICKY LEONARDO YAGUAL GONZÁLEZ**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUÍMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

f.  _____

Jean Alexander Reyes Baquerizo

CI: 245072331-3

AUTOR DE TESIS

f.  _____

Ricky Leonardo Yagual González

CI: 092816981-2

AUTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

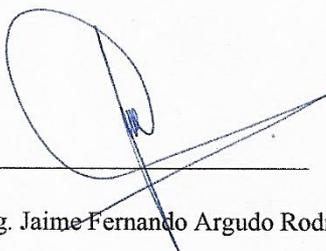
Ing. Jaime Fernando Argudo Rodríguez, PhD.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo denominado “**DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUÍMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO**”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por, **JEAN ALEXANDER REYES BAQUERIZO y RICKY LEONARDO YAGUAL**, con C.I.: 245072331-3 y C.I.: 092816981-2 respectivamente, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

Atentamente,

f. 

Ing. Jaime Fernando Argudo Rodríguez, PhD

DOCENTE TUTOR

CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA

Lcdo. Dennys Mauricio Panchana Yagual, Mgtr.

Celular: 0939211033

Correo: dennys.panchana@educacion.gob.ec

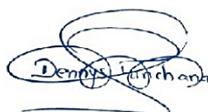
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **DENNYS MAURICIO PANCHANA YAGUAL**, en mi calidad de **LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN Y LIDERAZGO EDUCACIONAL**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de ingeniero civil, denominado **“DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUÍMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO”** de los estudiantes **REYES BAQUERIZO JEAN ALEXANDER** y **YAGUAL GONZALEZ RICKY LEONARDO**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

Es cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 12 de julio del 2023



Lcdo. Dennys Panchana Yagual, Mgtr.

CI. 0919400176

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGISTER EN GERENCIA Y LIDERAZGO EDUCACIONAL
N° DE REGISTRO DE SENECYT 1031-2018-1947613

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le agradezco a Dios por darnos vida al pasar de los días, por bendecirnos con salud para enfrentarnos a diversas circunstancias que se nos pueda atravesar en el camino, por estar en los buenos y malos momentos de toda esta etapa educativa.

A mis padres por brindarme ese apoyo incondicional para poder cumplir esta meta académica, ellos son mi inspiración e impulso para seguir adelante para hacer frente a las adversidades que se pueden presentar.

A mis hermanos por darme la motivación de continuar con mi formación profesional en los momentos complejos de todo este proceso.

A mi tutor de tesis, el Ing. Jaime Argudo por la paciencia y dedicación, ya que sin su guía y orientación no hubiese logrado llegar a completar este trabajo investigativo.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Civil por impartir esos conocimientos que me ayudaron y ayudaran a seguir mi formación profesional.

A mis amigos y familiares que de una u otra manera me ayudaron para seguir esforzándome.

A las empresas Agecons S.A. y Sika Ecuador por la donación de aditivo para la realización de este trabajo investigativo.

JEAN ALEXANDER REYES BAQUERIZO

Mis agradecimientos están dirigidos a Dios y a mi amada familia, que ha estado a mi lado durante toda esta travesía académica. Su amor, paciencia y sacrificio han sido la base de mi éxito. Gracias por creer en mí y por ser mi mayor fuente de inspiración.

A mi tutor académico, Jaime Argudo, a quien le debo un profundo agradecimiento por su guía, conocimientos y confianza. Sus consejos y su experiencia han dejado una huella duradera en mi desarrollo como investigador. Gracias por creer en mi potencial

Quiero agradecer de manera especial a mis amigos íntimos, quienes han estado ahí para mí en los buenos y malos momentos. Sus risas, sus palabras de aliento y su compañía han hecho que esta travesía sea mucho más llevadera y memorable. Gracias por ser parte de mi vida.

Quiero dedicar un agradecimiento especial a Alejandra tapia, quien fue una parte importante de mi vida durante mi trayectoria estudiantil. Aunque nuestras vidas tomaron caminos separados, no puedo ignorar el impacto positivo que tuvo en mi crecimiento personal y académico. Gracias por tu apoyo constante y tu presencia durante aquellos años. Tu aliento y confianza en mis habilidades fueron un impulso significativo para mi desarrollo como estudiante y como persona.

RICKY LEONARDO YAGUAL GONZALEZ

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	viii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA	ix
AGRADECIMIENTOS	x
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE TABLAS	xviii
ANEXOS	xviii
GLOSARIO	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.2. ANTEDECENTES	5
1.3. HIPÓTESIS	8
1.3.1 . Hipótesis General.	8
1.3.2. Hipótesis Especificas.	8
1.4. OBJETIVOS.....	9
1.4.1. Objetivo General.	9
1.4.2. Objetivos Específicos.....	9

1.5.	ALCANCE	9
1.6.	VARIABLES.....	10
1.6.1.	Variables Dependientes.....	10
1.6.2.	Variables Independientes.	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		11
2.1.	DEFINICIÓN DE HORMIGÓN.....	11
2.1.1	Hormigón Convencional.....	11
2.1.2.	Hormigón Autocompactante.	11
2.2.	COMPONENTES DEL HORMIGÓN.....	12
2.2.1	Cemento.	12
2.2.2	Áridos.....	14
2.2.3	Aditivos.....	14
2.2.4	Superplastificante.....	14
2.3.	VENTAJAS DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE.....	15
2.4.	INVESTIGACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE.....	17
2.5.	MÉTODOS DE ENSAYOS PARA HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE.....	19
2.5.1	ASTM C1610 Método de ensayo. Segregación estática del concreto autocompactable utilizando la técnica de la columna.	19
2.5.2	ASTM C1611 Método de prueba estándar para flujo de asentamiento de hormigón autocompactante.	22
2.5.3	ASTM C1621 Método de prueba estándar para la capacidad de paso del hormigón autocompactante por el anillo en J.....	24
2.5.4	ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de hormigón. ...	28

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	29
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	29
3.1.1. Tipo.....	29
3.1.2. Nivel.....	29
3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.2.1. Método.....	30
3.2.2. Enfoque.....	30
3.2.3 Diseño.....	31
3.3.1 Población.....	31
3.3.2 Muestra.....	31
3.3.3 Muestreo.....	32
3.4 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA MEZCLA DE HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO MEDIANTE TEST ESTÁNDARES ASTM C1610 “SEGREGACIÓN ESTÁTICA DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE”, ASTM C1611 “FLUJO DE ASENTAMIENTO DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE”, ASTM C1621 “CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE”, Y EN ESTADO ENDURECIDO CON LA ASTM C39 “COMPRESIÓN SIMPLE”, DE LOS DISEÑOS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON SUPERPLASTIFICANTE. (O.E.1).....	33
3.5 METODOLOGÍA PARA ANALIZAR LA FLUIDEZ DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON DOSIFICACIÓN VARIABLE MEDIANTE ELEMENTO TIPO U PRINCIPIO DE VASO COMUNICANTE PARA EMPLEO COMO HORMIGÓN ARMADO AUTOCOMPACTANTE. (O.E.2).....	34
3.6 METODOLOGÍA PARA ESTABLECER LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA POR MEDIO DE LAS PRUEBAS ESTÁNDAR DE HORMIGÓN	

AUTOCOMPACTANTE PARA ANALIZAR UNA MEJORA EN SUS PROPIEDADES (O.E.3).....	35
3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	36
3.8. CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	38
4.1. EVALUAR LA MEZCLA DE HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO MEDIANTE TEST ESTÁNDARES ASTM C1610 “SEGREGACIÓN ESTÁTICA DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE”, ASTM C1611 “FLUJO DE ASENTAMIENTO DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE”, ASTM C1621 “CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE”, Y EN ESTADO ENDURECIDO CON LA ASTM C39 “COMPRESIÓN SIMPLE”, DE LOS DISEÑOS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON SUPERPLASTIFICANTE. (O.E.1.)	38
4.1.1. Diseño de la mezcla de hormigón ajustando el factor de A/C a 0.45.	38
4.1.2. Características de los agregados.....	39
4.1.3. Volumen resultante.	44
4.1.4. Dosificación para a mezcla de control.	44
4.1.5. Dosificación de aditivos con diferentes bases químicas.	45
4.1.6. Cilindros de Hormigón.....	46
4.1.7. Evaluación de prueba ASTM C1610 “Segregación estática del hormigón autocompactante”.....	47
4.1.8. Evaluación de prueba ASTM C1611 “Flujo de asentamiento del hormigón autocompactante”.	49
4.1.9. Evaluación de prueba ASTM C1621 “Capacidad de paso del Hormigón autocompactante”.....	50
4.1.10. Evaluación de prueba ASTM C39 “Compresión simple del Hormigón”.	51

4.2. ANALIZAR LA FLUIDEZ DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON DOSIFICACIÓN VARIABLE MEDIANTE ELEMENTO TIPO U PRINCIPIO DE VASO COMUNICANTE PARA EMPLEO COMO HORMIGÓN ARMADO AUTOCOMPACTANTE. (O.E.2)	57
4.2.1. Estructura de elemento tipo U.....	57
4.2.3 Factor de seguridad.....	58
4.2.4 Revisión por cortante.....	59
4.2.5 Revisión por cortante como viga.....	60
4.2.6 Revisión a flexión.....	61
4.2.7 Cálculo de varillas a utilizar.....	62
4.2.8 Análisis de fluidez con el vaciado dentro del elemento armado tipo U.	63
4.3 ESTABLECER LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA POR MEDIO DE LAS PRUEBAS ESTÁNDAR DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE PARA ANALIZAR UNA MEJORA EN SUS PROPIEDADES. O.E.3.	66
4.4 SÍNTESIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	67
4.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	68
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
5.1. CONCLUSIONES.....	72
5.2. RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS.....	78

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Dimensiones de Columna Técnica	19
Figura 2 Detalle de placa Metálica	20
Figura 3 Detalle De Dimensiones De Anillo Japones (J)	24
Figura 4 Instalación de anillo en J con molde invertido relleno de hormigón....	25
Figura 5 Flujo de anillo	26
Figura 6 Ensayo Granulométrico A. Grueso.....	40
Figura 7 Ensayo Granulométrico A. Fino	41
Figura 8 Segregación Estática.....	48
Figura 9 Flujo de Asentamiento.....	49
Figura 10 Paso del Hormigón	51
Figura 11 Compresión Simple 1,5% de Naftaleno	52
Figura 12 Compresión Simple 1,5% de Policarboxilato.....	53
Figura 13 Compresión Simple 2% Naftaleno	54
Figura 14 Compresión Simple 2% Policarboxilato	54
Figura 15 Compresión Simple 2,5% Naftaleno	55
Figura 16 Compresión Simple 2,5% Policarboxilato	56
Figura 17 Compresión Simple de Porcentaje Variable de Aditivo.....	56
Figura 18 Detalle Del Plinto	59
Figura 19 Cimentación De Elemento Tipo U	62
Figura 20 Vaciado con aditivo de 1,5% de Naftaleno	63
Figura 21 Vaciado con aditivo de 1,5% de Policarboxilato.....	63
Figura 22 Vaciado con aditivo de 2% de Naftaleno	64
Figura 23 Vaciado con aditivo de 2% de Policarboxilato.....	64
Figura 24 Vaciado con aditivo de 2,5% de Naftaleno	65
Figura 25 Vaciado con aditivo de 2,5% de Policarboxilato.....	65

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Evaluación de Bloqueo	27
Tabla 2 Cuadro de Operacionalización de Variables	36
Tabla 3 Características del Agregado Grueso	40
Tabla 4 Características del Agregado Fino	41
Tabla 5 Volumen de agregado grueso por volumen unitario	42
Tabla 6 Revenimientos recomendados	43
Tabla 7 Contenido de agua de mezclado y contenido de aire	43
Tabla 8 Volúmenes de material para 1 m ³	44
Tabla 9 Peso de mezcla de control para elaboración de cilindros.....	45
Tabla 10 Peso de aditivo presente en la mezcla de Hormigón.....	45
Tabla 11 Resistencia a la Compresión 1,5% de aditivo	52
Tabla 12 Resistencia a la Compresión 2% de aditivo	53
Tabla 13 Resistencia a la Compresión 2,5% de aditivo	55

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Ensayo de Granulometría del Agregado Fino	78
Anexo 2 Ensayo de Granulometría de la Mezcla.....	79
Anexo 3 Determinación de masa unitaria	80
Anexo 4 Determinación de Densidad Saturada Superficialmente Seca0	81
Anexo 5 Ensayo ASTM C1610. Para 1,5% de naftaleno	82
Anexo 6 Ensayo ASTM C1610. Para 1,5% de policarboxilato	83
Anexo 7 Ensayo ASTM C1610. Para 2% de naftaleno	84
Anexo 8 Ensayo ASTM C1610. Para 2% de policarboxilato	85
Anexo 9 Ensayo ASTM C1610. Para 2,5 de naftaleno.....	86
Anexo 10 Ensayo ASTM C1610. Para 2,5% de policarboxilato.....	87
Anexo 11 Ensayo ASTM C1611. Para 1,5% de naftaleno	88
Anexo 12 Ensayo ASTM C1611. Para 1,5% de policarboxilato.....	88
Anexo 13 Ensayo ASTM C1611. Para 2% de naftaleno	89
Anexo 14 Ensayo ASTM C1611. Para 2% de policarboxilato.....	89

Anexo 15	Ensayo ASTM C1611. Para 2,5% de naftaleno	90
Anexo 16	Ensayo ASTM C1611. Para 2,5% de policarboxilato	90
Anexo 17	Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 1,5% Naftaleno	91
Anexo 18	Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 1,5% policarboxilato	92
Anexo 19	Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 2% naftaleno	93
Anexo 20	Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 2% policarboxilato	94
Anexo 21	Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 2,5% naftaleno	95
Anexo 22	Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 2,5% policarboxilato	96
Anexo 23	Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 1,5% de Naftaleno	97
Anexo 24	Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 1,5% de Policarboxilato	98
Anexo 25	Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 2% de Naftaleno	99
Anexo 26	Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 2% de Policarboxilato	100
Anexo 27	Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 2,5% de Naftaleno	101
Anexo 28	Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 2,5% de Policarboxilato	102
Anexo 29	Peso de agregados para diseño de la mezcla	103
Anexo 30	Elaboración y curado de cilindros de hormigón.....	104
Anexo 31	Ejecución de ensayo ASTM C1610	105
Anexo 32	Ejecución de ensayo ASTM C1611	106
Anexo 33	Ejecución de ensayo ASTM C1621	107
Anexo 34	Dimensiones y roturas de cilindros de hormigón.....	108
Anexo 35	Elemento estructural tipo U.....	109
Anexo 36	Armado de estructura tipo U	110
Anexo 37	Hormigón Autocompactante	111

GLOSARIO

A	Área del elemento
As	Área del refuerzo longitudinal no prees forzado en tracción
b	Ancho de la cara en compresión del miembro
b_o	Perímetro de la sección crítica
cl_c	Longitud de una cara de la columna
d	Distancia entre fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción
F'_c	Resistencia especificada a la compresión del hormigón (kg/cm ²)
F_s	Factor de seguridad
F_y	Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo (kg/cm ²)
L	Longitud
L_c	Lado crítico
M_u	Momento último
P_d	Carga muerta
P_l	Carga viva
P_u	Mayoración de cargas Axiales
V_c	Resistencia al cortante del concreto
V_u	Cortante último
W_u	Carga mayorada por unidad de longitud de vigas en una dirección
β	Relación de la dimensión larga a corta
λ	Factor de modificación
ρ	Cuantía del refuerzo
σ_{admisible}	Esfuerzo admisible

“DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUÍMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO”

Autores: Reyes Baquerizo Jean Alexander y Yagual González Ricky Leonardo

Tutor: Ing. Argudo Rodríguez Jaime Fernando

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento del hormigón autocompactante mediante la incorporación de aditivo superplastificante con base química naftaleno y policarboxilato con una dosificación variable de 1,5%, 2% y 2,5%, a través de la implementación y ejecución de test estandarizado por ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales) para conocer las propiedades físicas de la mezcla como la segregación, fluidez, capacidad de paso y trabajabilidad, esto se llevó a cabo mediante ensayos de laboratorio como ASTM C1610 “segregación estática del concreto autocompactante”, ASTM C1611 “Flujo de asentamiento de hormigón autocompactante y ASTM C1621 “Capacidad de paso del hormigón”, El estudio concluye que se verificó que las muestras con porcentaje menor o igual a 1,5% en ambos aditivos proporcionan mejores resultados como el aumento de la trabajabilidad del hormigón en naftaleno, buena fluidez considerando que la resistencia resultante de 23,21MPa lo cual no es un factor a investigar pero es importante señalar que no existe una disminución considerable, con referente al mismo porcentaje en base química de policarboxilato obtuvo una resistencia de 23,65MPa mostrando características similares dando como resultado una buena fluidez, trabajabilidad y capacidad de paso considerando que esta proporción es la más adecuada dentro de la mezcla.

PALABRAS CLAVE: *Hormigón Autocompactante, Hormigón de alta fluidez*

“DESIGN OF SELF-COMPACTING CONCRETE MIXTURES WITH NAPHTHALENE-BASED CHEMICAL ADDITIVE AND POLYCARBOXYLATE”

Authors: Reyes Baquerizo Jean Alexander y Yagual González Ricky Leonardo

Tutor: Ing. Argudo Rodríguez Jaime Fernando

ABSTRACT

The present research was carried out with the objective of evaluating the behavior of self-compacting concrete through the incorporation of superplasticizer additives based on naphthalene and polycarboxylate, with a variable dosage of 1,5%, 2%, and 2,5%. This was done by implementing and executing standardized tests by ASTM (American Society for Testing and Materials) to determine the physical properties of the mixture such as segregation, flowability, passing ability, and workability. These were carried out through laboratory tests such as ASTM C1610 "static segregation of self-compacting concrete," ASTM C1611 "slump flow of self-compacting concrete," and ASTM C1621 "passing ability of concrete." The study concludes that it was verified that samples with a percentage equal to or less than 1,5% in both additives provide better results, such as increased workability of the concrete with naphthalene, good flowability considering a resulting strength of 23.21 MPa, which is not a significant decrease. Regarding the same percentage with polycarboxylate chemical base, it obtained a strength of 23.65 MPa, showing similar characteristics, resulting in good flowability, workability, and passing ability, considering that this proportion is the most suitable within the mixture.

KEYWORDS: *Self-compacting Concrete, High-flow Concrete*

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El hormigón autocompactante tiene como característica principal consolidarse sin la necesidad de energía alguna, evitándose la segregación de los materiales y con una alta trabajabilidad en estado fresco; con la habilidad de llenar los encofrados sin mayor inconveniente, aun si dentro de estos presenta una gran cantidad de acero. ACI (2019); Ruiz Brito y Suarez Ortuño (2021)

El hormigón autocompactante, es una clase de hormigón de alto rendimiento con una capacidad superior de deformación y resistencia a la segregación, se desarrolló por primera vez en Japón en 1986. El hormigón se ha utilizado en Japón para los principales edificios de oficinas, así como para tipos innovadores de túneles extruidos combinados con fibras de acero. La utilización de esta mezcla redujo el nivel de ruido del sitio de construcción y su impacto en el medio ambiente. El tipo de material es mejor que el concreto normal por muchas razones, entre ellas porque elimina la necesidad de vibración, reduce la duración de la construcción y los costos de mano de obra; minimiza la contaminación acústica, mejora el volumen de llenado de elementos estructurales muy concurridos, mejora la zona de transición entre la pasta de cemento y el refuerzo o agregado, reduce la permeabilidad del hormigón y aumenta su durabilidad. Amin et al. (2022)

Se ha estudiado que es necesario desarrollar nuevas tecnologías para producir esta mezcla autocompactante de manera sostenible y accesible. El hormigón autocompactante surge en el año 1986 de una investigación del profesor de la universidad de Tokio Okamura Hajima junto a Ozawa y Maekawa para mejorar la durabilidad de las estructuras en el estado insular del Japón. Ribeiro, Guetti, y Serna (2017), (García, 2021). Esto se dio porque debido a que había estructuras muy armadas donde la vibración era compleja, era necesario una mezcla de hormigón con alta compactibilidad y con una buena duración. Las bajas condiciones ambientales el hormigón autocompactante con base química de policarboxilato tiende a fraguar más rápido debido a este proceso es recomendable el uso de un

agente químico retardante o modificador de viscosidad que ayude a controlar esta condición y al mismo tiempo ayude a controlar la segregación dentro la mezcla.

Evaristo, Almeida, y Capuzzo (2021), también explican que con los aditivos superplastificantes que tienen como composición química el policarboxilato en proporciones de 0,5% a 1% del peso del cemento presente en la mezcla ayuda a retardar la hidratación del cemento; es decir, se retarda el proceso de fraguado del hormigón y se puede aumentar el porcentaje de aire, así como disminuir su esparcimiento. Lo cual indica que en esas proporciones el hormigón autocompactante se encuentra en sus mejores condiciones de trabajabilidad, fluidez y resistencia.

Teixeira, Santilli, y Puente (2016) en su investigación realizaron una encuesta en obra teniendo en consideración el objetivo de estudiar el tiempo necesario para poder retirar el encofrado de la estructura con hormigón autocompactante resultando que 3 de cada 4 directores de obra consideran suficiente para desencofrar un valor de resistencia de 5 MPa. En base a esta investigación se controlan resultados mediante ensayos para obtener una resistencia mínima de 5 MPa; la que es suficiente para desencofrar columnas lo cual representa una gran reducción de tiempo de obra lo que se considera como un punto positivo en el aspecto de obtener buenas resistencias a tempranas edades.

En la elaboración de mezclas de hormigones autocompactantes se usa una gran cantidad de material fino con el objetivo de que la mezcla resultante tenga como propiedad característica y distintiva que es la fluidez. Dentro de este contexto la meta principal que se estudia es identificar la dosificación del aditivo superplastificante y su efecto sobre la resistencia y trabajabilidad. Chen et al. (2022); de Sensale et al. (2018), Alalwany, Mohamad, Samad, Goh, y Al-Alwani (2017); (Choi, Bae, Ji, & Kim, 2022), La trabajabilidad del hormigón autocompactante en términos de viscosidad se establece mediante la prueba de flujo de asentamiento y el embudo en V. Los resultados sugieren que la adición de fibras de polipropileno aumenta las cualidades mecánicas de la mezcla autocompactante en casi todas las fracciones de volumen.

Principalmente el hormigón autocompactante necesita de una mayor cantidad de áridos finos con el fin de disminuir el volumen de vacíos de aire presentes en la mezcla lo que provoca que el hormigón sea más denso y adicionalmente aumente su resistencia a la compresión. Además, este tipo de hormigón en particular necesita de aditivos como es el superplastificante y en algunos casos de que la mezcla no cumpla con los requisitos se implementara el uso de agentes modificadores de viscosidad. Cañizares Beltrán (2012), El uso de estos elementos químicos complementa la elaboración de la mezcla de hormigón autocompactante con buenas características evitando de esta forma un fraguado muy rápido y que las partículas de agregado grueso se consoliden en la parte inferior de la mezcla proporcionando así que la segregación presente en esta sea menor o igual al 10% lo cual se considera aceptable dentro de los parámetros establecidos por la norma ASTM C1610 para hormigones autocompactantes.

Las mezclas se prepararán en el laboratorio, con el fin de determinar sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido, los resultados de los diferentes ensayos serán procesados de forma ordenadas para posteriormente ser analizados, se presentarán observaciones y conclusiones con los datos recopilados durante la elaboración y ensayos de las mezclas. Se pretende obtener que el resultado de las mezclas ensayadas de hormigón autocompactante cumpla con las exigencias que demanda las especificaciones de la Federación Europea de la Asociación del Concreto (EFNARC) para que evidencien las ventajas que tiene este tipo de hormigón frente al hormigón convencional.

En la dosificación del hormigón autocompactante, se busca obtener tres características que son fundamentales para el correcto desempeño de la mezcla, las cuales son: capacidad de llenado, capacidad de paso y estabilidad, esta última es la característica que presenta un grado de dificultad mayor que las anteriores. La capacidad o habilidad de paso de la mezcla está ligada estrictamente al contenido y tamaño máximo de los agregados tanto como a la cohesión que existe dentro de la mezcla, donde Cakiroglu, Bekdaş, Kim, y Geem (2022) dentro de su investigación de modelos.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Un problema común en el área de la construcción es generado cuando al verter el hormigón dentro del encofrado de una estructura, este no resulta con una buena compactación dejando espacios llenos de aire. Esto se debe a diferentes factores tales como: el mal uso del vibrado y a una dosificación inadecuada del hormigón. El vibrado ayuda a que el hormigón rellene toda el área del encofrado y así poder bajar el porcentaje de vacíos de aire y tener una buena compactación. El vibrado tiende a causar problemas futuros a largo plazo como segregación del agregado grueso que disminuye la resistencia.

El hormigón es una mezcla conformada por un porcentaje específico de agregado grueso, agregado fino, cemento y el agua para crear una mezcla que al momento de su fraguado llega a una resistencia de diseño, muy importante para el comportamiento mecánico de la estructura. Una mala dosificación del concreto genera espacios que se llenan de aire ocluido, lo que hace al hormigón perder resistencia, densidad e incrementa su permeabilidad.

Unos de los mayores inconvenientes en la elaboración y manipulación del hormigón autocompactante es el desconocimiento de la comunidad encargada de la construcción. En los países que se encuentran en vías de desarrollo, los avances e investigaciones han sido limitadas a ensayos de laboratorio, por lo que elaborar este tipo de hormigón en obra, tiende a presentar una mayor complejidad debido a que existen una diversidad de factores que pueden comprometer su resistencia a la compresión tales como; la mano de obra no calificada, relación de agua/cemento, granulometría, uso incorrecto de superplastificantes, modificadores de viscosidad u otros aditivos, así como la poca accesibilidad a metodologías normalizadas. Cañizares Beltrán (2012)

Al aumentar la capacidad del concreto para poder acoplarse a los espacios destinados para una obra civil, se responde a las necesidades de la demanda de los constructores y se ayuda también a un buen ambiente laboral ya que no se necesitaría energía humana para vaciar el hormigón y para el vibrado, se reduciría el sonido, derrame de líquidos que son necesarios para la máquina de vibrado pero

que no son buenos para el ambiente. Eliminar el sistema de vibrado aumentará la efectividad del trabajo ya que maniobrar el vibrador requiere tiempo, el cual se puede aprovechar para otras actividades.

