



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

TEMA:

**“OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE
HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO A PARTIR DE LA
ADICIÓN DE CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ
COMO PUZOLANA Y SUPERPLASTIFICANTE PARA LA
OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR (ES):

**ALEX ENRIQUE CHOEZ FRANCO
CHRISTIAN RAFAEL ORTIZ PINCAY**

TUTOR:

ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR Ph. D

LA LIBERTAD, ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**“OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE
HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO A PARTIR DE LA
ADICIÓN DE CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO
PUZOLANA Y SUPERPLASTIFICANTE PARA LA OBTENCIÓN
DEL MÓDULO DE ROTURA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES

**CHOEZ FRANCO ALEX ENRIQUE
ORTIZ PINCAY CHRISTIAN RAFAEL**

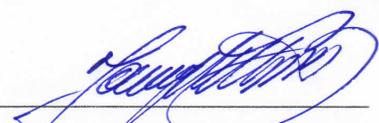
TUTOR:

ING. LUCRECIA MORENO ALCIVAR Ph. D

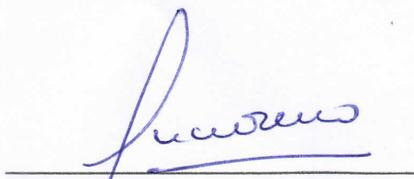
LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



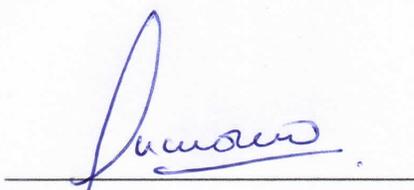
ING. JONNY VILLAO MSc.
DIRECTOR DE CARRERA



ING. LUCRECIA MORENO Ph. D
DOCENTE TUTOR



ING. ALEJANDRO VELIZ Ph. D
DOCENTE ESPECIALISTA



ING. LUCRECIA MORENO Ph. D
SECRETARIA DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

En primera instancia dedico este trabajo a Dios por la fortaleza, la sabiduría, y la dotación de buenas premisas en mi vida personal, estudiantil y profesional, por consiguiente, a mi familia un pilar importante que me brindo apoyo emocional, económico y sobre todo en valores, así mismo dedico este trabajo a cada una de las personas que estuvieron presentes en varios momentos de mi proceso estudiantil, como docentes, amigos, conocidos entre otro.

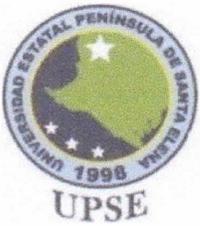
Alex E. Choez F.

DEDICATORIA

Dedicado a Dios Jehová y su hijo Jesucristo quienes guiaron mi camino en el proceso cuando más necesitaba, por otorgarme el razonamiento además de sabiduría para tomar decisiones en el transcurso de mi carrera universitaria y de la vida.

Con entusiasmo dedico a las personas más importantes: mi madre Ercita P., la que me inculco a la motivación del progreso de elegir a ser una persona visionaria, humilde y recia. A mi padre Tomas Rafael O., quien me aconsejo y apoyó en los momentos más difíciles. A mi hijo Frank Jared O., que a pesar de estar pequeño ha sido mi fortaleza e inspiración para seguir adelante. A mi hermana Karina O. por apoyarme incondicionalmente en el proceso y creer en mí siempre, también a mis hermanos Anthony Alonso, Joshue Aroon y Danny Isaac C. para quienes soy ejemplo a seguir.

C. Rafael Ortiz P.



ID: 36056111ab82451c2c45a5866e74cdee8cc3e5e3

La Libertad, 14 de febrero del 2023

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DOCENTE UIC LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR-2022

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “**OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO A PARTIR DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO PUZOLANA Y SUPERPLASTIFICANTE PARA LA OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA**”, elaborado por los estudiantes **CHOEZ FRANCO ALEX ENRIQUE** y **CHRISTIAN RAFAEL ORTIZ PINCAY** con C.I. **0925726333** y **0930432125** respectivamente, egresados 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 de **INGENIERO CIVIL**, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con **2%** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

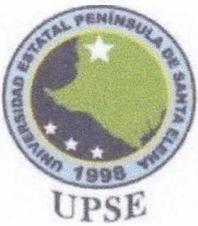
Atentamente,

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

C.I.:0911164127

DOCENTE TUTOR

Archivo. CC.