Considerando la dificultad e inseguridad de disponer de materiales necesarios para la elaboración de hormigón autocompactante, se propone hacer un análisis de los efectos de la variación en el porcentaje de aditivos superplastificantes incluidos en una mezcla de un hormigón convencional. Debido a la necesidad que cada vez es más grande en el sector de la construcción donde se requieren concretos con mayor trabajabilidad y fluidez. El hormigón autocompactante se considera como una solución a problemas de colocación de concreto por su capacidad de acomodo sin segregación además de mejorar considerablemente los sistemas de construcción basados en concreto convencional que requieren necesariamente de compactación por vibrado. Con lo relación a lo anterior se plantea las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es la dosificación optima de superplastificante para obtener un hormigón autocompactante que ofrezca adecuada fluidez y capacidad de paso sin segregación a través de armadura?, ¿Cómo afecta el uso de un porcentaje alto de superplastificante en la elaboración de un hormigón autocompactante? ¿Qué característica favorable ofrece el hormigón autocompactante en comparación al hormigón tradicional? ¿Cómo el uso de aditivo superplastificante basado en naftaleno y policarboxilato afecta la resistencia de un hormigón tradicional obtenido con la misma dosificación de ingredientes, pero sin superplastificantes?

1.2. ANTEDECENTES

Las primeras investigaciones dentro del tema de hormigón autocompactante fueron realizadas por el profesor Okamura, empleando el término de concreto autocompactante. Este tipo de hormigón fue planteado como una posible solución para incrementar la durabilidad de estructuras y la economización de recursos. La homogeneidad de hormigones autocompactantes fue posiblemente mediante la comparación e investigación de dos tipos de concretos, uno denominado concreto tradicional con la característica que este cuenta con vibrado y el concreto autocompactante cuyos resultados demostraron que presento una buena resistencia

a la segregación a comparación con método tradicional de hacer Hormigón. Okamura, Ouchi, y Materials (1998)

En el ámbito internacional se puede citar al trabajo de Palomino Román (2017) titulado “Estudio Comparativo en la Autoconstrucción de edificaciones utilizando concreto autocompactante con la incorporación de aditivo superplastificante frente al concreto convencional realizados en la ciudad de Abancay”. Esta investigación consistió en diseñar y producir un concreto autocompactante para mejorar sustancialmente la trabajabilidad en el vaciado del concreto realizados en la ciudad de Abancay. Se hizo ensayos para el agregado fino y grueso para obtener una granulometría adecuada, también utilizaron un aditivo que sirve como plastificante y superplastificante ASTM 494 tipo G y se concluyó que para una mejor trabajabilidad del hormigón autocompactante se le añaden una dosificación de 0.85%, 1.125% y 1.4% del peso del cemento y que el costo aumenta comparado con el hormigón convencional.

También se tiene la investigación de Córdova Saavedra y Vega Mejia (2022) titulada “Concreto Autocompactante Con Incorporación De Aditivo Superplastificante Sika Plast 306 Y Cenizas Volantes”. El trabajo consistió en la determinación de dosificación óptima de concreto autocompactante con incorporación de aditivo superplastificante Sika Plast 306 y cenizas volantes, se realizaron ensayos para evaluar las propiedades de autocompatibilidad del concreto y concluyeron que la dosificación óptima del aditivo es del 1% y las cenizas volantes es del 10%, mediante los ensayos verifican que si cumplen con las especificaciones técnicas para el concreto autocompactante.

Cornejo y Antonio (2015) en su investigación sobre “hormigón autocompactante” con el objetivo de obtener una dosificación que cumpla con los parámetros de hormigón autocompactante, con materiales de la cantera de Guayllabamba. La metodología que emplearon fue de tipo experimental y obtuvieron como resultado que los agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba cumplieron con éxito los parámetros y requisitos de la norma NTE INEI 696 Tomando en consideración las norma ACI 237R para hormigones autocompactantes para correspondiente a una dosificación de 1% de aditivo superplastificante, cumple con

la resistencia a compresión donde cada una de las probetas cilíndricas ensayadas alcanzó el rango establecido en la NEC-2015 de 35kg/cm² donde se especifica que la mezcla que alcance esta resistencia es considerada como un hormigón es aceptable, a comparación a otras mezclas con aditivos de 1,8% de aditivo presente en la mezcla no cumplió con la resistencia propuesta, lo que se entiende que a mayor cantidad de aditivo superplastificante la resistencia tiene una tendencia a caer.

Molina Segura (2014) en su trabajo de investigación sobre “la influencia del aditivo hiperplastificante plastol 200 ext. en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido”. Este trabajo consistió en determinar la dosis del aditivo a base de policarboxilato con metodología de base experimental de laboratorio para los diferentes ensayos y con los resultados concluyeron que el aditivo mejora las condiciones de la mezcla de una forma significativa, debiéndose agregar 1,2% del peso del cemento debido a que esta proporción no presentó exudación ni segregación y además que cumple con estar dentro de los rangos establecido de fluidez y tiempos de fabricación en obra. Para cantidades superiores al 1,2% del peso del cemento de superplastificante se produce una tendencia a reducir la resistencia a la compresión debido que se produce una exudación y segregación mayor, estas resistencias mostraron un promedio de 340kg/cm² con una relación agua/cemento de 0,47.

En el ámbito nacional, se cita al trabajo de Soberón López (2015) titulado “Diseño de Mezcla de Hormigón Autocompactante Utilizando Agregados De Minas Locales Y Su Influencia En Las Propiedades Mecánicas En El Cantón Ambato, Provincia De Tungurahua”. Esta investigación consistió en diseñar una mezcla de Hormigón Autocompactante utilizando agregados de minas locales de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua con una investigación de campo y experimental que realizó en el laboratorio para los diferentes ensayos que se van a emplear y concluyen un diseño de hormigón autocompactante con resistencia a la compresión de 350 kg/cm² con una clasificación de viscosidad VS2 y asentamiento SF2, especial para muros y/o pilares. Se comprobó que la dosificación sea la adecuada, que permita un correcto funcionamiento del hormigón para obtener este tipo de cualidades se utilizó una mezcla de agregados en una proporción de 39% de agregado fino y 61% de agregado grueso con una densidad de 1,816 gr/cm³.

En el ámbito provincial, se cita el trabajo de investigación de Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020) titulado “Análisis Comparativo De Sensibilidad De Diferentes Aditivos Superplastificantes En El Hormigón”. Este trabajo de investigación consistió en analizar y comparar la sensibilidad de los aditivos superplastificantes en los hormigones, considerando los parámetros establecidos en la norma (NTE INEN), utilizó una metodología basada en análisis de información, ensayos de laboratorio y procesamiento de resultados con análisis comparativo. De acuerdo con los resultados obtenidos concluyen que la fluidez, revenimiento y la trabajabilidad de la mezcla aumentan considerablemente cuando se le adicionan diferentes tipos de superplastificantes en distintas proporciones a la mezcla de control, sin que ninguno de los aditivos modifique el tiempo de fraguado, pero la resistencia a temprana edad si se modifican.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1 . Hipótesis General.

La incorporación de aditivos superplastificantes de norma ASTM C-494 tipo F con dosis moderada de 1,5%, 2% y 2,5% permitirá que la mezcla de hormigón sea más manejable y ayudara a aumentar la fluidez al vaciar en un molde para fundir hormigón armado con acero mínimo, obteniéndose como resultado una compactación mayor con una resistencia adecuada para la estructura.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

H.E1.: La evaluación de las pruebas ASTM C1610, C1611, C162, C39 permitirá analizar el comportamiento de la mezcla de hormigón con superplastificante de porcentajes diferentes en estado fresco y endurecido.

H.E2.: Mediante el elemento armado tipo U se determinará la fluidez del hormigón al momento de su vaciado para empleo como hormigón armado autocompactante.

H.E3.: Establecer la dosificación óptima permitirá analizar la mejora en sus propiedades en la mezcla de hormigón.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Evaluar el desempeño de una mezcla de hormigón autocompactante diseñada con aditivo superplastificante de dos químicas y tres dosificaciones diferentes, ensayados para una aplicación constructiva (fundición de elementos con forma de U).

1.4.2. Objetivos Específicos.

O.E1.: Evaluar la mezcla de hormigón en estado fresco mediante test estándares ASTM C1610 “Segregación estática del concreto Autocompactante”, ASTM C1611 “Flujo de asentamiento de hormigón autocompactante”, ASTM C1621 “Capacidad de paso del hormigón autocompactante”, y en estado endurecido con la ASTM C39 “Compresión simple”, de los diseños de hormigón autocompactante con superplastificante.

O.E2.: Analizar la fluidez de la mezcla de hormigón autocompactante con dosificación variable mediante elemento tipo U principio de vaso comunicante para empleo como hormigón armado autocompactante.

O.E3.: Establecer la dosificación óptima por medio de los test estándar de hormigón autocompactante para analizar una mejora en sus propiedades.

1.5. ALCANCE

El presente proyecto se busca evaluar el desempeño de un hormigón autocompactante usando aditivo superplastificante de norma ASTM, que es un aditivo que genera mayor fluidez y trabajabilidad al hormigón, donde se ensayará un concreto autocompactante ya que mantiene las propiedades características de un

hormigón tradicional las cuales son durabilidad y resistencia pero que además incorpora a su propiedades la habilidad de mantener condiciones de fluidez; se debe tomar en consideración los cambio que se tienen en la colocación de la mezcla sin la necesidad de uso de una herramienta externa para la correcta compactación. Para ello se utilizará dos tipos de aditivos cuyas estructuras químicas está basada en naftaleno y policarboxilato; el porcentaje que se agregará en la mezcla de hormigón a ensayar para que sea autocompactante será desde el 1,5 hasta el 2,0 %; donde el 2% es el límite para utilizar por cada 50 kg de cemento según fichas técnicas, además se agrega el 2,5% de aditivo para analizar cómo se desarrollará la mezcla cuando se excede el porcentaje específico de la hoja técnica del producto. El alcance de la investigación está dentro del área de Tecnología del Hormigón y el comportamiento del hormigón como material.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables Dependientes.

Las propiedades del desempeño del hormigón estudiadas a través de análisis y ensayos ASTM para evaluar la capacidad de paso del hormigón, segregación y el flujo de revenimiento de la mezcla de hormigón

1.6.2. Variables Independientes.

. Uso de dos tipos de aditivo con base química de policarboxilato y naftaleno en tres dosis que son: 1,5%, 2% y 2,5%.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN DE HORMIGÓN

Según Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020) el hormigón es una mezcla de agregados y pasta de cemento, con la adición de agua se crea una reacción química entre el cemento y el agua que da como resultado una masa cuya densidad alcanza entre 2200 a 2400 kg/m³ y se tiene como resultado un material duradero el cual destaca por su versatilidad y que se puede utilizar en todo tipo de construcciones y edificios. Su resistencia se ve condicionada al porcentaje que ocupan los agregados dentro de la mezcla al que también se le puede agregar diferentes aditivos que permiten mejorar las propiedades del hormigón.

2.1.1 Hormigón Convencional.

El hormigón es el material más requerido y utilizado en el mundo debido que cuenta con la característica de adaptarse a cualquier forma de encofrado además que puede ser modificado para que alcance una resistencia determinada que es de importancia primordial al diseñar una estructura.

2.1.2. Hormigón Autocompactante.

Este tipo de hormigón tiene como característica principal consolidarse sin la necesidad de alguna energía evitando de esta forma la segregación de los materiales teniendo en cuenta su alta trabajabilidad en estado fresco y la habilidad de llenar los encofrados sin mayor inconveniente aun si estos presentan una gran cantidad de acero. Ruiz Brito y Suarez Ortuño (2021)

El hormigón autocompactante no requiere ningún método que ayude a su compactación debido que fluye con su propio peso y alcanza una buena compactación, aunque se cuente con una presencia elevada de densidad en

armaduras, este tipo de mezcla cuenta con todas las ventajas que un hormigón convencional al igual que larga vida útil.

2.2. COMPONENTES DEL HORMIGÓN

Los materiales que integran la mezcla de hormigón autocompactante son bastante parecidos a los que se utiliza para la elaboración de hormigón convencional teniendo como materiales indispensables el agua, cemento, áridos y aditivos. Pero un factor que se debe tener mucho en consideración son las proporciones utilizadas en ambos tipos de hormigones debido que son muy diferentes. Principalmente el hormigón autocompactante necesita de una mayor cantidad de áridos finos con el fin de disminuir el volumen de vacíos de aire presentes en la mezcla lo que provoca que el hormigón sea más denso lo que provoca que aumente su resistencia a la compresión. Además, este tipo de hormigón en particular necesita de aditivos como es el superplastificante y en algunos casos de que la mezcla no cumpla con los requisitos se implementara el uso de agentes modificadores de viscosidad. Cañizares Beltrán (2012)

2.2.1 Cemento.

El cemento al igual que diferentes materiales cementantes como los asfaltos, alquitranes y cales son materiales con la capacidad de unir o juntar fragmentos debido que estas cuentan con propiedades cohesivas y adhesivas. Para el caso especial en la elaboración de hormigones estructurales se debe hacer uso de cementos hidráulicos los cuales su característica principal es la necesidad de adquirir agua a sus propiedades químicas. Este tipo de cemento se encuentra constituido principalmente por silicatos y aluminados de cal. Ruiz Brito y Suarez Ortuño (2021)

El termino cemento portland proviene del material gris característicos de las piedras de la región de Portland en Inglaterra. Este de producto es consecuencia de la trituración los materiales crudos los cuales son calizas y arcillas las que son mezcladas en una proporción adecuada. En la etapa de calcinación debe realizarse

a una temperatura aproximada de 1400°C. Finalmente tiene que ser enfriado y molido con yeso hasta obtener un polvo fino.

Dentro del sector de la construcción existen varios tipos de cemento portland debido a que para cada tipo de obras se necesitan propiedades físicas específicas definidas por el diseño y fin que tendrá la estructura.

Tipo I. Este tipo de cemento se utiliza de forma general en la construcción sin embargo hay una condición que hay que tomar en cuenta, la cual es que este tipo de hormigones compuestos con este tipo de cemento no deben estar expuesto a sulfatos por lo que no es recomendable utilizar este tipo de material en condiciones climáticas altas.

Tipo II. Este tipo de cemento tiene como característica fundamental que a presencia de sulfatos no es perjudicado de gravedad, esto se considera una gran ventaja a realizar obras civiles marinas y obras donde se encuentren expuestos a una alta temperatura ambiental.

Tipo III. Este tipo de cemento es utilizado particularmente en obras donde el hormigón no puede mantenerse estable durante su construcción, como en el caso que puede estar expuesto a agua a diferencia de los anteriores este tipo de cemento emite un gran mayor de calor de fraguado por lo que se necesita un control especial.

Tipo IV. En especial este tipo de cemento se utiliza cuando se requiere una gran cantidad de hormigón debido que produce poco calor de hidratación de esta forma se puede controlar de forma efectiva y alarga el tiempo necesario para que alcance su resistencia de diseño.

Tipo V. Este tipo de cemento tiene mucha similitud con el cemento tipo II con su principal resistencia a los sulfatos con la diferencia que esta cuenta con una mayor resistencia con lo que es menos probable que el hormigón se deteriore con el tiempo. Dentro de lo que se trata la elaboración de hormigón autocompactante se puede utilizar cualquier tipo de cemento debido que este tipo de material no requiere requisitos específicos.

2.2.2 Áridos.

Los áridos constituyen uno de los materiales que tienen gran importancia dentro del hormigón debido que representa las tres cuartas partes del volumen total de la mezcla. Se puede concluir que este material tiene propiedades que influyen en el correcto desempeño de la mezcla tanto en su estado fresco, como después de su fraguado, es por este motivo que al momento de elegir una granulometría es de gran importancia tener mucho cuidado para que el material no se encuentre contaminado y esté libre de impurezas. Ruiz Brito y Suarez Ortuño (2021)

Es importante reconocer que dentro de la elaboración del hormigón autocompactante se tiene que respetar ciertas restricciones en el tamaño máximo que se debe utilizar dentro de la mezcla el cual es veinte milímetros o tres cuartos de pulgada. Se reconoce que los áridos que tienen como característica ser redondeadas contribuyen a una mejor trabajabilidad del hormigón a diferencia que las trituradas contribuyen al aumento de fricción dentro de la mezcla

2.2.3 Aditivos.

Los aditivos son sustancias químicas que tienen la propiedad de cambiar las condiciones físicas del hormigón en estado fresco o después de su fraguado. Dentro del campo de la construcción y comercialización existen una gran variedad de aditivos, debido que a medida que surgían necesidades se buscaban nuevas soluciones innovadoras dando así paso a una gran variedad de compuestos químicos como son; acelerantes, retardantes y plastificantes. Molina Segura and Saldaña Pacheco (2014)

En la elaboración de hormigón autocompactante es de gran relevancia el uso de aditivos tomando en consideración que el uso de este tipo de componente químico se debe tener un mayor control y eficacia en la elaboración de la mezcla.

2.2.4 Superplastificante.

Los superplastificantes es también conocido como el componente químico que tiene la función de reducir la cantidad de agua dentro de la mezcla dando como

resultado un hormigón con una buena trabajabilidad este tipo de aditivo es esencial en la elaboración de hormigón autocompactante, siendo más precisos los superplastificantes basados en policarboxilato, los cuales son agentes químicos que demuestran un gran comportamiento en la reducción del agua que puede llegar a un 40%. Ruiz Brito y Suarez Ortuño (2021)

2.3. VENTAJAS DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE

El hormigón autocompactante adecuadamente proporcionado y colocado puede resultar en beneficios económicos y tecnológicos para el usuario. El hormigón autocompactante, más adelante lo nombraremos SCC, por sus siglas en ingles *Self-Compacting Concrete*, puede proporcionar las siguientes ventajas:

1. Reducción de la mano de obra, debido a que tienen una elevada trabajabilidad.
2. No es necesario vibrar para garantizar una consolidación adecuada, esto también resulta en ahorros en la compra de equipos y mantenimientos y operación de equipos.
3. Menos necesidad de operaciones de alisado para garantizar superficies planas (característica de auto nivelación)
4. Acelera la construcción a través de una mayor tasa de fundición o colocación y una duración de la construcción más corta.
5. Facilita y agiliza el relleno de secciones altamente reforzadas y encofrados complejos al mismo tiempo que garantiza una buena calidad de construcción, esto puede garantizar una mejor productividad, reducir los requisitos de mano de obra y el costo.
6. Permite una mayor flexibilidad en la distribución de los puntos de colocación durante la fundición. Esto puede reducir la necesidad de movimientos frecuentes de mercancías en tránsito y la necesidad de mover líneas de bombeo para colocar concreto. Esta mayor flexibilidad en la

programación de las actividades de construcción y la adquisición de recursos necesarios se traduce en ahorros de tiempo y recursos.

7. Reducción de la contaminación auditiva en el lugar de trabajo (especialmente crítico en áreas urbanas y para secciones que requieren consolidación de vibraciones bruscas).
8. Disminuye las lesiones de los empleados al facilitar un entorno de trabajo más seguro donde las operaciones extenuantes y laboriosas pueden reducir los riesgos de tropiezos a través de eliminación de algunos cables eléctricos.
9. Reduce las primas de seguro. Las instalaciones de prefabricado que generan una contaminación acústica considerables, a veces se ven obligadas a pagar primas a las agencias nacionales de seguros responsables de eventual tratamiento de los trabajadores con discapacidad auditiva. Las reducciones de primas de seguro pueden compensar parcialmente el costo adicional del material de SCC, haciéndolo atractivo para las operaciones de prefabricados.
10. Crea superficies lisas libres de paneles y signos de sangrado y decoloración, obtenidos al utilizar una mezcla de SCC bien proporcionada, encofrado de alta calidad con un agente de liberación adecuado y prácticas de colocación adecuada.
11. Reduce la necesidad de la vibración para la construcción que normalmente requiere el uso de consolidación pesada como hormigón reforzado con fibra y operaciones prefabricadas). En algunos casos, el uso de hormigón silencioso o libre de ruido puede extender potencialmente las horas de construcción en áreas urbanas, lo que permite la programación de algunas actividades de construcción.
12. Elimina la necesidad de materiales, como capas base, que se utilizan para nivelar y preparar sustratos para los materiales finales de piso, como

alfombras baldosas, siempre que lo permitan las reglamentaciones de construcción.

13. Permite más flexibilidad para detallar las barras de refuerzo, evita la necesidad de agrupar el refuerzo para facilitar el vaciado y consolidación y, en algunos casos, permitir el uso de acero de refuerzo pequeño y poco espaciado para controlar el agrietamiento.
14. Permite la construcción de elementos arquitectónicos y estructurales más complejos debido que facilita el hormigonado.
15. Su rentabilidad es favorable cuando se considera en el costo total de la obra.
16. Aumento de la salud laboral y el ambiente de trabajo. (237, 2007)

2.4. INVESTIGACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE

Las propiedades del hormigón autocompactante se encuentran condicionadas principalmente a las propiedades de la pasta de cemento. Existe información relacionada sobre el uso de aditivos superplastificantes que brindan la condición de hormigón fluido, así como el de gomas de acacia en sistemas cementosos autocompactantes, y escasa información sobre otros agentes modificadores de la viscosidad de la pasta autocompactante tales como el de polvo de goma. Malik y Rizwan (2022)

Se ha investigado que para que la mezcla de concreto pueda considerarse como hormigón autocompactante, la mezcla debe tener una gran fluidez, cohesión y viscosidad entre sus componentes, además debe cumplir con los requisitos estandarizados de dureza y durabilidad del hormigón convencional. Evaristo et al. (2021)

Se ha estudiado que una composición con un menor porcentaje de vacíos de aire no es garantía de una buena sinergia y que el valor de vacíos de aire es influenciado

por el tamaño de las partículas del agregado, a partículas de menor tamaño se tiene un menor porcentaje de vacíos y así mismo con partículas de mayor tamaño se tiene un mayor volumen de vacíos de aire. Melo, Gomes, y Moraes (2019)

La gran fluidez que presenta el hormigón autocompactante, la absorción del material árido en su comportamiento reológico es la cualidad fundamental que lo hace propenso a la segregación a diferencia del hormigón convencional. Un factor para tomar en consideración es que se puede mejorar la resistencia a la segregación aumentando la viscosidad a través de una correcta proporción de agregado finos como es la incorporación de cemento y aditivos que aumentan la viscosidad. Benito (2015)

Dentro del comportamiento del hormigón autocompactante existen dos tipos de segregación dinámica y estática La segregación dinámica es aquella que se produce al fluir el hormigón dentro del encofrado; mientras que la segregación estática cuenta con un cierto grado de complejidad al momento de evaluar, debido que esta se encuentra asociada a los fenómenos de sedimentación en el momento en que el hormigón está en estado de reposo dentro del encofrado.(Abbas, Ishaq, Kazmi, Munir, & Ali, 2022); Cornejo y Antonio (2015)

Sánchez Hidalgo (2015) en su investigación describe que el hormigón autocompactante debe tener una granulometría mejorada para el agregado fino y un tamaño máximo nominal de ½ pulgada para el agregado grueso. El hormigón autocompactante una vez añadido el superplastificante, presentó características tales como: una gran capacidad de relleno a alturas mayores a 300mm en el ensayo de caja U; y una capacidad de fluidez buena con un coeficiente de bloque entre 0,94 y 0,89 con el ensayo de caja L. Con estas características dicha investigación concluyo que cumplen con los requerimientos para concretos autocompactante

Las propiedades mencionadas anteriormente son esenciales para considerar que es un hormigón con características autocompactantes las cuales son controladas mediante ensayos estandarizados por el ASTM.

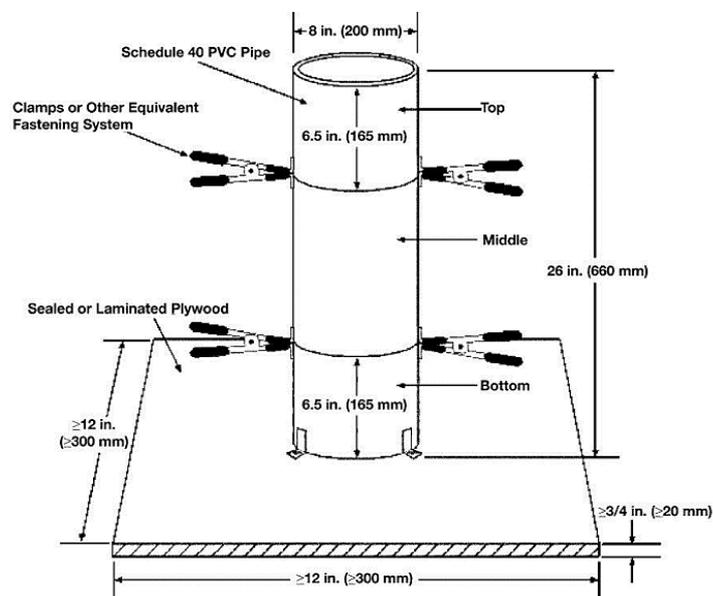
2.5. MÉTODOS DE ENSAYOS PARA HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE

2.5.1 ASTM C1610 Método de ensayo. Segregación estática del concreto autocompactable utilizando la técnica de la columna.

La herramienta que se utiliza para la ejecución de este ensayo es el llamado columna técnica lo cual se detalla las dimensiones de la columna en la figura 1 y en la Figura 2 se detalla la placa metálica.

Figura 1

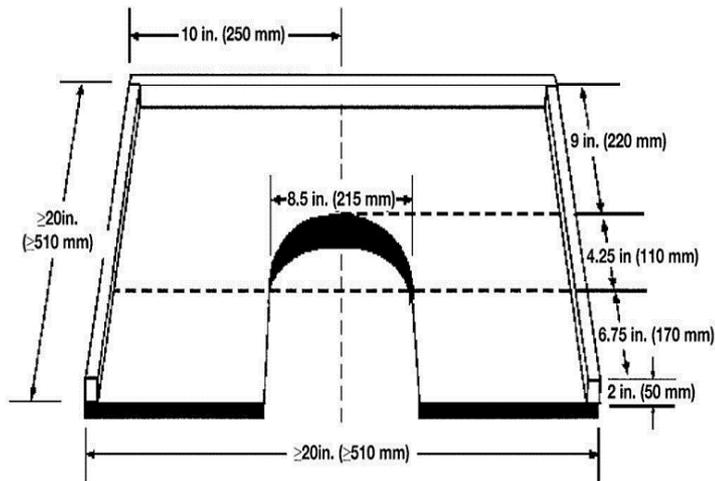
Dimensiones de Columna Técnica



Nota.: Obtenido de S. EFNARC (2002)

Figura 2

Detalle de placa Metálica



Nota.: Obtenido de S. EFNARC (2002)

2.5.2.1 Resumen Del Método De Ensayo.

Se coloca una muestra recién mezclada de hormigón en un molde cilíndrico si apisonar o vibrar. El molde se divide en tres secciones. Las porciones de concreto tanto de la parte superior como inferior se lavan utilizando el tamiz de 4.5 mm (N°4), dejando el agregado grueso en el tamiz. Se determina la masa del agregado grueso de la sección superior e inferior y se calcula el porcentaje de la segregación estática.

2.5.2.2 Procedimiento.

1. Se debe realizar este ensayo en una superficie plana donde no este expuesta a vibraciones o perturbaciones de movimientos
2. Remezclar la muestra con la ayuda de un cucharón para que sea homogéneo.
3. Se humedece el interior del molde y se elimina el agua estancada.

4. Se llena el recipiente tan pronto como sea posible en un lapso de 2 minutos.
5. Después de llenar el molde, se enrasa con la barra de enrasado con movimientos de cierra hasta que la superficie sea nivelada con el borde superior del molde
6. Se deja que la mezcla repose en el molde durante un lapso de tiempo de 15 minutos.
7. Inmediatamente después del período de reposo, mantener firmemente la sección superior del molde y retirar el sistema de fijación. Este procedimiento será realizado dentro de los 20 minutos.
8. Se coloca la sección cortada de la placa recolectora alrededor de la columna justo por debajo de la junta entre la sección superior y media para obtener el concreto.
9. Se sujeta la sección superior del molde y utilizando un movimiento rotatorio horizontal, se enrasa el concreto en la sección superior de la columna en la placa recolectora y luego se deposita en un recipiente plástico.
10. Se repite el paso 9 con la sección intermedia y se desecha esa parte del concreto.
11. Colocar la muestra se ha sección superior en el tamiz N°4.
12. Se lava el concreto para que solo quede el agregado grueso en el tamiz y se deposita en un recipiente limpio.
13. Se repite el paso 12 con la parte inferior del molde.
14. Se coloca el agregado en un paño absorbente grande hasta que se eliminen las partículas del agua.

15. Se determina la masa del agregado grueso de la parte superior e inferior del molde a los 50g (1 lb) más cercanos.

2.5.2.3 Cálculo.

$$S = 2 \left[\frac{CAB - CAT}{CAB + CAT} \right] \times 100 \quad \text{cuando } CAB > CAT \quad (1)$$

$$S = 0, \quad \text{cuando } CAB < CAT \quad (2)$$

S= Porcentaje de segregación estática

CAT= Masa de agregado grueso en la parte superior de la columna.

CAB= Masa de agregado grueso en la parte superior de la columna.

2.5.2 ASTM C1611 Método de prueba estándar para flujo de asentamiento de hormigón autocompactante.

Esta prueba hace referencia a las normas ASTM específicamente C143/C143M que es el método de prueba para el asentamiento de concreto hidráulico.

2.5.2.1 Resumen De La Prueba.

Se coloca una muestra de concreto recién mezcla en un molde con forma de cono. El hormigón se coloca en una sola capa sin apisonamiento y sin vibración. Se levanta el molde y se deja que el hormigón se esparza, después que cesa el esparcimiento, se miden dos diámetros (menor y mayor) y el flujo de asentamiento es el promedio de los dos diámetros.

2.5.2.2 Procedimiento.

1. La prueba de flujo de asentamiento se debe realizar en una placa base plana, nivelada y no absorbente.

2. Llenado del molde: se realiza utilizando el procedimiento B. Procedimiento de llenado B (cono de manera invertida): se humedece y se coloca el molde, con la abertura más pequeña del molde hacia abajo, en el centro de una placa base plana o una superficie de concreto. Utilizando un cucharón, llene todo el molde de forma continua.

Nota 1: El molde debe mantenerse firmemente en su lugar durante el llenado. No apisonar el SCC. Rellenar ligeramente el molde.

Nota 2: Se ha encontrado que es recomendable llenar el molde con hormigón usando múltiples cucharas o vertiéndolo desde un balde o recipiente similar.

3. Enrase la superficie del hormigón con la parte superior del molde mediante un movimiento de aserrado de la barra de enrasado. Retire el concreto del área que rodea la base del molde para evitar interferencias con el movimiento del concreto que fluye. Retire el molde del hormigón levantándolo verticalmente. Levante el molde una distancia de 9 ± 3 in (225 ± 75 mm) en 3 ± 1 segundos mediante una elevación constante hacia arriba sin movimiento lateral o de torsión.

4. Esta prueba desde el inicio hasta la remoción del molde deberá estar dentro de los 2 ½ minutos.

5. Espere a que el concreto deje de fluir y luego mida el diámetro más grande de la extensión circular de concreto resultante al ¼ de pulgada (5 mm) más cercano. Cuando se observe un halo en la extensión circular resultante del hormigón, se incluirá como parte del diámetro del hormigón.

6. Se mide un segundo diámetro de la extensión circular en un ángulo aproximadamente perpendicular al diámetro original medido.

7. Si la medida de los dos diámetros difiere en más de 2 pulgadas (50 mm), la prueba no es válida y debe repetirse.

2.5.2.3 Cálculo.

$$\text{Flujo de Asentamiento} = \frac{d1 + d2}{2} \quad (3)$$

Donde:

d1= el diámetro mayor de la extensión circular del concreto

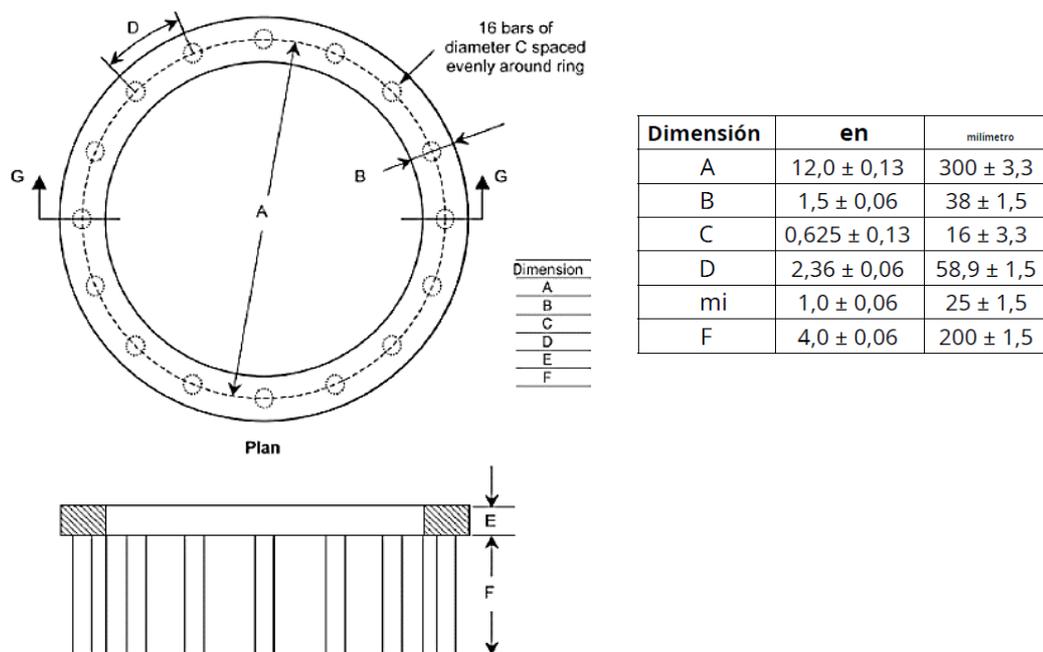
d2= la extensión circular del hormigón en un Angulo aproximadamente perpendicular a d1. Luego se debe registrar el promedio de los dos diámetros al ¼ de pulgada (6mm) más cercano.

2.5.3 ASTM C1621 Método de prueba estándar para la capacidad de paso del hormigón autocompactante por el anillo en J.

La herramienta que se utiliza para la ejecución de este ensayo es el llamado anillo en j y para ello tenemos sus dimensiones detalladas en la figura 3.

Figura 3

Detalle De Dimensiones De Anillo Japonés (J)



Nota.: Obtenido de S. EFNARC (2002)

2.5.3.1 Resumen De La Prueba.

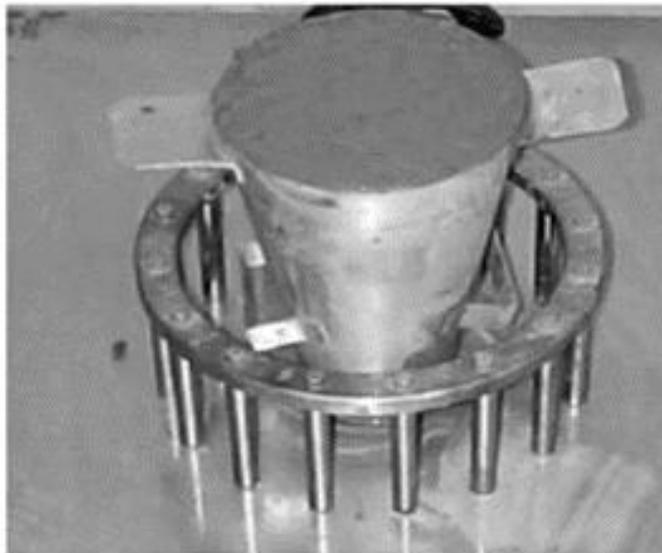
Se coloca una muestra de concreto recién mezclado en un molde de asentamiento (posición invertida) que es concéntrico con el anillo en J (Figura 4). El hormigón se coloca en una sola capa sin apisonamiento ni vibración. Se levanta el molde y se permite que el concreto pase a través del anillo en J y se asiente (Figura 5). Los diámetros del hormigón, en dos direcciones aproximadamente perpendiculares entre sí, se miden y promedian para obtener el flujo del anillo en J. La prueba se repite sin el anillo en J para obtener el flujo del asentamiento.

2.5.3.2 Procedimiento.

1. Realice la prueba en una placa base plana, nivelada y no absorbente. Coloque y calce la placa base de manera que quede totalmente apoyada y nivelada. Humedezca previamente la placa base con una toalla húmeda, trapo o esponja. Apoye el anillo en J en el centro de la placa base.

Figura 4

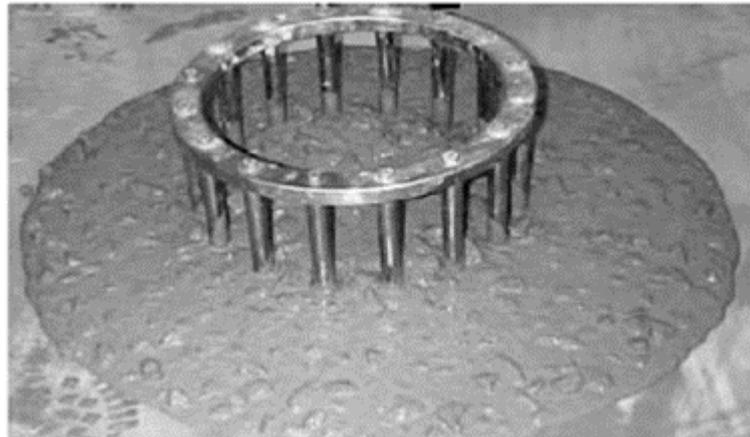
Instalación de anillo en J con molde invertido relleno de hormigón



Nota.: Obtenido de S. EFNARC (2002)

Figura 5

Flujo de anillo



Nota.: Obtenido de S. EFNARC (2002)

2. Se utiliza el procedimiento B.

Procedimiento de llenado **B** (molde invertido): humedezca el molde y colóquelo en la placa base con abertura más pequeña hacia abajo y concéntrica con el anillo en **J**. Apoye el molde y llénelo en una sola elevación.

Nota 1: se debe llenar el concreto sobre la parte superior del molde.

Nota 2: se recomienda llenar el molde con hormigón usando múltiples cucharas o vertiéndolo desde un balde o recipiente similar.

3. Enrase la superficie del nivel del hormigón con la parte superior del molde mediante un movimiento de aserrado de la barra de enrasado. Retire el concreto del área que rodea el molde para evitar interferencias con movimiento del concreto que fluye. Levante el molde una distancia de 9 ± 3 in (230 ± 75 mm) en 3 ± 1 s mediante un levantamiento vertical constante son movimiento lateral o de torsión. Complete todo el procedimiento desde el inicio del llenado hasta el retiro del molde sin interrupción en un lapso de $2 \frac{1}{2}$ minutos.

4. Espere a que el concreto deje de fluir y luego medir el diámetro mayor (dt) del flujo circular de hormigón resultante. Cuando se observe un halo en

el flujo circular de hormigón resultante, se incluirá como parte del diámetro del hormigón. Mida un segundo diámetro (d2) del flujo circular perpendicularmente al primer diámetro (d1). Mida los diámetros al ¼ de in (5mm) más cercano. Determine el flujo del anillo en J de acuerdo con la ecuación.

5. Realice una prueba de flujo de asentamiento sin el anillo en J de acuerdo con el método de prueba c 1611/C 1611M. Use el mismo procedimiento de llenado que usó con el anillo en J. Complete las pruebas con y sin el anillo en J en 6 min.

2.5.3.3 Cálculo.

$$\text{Flujo del anillo en J} = \frac{d1 + d2}{2} \quad (4)$$

Calcule la diferencia entre el flujo de asentamiento y el flujo del anillo en J con una precisión de ½ pulgada (12 mm). Este número representa la capacidad de paso del hormigón.

2.5.3.4 Evaluación de Bloqueo.

Se identifica la evaluación de bloqueo de acuerdo con la siguiente Tabla 1:

Tabla 1

Evaluación de Bloqueo

Diferencia entre flujo de asentamiento y flujo de anillo en J	Evaluación de bloqueo
0 a 1 pulgadas, (0 a 25 mm)	sin bloqueo visible
>1 a 2 pulgadas (>25 a 50 mm)	Bloqueo mínimo a notable
>2 pulgadas (>50 mm)	Bloqueo notable a extremo

Nota.: Obtenido de S. EFNARC (2002)

2.5.4 ASTM C39 Resistencia a la compresión de cilindros de hormigón.

Mediante este ensayo se permite determinar la resistencia a la compresión f'_c de los especímenes cilíndricos de hormigón que son elaborados en el laboratorio. Se debe tener cuidado al interpretar el significado de los resultados obtenidos debido que la resistencia puede depender del tamaño y forma del espécimen, tipo de mezcla, los procedimientos de mezclado, la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

2.5.4.1 Procedimiento.

El ensayo consiste en aplicar una carga a compresión de forma uniaxial a los especímenes de hormigón a una velocidad de carga 0.25 ± 0.05 MPa/s, la resistencia a la compresión se puede calcular dividiendo la carga máxima obtenida en el tiempo del ensayo entre el área de la sección transversal. Este proceso se usará en las muestras de hormigón a diferentes porcentajes de aditivos superplastificante para conocer la resistencia alcanzada a comparación de una resistencia medida a la mezcla de control sin ningún porcentaje de aditivo para conocer las características de la mezcla agregando y variando los porcentajes de aditivo.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo.

Esta investigación es de tipo aplicada, dado que se caracteriza por buscar las propiedades físicas del hormigón autocompactante mediante la implementación de ensayos de laboratorio a través de la utilización de conocimientos adquiridos. La investigación está orientada a obtener información sobre el comportamiento del hormigón autocompactante mediante el uso de aditivo superplastificante a diferentes porcentajes del químico utilizado. Esta información se pondrá a disposición pública para solucionar la problemática relacionada con el poco conocimiento del rango de variación y factores ambientales que afectan directamente a la resistencia y trabajabilidad del hormigón autocompactante con aditivo de base química naftaleno y policarboxilato

3.1.2. Nivel.

La investigación es de nivel exploratorio-comparativo debido que se busca mediante la experimentación con probetas de hormigón y ensayos de laboratorio conocer el rango de variación que tendrá la mezcla de hormigón a diferentes porcentajes de aditivo superplastificante y verificar el porcentaje que brinde las mejores condiciones de trabajabilidad, fluidez, resistencia a la segregación y capacidad para pasar a través de armaduras de acero con la finalidad de poder encontrar en que porcentaje de aditivo el hormigón autocompactante brinda buenas condiciones.

3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.2.1. Método.

La investigación es de tipo experimental, porque se investiga el comportamiento de las variables mediante la implementación de ensayos de laboratorio para el análisis de las propiedades físicas y del hormigón autocompactante dando así respuesta a los objetivos establecidos dentro de la investigación.

3.2.2. Enfoque.

El estudio tiene un enfoque mixto; es decir, tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo. En el orden cuantitativo se ha implementado una técnica de investigación y recopilación de información que relaciona la teoría con los resultados alcanzados en ensayos de laboratorio, los datos obtenidos por medio de ensayos estandarizados para conocer las propiedades físicas del hormigón autocompactante como son; ASTM-C143, ASTM-C1611, ASTM C1621 y ASTM-C1610 que cada uno por separado muestra una característica fundamental. Adicionalmente, para monitorear la uniformidad o posible variación porcentual de la resistencia a la compresión del hormigón obtenida a partir del diseño de la mezcla seleccionada, se ensayan probetas de hormigón para medir la resistencia a la compresión simple, conforme la normativa vigente en Ecuador NTE-INEN-1573-2010 y conocida internacionalmente como ASTM C39-05.

En el orden cualitativo se analizan los resultados alcanzados para evaluar el desempeño del hormigón autocompactante en comparación con los resultados obtenidos por otros y se aprovecha la experticia alcanzada mediante la implementación de los ensayos durante el proceso de la investigación el comportamiento físico del hormigón autocompactante a diferentes dosificaciones de aditivo superplastificante; con la finalidad de elaborar conclusiones y recomendaciones que sean aprovechables por nuevas investigaciones para el mejoramiento de los resultados obtenidos por esta investigación.

3.2.3 Diseño.

Desde la perspectiva definida por Hernández Sampieri, (2010) #2, esta investigación consta con dos guías una general y otra particular. En lo relacionado a la guía general de la investigación se encuentran las normativas de los ensayos estandarizados ASTM. La guía particular está definida por el uso arbitrario de varios porcentajes de aditivo superplastificante para observar las mejores condiciones de trabajabilidad en obra y conocer con detalle el comportamiento de las propiedades físicas y desempeño específico del hormigón autocompactante. Así con el estudio de las relaciones entre variables independientes y dependientes, se tiene un análisis comparativo del comportamiento de la mezcla de hormigón autocompactante con varios porcentajes de aditivo superplastificante incluidos en la mezcla.

3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1 Población.

La población en esta investigación consiste en un total de 8 mezclas con dosis variables de aditivos. Se tienen 14 mezclas con dos aditivos con base química diferente: policarboxilato y naftaleno. Dentro de cada grupo de 4 mezclas con igual química de aditivo, la dosis del aditivo ha sido modificada desde 0% (mezcla de control para comparar con hormigón autocompactante) 1,5%, 2%, y 2,5%.

Adicionalmente, sobre todo el universo de mezclas ensayadas, se ejecutan los ensayos ASTM que controlan: revenimiento, trabajabilidad, segregación, flujo de asentamiento de la mezcla y capacidad de paso del hormigón; como las variables dependientes relevantes para caracterizar el comportamiento físico del hormigón autocompactante.

3.3.2 Muestra.

Dentro del universo de 8 tipos de mezclas, se han fabricado un total de 32 probetas cilíndricas de control, 3 por cada porcentaje de aditivo superplastificante

para un total de 18 cilindros y otros 18 cilindros de hormigón sin aditivo para el control de la uniformidad o posible variación de la resistencia a la compresión simple del hormigón a través de los varios días de ensayo bajo condiciones variantes de temperatura y tiempos de colocación y fraguado inicial del hormigón. Es importante destacar que el diseño de la mezcla seleccionado es único en la totalidad de sus ingredientes, excepto por la dosis y tipo de aditivo superplastificante utilizado, por lo que la resistencia a la compresión es ensayada como parámetro de control y no como variable dependiente de la investigación.

Las 3 muestras de hormigón para cada tipo y dosis de aditivo superplastificante fueron ensayadas a edades de 7, 14 y 28 días con el fin de controlar y evaluar posibles variaciones en la resistencia a la compresión.

3.3.3 Muestreo.

Considerando que el muestreo es el proceso a través el cual se definen las muestras, para esta investigación el criterio que sustenta el proceso de muestreo consiste en preparar 3 muestras de cada mezcla a las edades preestablecidas de 7, 14 y 28 días para obtener la resistencia a la compresión simple que mejor caracterice la inherente dispersión de resultados ocasionada por la anisotropía del material. Es un criterio mayormente aceptado, que el promedio de 3 resultados es mejor que el promedio de 2 resultados; y que por mandato de norma ACI, una sola no es suficiente para caracterizar a la resistencia a la compresión del hormigón a cualquier edad de ensayo (7, 14 o 28 días)

3.4 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA MEZCLA DE HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO MEDIANTE TEST ESTÁNDARES ASTM C1610 “SEGREGACIÓN ESTÁTICA DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE”, ASTM C1611 “FLUJO DE ASENTAMIENTO DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE”, ASTM C1621 “CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE”, Y EN ESTADO ENDURECIDO CON LA ASTM C39 “COMPRESIÓN SIMPLE”, DE LOS DISEÑOS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON SUPERPLASTIFICANTE. (O.E.1).

El primer análisis de esta investigación consiste en evaluar la factibilidad de tres test estándares ASTM 1610, 1611 y 1621 para hormigón autocompactante como idóneos para caracterizar las propiedades físicas del hormigón autocompactante en estado fresco. Dichas pruebas usan el cono de Abraham, anillos japoneses(J) y una columna de segregación (columna técnica).

La ejecución de estas especificaciones y directrices de origen europeo son factible, porque son procedimientos estándares para una mezcla de hormigón en estado fresco y son muy aplicados en el área constructiva en el Ecuador. Para la aplicación de las pruebas ASTM C1610 Y ASTM C1621 se tuvo que confeccionar las herramientas tales como: el anillo en J debidamente dimensionado de acuerdo a sus medidas especificadas en el test y una columna de segregación de PVC con sus dimensiones establecidas en las directrices.

Una vez evaluado los diferentes ensayos ASTM sobre la mezcla de hormigón con aditivo superplastificante, se establecieron resultados del asentamiento, paso del hormigón y el porcentaje de segregación del hormigón autocompactante para después analizar cómo fue su desempeño para cada porcentaje de aditivo con base química diferente y porcentajes variable.

3.5 METODOLOGÍA PARA ANALIZAR LA FLUIDEZ DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON DOSIFICACIÓN VARIABLE MEDIANTE ELEMENTO TIPO U PRINCIPIO DE VASO COMUNICANTE PARA EMPLEO COMO HORMIGÓN ARMADO AUTOCOMPACTANTE. (O.E.2).

Para la elaboración de la mezcla de hormigón autocompactante y dar cumplimiento al segundo objetivo específico se usa la mezcla Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020), la cual utilizó un tamaño máximo de agregado grueso de 3/4", ajustando la relación de agua/cemento a 0,45. Hacemos uso de esta mezcla para extender el uso recomendado de agregado grueso de tamaño de 1/2" en la investigación de Sánchez Hidalgo (2015) para analizar resultados. En lo referente a porcentajes de aditivo se cambia la dosis que va de 0%, 1,5%, 2% y 2,5%.

Dentro de la investigación se usó la granulometría de la Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020) donde se utilizó una mezcla de 40% de agregado de tamaño 3/4" y 60% de material de tamaño máximo nominal № 4 con la finalidad de evaluar condiciones extremas, verificando así el criterio de Sánchez Hidalgo (2014) donde se propone el uso de material grueso de 1/2" lo cuales proporcionan buenos resultados en capacidad de paso, trabajabilidad y una segregación aceptable que se encuentra en menos del 10% convenientes para la elaboración de hormigón autocompactante.

Posteriormente se procedió a calcular el volumen de mezcla necesaria para la elaboración de probetas de hormigón, además incluyendo el porcentaje de aditivo superplastificante que depende del peso del cemento presente en la mezcla. Este análisis del comportamiento del hormigón autocompactante se identifica mediante el vaciado dentro de un encofrado tipo U con la finalidad de observar si la mezcla de hormigón logra fluir de un extremo a otro sin obstrucciones. Este proceso de llenado del encofrado se realiza para cada una de las mezclas de hormigón con diferentes porcentajes de aditivos de esta forma se podrá relacionar lo observado con los resultados de los ensayos ASTM C1621.

3.6 METODOLOGÍA PARA ESTABLECER LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA POR MEDIO DE LAS PRUEBAS ESTÁNDAR DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE PARA ANALIZAR UNA MEJORA EN SUS PROPIEDADES (O.E.3).

Mediante la implementación de los test estándar ASTM C1610, ASTM C1611 Y ASTM C1621 especificadas en el capítulo 2 de la investigación, se estudia las propiedades físicas del hormigón autocompactante para posteriormente ser analizadas y evaluadas a fin de definir el porcentaje óptimo de aditivo superplastificante y los cambios que el diseño de la mezcla utilizada en esta investigación requeriría para lograr las mejores propiedades en cuanto a fluidez, trabajabilidad, capacidad para pasar y resistencia a la segregación para el trabajo en obra.

3.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2

Cuadro de Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Uso de dos tipos aditivo con base química de policarboxilato y naftaleno en tres dosis que son de 1,5%, 2% y 2,5%	El uso de aditivo superplastificante presenta cambios positivos dentro de la trabajabilidad y resistencia a la compresión en el rango recomendado por el fabricante de 0.6% a 1.2% por lo que evalúa fuera del rango.	Dosificaciones de aditivo superplastificante, evaluados fuera del rango recomendado por el fabricante de 1,5%, 2% y 2,5%.	Aditivos con base química naftaleno	Preparación de probetas cilíndricas de hormigón con naftaleno	Cm ³
			Aditivo con base química policarboxilato	Preparación de probetas cilíndricas de hormigón con policarboxilato	Cm ³
Las propiedades del desempeño del hormigón estudiadas a través de análisis y ensayos ASTM para evaluar la capacidad de paso del hormigón, segregación y el flujo de revenimiento	El uso de los ensayos estandarizado por ASTM determina las propiedades mecánicas que posee una mezcla de hormigón autocompactante	Se determina mediante ensayo de laboratorio, mediante la normativa ASTM C143, ASMT C1611, ASTM C1621 y ASTM C1610.	ASTM C143 Prueba de revenimiento	Trabajabilidad del hormigón, consistencia y revenimiento	Escala numérica de razón.
			ASTM C1611 Flujo de asentamiento	Control de consistencia de la auto consolidación fresca y no endurecida	
			ASTM C1621 Anillo en J.	Prueba para determinar capacidad de paso del hormigón	Escala numérica de razón.
			ASMT C1610 Columna Técnica	Se analiza la segregación del hormigón autocompactante	

3.8. CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es del tipo experimental y para llevar a cabo el estudio será establecida en las siguientes fases:

Investigación y análisis de información. - Esta etapa se recopilará información sobre aditivo superplastificante, el hormigón autocompactante sus ventajas de uso, normas que se deben aplicar para este tipo de hormigón.

Dosificación de la mezcla de hormigón. mediante la granulometría reportada de Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020) ajustando la relación de $a/c= 0,45$ ajustando la cantidad de agua y la cantidad de arena dentro de la mezcla de hormigón.

Ejecución del ensayo ASTM C143 o la prueba de revenimiento del hormigón, para obtener la trabajabilidad, consistencia y revenimiento para la mezcla de control.

Uso del ensayo ASTM C1611, para analizar el flujo de asentamiento de hormigón autocompactante la cual se encuentra detallada en la sección 2,5.

Implementación del ensayo ASTM C1621, conocido como el método de prueba estándar para la capacidad de peso del hormigón autocompactable dentro del anillo en J, cuyo procedimiento descrito en la sección 2.6.

Ejecución del ensayo ASTM C1610 para estudiar la segregación estática del hormigón autocompactante utilizando la técnica de la columna, procedimiento detallado en la sección 2.4

Implementación del ensayo ASTM C39, para determinar la resistencia a la compresión de las testigos de hormigón o probetas cilíndricas para conocer el desempeño de las mezclas estudiadas con dosis del 0, 1,5, 2 y 2,5% de aditivo superplastificante.

Análisis y discusión de los resultados.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la investigación proporcionan respuesta a la interrogante y objetivo general planteados. Los resultados obtenidos se evalúan conforme a los test estándares, normas o directrices europeas EFNARC (2002); ACI-211.1 (2022) y americanas ASTM C1610 (2021), ASTM C1611 (2021), ASTM C1621 (2017) para hormigón autocompactante, lo cual presenta las propiedades físicas del hormigón en estado fresco, análisis de la fluidez del hormigón cuando se expone a un elemento tipo U con acero mínimo y la dosificación óptima en mejora de sus propiedades.

4.1. EVALUAR LA MEZCLA DE HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO MEDIANTE TEST ESTÁNDARES ASTM C1610 “SEGREGACIÓN ESTÁTICA DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE”, ASTM C1611 “FLUJO DE ASENTAMIENTO DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE”, ASTM C1621 “CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE”, Y EN ESTADO ENDURECIDO CON LA ASTM C39 “COMPRESIÓN SIMPLE”, DE LOS DISEÑOS DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON SUPERPLASTIFICANTE. (O.E.1.)

4.1.1. Diseño de la mezcla de hormigón ajustando el factor de A/C a 0.45.

La dosificación para mezclas de hormigón que se siguió el procedimiento estudiado dentro de la investigación de Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020),

cuyos resultados se encuentra en el **Anexo 1**, en la que se determina que la mezcla de agregado grueso con tamaño máximo de 3/4" en una proporción de 40% y 60% de agregado de tamaño máximo No 4 de la misma cantera, que cumple con la norma INEN 696 (**Anexo 2**). Usando esta dosificación para el agregado grueso como punto de partida para esta investigación, se procede a calcular los volúmenes y dosificaciones de los otros ingredientes del hormigón que se necesitaran para la elaboración de las pruebas de esta investigación (silla en forma de U y ensayos ASTM) y los testigos o cilindros de hormigón para el control de la resistencia del diseño del hormigón, conforme a la norma ASTM C39.

4.1.2. Características de los agregados

Agregado grueso

Peso Volumétrico suelto = 1297.13 kg/m³

Peso Volumétrico Varillado = 1435,78 kg/ m³

D.S.S.S de la grava = 3381 kg/ m³

Tamaño máximo nominal = 12,5mm (1/2)

Absorción = 1,97 %

Humedad = 0,5 %

Agregado Fino

Módulo de Finura = 2.8

Peso volumétrico = 1181.49 kg/cm³

D.S.S.S. de la arena = 2604.17 kg/cm³

Absorción = 1.95 %

Humedad = 2,3 %

Cemento

Peso específico = 2950 kg/m³

Estos valores mostrados anteriormente son los resultados de los ensayos de laboratorio cuyos detalles se encuentran en el **Anexo 3** y **Anexo 4**.

De acuerdo con los datos anteriores, se ajustaron algunos cambios necesarios de la faja granulométrica para el cumplimiento de la norma INEN 696 (Figura 6) y obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 3:

Figura 6

Ensayo Granulométrico A. Grueso

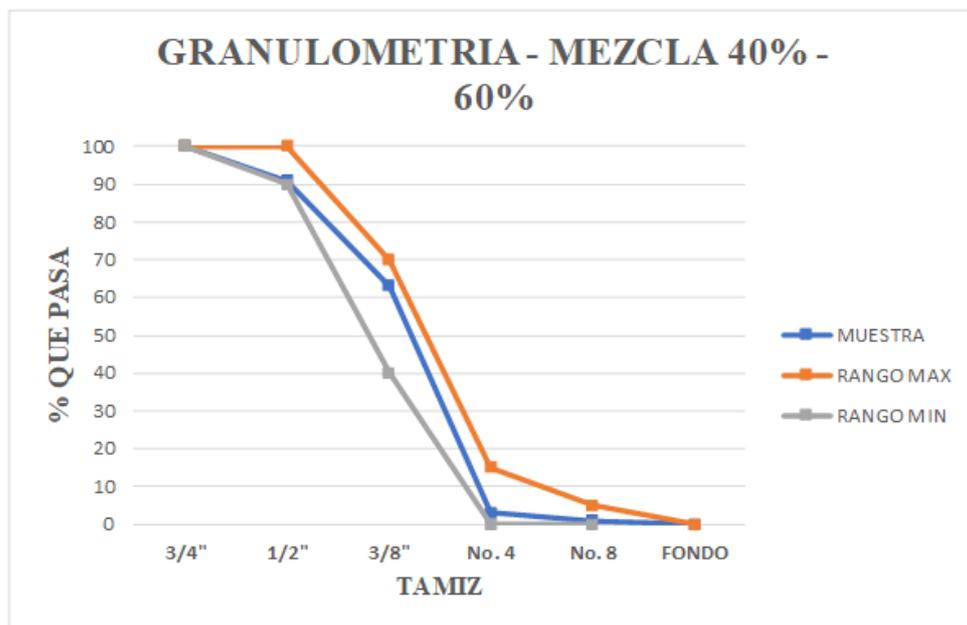


Tabla 3

Características del Agregado Grueso

<i>AGREGADO GRUESO TMA 1/2''</i>	
<i>Peso volumétrico varillado</i>	1935,78 kg/cm ³
<i>Densidad saturada Sup. Seca</i>	3381 kg/cm ³
<i>W (%)</i>	0,50%
<i>% absorción</i>	1,97%

Nota: Tomado de la investigación de Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020)

El agregado fino cumplió con las especificaciones mostradas dentro de la normativa ASTM 696, pero además se la ajustó tamizándola por el tamiz № 4 y los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Características del Agregado Fino

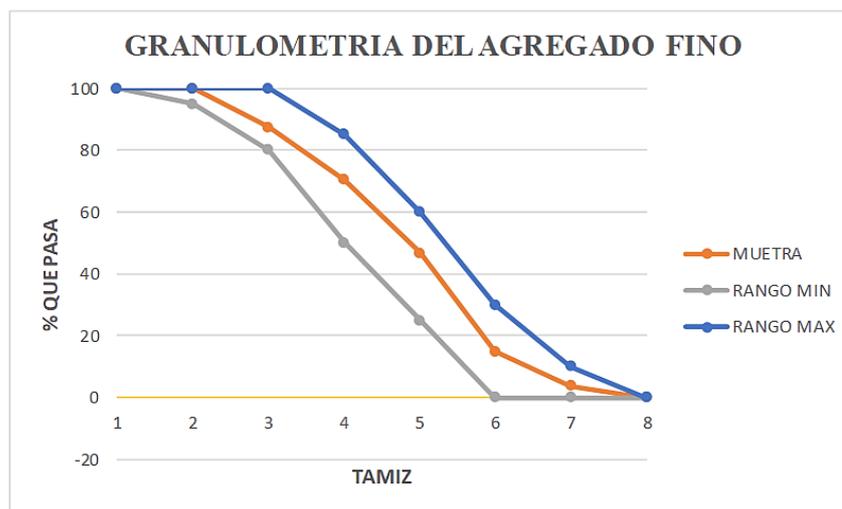
AGREGADO FINO	
<i>Peso específico</i>	2674 kg/cm ³
<i>% absorción</i>	1,95%
<i>W (%)</i>	2,30%
<i>Módulo de finura</i>	2,8
<i>γ cemento</i>	2950 kg/cm ³

Nota: Tomado de la investigación de Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020)

Se establece en la siguiente Figura 7 para el cumplimiento de rango específicos de granulometría del agregado fino.

Figura 7

Ensayo Granulométrico A. Fino



Nota: Tomado de la investigación de Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020)

Debido a que se usa una mezcla de 3/4'' y No.4 se usa información del ACI caracterizando al agregado grueso como 1/2'' obteniendo así parámetros para dosificar correlacionando el tamaño máximo nominal de 1/2'', el volumen de

agregado grueso varillado seco, por volumen unitario de hormigón para los módulos de finura.

Tabla 5

Volumen de agregado grueso por volumen unitario

Tamaño máximo de agregado, mm	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12,5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19 (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 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

Nota: Tomado del Método ACI-211.1 (2022)

Obteniendo como resultado factor de 0,55 mediante un módulo de finura de 2,80 Relacionando todos los parámetros se procede a obtener los volúmenes de material y este valor es obtenido de la Tabla 5.

$$\text{Peso del A. grueso} = (0,55) \left(1435,78 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\text{Peso del A. grueso} = 789,68 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Una vez establecido los valores de los ensayos continuamos con la dosificación necesaria para la mezcla, donde se deberá escoger el revenimiento, para eso se hará uso de la Tabla 6 y se seleccionará un valor apropiad. Se selecciona el uso de un valor de revenimiento de 10 cm, conforme a la especificación del ACI-211.1 (2022).

Tabla 6

Revenimientos recomendados

TABLA 6.3.1 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción

Tipos de construcción	Revenimiento, cm.	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructura sencillos	7,5	2,5
Vigas y muros reforzados	10	2,5
Columnas para edificios	10	2,5
Pavimentos y losas	7,5	2,5
Concreto masivo	7,5	2,5

*Pueden incrementarse en 2,5 cm cuando los métodos de compactación no sean mediante vibrado

Nota: Tomado del Método ACI-211.1 (2022)

Tabla 7

Contenido de agua de mezclado y contenido de aire

TABLA 6.3.3 Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado

Revenimiento, cm	Agua, Kg/cm ³ concreto para TMG. mm							
	9,5	12,5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
De 2,5 a 5,0	207	199	190	179	166	154	130	113
De 7,5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
De 15 a 17,5	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. Aire atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Concreto con aire incluido								
De 2,5 a 5,0	181	175	168	160	150	142	122	107
De 7,5 a 10	202	193	184	175	165	157	133	119
De 15 a 17,5	216	205	197	174	174	166	154	---
Promedio recomendado de aire por incluir por exposición								
Exposición ligera	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

Nota: Tomado del Método ACI-211.1 (2022)

Lo siguiente consiste en establecer el volumen unitario de agua que se le agregara a la mezcla, la cual está en función del tamaño máximo nominal del

agregado, este valor es obtenido mediante el análisis de la granulometría. Para encontrar el valor del volumen unitario de agua se utiliza la Tabla 7 y de acuerdo con el tamaño máximo nominal de 12,5 mm y un revenimiento de 10 el valor que se obtiene es de 217 kg/m³.

Además, la Tabla 7 nos permite obtener el valor de aire atrapado que tendrá la mezcla de concreto, el aire atrapado que resulta con el tamaño máximo del agregado 12,5 mm es de 2,5%.

4.1.3. Volumen resultante.

Una vez obtenidos los valores correspondientes de acuerdo con el procedimiento del ACI 212, se resume mediante la Tabla 8 los resultados obtenidos de cada material a utilizar para 1 m³.

Tabla 8

Volúmenes de material para 1 m³

	Peso (w)	%humedad	% abs	D (kg/cm3)	V (m3)
Aire					0,025
Cemento	482,22			2950	0,163
Grava	794,76	0,5	1,97	3381	0,232
Arena	961,22	2,3	1,95	2674	0,361
Agua	217			1000	0,225

Nota.: Mezcla obtenida de Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020) y ACI-211.1 (2022), con factor A/C 0.45

4.1.4. Dosificación para a mezcla de control.

Luego de conocer las características principales de los agregados se procede a calcular el peso por agregado que necesitará para la elaboración de los cilindros de hormigón generando la Tabla 9 que resume los valores que se emplearán para la elaboración de la mezcla, posteriormente dichos cilindros se someten al curado mediante el método de inmersión y ser ensayados a 7, 14 y 28 días para conocer la resistencia alcanzada por las muestras y comparar la variación que esta tienen

mediante el uso de aditivo superplastificante en diferentes proporciones. ACI-211.1 (2022)

Tabla 9

Peso de mezcla de control para elaboración de cilindros

	V fundir	Vol. material	D (kg/m ³)	Kg (pesar)
AIRE		0,00057		
CEMENTO		0,00378	2950	11,179
GRAVA		0,00536	3381	18,155
ARENA		0,00836	2674	22,363
AGUA		0,00522	1000	5,2238
TOTAL	0,0233	0,00233		59,921

Nota.: Mezcla obtenida Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020) con factor A/C 0.45

4.1.5. Dosificación de aditivos con diferentes bases químicas.

La dosificación para utilizar esta determinada para los porcentajes de 1,5%, 2%, 2,5% para los aditivos de diferentes bases química como son naftaleno y policarboxilato, de acuerdo con la ficha técnica de cada producto a utilizar nos indica que el porcentaje de aditivo se tiene que calcular de acuerdo al peso de cemento utilizado dentro de la mezcla, entonces definidos los volúmenes para la mezcla de control con un peso de 11.17 kg de cemento y calculando nos da el siguiente resultado (kg) para los dos aditivos especificado en la Tabla 10.

Tabla 10

Peso de aditivo presente en la mezcla de Hormigón

<i>Peso de Cemento</i>	<i>% aditivo</i>	<i>Peso resultante de aditivo (kg)</i>
11,17	2,5	0,27925
11,17	2	0,22340
11,17	1,5	0,16755

Una vez calculada la dosificación de cada material se procede a pesar, mezclar y fundir los cilindros de hormigón con y sin aditivo, para esto primero se

pesa en la balanza las respectivas cantidades de cada material. En la máquina concretera de debe iniciar colocando el material de agregado grueso con la mitad del agua que se pesó.

Luego de esperar de 1 a 2 minutos se incorpora el agregado fino, así mismo colocar el cemento después de 1 a 2 minutos con la otra mitad del agua y se espera a que la mezcla sea un solo conjunto, se toma una parte de la mezcla para realizar el respectivo ensayo de revenimiento con el cono de abrams. (Anexo 29 y 30)

4.1.6. Cilindros de Hormigón.

Una vez definida la mezcla de control a utilizarse y que fue aprobado mediante ensayos reportados en el trabajo de investigación de Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020) se procede a incluir dentro de la mezcla el aditivo superplastificante considerando que su dosificación depende del peso del cemento a utilizarse dentro del hormigón, una vez definida la dosificación de los materiales se procede a colocar dentro de la mezcladora los materiales siguiendo las siguiente directrices, la mitad del agua calculada y a continuación se procede a colocar la mitad del agregado grueso, la totalidad del cemento y del agregado fino luego de finalizar este proceso se coloca el agua restante y como paso final la mitad sobrante de agregado gruesos, **Anexo 30**.

En lo que respecta a la incorporación de las dosificaciones de aditivos superplastificantes estas serán agregadas en la última parte del proceso de la elaboración de la mezcla de hormigón considerando que el tiempo de mezclado se tomara a partir que todos los agregados se encuentren dentro de la mezcladora a excepción del agua CAMINOS (2002). Una vez que todos los agregados se encuentren dentro de la mezcladora se procede a agregar el aditivo dando de esta forma un resultado visible de un hormigón fluido, **Anexo 30**.

En la elaboración de especímenes se aplicaron los criterios de la norma NTE INEN 1576:2011, para ellos se escogieron cilindros que tiene dimensiones de 0.15 m de base y 0.30 m de altura. Para la fundición de estos, primero vaciamos la mezcla de la concretera a una carretilla para un mejor manejo de la mezcla, con la ayuda

de un cucharón se llena el cilindro por capas, se toma una proporción de la mezcla y se coloca en el cilindro para así varillar 25 veces, esto se repite hasta completar 3 capas para luego ser rasado con la varilla y la llana para dejar una superficie lisa.

Se espera 24 horas para desencofrar y situar los cilindros a la piscina para el curado respectivo de acuerdo a los criterios de la norma NTE INEN 2528:2010, donde estarán en reposo por un determinado tiempo para así seguir con el ensayo de laboratorio para el hormigón endurecido ASTM C39 denominado como ensayo de compresión simple para establecer la resistencia que puede alcanzar la mezcla a los 7, 14 y 28 días correspondientemente, **Anexo 34**.

4.1.7. Evaluación de prueba ASTM C1610 “Segregación estática del hormigón autocompactante”.

De acuerdo con la evaluación de esta prueba siguiendo el proceso especificado en el capítulo 2 sección 2.5.1, se obtiene que para el 1,5% de naftaleno un porcentaje de segregación de 3.86% (**Anexo 5**) lo cual se encuentra dentro del rango de tolerancia y para el porcentaje de 1,5% de policarboxilato el porcentaje de segregación es de 4.94% (**Anexo 6**) donde también se encuentra dentro del rango de tolerancia.

Para el 2% de naftaleno se obtiene un porcentaje de segregación del 7.9% (**Anexo 7**) lo cual sigue dentro del rango de tolerancia porque es inferior al 10% y para el porcentaje del 2% de policarboxilato se obtiene 9.7% (**Anexo 8**) de segregación lo cual ya está cerca del límite de la tolerancia máxima que puede tener la mezcla de hormigón.

El último porcentaje evaluado de 2,5 de naftaleno se obtiene 121,5% de segregación (**Anexo 9**) lo cual supera con creces el porcentaje de tolerancia y para el 2,5% de policarboxilato un valor de 66.31% (**Anexo 10**) que de igual manera da un porcentaje alto superando el rango de tolerancia. Todos estos valores de ensayos obtenidos se lo representan gráficamente en la Figura 8.

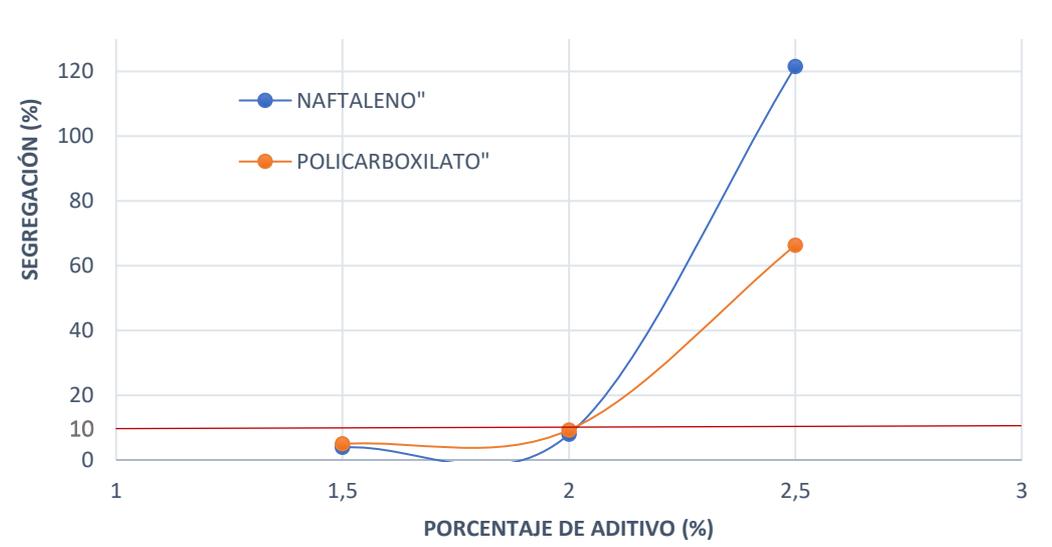
Por lo tanto, partiendo de la mezcla que posee un porcentaje de aditivo químico superplastificante de 2,5% de naftaleno y policarboxilato no presenta una buena distribución homogénea de los materiales que componen la mezcla de hormigón lo cual es un factor fundamental dentro del comportamiento físico y de durabilidad lo cual debe ser controlado para obtener un correcto funcionamiento de la mezcla, que claramente con este porcentaje no cumple con estándares de calidad necesarias para su uso.

Se puede inferir que el porcentaje de 2,5% de aditivo incluido en la mezcla provoca dentro de la mezcla un cambio en la viscosidad que es uno de los factores que afectan directamente a provocar un incremento de la segregación en un hormigón autocompactante, además se considera que una elevada fluidez de la mezcla, la influencia de la humedad ambiental y la absorción de material grueso de 3/4 de pulgadas, lo hacen más susceptible a la segregación a comparación de un hormigón tradicional sin alta dosis de aditivo.

Por lo tanto, se puede deducir que a partir de este porcentaje no son tan estables químicamente por lo que se estudiaría la posibilidad de usar un agente químico externo que permita mantener la fluidez pero que evite la segregación tal como la microsíllica para una mejora en la mezcla de hormigón autocompactante.

Figura 8

Segregación Estática



Para la ejecución de este ensayo se evidencia el proceso fotográfico en **Anexo 31.**

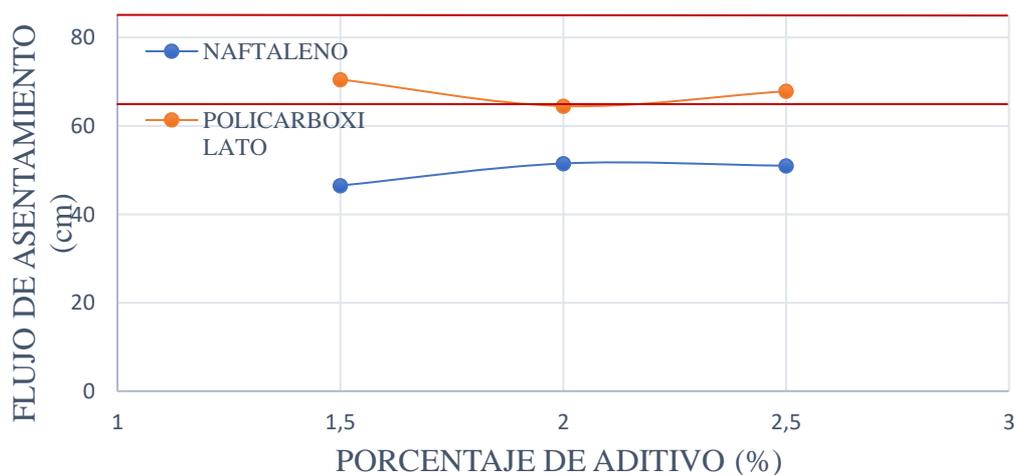
4.1.8. Evaluación de prueba ASTM C1611 “Flujo de asentamiento del hormigón autocompactante”.

De acuerdo con la evaluación de este test siguiendo el proceso especificado en el capítulo 2 sección 2,5.2, se obtiene que para el 1,5% de naftaleno el flujo de asentamiento promedio de 46.5 cm (**Anexo 11**), para el porcentaje de 1,5% de policarboxilato el flujo de asentamiento o revenimiento es de 70.5 cm (**Anexo 12**), con el 2% de naftaleno el flujo es de 51,5 cm (**Anexo 13**), con el 2% de policarboxilato el flujo es de 64.5 cm (**Anexo 14**), con el 2,5% de naftaleno el asentamiento del hormigón es de 51 cm (**Anexo 15**) y el 2,5% de policarboxilato el asentamiento de 67.85 cm (**Anexo 16**).

En las directrices europeas específica un requisito de rango de trabajabilidad de la mezcla con el ensayo de flujo de asentamiento de 65 a 85 cm. Los porcentajes que dan cumplimiento al requisito estipulado son los del aditivo de base química en policarboxilato y para mayor apreciación los valores se expresan gráficamente en la Figura 9.

Figura 9

Flujo de Asentamiento



Para la ejecución de este ensayo se evidencia el proceso fotográfico en el **Anexo 32**.

4.1.9. Evaluación de prueba ASTM C1621 “Capacidad de paso del Hormigón autocompactante”.

De acuerdo con la evaluación de esta prueba siguiendo el proceso especificado en el capítulo 2 sección 2,5.3, se obtiene que para el 1,5% de naftaleno la capacidad de paso del hormigón es de 3.14 pulgadas (**Anexo 17**) que de acuerdo a la tabla establecida en este test existe un bloqueo notable extremo, con el 1,5% de policarboxilato un valor de 5.03 pulgadas (**Anexo 18**). De acuerdo con lo estipulado en ASTM C1621, con estos valores de paso, existiría bloqueo notable de tipo extremo.

Así mismo el 2% de naftaleno la capacidad de paso del hormigón es de 3.5 pulgadas (**Anexo 19**) y con el 2% de policarboxilato la capacidad de paso tiene un valor de 3.5 pulgadas (**Anexo 20**). Al igual que el anterior, se tiene un bloqueo notable y extremo conforme ASTM C1621.

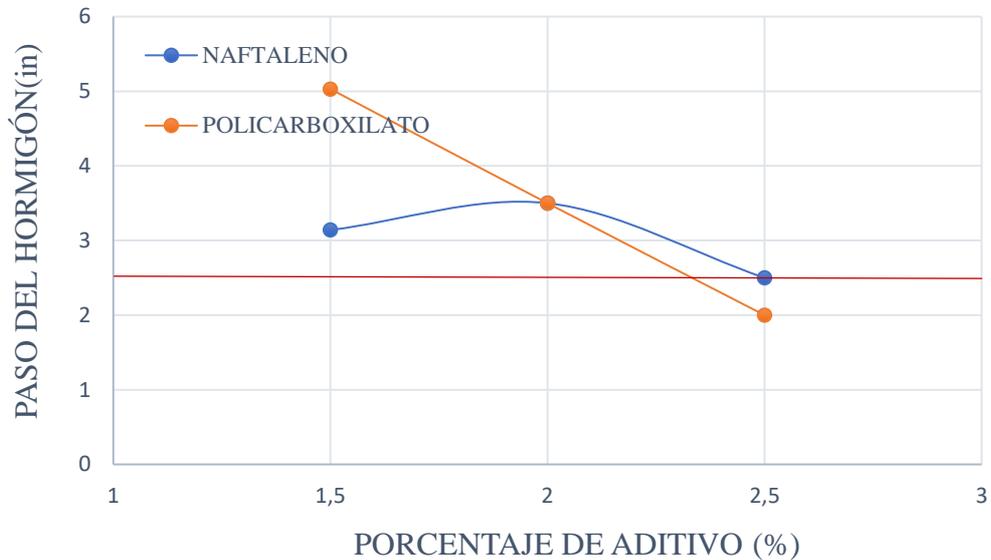
En la mezcla con aditivo en un porcentaje del 2,5% de naftaleno la capacidad de paso del hormigón es de 2,5 pulgadas (**Anexo 21**) y con el 2,5% de policarboxilato la capacidad de paso tiene un valor de 2 pulgadas (**Anexo 22**). No se tiene una mejora significativa con el incremento de la dosis de aditivos y también se tiene un bloqueo notable de tipo extremo conforme ASTM C1621.

Con lo ocurrido notamos que la capacidad de paso del hormigón está ligada a la fluidez de la mezcla y a la segregación por el tamaño de las partículas, se puede incrementar la fluidez, pero si tenemos ese agregado grueso de 3/4 de pulgadas no existirá una mejora significativa. De acuerdo al EFNARC (2002) presentan posibles medidas correctivas a estas fallas y una de ellas es usar un tamaño de agregado grueso menor al utilizado (3/4 de pulgadas) para tener un correcto paso del hormigón a través del anillo en J.

Mediante la Figura 10 se puede observar como el bloqueo comienza desde un punto alto con el 1,5 de aditivo que a medida que aumenta el porcentaje de aditivo va disminuyendo ese bloqueo que perjudica al paso de hormigón y esto se da en ambos aditivos.

Figura 10

Paso del Hormigón



Para la ejecución de este ensayo se evidencia el proceso fotográfico en el **Anexo 33**.

4.1.10. Evaluación de prueba ASTM C39 “Compresión simple del Hormigón”.

De acuerdo con el procedimiento del ensayo detallado dentro de la normativa ASTM C39 especificada en la sección 2.5.4. de resistencia a la compresión se obtuvieron la resistencia a los 7,14 y 28 días de las muestras de hormigón con aditivos de base química policarboxilato y naftaleno en una dosificación variable de 1,5%, 2% y 2,5%, de la cual se tienen los siguientes valores mostrando de esta forma las cualidades que presentan cada una de las muestras a diferentes edades y bajo las mismas condiciones de curado.

Los valores de las resistencia están resumidas en las Tablas 11 que muestra el porcentaje de 1,5%, en la Tabla 12 muestra valores del 2% de aditivo y en la Tabla 13 los valores del 2,5% de aditivo de base química diferente, también se presentan las curvas de resistencia para observar el cambio que pueden llegar a tener al pasar el tiempo hasta llegar a los 28 días las cuales están dadas en las Figuras 11, 12 para 1,5% de aditivos, en las Figuras 13, 14 el 2% de aditivo y las Figuras 15 y 16 con el porcentaje del 2,5%.

Tabla 11

Resistencia a la Compresión 1,5% de aditivo

Identificación del Cilindro	Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (MPa)
Control 1,5% naftaleno	7	257,95	14,06
	14	358,5	20,29
	28	481,15	27,23
1,5 naftaleno	7	168,4	11,3
	14	296	16,75
	28	385,2	23,21
Control 1,5% Policarboxilato	7	186	10,52
	14	229,9	13,01
	28	471,8	26,7
1,5% Policarboxilato	7	56,8	6,02
	14	255	14,43
	28	398,1	23,65

Figura 11

Compresión Simple 1,5% de Naftaleno

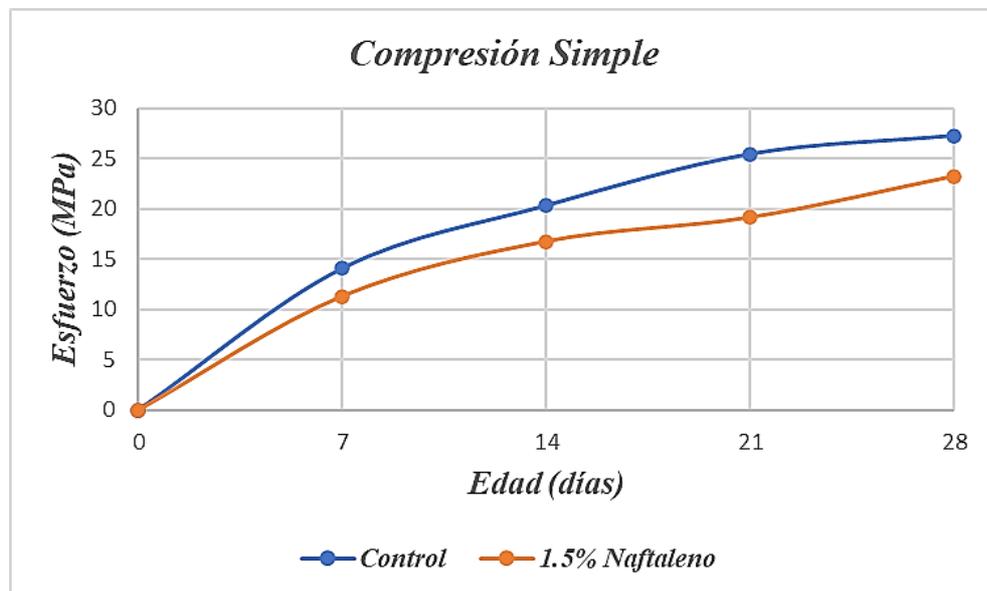
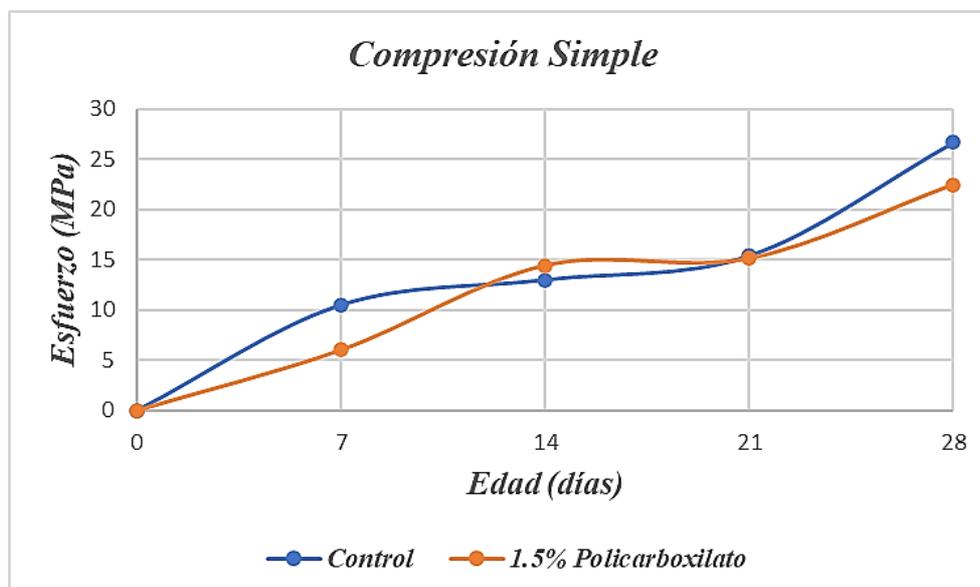


Figura 12

Compresión Simple 1,5% de Policarboxilato

**Tabla 12**

Resistencia a la Compresión 2% de aditivo

Identificación del Cilindro	Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (MPa)
Control 2% naftaleno	7	287,95	15,245
	14	315	17,82
	28	354,4	20,06
2% Naftaleno	7	300,1	16,985
	14	276,5	15,9
	28	311,5	17,625
Control 2% Policarboxilato	7	233,8	11,2
	14	240,6	18,2
	28	328,8	25,2
2% Policarboxilato	7	15,15	15,275
	14	282,7	15,995
	28	363,2	20,56

Figura 13

Compresión Simple 2% Naftaleno

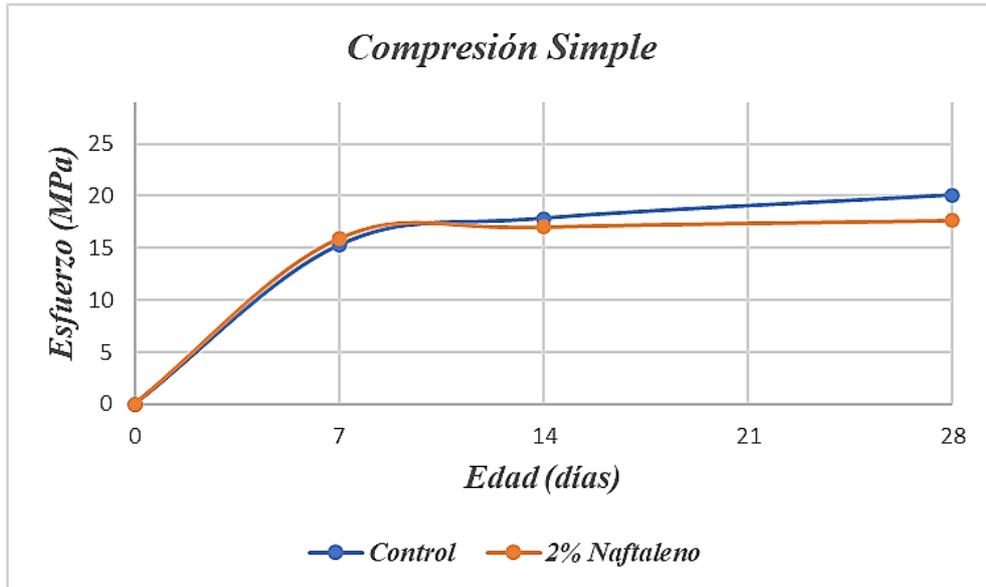


Figura 14

Compresión Simple 2% Policarboxilato

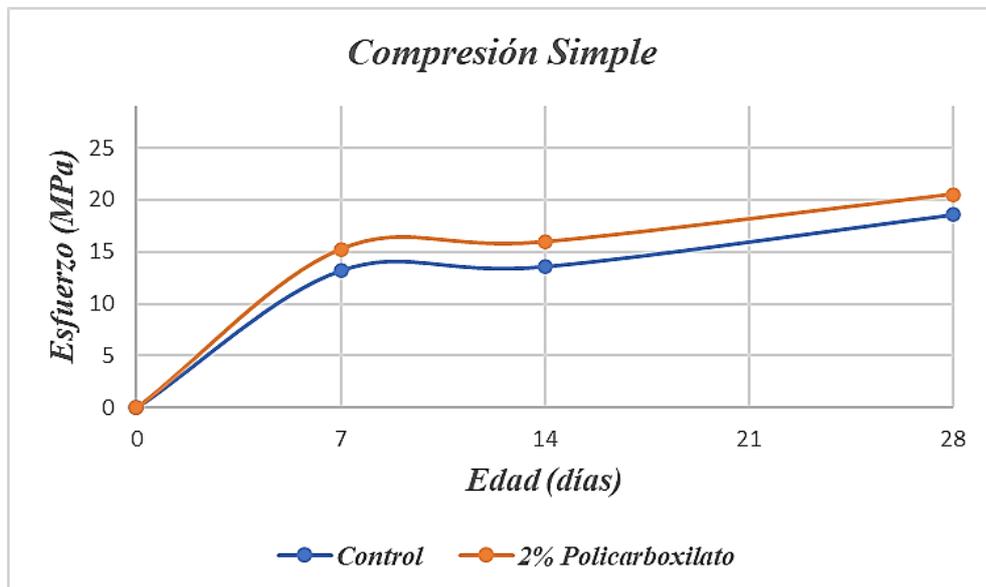


Tabla 13

Resistencia a la Compresión 2,5% de aditivo

Identificación del Cilindro	Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (MPa)
Control 2,5% naftaleno	7	316,1	17,89
	14	535,9	30,33
	28	562,5	31,83
2,5% Naftaleno	7	265,6	15,53
	14	299,9	16,975
	28	396,3	22,425
Control 2,5% Policarboxilato	7	230,7	13,05
	14	397,6	22,5
	28	471,5	26,68
2,5% Policarboxilato	7	241,005	13,58
	14	513,8	29,075
	28	559,6	31,667

Figura 15

Compresión Simple 2,5% Naftaleno

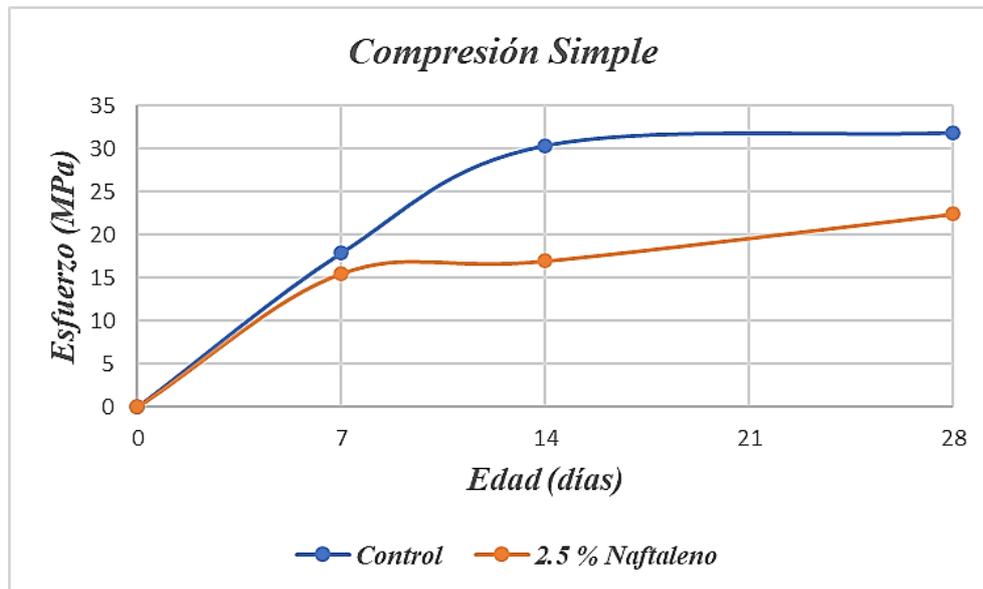


Figura 16

Compresión Simple 2,5% Policarboxilato

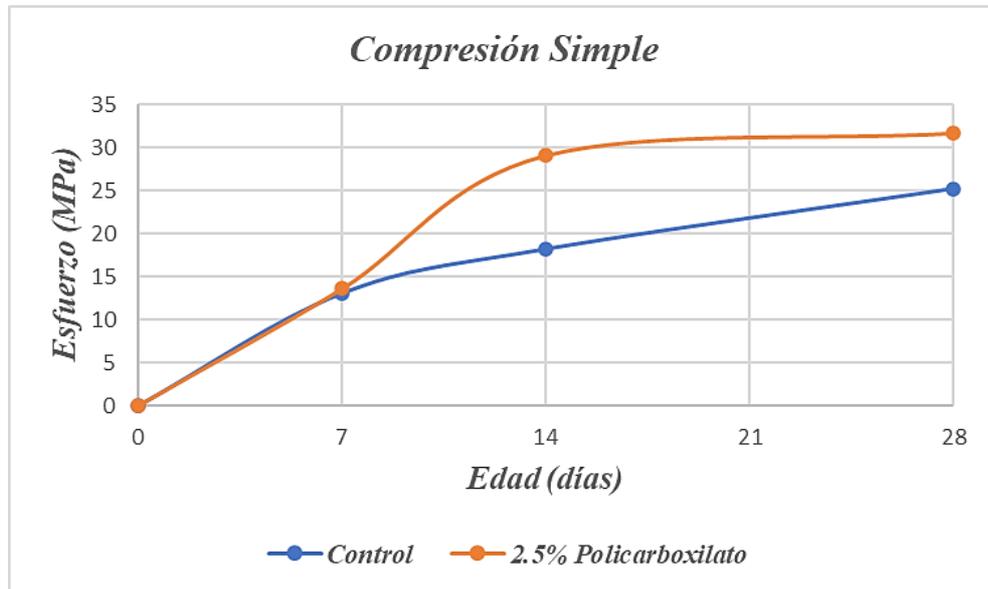
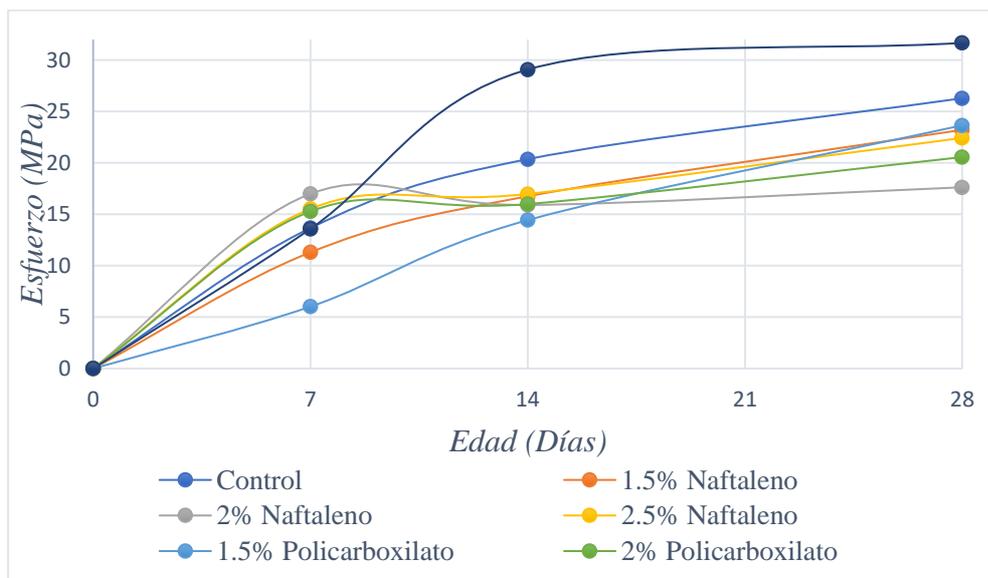


Figura 17

Compresión Simple de Porcentaje Variable de Aditivo



Con los datos recolectados del ensayo ASTM C39 se esperaba que la resistencia a la compresión f_c se iba a mantener de manera estable debido a que el diseño de la mezcla es el mismo para todas las mezclas y lo que cambiaba era la

dosis con el tipo de aditivo utilizado, si existía una variación sería mínima. Analizando resultados obtenidos observamos que existe una variación de las resistencias de las mezclas con dosis variable del 0.002%, mientras que la mezcla de control tiene un coeficiente de variación del 0.002% para un f_c de 28 MPa, esta variación es atribuible a las condiciones ambientales a las que fueron expuestas, pero también es debido al tipo de aditivo que se emplea ya que esta trae por consecuencia disminuir o aumentar la resistencia, **Anexo 23 al Anexo 28.**

4.2. ANALIZAR LA FLUIDEZ DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE CON DOSIFICACIÓN VARIABLE MEDIANTE ELEMENTO TIPO U PRINCIPIO DE VASO COMUNICANTE PARA EMPLEO COMO HORMIGÓN ARMADO AUTOCOMPACTANTE. (O.E.2)

4.2.1. Estructura de elemento tipo U.

Datos

$$F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_{\text{admisible}} = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_d = 658 \text{ kg/m}^2$$

$$P_l = 70 \text{ kg/m}^2$$

Se calcula el área de la cimentación mediante la siguiente expresión matemática, recalando que se toma un 10 % de la carga axial la cual representa el peso propio que posee la cimentación.

$$A = (1.1) \frac{\Sigma P_u}{\sigma_{\text{admi.}}} \quad (5)$$

$$A = (1.1) \frac{728 \text{ kg}}{5000 \text{ kg/m}^2}$$

$$A = 0,16 \text{ m}^2$$

Se calculan las dimensiones de la base ya que se tiene una cimentación cuadrada, y se determina de acuerdo con el área, luego se puede presentar las medidas obtenidas de la cimentación en la Figura 17.

$$L = \sqrt{0,16 \text{ m}^2}$$

$$L = 0,4 \text{ m}$$

Luego de haber calculado las dimensiones de la base se mayoran las cargas para calcular mediante una ecuación el factor de seguridad.

$$Pu = 1.2 Pd + 1.6 Pl \quad (6)$$

$$Pu = 1.2 (658) + 1.6 (70)$$

$$Pu = 901,6 \text{ kg/m}^2$$

4.2.3 Factor de seguridad.

$$Fs = \frac{Pu}{Pt} \quad (7)$$

$$Fs = \frac{901,6 \text{ kg/m}^2}{728 \text{ kg/m}^2} = 1,23 \geq 1,6 \quad \text{No Cumple}$$

Como no cumple se procede a corregir el esfuerzo último de la siguiente manera:

$$Pu = 1,5 Pt \quad (8)$$

$$Pu = 1,5 (728 \text{ kg/m}^2)$$

$$Pu = 1092 \text{ kg/m}^2$$

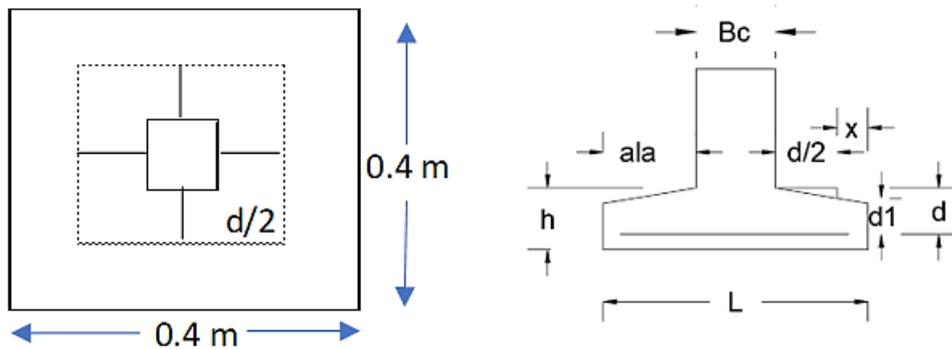
$$\sigma = \frac{Pu}{L^2} Pu = 1,5 Pt \quad (9)$$

$$\sigma = \frac{1092kg}{(0,4)^2} = 6825 \frac{kg}{m^2}$$

4.2.4 Revisión por cortante.

Figura 18

Detalle Del Plinto



$$\text{Ala del plinto} = \frac{(L - Clc)}{2}$$

$$\text{Ala del plinto} = \frac{(0,4m - 0,12m)}{2}$$

$$\text{Ala del plinto} = 0,14 \text{ m}$$

$$\text{Lado crítico} = Clc + d$$

$$d = 0,24 - 0,02 - 0,6 = 21,4 \text{ cm}$$

$$\text{Lado crítico} = 12 \text{ cm} + 21,4 \text{ cm}$$

$$d1 = d - \frac{Clc}{ala} \times \frac{d}{2}$$

$$\text{Lado crítico} = 33,4 \text{ cm}$$

$$d1 = 21,4 - \frac{12}{14} \times \frac{21,4}{2} = 12,23 \text{ cm}$$

$$Vu = \sigma u (A_{pl.} - Lc^2)$$

$$Vu = 6825 \text{ kg} \left((0,4 \times 0,4) - 0,334^2 \right) = 330,63 \text{ kg}$$

$$Vc = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o \times d \quad (7)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{280} (4 \times 33,4) \times 21,4$$

$$V_c = 24398,85 \text{ kg}$$

$$V_c = 0,83 \left(\frac{\infty s * d1}{bo} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} bo \times d1 \quad (8)$$

$$V_c = 0,83 \left(\frac{20 \times 12,23}{4 \times 33,4} + 2\right) \lambda \sqrt{280} (4 \times 33,4) \times 12,23$$

$$V_c = 86932,84 \text{ kg}$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} bo * d1 \quad (9)$$

$$V_c = 0,33(1)\sqrt{280} (4 \times 33,4) \times 12,23$$

$$V_c = 9022,47 \text{ kg}$$

$$V_u \leq V_c$$

$$330,63 \leq 9022,47 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

4.2.5 Revisión por cortante como viga.

$$W_u = \sigma u \times L \text{ pl} \quad (10)$$

$$W_u = 6825 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 0,4 \text{ m}$$

$$W_u = 2730 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$d2 = d1 - \frac{Clc}{ala} \times d1 \quad (11)$$

$$d2 = 12,23 - \frac{12}{14} \times 12,23$$

$$d2 = 1,747 \text{ cm}$$

$$X = ala - d2 \quad (12)$$

$$X = 14 - 1.747$$

$$X = 12,25 \text{ cm}$$

$$Vu = Wu \times X \quad (13)$$

$$Vu = 2730 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 12,25 \text{ m}$$

$$Vu = 334.50 \text{ kg}$$

$$Vc = \lambda \sqrt{f'c} L pli \times d2 \quad (14)$$

$$Vc = 1\sqrt{280} (40\text{cm}) \times 1,747\text{cm}$$

$$Vc = 1169,32 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi V$$

$$334,50 \text{ kg} \leq 0,75 (1169,32\text{kg})$$

$$334,5 \text{ kg} \leq 876,99 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

4.2.6 Revisión a flexión.

$$Mu = \frac{Wu \times ala^2}{2} \quad (15)$$

$$Mu = \frac{2730 \times 0.14^2}{2}$$

$$Mu = 19,66$$

$$\rho_{diseño} = \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2.62Mu}{b \times d^2 \times f'c}} \right] \frac{f'c}{1.18fy} \quad (16)$$

$$\rho_{diseño} = \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2,62 \left(19,66 \frac{kg}{cm} \right)}{(40cm) \times (21,4cm)^2 \times \frac{280kg}{cm^2}}} \right] \frac{280 \frac{kg}{cm^2}}{1,18 \times \left(\frac{4200kg}{cm^2} \right)}$$

$$\rho_{diseño} = 0,0000002853 \quad \text{No cumple}$$

4.2.7 Cálculo de varillas a utilizar.

$$\rho_{min.} = 0,0018$$

$$As = \rho_{min} \times b \times d \quad (17)$$

$$As = 0,0018 \times 0,4 \times 21,4 = 1,5408 \text{ cm}^2$$

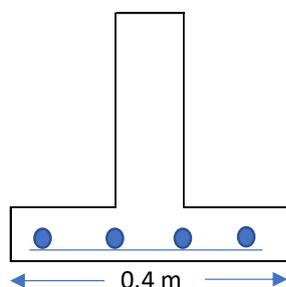
$$\#varillas = \frac{1,5408 \text{ cm}^2}{0,43 \text{ cm}^2}$$

$$\#varillas = 3,6 \approx 4 \text{ varillas de } 5,5$$

De acuerdo con el cálculo se obtienen el número de varillas a utiliza para una buena cimentación con acero mínimo representado en la figura 18.

Figura 19

Cimentación De Elemento Tipo U



Detalle del elemento estructural final se encuentra especificada en el **Anexo**

35.

4.2.8 Análisis de fluidez con el vaciado dentro del elemento armado tipo U.

Mediante un elemento tipo U y de acuerdo a los test ASTM se determina la fluidez del hormigón y su comportamiento dentro de una estructura poco convencional y su acomodamiento al espacio sometido, obteniendo los siguientes resultados:

Con la Figura 19 y 20 observamos que para el 1,5% de naftaleno y policarboxilato de acuerdo al test de fluidez o paso del hormigón se verificó mediante el vaciado de la mezcla al elemento tipo U desde un extremo, que existe un bloqueo notable al paso del hormigón fluido a través de malla de refuerzo hacia el otro extremo. Se observó que dicho bloqueo es consistente con los resultados de los test ASTM C1621. La mezcla no fluye a través de las armaduras dentro del encofrado.

Figura 20

Vaciado con aditivo de 1,5% de Naftaleno

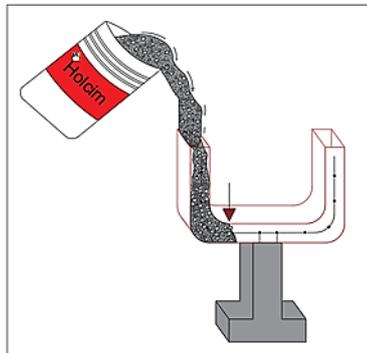
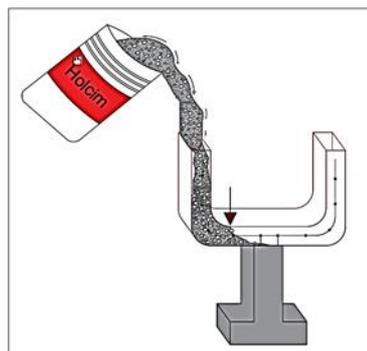


Figura 21

Vaciado con aditivo de 1,5% de Policarboxilato



Luego se aprecia que las Figuras 21 y 22, que con el 2% de naftaleno y policarboxilato se pudo verificar mediante el vaciado de la mezcla al elemento tipo U desde un extremo, que existe un bloqueo notable al paso del hormigón fluido a través de la malla de refuerzo hacia el otro extremo. Se observó que dicho bloque es consistente con los resultados de los test ASTM C 1621. La mezcla no fluye a través de las armaduras dentro del encofrado.

También se observó algo importante: a los 4 a 5 segundos de vaciar la mezcla, la mezcla pierde fluidez y se estanca; en este caso no solamente por el espesor angosto (7 cm) del encofrado, la congestión de armadura y el tamaño del agregado grueso (20 mm); sino también porque el aditivo superplastificante ASTM C 494 Tipo F pierde efectividad y se tiene el fraguado inicial del hormigón tempranamente, endureciéndose la mezcla.

Figura 22

Vaciado con aditivo de 2% de Naftaleno

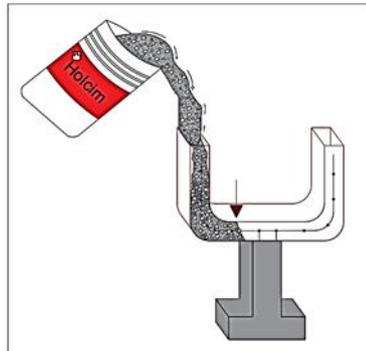
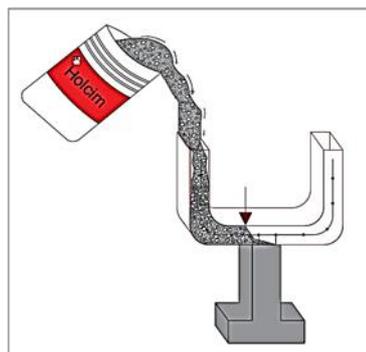


Figura 23

Vaciado con aditivo de 2% de Policarboxilato



En el uso de 2,5% de naftaleno (Figura 23) y policarboxilato (Figura 24) se verificó mediante el vaciado de la mezcla al elemento tipo U desde un extremo, que existe un bloqueo mínimo al paso del hormigón fluido a través de la malla de refuerzo hacia el otro extremo. Se observó que dicho bloque es consistente con los resultados de las pruebas ASTM C 1621. La mezcla fluye a través de las armaduras hasta cierto punto adaptándose un poco mejor, observándose un bloqueo es mínimo, fundamentalmente atribuible al excesivo tamaño del agregado grueso (20 mm), el espesor pequeño del encofrado (7 cm) y la congestión de armadura en la parte media de la U.

En este caso, a pesar de que se espera segregación de los agregados, por razones antes analizadas, la pasta del hormigón no fluye contra la gravedad sobre el extremo final vertical de la U porque el aditivo superplastificante ASTM 494 Tipo F también pierde efectividad y se tiene el fraguado inicial del hormigón tempranamente, endureciéndose la mezcla. Se observa entonces la necesidad de incorporar otro aditivo retardante del fraguado de norma ASTM C 494 Tipo B en combinación con el superplastificante Tipo F.

Figura 24

Vaciado con aditivo de 2,5% de Naftaleno

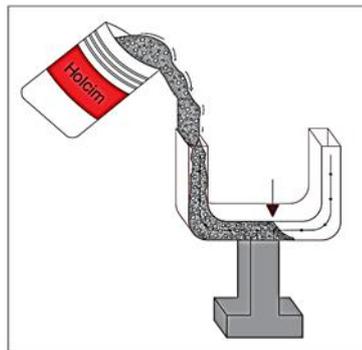
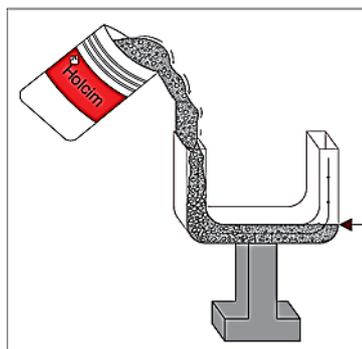


Figura 25

Vaciado con aditivo de 2,5% de Policarboxilato



4.3 ESTABLECER LA DOSIFICACIÓN ÓPTIMA POR MEDIO DE LAS PRUEBAS ESTÁNDAR DE HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE PARA ANALIZAR UNA MEJORA EN SUS PROPIEDADES. O.E.3.

Con los resultados del test estándar dispuesto por las directrices europeas EFNARC (2002) Se logró evidenciar las características de la mezcla de hormigón mediante parámetros establecidos por ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas de materiales) dando como resultados que la mezcla de hormigón autocompactante es óptimo y tiene un grado de trabajabilidad bastante aceptable de un 1,5% hasta 2% de aditivo, con gran fluidez, baja segregación, y una resistencia promedio de 23,18 a los 28 días Se debe tomar en consideración que la resistencia f_c no es una variable de investigación dentro de este trabajo, sino un parámetro de control. Para poder obtener una dosificación óptima es importante resolver varios puntos observados durante la investigación como:

- a) En el tema de capacidad de paso del hormigón donde se evidenció la poca capacidad de paso que mostró la mezcla se resuelve mediante el uso de una granulometría donde el tamaño máximo del agregado grueso sea de 6mm o 1/4 de pulgada, se debe tomar en consideración que para condiciones donde el espesor de la armadura sea pequeña o limitada se recomienda hacer uso de un tamaño máximo del agregado de 1/2 pulgada o 12mm.
- b) La pérdida de trabajabilidad que se observó en las mezclas de hormigón se puede resolver mediante el uso de un aditivo tipo B que forma parte de la familia de retardantes de fraguado, con la finalidad de que el hormigón no se endurezca antes de tiempo requerido.
- c) Para controlar la estabilidad de la mezcla partiendo de los datos obtenidos mediante los ensayos realizados, donde se evidenció que para dosificaciones superiores de 2% de aditivo superplastificante no se consigue buenas propiedades físicas por lo cual debe ser evitado dosificaciones mayores.

- d) Finalmente, la segregación, propiedad que fue evaluada mediante ensayos mostró un alto porcentaje para dosificaciones de aditivos superplastificante superiores a 2,5% donde la mezcla muestra una gran fluidez la cual debe ser controlada mediante el uso de microsíllica que dentro la investigación de León, Sánchez, Bernal, and Moragues (2016), “Propiedades reológicas y mecánicas de un hormigón autocompactante con adición de nanosíllice y microsíllica”, evidencia que para mezclas con un porcentaje de 7,5% de microsíllica presenta un mejor comportamiento en característica autocompactante por lo cual es conveniente el uso como componente floculante que dentro de la mezcla para que detenga la segregación excesiva y muestre valores menores al 10%.

4.4 SÍNTESIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

El primer porcentaje de aditivo 1,5% evidencia que la resistencia y trabajabilidad disminuye debido a su fraguado rápido por exposición a temperaturas altas la cual que afectó a la mezcla de hormigón. Considerando estas condiciones, la elaboración de hormigón autocompactante debe realizarse a temperaturas ambientes por debajo de los 29°C.

La trabajabilidad del hormigón en estado fresco con presencia del aditivo basado en policarboxilato es muy bueno; la fluidez es óptima, pero debe tomarse en consideración que estas cualidades se encuentran presentes durante un breve periodo de tiempo que se estima entre 1 a 2 minutos aproximadamente, debido que la mezcla fragua mucho más rápido sin un agente retardante de fraguado. Esto afecta al hormigón tanto en trabajabilidad. Adicionalmente, de acuerdo con la ficha técnica del producto la dosificación que se utilizó excede el rango recomendado.

El bloqueo al momento del vaciado hacia el elemento tipo U es notable, esto se debe principalmente al uso de un agregado grueso de tamaño máximo excesivo (20 mm) para esta aplicación; y porque el hormigón expuesto a temperaturas de 26 °C fraguó rápido. Por consecuencia, desde el momento del vaciado es evidente la existencia de un bloqueo y es más evidente en el proceso de llenando de una estructura con congestión de la armadura de acero. Otra observación que se logró

apreciar es el bloqueo debido al espesor de la estructura, considerada pequeña con 7 cm, como también la influencia del tamaño del agregado grueso que se utilizó.

Se evidencia grietas en algunos de los elementos tipo U fundidos y esto se debe a que estos elementos estuvieron expuestos a vibraciones externas que afectaron la estructura en U durante su estado plástico. Es decir, existió movimientos involuntarios antes de llegar al fraguado final del hormigón. Debido a este imprevisto, se obtienen como respuesta estas grietas de retracción plástica. Otro motivo por el cual se producen dichas grietas se debe a la contracción térmica, hace que el fraguado sea mucho más rápido por exposición directa al sol, (Anexo 36).

Al momento de elaborar los cilindros de hormigón que contienen aditivo de policarboxilato presenta una gran fluidez, pero a medida que pasa el tiempo en periodo estimado de 1 a 2 min, el agregado grueso y fino se asentaban de manera inmediata dejando la superficie con hormigón fluido sin agregado grueso, lo cual afecta la resistencia del hormigón y se tiene gran segregación que podrá ser atenuada en el futuro mediante el uso de microsílica.

4.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En el desarrollo del presente trabajo de investigación y el análisis de variables planteadas, se consiguió dar una respuesta satisfactoria al objetivo general del proyecto, el cual se encuentra definida como diseño de mezclas de hormigón autocompactante con aditivo de base química en naftaleno y policarboxilato, para la recopilación de resultados se realizaron test estándares normados por el ASTM(Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales) para conocer las propiedades físicas que tiene cada mezcla de hormigón con diferente porcentaje de aditivo en base a esto y tomando consideraciones de que este tipo de hormigón presenta mejores resultados en ambientes frescos se procedió a elaborar cronograma para realizar la mezcla y ejecutar los test ASTM(C-1610, C-1611, C-1621).

Se considera tres mezclas de hormigón autocompactante como principio de estudio se aplicó diferentes dosificaciones de aditivo para conocer las propiedades físicas

del hormigón como fluidez, capacidad de paso y trabajabilidad. Se efectuó el trabajo investigativo complementado con el trabajo de laboratorio donde la parte investigativa estuvo relacionada con la recopilación de información sobre la dosificación y característica de los agregados a usar para conseguir un hormigón fluido además de la investigación de las pruebas a realizar para su correcta ejecución y elaboración de implementos a utilizar. La parte de trabajo de laboratorio está directamente relacionado con la ejecución de las pruebas y la elaboración de la mezcla y conocer las cualidades que esta presenta a diferentes porcentajes, se tomó en consideración el factor ambiental por lo cual se procedió a la elaboración muestras de control para que no exista una variación considerable en los resultados debido a una cambiante temperatura en el transcurso del día.

Estos resultados son consistentes con los objetivos del hormigón autocompactante, que buscan una alta trabajabilidad y buena resistencia a la segregación sin comprometer la capacidad de paso y colocación en estructuras de geometría compleja. Estos hallazgos pueden ser de gran relevancia en el diseño y aplicación de hormigón autocompactante, proporcionando información práctica para lograr una mezcla adecuada en términos de proporción de aditivo y tamaño de agregado. Es importante tener en cuenta que estos resultados se basan en el alcance y los parámetros del estudio realizado.

Por otro lado, se encontró que las proporciones de aditivo del 1,5% a 2% brindaron resultados muy buenos en términos de trabajabilidad con menor segregación del agregado grueso dentro del hormigón autocompactante. Estas proporciones permitieron mantener un equilibrio adecuado entre la fluidez de la mezcla y la capacidad de paso de los agregados, evitando la segregación excesiva. Esto sugiere que un rango de aditivo más bajo puede ser más adecuado en términos de rendimiento y comportamiento del hormigón autocompactante.

En cuanto al tamaño de agregado utilizado, se observó que el uso de la mezcla de agregado de tamaño 3/4 pulgadas (19 mm) y No 4. resultó en un estancamiento dentro de una estructura tipo U. Esto indica que el tamaño del agregado es demasiado grande y puede obstaculizar el flujo del hormigón autocompactante en estructuras con formas complejas donde el espesor no sea mayor a 7 cm. Por lo

tanto, el razonamiento de Sánchez Hidalgo (2015) que en su investigación describe que el agregado grueso debe tener un tamaño máximo nominal de 1/2 pulgada es el correcto y el adecuado, para garantizar una buena capacidad de paso y distribución uniforme del hormigón en este tipo de estructuras; es muy pertinente en un sentido general, siendo aquí recomendado que el tamaño máximo no exceda de 1/4 pulgadas para las aplicaciones más restrictivas en espacio, tal como las de este estudio donde la U tiene armaduras dentro de un encofrado de solamente 7 cm de espesor.

Con respecto a la elaboración de hormigón con aditivo basado en policarboxilato, previamente la ficha técnica del aditivo Viscocret 4100 ASTM C-494 tipo A y F proporciona información adicional relevante para su dosificación y aplicación en el hormigón. Según la ficha técnica, se recomienda un rango de dosificación entre 0.19% y 0.9% del peso del cemento para obtener los efectos deseados en términos de trabajabilidad y resistencia. Es importante destacar que este rango de dosificación ha sido establecido y respaldado por las normas ASTM C-494 tipo A y F, lo que indica que ha sido evaluado y considerado apropiado para el aditivo en cuestión. Se ha observado en este estudio que el uso de una dosis mayor al 1%, por ejemplo 1,5% y 2% solo podría ser exitosa si la mezcla de hormigón autocompactante se diseña con otros ingredientes compensatorios para la excesiva fluidez (aditivo retardante ASTM C 494 Tipo B para control del inicio del fraguado) y la segregación (adición de microsíllica).

Sin embargo, se ha observado en la práctica que algunas personas exceden este rango de dosificación y llegan a utilizar hasta un porcentaje del 2,5%. Esta sobredosificación puede tener consecuencias negativas en la trabajabilidad del hormigón, ya que se puede producir un fraguado más rápido de lo esperado con una mezcla en exceso fluida antes de su fraguado inicial. Esto puede dificultar la planificación de su colocación en estado fresco y afectar la manipulación del hormigón durante la construcción. Es fundamental, en ausencia de investigación, respetar el rango recomendando por el fabricante. Las investigaciones del diseño de mezclas con dosis altas de aditivos deben proporcionar una buena resistencia y combinar el superplastificante ASTM C 494 Tipo F con otro aditivo modificador del tiempo inicial de fraguado (ASTM C 494 Tipo B) que ayude a controlar la poca

trabajabilidad que ofrecería esta mezcla a altos porcentajes de aditivo superplastificante.

Es importante destacar que estos resultados se basan en el alcance y los parámetros del estudio realizado. Para una implementación más amplia, se sugiere realizar investigaciones adicionales y considerar otros factores como las características específicas del proyecto y los requisitos normativos o de diseño aplicables.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El trabajo de investigación satisface los objetivos planteados, se evaluó las propiedades físicas del hormigón autocompactante en estado fresco mediante ensayos de flujo de asentamiento, capacidad de paso del hormigón, segregación estática y ensayo en estado endurecido de resistencia a la compresión simple a los 7, 14 y 28 días obteniendo resultados satisfactorios.

Según la ficha del aditivo de base química en naftaleno Agreplastic SF-314 ASTM C-494 tipo F recomienda un rango de dosificación entre 0.5% al 2% del peso del cemento, en la práctica experimental se llega exceder ese rango hasta el 2,5% del peso del cemento y se observó que la trabajabilidad no disminuye, tiempo de fraguado es lento de acuerdo con el ambiente fresco que se sometió. En la ficha técnica del aditivo de base química en policarboxilato Viscocret 4100 ASTM C-494 tipo A y F, recomienda un rango de dosificación entre 0,19% al 0,9% del peso del cemento y en la práctica la trabajabilidad se ve afectada de manera severa cuando se dosifica al 2,5%. El fraguado inicial es muy rápido perjudicando la planificación de su colocación en estado fresco. Esto quiere decir que para este tipo de aditivo debe controlarse con mayor cuidado el uso de sobredosis.

De acuerdo con el análisis de la fluidez de la mezcla de hormigón autocompactante se concluye que al elevar el porcentaje recomendado por el fabricante se genera un hormigón con fluidez alta, y esto se da con los porcentajes de 2% y 2,5% de aditivo tanto en policarboxilato como en naftaleno. La mezcla de hormigón autocompactante al ser empleado como hormigón armado notamos que, bajo condiciones climáticas altas, el tiempo de fraguado se acelera disminuyendo la trabajabilidad provocando que en el momento de vaciado se evidencie un bloqueo, se debe tomar en consideración que el tamaño máximo de agregado grueso utilizado

influye mucho en la fluidez y capacidad de paso de la mezcla. Otro de los factores que influyen en la fluidez es el espesor del elemento armado, esto se da para porcentaje de 1,5 y 2% de aditivos mientras que para el 2,5% de polycarboxilato notamos una fluidez bastante buena hacia el otro lado de la estructura, se evidencia un bloqueo mínimo lo cual es aceptable y se puede mejorar con los ajustes respectivos.

Con los resultados de los ensayos ASTM C1610, ASTM C1611, ASTM C1621 para el hormigón autocompactante establecidos por directrices europeas y expuestos también por el ACI 237R-07, además el ensayo ASTM C39 se concluye que la dosificación óptima de aditivo de base química en polycarboxilato para un hormigón autocompactante es de 1,5% del peso del cemento con un flujo de asentamiento de 70.5 cm, una capacidad de paso de hormigón de 5,08 in, segregación estática del 4.94% que es bastante satisfactorio porque está dentro del rango de tolerancia y una resistencia a la compresión simple a los 28 días de 241.16 kg/cm² (23,65 MPa). La dosificación óptima para aditivo de base química en naftaleno es del 1,5% del peso del cemento con un flujo de asentamiento de 47 cm respectivamente, una capacidad de paso del hormigón de 3,14 in, una segregación estática del 3,86% el cual se encuentra dentro del rango de tolerancia y una resistencia a la compresión simple a los 28 días de 236,68 kg/cm² (23.21 MPA). De acuerdo con el análisis de los resultados se observa que a mayor porcentaje de aditivo mayor es la segregación estática, y existe una reducción considerable de la resistencia cuando se usa el aditivo basado en naftaleno, a diferencia del uso de aditivo basado en polycarboxilato aumenta la resistencia. La trabajabilidad se mantiene o aumenta de acuerdo con el porcentaje de aditivo empleado.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que al momento de evaluar los test, estos no sean realizados en sitios que tengan un ambiente con temperaturas altas, esto se debe a que en temperaturas altas genera un fraguado rápido de la mezcla de hormigón autocompactante y pierde trabajabilidad dificultando la ejecución de ensayos en estado fresco afectando de manera negativa los resultados de los test de hormigón autocompactante como

también la resistencia a la compresión de la mezcla y en ambientes frescos se obtienen resultados más satisfactorios por la trabajabilidad constante.

Para mejorar la mezcla de hormigón autocompactante se recomienda el uso de agregado grueso con tamaño máximo de 1/4"; en lugar del tamaño al 3/4" que se utilizó, para garantizar un hormigón con buenas características.

También para obtener resultados más estables en fluidez y trabajabilidad, se recomienda el uso de aditivo ASTM 494 tipo B como retardador del fraguado que al combinarlo con el aditivo ASTM 494 tipo F se tendría como resultado el extender el tiempo de trabajabilidad de la mezcla de hormigón autocompactante para el caso de aditivos de base química en policarboxilato.

Otra recomendación importante es el control de la segregación del agregado grueso a través del uso de microsílica dentro de la mezcla con dosificaciones recomendadas desde 5% en adelante.

Finalmente, se recomienda para futuras investigaciones sobre este tipo de hormigón fluido ampliar los ensayos para el hormigón fresco fundido en encofrados en forma de "L", también en forma de "V" y ensayo en estado endurecido como el ensayo de tensión y ensayo de permeabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, S., Ishaq, M. A. A., Kazmi, S. M. S., Munir, M. J., & Ali, S. (2022). Investigating the Behavior of Waste Alumina Powder and Nylon Fibers for Eco-Friendly Production of Self-Compacting Concrete. *Materials (Basel)*, 15(13), 4515. doi:10.3390/ma15134515
- ACI-211.1, C. (2022). ACI PRC 211.1-22 Selección de proporciones para concreto de densidad normal y alta densidad. *American Concrete Institute*, 38.
- ACI, C. (2019). ACI CONCRETO AUTOCONSOLIDANTE. *American Concrete Institute*, 30.
- Alalwany, A., Mohamad, N., Samad, A. A. A., Goh, W. I., & Al-Alwani, A. (2017). *Mechanical and Fresh State Properties of Medium Strength Self-Compacting Concrete (SCC) Containing Polypropylene Fibres*. Paper presented at the MATEC Web of Conferences. <https://www.scilit.net/article/1d9b2c86a4b14a2700604a1003baf85f>
- Alvarado Boza, I. A., & Tivanta Jaramillo, K. J. (2020). *Análisis comparativo de sensibilidad de diferentes aditivos superplastificantes en el hormigón*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020., <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5267>
- Amin, M. N., Al-Hashem, M. N., Ahmad, A., Khan, K., Ahmad, W., Qadir, M. G., . . . Al-Ahmad, Q. M. S. (2022). Application of Soft-Computing Methods to Evaluate the Compressive Strength of Self-Compacting Concrete. *Materials (Basel)*, 15(21), 7800. doi:10.3390/ma15217800
- ASTM C1611, C. M.-. (2021). Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. *04.02*, 6. doi:10.1520/C1611_C1611M-21
- ASTM C1610, C. M. (2021). Standard Test Method for Static Segregation of Self-Consolidating Concrete Using Column Technique. *04.02*, 4. doi:10.1520/C1610_C1610M-2
- ASTM C1621, C. M.-. (2017). Standard Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring. *04.02*, 4. doi:10.1520/C1621_C1621M-17
- Benito, F., Parra, C., Valcuende, M., Miñano, I., & Rodríguez, C.. (2015). Método para cuantificar la segregación en hormigones autocompactantes. *Concreto y cemento. scielo.org*, 48 - 63.
- Cakiroglu, C., Bekdaş, G., Kim, S., & Geem, Z. W. (2022). Explainable Ensemble Learning Models for the Rheological Properties of Self-Compacting Concrete. *Sustainability*, 14(21), 14640. doi: <https://doi.org/10.3390/su142114640>

- CAMINOS, C. Y. P. (2002). ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE.
- Cañizares Beltrán, I. G. (2012). Diseño de mezclas de Hormigón Autocompactante utilizando materiales de la zona.
- Chen, L., Guo, N., Liu, G., Guo, X., Zhao, J., & Liu, Z. (2022). Examination of Mixing Proportion in Self-Compacting Gangue-Based Pavement Concrete. *buildings*, 12(5), 591. doi:10.3390/buildings12050591
- Choi, S. J., Bae, S. H., Ji, D. M., & Kim, S. H. (2022). Effects of Capsule Type on the Characteristics of Cement Mortars Containing Powder Compacted Capsules. *Materials (Basel)*, 15(19), 6773. doi:10.3390/ma15196773
- Córdova Saavedra, C. R., & Vega Mejia, J. (2022). Concreto Autocompactante con Incorporación de Aditivo Superplastificante Sika Plast 306 y Cenizas Volantes.
- Cornejo, F., & Antonio, B. (2015). *Hormigón autocompactante*. Quito: UCE,
- de Sensale, G. R., Segura-Castillo, L., Viacava, I. R., Netto, R. R., Passada, D. M., & Iglesias, M. E. F. J. H. y. a. (2018). Hormigón autocompactante con fibras para premoldeados. 69(284), 69-75.
- EFNARC. (2002). HAC-Especificaciones y directrices. <http://personales.upv.es/fbardisa/Pdf/autocompactante.pdf>
- EFNARC, S. (2002). EFNARC Guidelines for self-compacting concrete. 1-32.
- Evaristo, W. F. d. O., Almeida, V. L. d., & Capuzzo, V. M. S. (2021). Influência do aditivo modificador de viscosidade nas propriedades do concreto autoadensável. [Evaluation of the influence of the viscosity modifying admixture on the properties of self-compacting concrete]. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 26(3). doi:https://doi.org/10.1590/S1517-707620210003.13050
- Malik, M. W., & Rizwan, S. A. (2022). Utilization of Acacia Modesta Gum Powder as Viscosity-Modifying Agent in Self-Compacting Paste Systems. *engineering proceedings*, 22(1), 15. doi:https://doi.org/10.3390/engproc2022022015
- Melo, C. V. A. d., Gomes, P. C. C., & Moraes, K. A. M. (2019). A study of packing parameters that influence the fresh properties of self-compacting concrete. [Um estudo de parâmetros de empacotamento que influenciam as propriedades no estado fresco do concreto autoadensável]. *Cerâmica*, 65(375), 432-442. doi:https://doi.org/10.1590/0366-69132019653752667
- MOLINA SEGURA, C. J. (Producer). (2014, Diciembre 4). Retrieved from https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/633/1/REP_ING.CIVIL_CARLOS.MOLINA_SAUL.SALDA%20C3%91A_INFLUENCIA.ADITIVO.HIPERPLASTIFICANTE.PLASTOL.200.EXT.PROPIEDADES.CONCRETO.AUTOCOMPACTANTE.ESTADO.FRESCO.ENDURECIDO.pdf

- Molina Segura, C. J., & Saldaña Pacheco, S. O. (2014). Influencia del aditivo hiperplastificante Plastol 200 Ext® en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido.
- León, N., Sánchez, E., Bernal, J., & Moragues, A. J. R. d. l. A. L. d. C. d. C., Patología y Recuperación de la Construcción. (2016). Propiedades reológicas y mecánicas de un hormigón autocompactante con adición de nano-sílice y micro-sílice. 6(1), 1-14.
- Palomino Román, J. H. (2017). Estudio comparativo en la autoconstrucción de edificaciones utilizando concreto autocompactante con la incorporación de aditivo superplastificante frente al concreto convencional realizados en la ciudad de Abancay.
- Ribeiro, G. O., Guetti, P. C., & Serna, P. (2017). Experimental study of the mechanical behavior of self-compacting concrete based on fracture mechanics. [Estudo experimental do comportamento mecânico do concreto autoadensável com base na mecânica da fratura]. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 10(3), 744-759. doi:<https://doi.org/10.1590/S1983-41952017000300010>
- Ruiz Brito, J. S., & Suarez Ortuño, K. I. (2021). *Transformación del hormigón convencional a hormigón autocompactante, utilizando un superplastificante*. Universidad del Azuay,
- Sánchez Hidalgo, L. Y. Y. (2015). Efecto del aditivo superplastificante sika viscocrete en la resistencia mecánica del concreto autocompactante.
- Soberón López, I. F. (2015). *Diseño de mezclas de hormigón autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*.
- Teixeira, S., Santilli, A., & Puente, I. J. M. I. e. I. (2016). Optimización del tiempo de desencofrado en piezas verticales de Hormigón Autocompactante. (14), 15-22.

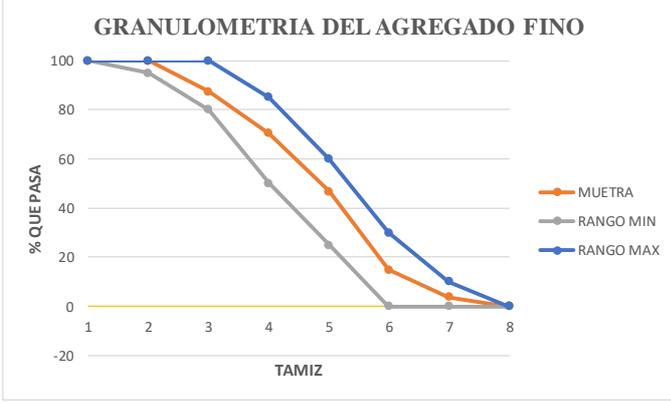
ANEXOS

Anexo 1

Ensayo de Granulometría del Agregado Fino

Fuente: Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020)

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
ENSAYO DE GRANULOMETRIA				
TEMA	"ANALISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD DE DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN EL HORMIGÓN"			
FECHA DE ENSAYO	12 DE junio de 2019			
FUENTE DE AGREGADO FINO	CANTERA "EL TRIUNFO"			
ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO FINO				
TAMIZ	W PARCIAL (gr)	% RETENID	% QUE PASA	ESPECIFICACION A.S.T.M.
3/8"	0	0,000	100,00	100 100
No. 4	0	0,000	100,00	95 100
No. 8	1880	12,634	87,37	80 100
No. 16	2520	16,935	70,43	50 85
No. 30	3540	23,790	46,64	25 60
No. 50	4740	31,855	14,78	10 30
No. 100	1660	11,156	3,63	2 10
FONDO	540	3,629	0,00	0 0
TOTAL	14880	Módulo de Finura	2,77	



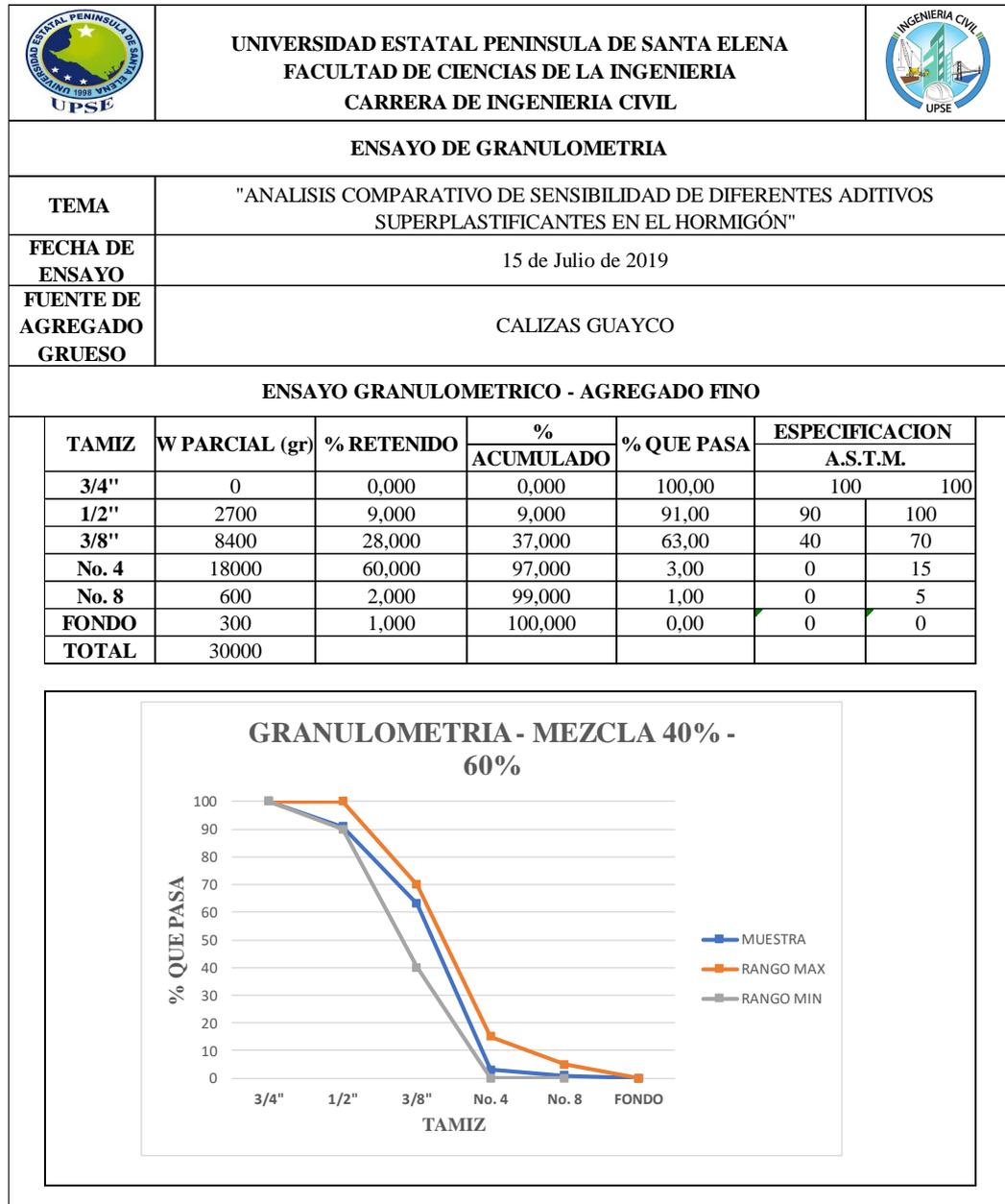
GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

The graph plots the percentage of material passing through various sieve sizes (TAMIZ) for a sample (MUETRA) and compares it against the minimum (RANGO MIN) and maximum (RANGO MAX) specifications. The x-axis represents sieve size (1 to 8) and the y-axis represents the percentage of material passing (% QUE PASA). The sample curve (orange) starts at 100% for sieve 1 and decreases to 0% for sieve 8, falling within the specified range.

Anexo 2

Ensayo de Granulometría de la Mezcla

Fuente: Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020)



Anexo 3

Determinación de masa unitaria

Fuente: Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020)

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL				
DETERMINACION DE MASA UNITARIA (NTE INEN 858)					
TEMA	"ANALISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD DE DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN EL HORMIGÓN"				
FECHA DE	26 de Agosto de 2019				
FUENTE DE AGR. FINO	CANTERA "EL TRIUNFO"	FUENTE DE AGR. GRUESO	CALIZAS GUAYCO		
CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS					
PESO VOLUMETRICO VARILLADO - AGREGADO GRUESO					
ELEMENTO	M1	M2	M3	M4	UND
VOLUMEN	0,009736876	0,009736876	0,009736876	0,009736876	m ³
MOLDE	10,94	10,94	10,94	10,94	Kg
P.V.V. + MOLDE	24,76	24,92	24,96	25,04	Kg
PESO	13,82	13,98	14,02	14,1	Kg
P.V.V.	1419,3	1435,8	1439,9	1448,1	kg/m ³
P.V.V. PROMEDIO	1435,775				kg/m³
PESO VOLUMETRICO SUELTO - AGREGADO GRUESO					
ELEMENTO	M1	M2	M3	M4	UND
VOLUMEN	0,009736876	0,009736876	0,009736876	0,009736876	m ³
MOLDE	10,94	10,94	10,94	10,94	Kg
P.V.V. + MOLDE	22,9	23,1	23	23	Kg
PESO	11,96	12,16	12,06	12,06	Kg
P.V.V.	1228,3	1248,9	1238,6	1238,6	kg/m ³
P.V.V. PROMEDIO	1238,6				kg/m³
PESO VOLUMETRICO SUELTO - AGREGADO FINO					
ELEMENTO	M1	M2	M3	M4	UND
VOLUMEN	0,00281	0,00281	0,00281	0,00281	m ³
MOLDE	4,42	4,42	4,42	4,42	Kg
P.V.V. + MOLDE	8,9	8,96	8,94	8,96	Kg
PESO	4,48	4,54	4,52	4,54	Kg
P.V.V.	1594,3	1615,7	1608,5	1615,7	kg/m ³
P.V.V. PROMEDIO	1608,55				kg/m³

Anexo 4

Determinación de Densidad Saturada Superficialmente Seca0

Fuente: Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo (2020)

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL				
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO INEN 856)					
TEMA	"ANÁLISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD DE DIFERENTES ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES EN EL HORMIGÓN"				
FECHA DE	26 de Agosto de 2019				
FUENTE DE	CANTERA "EL TRIUNFO"	FUENTE DE AGR. GRUESO	CALIZAS		
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO					
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA					
ELEMENTO	M1	M2	M3	M4	UND
P.S.S.S.	500,08	500	500,02	500	gr
Lectura Inicial	200	200	200	200	cm³
Lectura Final	387	388	388	387	cm³
D.S.S.S.	2,67	2,69	2,66	2,67	gr/cm³
D.S.S.S.	2674,2	2688,2	2659,7	2673,8	kg/m³
D.S.S.S. PROMEDIO	2674				kg/m³
ABSORCIÓN					
ELEMENTO	M1	M2	M3	M4	UND
W recipiente + Mat. Húmedo	352,03	352,03	352,04	352,05	gr
W recipiente + Mat. Seco	347,23	347,32	347,02	347	gr
W recipiente	101,51	105	90,23	89,08	gr
Absorción	1,95	1,94	1,95	1,96	%
PROMEDIO	1,95				%

Anexo 5

Ensayo ASTM C1610. Para 1,5% de naftaleno

	UNIVERSIDAD ES TATAL PENINSULA DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
TITULO DEL ENSAYO	ENSAYO ASTM C1610 COLUMNA DE SEGREGACION			
% ADITIVO	1,5% DE NAFTALENO			
OBJEIVO	DETERMINAR EL GRADO DE SEGREGACION DEL HORMIGON MEDIANTE EL ENSAYO DE LA COLUMNA DE SEGREGACION SEGÚN EL ESTANDAR ASTM C1610			
PROCEDIMIENTO	1	Preparar la mezcla de hormigon a evaluar		
	2	Preparar la columna de segregacion de acuerdo a las especificaciones		
	3	Verter cuidadosamente el hormigón a ensayar		
	4	Permitir que el hormigón se asiente durante un tiempo determinado, según las especificaciones ASTM		
	5	Desmoldar cada una de las secciones y recolectar el material de la parte inferior con la parte superior en un recipiente individual para cada uno.		
	6	Lavar por el tamiz N°4 las muestras obtenidas		
	7	Secar y pesar las muestras obtenidas		
	8	Utilizar la ecuacion para el calculo de la segregacion		
RESULTADOS	P. PART SUP	P. PART INF	% SEGREG	
	2,9	2,79	3,68	
OBSERVACIONES	De acuerdo con los datos obtenidos mediante el proceso especificado se tiene que para el 1,5% de naftaleno presenta una segregacion de 3,68% que se encuentra dentro del rango.			
FIRMA DE RESPONBLES DEL ENSAYO	 Jean Reyes Baquerizo		 Ricky Yagual Gonzalez	

Anexo 6

Ensayo ASTM C1610. Para 1,5% de policarboxilato

	UNIVERSIDAD ES TATAL PENINSULA DE SANTA ELENA		
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA		
	CARRERA DE INGENIERIA CIVL		
TITULO DEL ENSAYO	ENSAYO ASTM C1610 COLUMNA DE SEGREGACION		
% ADITIVO	1,5% DE POLICARBOXILATO		
OBJEIVO	DETERMINAR EL GRADO DE SEGREGACION DEL HORMIGON MEDIANTE EL ENSAYO DE LA COLUMNA DE SEGREGACION SEGÚN EL EST ANDAR ASTM C1610		
PROCEDIMIENTO	1	Preparar la mezcla de hormigon a evaluar	
	2	Preparar la columna de segregacion de acuerdo a las especificaciones	
	3	Verter cuidadosamente el hormigón a ensayar	
	4	Permitir que el hormigón se asiente durante un tiempo determinado, según las especificaciones ASTM	
	5	Desmoldar cada una de las secciones y recolectar el material de la parte inferior con la parte superior en un recipiente individual para cada uno.	
	6	Lavar por el tamiz N°4 las muestras obtenidas	
	7	Secar y pesar las muestras obtenidas	
	8	Utilizar la ecuacion para el calculo de la segregacion	
RESULTADOS	P. PART SUP	P. PART INF	% SEGREG
	2,737	2,605	4,94
OBSERVACIONES	De acuerdo con los datos obtenidos mediante el proceso especificado se tiene que para el 1,5% de policarboxilato presenta una segregacion de 4,94% que se encuentra dentro del rango.		
FIRMA DE RESPONBLES DEL ENSAYO			
	Jean Reyes Baquerizo		Ricky Yagual Gonzalez

Anexo 7

Ensayo ASTM C1610. Para 2% de naftaleno

	UNIVERSIDAD ES TATAL PENINSULA DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1610 COLUMNA DE SEGREGACION		
% ADITIVO		2% DE NAFTALENO		
OBJEIVO		DETERMINAR EL GRADO DE SEGREGACION DEL HORMIGON MEDIANTE EL ENSAYO DE LA COLUMNA DE SEGREGACION SEGÚN EL ESTANDAR ASTM C1610		
PROCEDIMIENTO	1	Preparar la mezcla de hormigon a evaluar		
	2	Preparar la columna de segregacion de acuerdo a las especificaciones		
	3	Verter cuidadosamente el hormigón a ensayar		
	4	Permitir que el hormigón se asiente durante un tiempo determinado, según las especificaciones ASTM		
	5	Desmoldar cada una de las secciones y recolectar el material de la parte inferior con la parte superior en un recipiente individual para cada uno.		
	6	Lavar por el tamiz N°4 las muestras obtenidas		
	7	Secar y pesar las muestras obtenidas		
	8	Utilizar la ecuacion para el calculo de la segregacion		
RESULTADOS		P. PART SUP	P. PART INF	% SEGREG
		2,644	2,44	7,9
OBSERVACIONES		De acuerdo con los datos obtenidos mediante el proceso especificado se tiene que para el 2% de naftaleno presenta una segregacion de 7,9% que se encuentra dentro del rango.		
FIRMA DE RESPONBLES DEL ENSAYO		 Jean Reyes Baquerizo	 Ricky Yagual	

Anexo 8

Ensayo ASTM C1610. Para 2% de policarboxilato

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1610 COLUMNA DE SEGREGACION		
% ADITIVO		2% DE POLICARBOXILATO		
OBJETIVO		DETERMINAR EL GRADO DE SEGREGACION DEL HORMIGON MEDIANTE EL ENSAYO DE LA COLUMNA DE SEGREGACION SEGÚN EL ESTANDAR ASTM C1610		
PROCEDIMIENTO	1	Preparar la mezcla de hormigón a evaluar		
	2	Preparar la columna de segregacion de acuerdo a las especificaciones		
	3	Verter cuidadosamente el hormigón a ensayar		
	4	Permitir que el hormigón se asiente durante un tiempo determinado, según las especificaciones ASTM		
	5	Desmoldar cada una de las secciones y recolectar el material de la parte inferior con la parte superior en un recipiente individual para cada uno.		
	6	Lavar por el tamiz N°4 las muestras obtenidas		
	7	Secar y pesar las muestras obtenidas		
	8	Utilizar la ecuacion para el calculo de la segregacion		
RESULTADOS		P. PART SUP	P. PART INF	% SEGREG
		3,16	2,88	9.27
OBSERVACIONES		De acuerdo con los datos obtenidos mediante el proceso especificado se tiene que para el 2% de policarboxilato presenta una segregacion de 9,27% que se encuentra dentro del rango.		
FIRMA DE RESPONSABLES DEL ENSAYO		 Jean Reyes Baquerizo	 Ricky Yagual	

Anexo 9

Ensayo ASTM C1610. Para 2,5 de naftaleno

	UNIVERSIDAD TALLAHUECO DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1610 COLUMNA DE SEGREGACION		
% ADITIVO		2,5% DE NAFTALENO		
OBJETIVO		DETERMINAR EL GRADO DE SEGREGACION DEL HORMIGON MEDIANTE EL ENSAYO DE LA COLUMNA DE SEGREGACION SEGÚN EL ESTANDAR ASTM C1610		
PROCEDIMIENTO	1	Preparar la mezcla de hormigón a evaluar		
	2	Preparar la columna de segregación de acuerdo a las especificaciones		
	3	Verter cuidadosamente el hormigón a ensayar		
	4	Permitir que el hormigón se asiente durante un tiempo determinado, según las especificaciones ASTM		
	5	Desmoldar cada una de las secciones y recolectar el material de la parte inferior con la parte superior en un recipiente individual para cada uno.		
	6	Lavar por el tamiz N°4 las muestras obtenidas		
	7	Secar y pesar las muestras obtenidas		
	8	Utilizar la ecuación para el cálculo de la segregación		
RESULTADOS		P. PART SUP	P. PART INF	% SEGREG
		4,26	1,04	121,5
OBSERVACIONES		De acuerdo con los datos obtenidos mediante el proceso especificado se tiene que para el 2.5% de naftaleno presenta una segregación de 121,5% que se encuentra fuera del rango.		
FIRMA DE RESPONSABLES DEL ENSAYO		 Jean Reyes Baquerizo	 Ricky Yagual	

Anexo 10

Ensayo ASTM C1610. Para 2,5% de polycarboxilato

	UNIVERSIDAD TATAR PENINSULA DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1610 COLUMNA DE SEGREGACION		
% ADITIVO		2.5% DE POLICARBOXILATO		
OBJETIVO		DETERMINAR EL GRADO DE SEGREGACION DEL HORMIGON MEDIANTE EL ENSAYO DE LA COLUMNA DE SEGREGACION SEGÚN EL ESTANDAR ASTM C1610		
PROCEDIMIENTO	1	Preparar la mezcla de hormigon a evaluar		
	2	Preparar la columna de segregacion de acuerdo a las especificaciones		
	3	Verter cuidadosamente el hormigón a ensayar		
	4	Permitir que el hormigón se asiente durante un tiempo determinado, según las especificaciones ASTM		
	5	Desmoldar cada una de las secciones y recolectar el material de la parte inferior con la parte superior en un recipiente individual para cada uno.		
	6	Lavar por el tamiz N°4 las muestras obtenidas		
	7	Secar y pesar las muestras obtenidas		
	8	Utilizar la ecuacion para el calculo de la segregacion		
RESULTADOS		P. PART SUP	P. PART INF	% SEGREG
		4,98	2,5	66,31
OBSERVACIONES		De acuerdo con los datos obtenidos mediante el proceso especificado se tiene que para el 2,5% de polycarboxilato presenta una segregacion de 66,31% que se encuentra fuera del rango.		
FIRMA DE RESPONSABLES DEL ENSAYO		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Jean Reyes Baquerizo </div> <div style="text-align: center;">  Ricky Yagual </div> </div>		

Anexo 11

Ensayo ASTM C1611. Para 1,5% de naftaleno

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO			
TEMA DE TESIS:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"			
TESISTAS:	JEAN ALEXANDER REYESBAQUERIZO RICKY LEONARDO YAGUAL GONZALEZ			
ENSAYO:	PRUEBA DE FLUJO DE ASENTAMIENTO ASTM C1611			
		1	2	
DIAMETRO MAS LARGO DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D1	47		cm
DIAMETRO PERPENDICULAR A (D1) DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D2	46		cm
FLUJO DE ASENTAMIENTO	$(D1+D2)/2$	46,5		cm
T50		15		Seg
OBSERVACIONES	Debido a la alta temperatura la mezcla empezó a fraguar de manera rápido que influye en el resultado del ensayo.			

Anexo 12

Ensayo ASTM C1611. Para 1,5% de policarboxilato

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO			
TEMA DE TESIS:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"			
TESISTAS:	JEAN ALEXANDER REYESBAQUERIZO RICKY LEONARDO YAGUAL GONZALEZ			
ENSAYO:	PRUEBA DE FLUJO DE ASENTAMIENTO ASTM C1611			
		1	2	
DIAMETRO MAS LARGO DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D1	72		cm
DIAMETRO PERPENDICULAR A (D1) DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D2	69		cm
FLUJO DE ASENTAMIENTO	$(D1+D2)/2$	70,5		cm
T50		8		Seg
OBSERVACIONES				

Anexo 13

Ensayo ASTM C1611. Para 2% de naftaleno

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO			
TEMA DE TESIS:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"			
TESISTAS:	JEAN ALEXANDER REYESBAQUERIZO RICKY LEONARDO YAGUAL GONZALEZ			
ENSAYO:	PRUEBA DE FLUJO DE ASENTAMIENTO ASTM C1611			
		1	2	
DIAMETRO MAS LARGO DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D1	53		cm
DIAMETRO PERPENDICULAR A (D1) DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D2	50		cm
FLUJO DE ASENTAMIENTO	(D1+D2)/2	51,5		cm
T50		11		Seg
OBSERVACIONES				

Anexo 14

Ensayo ASTM C1611. Para 2% de policarboxilato

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO			
TEMA DE TESIS:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"			
TESISTAS:	JEAN ALEXANDER REYESBAQUERIZO RICKY LEONARDO YAGUAL GONZALEZ			
ENSAYO:	PRUEBA DE FLUJO DE ASENTAMIENTO ASTM C1611			
		1	2	
DIAMETRO MAS LARGO DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D1	69		cm
DIAMETRO PERPENDICULAR A (D1) DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D2	60		cm
FLUJO DE ASENTAMIENTO	(D1+D2)/2	64,5		cm
T50		5		Seg
OBSERVACIONES	La mezcla al momento de llenar el cono invertido empezó a compactarse y fraguarse, esto se debe a que el porcentaje empleado excede el rango de dosis recomendada.			

Anexo 15

Ensayo ASTM C1611. Para 2,5% de naftaleno

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO			
TEMA DE TESIS:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"				
TESISTAS:	JEAN ALEXANDER REYESBAQUERIZO RICKY LEONARDO YAGUAL GONZALEZ				
ENSAYO:	PRUEBA DE FLUJO DE ASENTAMIENTO ASTM C1611				
			1	2	
DIAMETRO MAS LARGO DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D1	52			cm
DIAMETRO PERPENDICULAR A (D1) DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D2	50			cm
FLUJO DE ASENTAMIENTO	$(D1+D2)/2$	51			cm
T50		8			Seg
OBSERVACIONES					

Anexo 16

Ensayo ASTM C1611. Para 2,5% de policarboxilato

		UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO			
TEMA DE TESIS:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"				
TESISTAS:	JEAN ALEXANDER REYESBAQUERIZO RICKY LEONARDO YAGUAL GONZALEZ				
ENSAYO:	PRUEBA DE FLUJO DE ASENTAMIENTO ASTM C1611				
			1	2	
DIAMETRO MAS LARGO DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D1	69			cm
DIAMETRO PERPENDICULAR A (D1) DEL CIRCULO EXTENDIDO DE LA MEZCLA DE HORMIGÓN FRESCO	D2	66,7			cm
FLUJO DE ASENTAMIENTO	$(D1+D2)/2$	67,85			cm
T50		10			Seg
OBSERVACIONES	La mezcla al momento de llenar el cono invertido empezó a compactarse y fragurar, esto se debe a que el porcentaje empleado excede el rango de dosis recomendada.				

Anexo 17

Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 1,5% Naftaleno

	UNIVERSIDAD ES TATAL PENINSULA DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1621		
% ADITIVO		1,5% DE NAFTALENO		
OBJEIVO		EVALUAR LA CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO EL ENSAYO ASTM C1621		
PROCEDIMIENTO	1	Apoyar el anillo en J en el centro de la placa una vez humedecida		
	2	Colocar una muestra de concreto recién mezclado en el molde en posición invertida que es concéntrico al anillo en J		
	3	Colocar el hormigón en una sola capa sin apisonamiento ni vibración		
	4	Se levanta el molde y se permite que el hormigón pase a través del anillo j y se asiente		
	5	Medir los diámetros en dos direcciones aproximadamente perpendiculares entre sí		
	6	Se promedian ambos resultados para obtener el flujo		
	7	Se repite la prueba sin el anillo para obtener el flujo de asentamiento		
	8	Se mide los diámetros y se promedian y la diferencia entre ambos representa la capacidad de paso		
RESULTADOS		DIAMETRO 1	DIAMETRO 2	PROMEDIO
		47	46	46,5
		41	36	38,5
		CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON		
OBSERVACIONES		Los datos obtenidos para un porcentaje de 1,5% de naftaleno se obtiene que la capacidad de paso es de 3,15in evidenciando de esta forma un bloqueo notable extremo		
FIRMA DE RESPONSABLES DEL ENSAYO		  Jean Reyes Baquerizo Ricky Yagual Gonzalez		

Anexo 18

Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 1,5% policarboxilato

	UNIVERSIDAD ES TATAL PENINSULA DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1621		
% ADITIVO		1,5% DE POLICABOXILATO		
OBJEIVO		EVALUAR LA CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO EL ENSAYO ASTM C1621		
PROCEDIMIENTO	1	Apoyar el anillo en J en el centro de la placa una vez humedecida		
	2	es concentrico al anillo en J		
	3	Colocar el hormigon en una sola capa sin apisonamiento ni vibracion		
	4	Se levanta el molde y se permite que el hormigon pase atravez del anillo j y se asiente		
	5	Medir los diametros en dos direcciones aproximadamente perpendiculares entre si		
	6	Se promedian ambos resultados para obtener el flujo		
	7	Se repite la prueba sin el anillo para obtener el flujo de asentamiento		
	8	Se mide los diametros y se promedian y la diferencia entre ambos representa la capacidad de paso		
RESULTADOS		DIAMETRO 1	DIAMETRO 2	PROMEDIO
		72	69	70,5
		60	56	58
		CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON		
OBSERVACIONES		Los datos obtenidos para un porcentaje de 1,5% de policarboxilato se obtiene que la capacidad de paso es de 4,92in evidenciando de esta forma un bloqueo notable extremo		
FIRMA DE RESPONBLES DEL ENSAYO		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Jean Reyes Baquerizo </div> <div style="text-align: center;">  Ricky Yagual Gonzalez </div> </div>		

Anexo 19

Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 2% naftaleno

	UNIVERSIDAD TATIANA PENINSULA DE SANTA ELENA		
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA		
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1621	
% ADITIVO		2% DE NAFTALENO	
OBJETIVO		EVALUAR LA CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO EL ENSAYO ASTM C1621	
PROCEDIMIENTO	1	Apoyar el anillo en J en el centro de la placa una vez humedecida	
	2	Colocar una muestra de concreto recién mezclado en el molde en posición invertida que es concéntrico al anillo en J	
	3	Colocar el hormigón en una sola capa sin apisonamiento ni vibración	
	4	Se levanta el molde y se permite que el hormigón pase a través del anillo y se asiente	
	5	Medir los diámetros en dos direcciones aproximadamente perpendiculares entre sí	
	6	Se promedian ambos resultados para obtener el flujo	
	7	Se repite la prueba sin el anillo para obtener el flujo de asentamiento	
	8	Se mide los diámetros y se promedian y la diferencia entre ambos representa la capacidad de paso	
RESULTADOS	DIAMETRO 1	DIAMETRO 2	PROMEDIO
	53	50	51,5
	45	40	42,5
	CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON		
OBSERVACIONES		Los datos obtenidos para un porcentaje de 2% de naftaleno se obtiene que la capacidad de paso es de 3,54in evidenciando de esta forma un bloqueo notable extremo	
FIRMA DE RESPONSABLES DEL ENSAYO		 Jean Reyes Baquerizo	 Ricky Yagual Gonzalez

Anexo 20

Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 2% policarboxilato

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULAR DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1621		
% ADITIVO		2% DE POLICABOXILATO		
OBJEIVO		EVALUAR LA CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO EL ENSAYO ASTM C1621		
PROCEDIMIENTO	1	Apoyar el anillo en J en el centro de la placa una vez humedecida		
	2	que es concentrico al anillo en J		
	3	Colocar el hormigon en una sola capa sin apisonamiento ni vibracion		
	4	Se levanta el molde y se permite que el hormigon pase atravez del anillo j y se asiente		
	5	Medir los diametros en dos direcciones aproximadamente perpendiculares entre si		
	6	Se promedian ambos resultados para obtener el flujo		
	7	Se repite la prueba sin el anillo para obtener el flujo de asentamiento		
	8	Se mide los diametros y se promedian y la diferencia entre ambos representa la capacidad de paso		
RESULTADOS		DIAMETRO 1	DIAMETRO 2	PROMEDIO
		69	60	64,5
		58	53	55,5
		CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON		
OBSERVACIONES		Los datos obtenidos para un porcentaje de 2% de policarboxilato se obtiene que la capacidad de paso es de 2,54in evidenciando de esta forma un bloqueo notable extremo		
FIRMA DE RESPO NBLES DEL ENSAYO		 Jean Reyes Baquerizo	 Ricky Yagual Gonzalez	

Anexo 21

Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 2,5% naftaleno

	UNIVERSIDAD ES TATAL PENINSULA DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVL			
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1621		
% ADITIVO		2,5% DE NAFTALENO		
OBJEIVO		EVALUAR LA CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO EL ENSAYO ASTM C1621		
PROCEDIMIENTO	1	Apoyar el anillo en J en el centro de la placa una vez humedecida		
	2	Colocar una muestra de concreto recién mezclado en el molde en posición invertida que es concéntrico al anillo en J		
	3	Colocar el hormigón en una sola capa sin apisonamiento ni vibración		
	4	Se levanta el molde y se permite que el hormigón pase a través del anillo j y se asiente		
	5	Medir los diámetros en dos direcciones aproximadamente perpendiculares entre sí		
	6	Se promedian ambos resultados para obtener el flujo		
	7	Se repite la prueba sin el anillo para obtener el flujo de asentamiento		
	8	Se mide los diámetros y se promedian y la diferencia entre ambos representa la capacidad de paso		
RESULTADOS		DIAMETRO 1	DIAMETRO 2	PROMEDIO
		52	50	51
		45	44	44,5
		CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON		
OBSERVACIONES		Los datos obtenidos para un porcentaje de 2,5% de naftaleno se obtiene que la capacidad de paso es de 2,56in evidenciando de esta forma un bloqueo notable extremo		
FIRMA DE RESPONSABLES DEL ENSAYO		  Jean Reyes Baquerizo Ricky Yagual Gonzalez		

Anexo 22

Ensayo ASTM C1621. Para determinar la capacidad de paso del hormigón con aditivo a 2,5% policarboxilato

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA			
	FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA			
	CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
TITULO DEL ENSAYO		ENSAYO ASTM C1621		
% ADITIVO		2,5% DE POLICABOXILATO		
OBJETIVO		EVALUAR LA CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON AUTOCOMPACTANTE UTILIZANDO EL ENSAYO ASTM C1621		
PROCEDIMIENTO	1	Apoyar el anillo en J en el centro de la placa una vez humedecida		
	2	invertida que es concentrico al anillo en J		
	3	Colocar el hormigon en una sola capa sin apisonamiento ni vibracion		
	4	Se levanta el molde y se permite que el hormigon pase atravez del anillo j y se asiente		
	5	Medir los diametros en dos direcciones aproximadamente perpendiculares entre si		
	6	Se promedian ambos resultados para obtener el flujo		
	7	Se repite la prueba sin el anillo para obtener el flujo de asentamiento		
	8	Se mide los diametros y se promedian y la diferencia entre ambos representa la capacidad de paso		
RESULTADOS		DIAMETRO 1	DIAMETRO 2	PROMEDIO
		69	66,7	67,85
		67	58	62,5
		CAPACIDAD DE PASO DEL HORMIGON		
OBSERVACIONES		Los datos obtenidos para un porcentaje de 2,5% de policarboxilato se obtiene que la capacidad de paso es de 2in evidenciando de esta forma un bloqueo minimo a notable		
FIRMA DE RESPONSABLES DEL ENSAYO		 Jean Reyes Baquerizo	 Ricky Yagual Gonzalez	

Anexo 23

Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 1,5% de Naftaleno

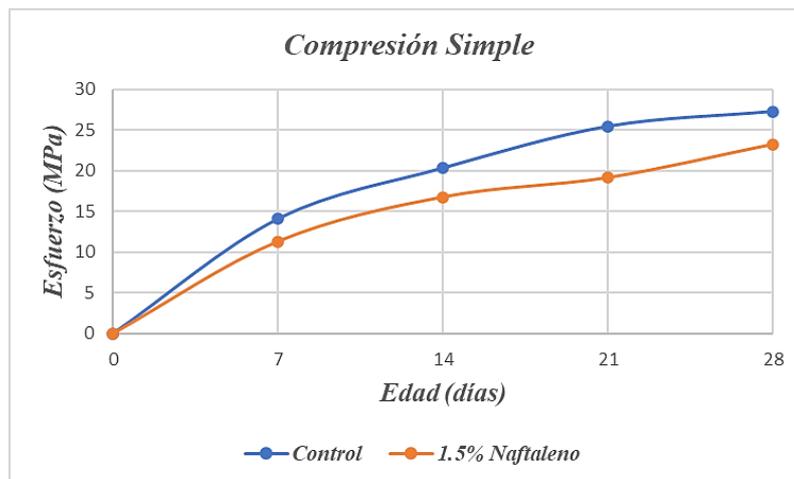


UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"				
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodruiguez, PhD				
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez				
Fc:	27.46 Mpa	Cemento:	GU	Curado:	Inmersión en el Agua

Control				Control + 1.5 % Naftaleno			
Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio	Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio
0	0	0	0	0	0	0	0
7	227,5	13,9	14,06	7	173,4	12,32	11,3
	288,4	14,22			163,4	10,28	
14	337,3	19,09	20,29	14	295,7	16,73	16,75
	379,7	21,49			296,3	16,77	
21	442,9	25,06	25,405	21	325,2	18,4	19,125
	455	25,75			350,8	19,85	
28	424,3	24,01	27,225	28	410,2	23,21	23,21
	538	30,44			410,2	23,21	



Anexo 24

Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 1,5% de Policarboxilato

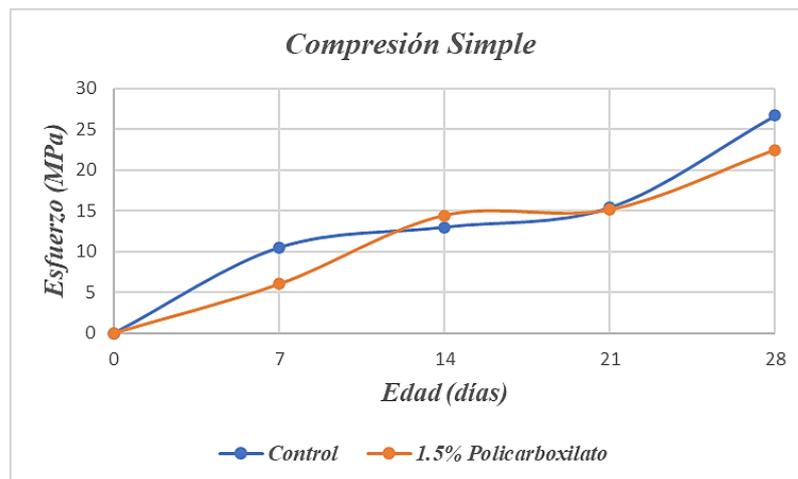


**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO**



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"				
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodriguez, PhD				
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez				
Fc:	27.46 Mpa	Cemento:	GU	Curado:	Inmersión en el Agua

Control				Control + 1.5% Policarboxilato			
Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio	Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio
0	0	0	0	0	0	0	0
7	186	10,52	10,52	7	56,8	6,35	6,02
	186	10,52			78,3	5,69	
14	229,9	13,01	13,01	14	187,5	10,61	14,43
	229,9	13,01			322,5	18,25	
21	272,3	15,41	15,41	21	265,6	15,2	15,125
	272,3	15,41			266	15,05	
28	471,8	26,7	26,7	28	398,1	23,65	23,65
	471,8	26,7			398,1	23,65	



Anexo 25

Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 2% de Naftaleno

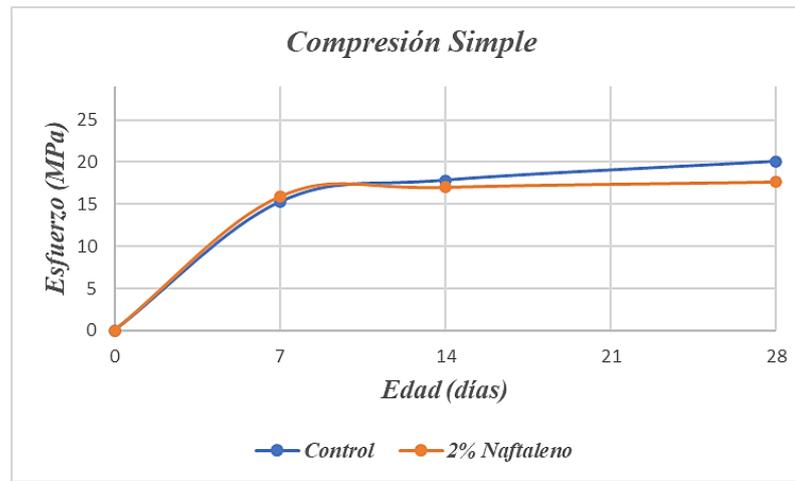


UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"				
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodruiguez, PhD				
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez				
Fc:	27.46 Mpa	Cemento:	GU	Curado:	Inmersión en el Agua

Control				Control + 2% Naftaleno			
Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio	Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio
0	0	0	0	0	0	0	0
7	287,5	16,27	15,245	7	304,8	17,25	16,985
	288,4	14,22			295,4	16,72	
14	315	17,82	17,82	14	292,5	16,55	15,9
	315	17,82			260,5	15,25	
28	354,4	20,06	20,06	28	273,2	15,46	17,625
	354	20,06			349,8	19,79	



Anexo 26

Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 2% de Policarboxilato

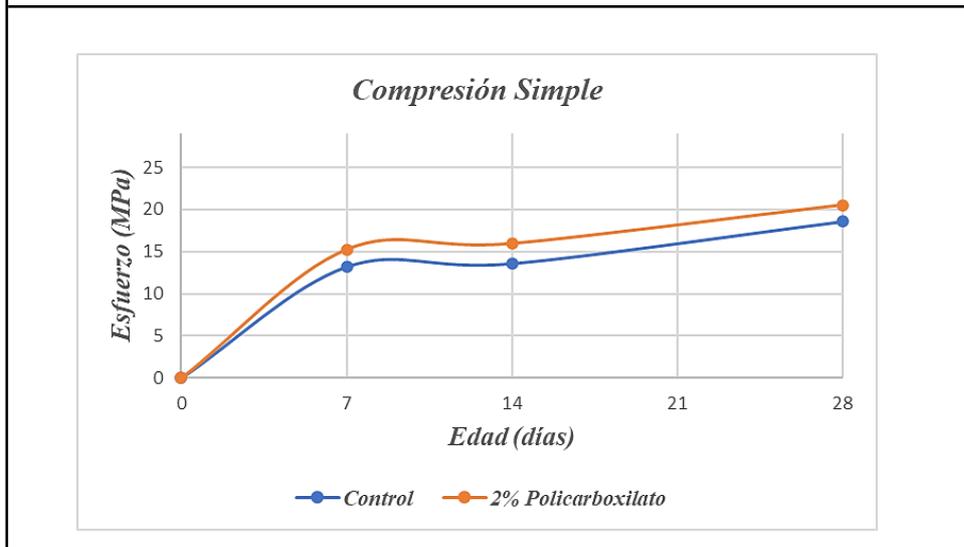


UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"				
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodruiguez, PhD				
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez				
Fc:	27.46 Mpa	Cemento:	GU	Curado:	Inmersión en el Agua

Control				Control + 2% Policarboxilato			
Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio	Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio
0	0	0	0	0	0	0	0
7	233,8	13,23	13,23	7	267,8	15,15	15,275
	233,8	13,23			272,2	15,4	
14	240,6	13,62	13,62	14	270,8	15,32	15,995
	240,6	13,62			294,6	16,67	
28	328,8	18,61	18,61	28	370,2	20,95	20,555
	328,8	18,61			356,2	20,16	



Anexo 27

Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 2,5% de Naftaleno

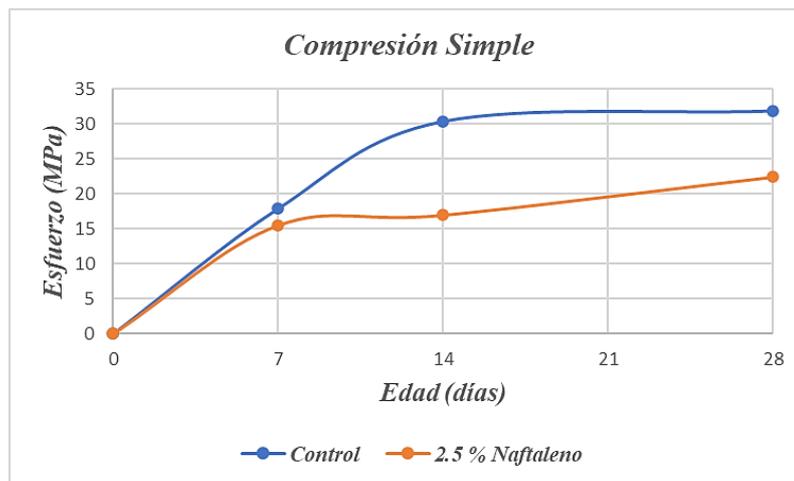


UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"				
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodruiguez, PhD				
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez				
Fc:	27.46 Mpa	Cemento:	GU	Curado:	Inmersión en el Agua

Control				Control + 2.5 % Naftaleno			
Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio	Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio
0	0	0		0	0	0	0
7	316,1	17,89	17,89	7	285,9	16,18	15,53
	316,1	17,89			245,3	14,88	
14	535,9	30,33	30,33	14	214,3	12,13	16,975
	535,9	30,33			385,5	21,82	
28	562,5	31,83	31,83	28	353,6	20,01	22,425
	562,5	31,83			439	24,84	



Anexo 28

Ensayo ASTM C39, INTE 06-02-010. Para 2,5% de Policarboxilato

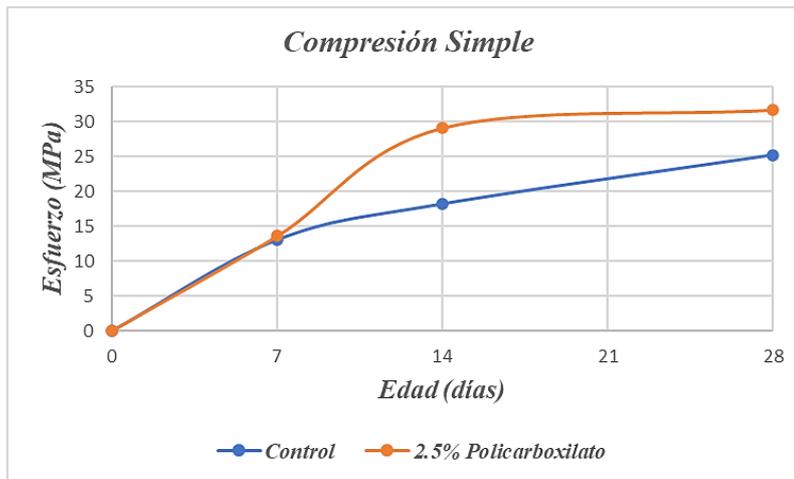


UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"				
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodruiguez, PhD				
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez				
Fc:	27.46 Mpa	Cemento:	GU	Curado:	Inmersión en el Agua

Control				Control + 2.5% Policarboxilato			
Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio	Edad (Día)	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Promedio
0	0	0	0	0	0	0	0
7	230,7	13,05	13,05	7	230,7	13,05	13,58
	230,7	13,05			251,31	14,11	
14	397,6	22,5	22,5	14	448,5	25,38	29,075
	397,6	22,5			579,1	32,77	
28	471,5	26,68	26,68	28	562,5	31,83	31,665
	471,5	26,68			556,7	31,5	



Anexo 29

Peso de agregados para diseño de la mezcla

	UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"	
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodriguez, PhD	
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez	

Anexo 30

Elaboración y curado de cilindros de hormigón



UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodriguez, PhD
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez



Anexo 31

Ejecución de ensayo ASTM C1610



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodriguez, PhD
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez



Anexo 32

Ejecución de ensayo ASTM C1611



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodriguez, PhD
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez



Anexo 33

Ejecución de ensayo ASTM C1621



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTO



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodriguez, PhD
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez



Anexo 34

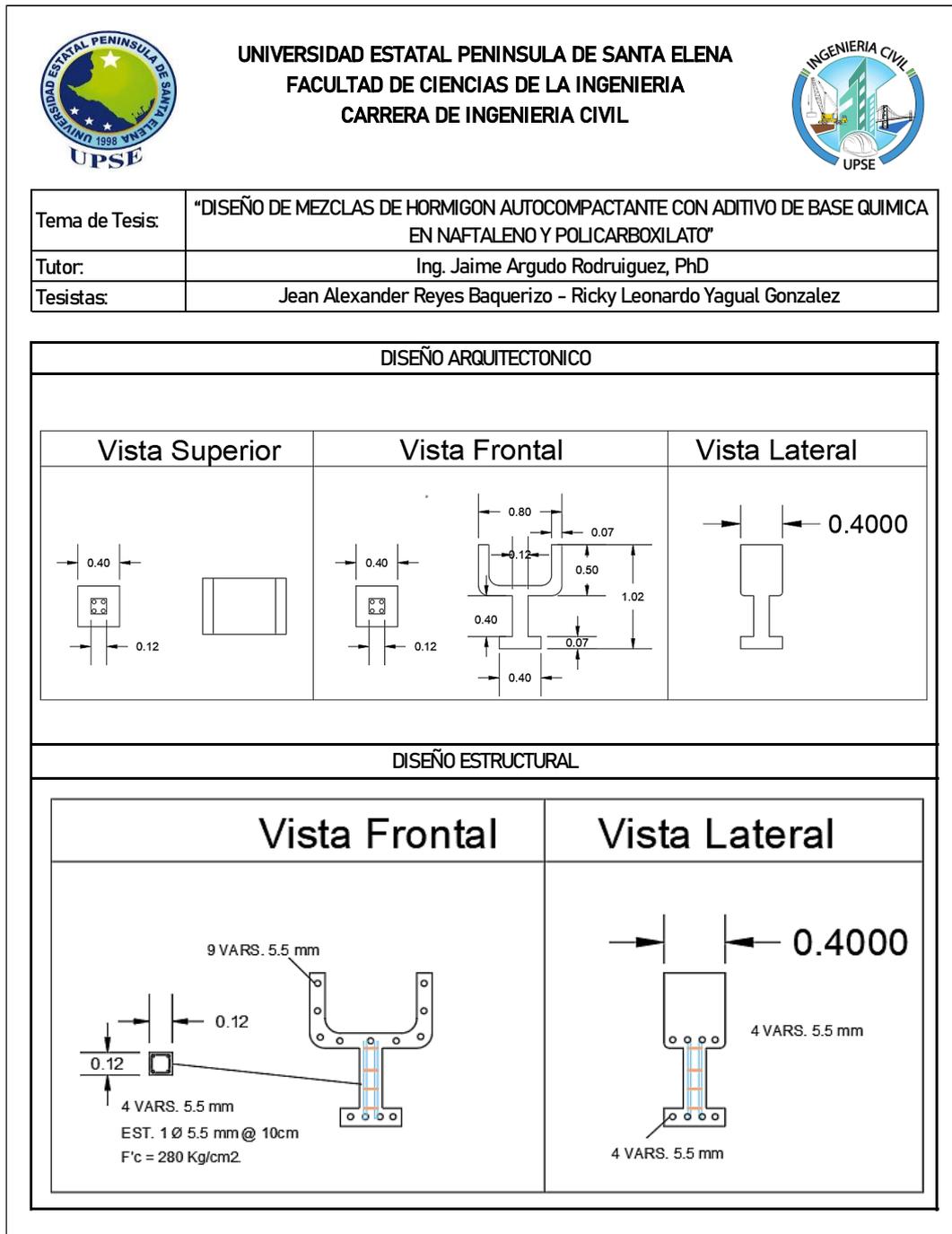
Dimensiones y roturas de cilindros de hormigón

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"	
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodriguez, PhD	
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez	

Anexo 35

Elemento estructural tipo U



Anexo 36

Armado de estructura tipo U



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodriguez, PhD
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez



Anexo 37

Hormigón Autocompactante



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



Tema de Tesis:	"DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGON AUTOCOMPACTANTE CON ADITIVO DE BASE QUIMICA EN NAFTALENO Y POLICARBOXILATO"
Tutor:	Ing. Jaime Argudo Rodriguez, PhD
Tesistas:	Jean Alexander Reyes Baquerizo - Ricky Leonardo Yagual Gonzalez

1.5%, 2%, 2.5% NAFTALENO



1.5%, 2%, 2.5% POLICARBOXILATO