REPORTE DE SIMILITUD



Tesis Civil Choez-Ortiz HAD

2% Similitudes
2% Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Tesis Civil Choez-Ortiz HAD.docx
ID del documento: 36056111ab82451c2c45a5866e74cdee8cc3e5e3
Tamaño del documento original: 1,2 Mo
Depositante: LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR
Fecha de depósito: 13/2/2023
Tipo de carga: interface
Fecha de fin de análisis: 13/2/2023
Número de palabras: 24.912
Número de caracteres: 166.374

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uta.edu.ec La calidad de los agregados de tres canchales de la ciudad de ... 11 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (71 palabras)
2	1library.co Análisis comparativo de serabilidad de diferentes aditivos superplastifi... 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (57 palabras)
3	Mejora de la tenacidad del hormigón de alta resistencia con la adición de ... 9 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (65 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón ... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (56 palabras)
5	www.dspace.espol.edu.ec Comportamiento de hormigón simple mezclado con ... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (64 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www.dspace.uce.edu.ec 137 palabras	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (137 palabras)
2	doi.org Materials Free Full-Text Integration of Rice Husk Ash as Supplementary ... 35 palabras	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
3	repositorio.utmachala.edu.ec Diseño de hormigones de alta resistencia utilizando ... 42 palabras	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (42 palabras)
4	localhost Características del hormigón preenfriado con hielo triturado y vaciado en ... 32 palabras	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
5	repositorio.ucv.edu.pe 23 palabras	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo 4% (1066 palabras)	4%		Palabras idénticas: 4% (1066 palabras)
2	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo 4% (1066 palabras)	4%		Palabras idénticas: 4% (1066 palabras)
3	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo 2% (569 palabras)	2%		Palabras idénticas: 2% (569 palabras)
4	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo 2% (472 palabras)	2%		Palabras idénticas: 2% (472 palabras)
5	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo 1% (253 palabras)	1%		Palabras idénticas: 1% (253 palabras)
6	Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo < 1% (240 palabras)	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (240 palabras)
7	repositorio.upse.edu.ec Implementación de Nanoslice para mejorar las propiedades... 179 palabras	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (179 palabras)

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
8	 repositorio.espam.edu.ec Evaluación del uso de los Residuos de cascarilla de arroz... http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/8077/1/1MA3.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (118 palabras)
9	 repositorio.upse.edu.ec Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón co... http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2272/6/UPSE-TIC-2015-006.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (126 palabras)
10	 www.dspace.uce.edu.ec Repositorio Digital: Diseño de hormigón de alto desempeñ... http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22710?mode=full	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (131 palabras)
11	 www.dspace.uce.edu.ec Repositorio Digital: Diseño de hormigón de alto desempeñ... http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22710	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (132 palabras)
12	 1library.co Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de p... https://1library.co/document/qgmbm54q-estudio-resistencia-compresion-hormigon-obtenida-a-calciaci	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (125 palabras)
13	 repositorio.upse.edu.ec Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena: ... https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2272?locale=en	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (101 palabras)
14	 repositorio.upse.edu.ec Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena: ... https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2272	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (101 palabras)
15	 repository.ucc.edu.co https://repositorio.ucc.edu.co/bitstream/20500/12494/32902/3/2020_Bloques_Suelo_Cemento.pdf#...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (76 palabras)
16	 www.dspace.espol.edu.ec Control de calidad en obra para hormigones de alto des... http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5278/4/Tesis_Graduacion_ESPOL_NGa.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (67 palabras)
17	 repositorio.espam.edu.ec Aprovechamiento de la cascarilla de arroz y plástico pet... http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/5997/1/1MA119.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (62 palabras)
18	 ve.scielo.org Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso ag... http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50798-40652008000400006&lng=es&nrm=iso&ting=es	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (73 palabras)
19	 www.scielo.org.co CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON SÍLICE OBTENIDA DE... http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50124-51702017000100006	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (58 palabras)
20	 repositorio.espe.edu.ec Dosisación de un hormigón para una resistencia de f'c = ... http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26080/5/4_ESPE_044826.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (70 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes

-  http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=50798-40652008000400006&lng=es&nrm=iso&ting=es
-  <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.292>
-  <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5069938&info=resumen&idioma=SPA>
-  <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-las-fuerzas-armadas-de-ecuador/metodologia-de-la-investigacion/bernal-cesar-a-metodologia-de-la-investigac...>
-  <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15424>

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **CHOEZ FRANCO ALEX ENRIQUE** y **ORTIZ PINCAY CHRISTIAN RAFEL**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO A PARTIR DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO PUZOLANA Y SUPERPLASTIFICANTE PARA LA OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA**”, 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 nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos 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,



CHOEZ FRANCO ALEX ENRIQUE

C.I. 0925726333



ORTIZ PINCAY CHRISTIAN RAFAEL

C.I. 0930432125

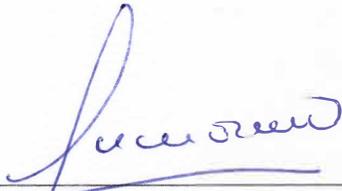
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO A PARTIR DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO PUZOLANA Y SUPERPLASTIFICANTE PARA LA OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA**” previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por los Sres. **CHOEZ FRANCO ALEX ENRIQUE** y **ORTIZ PINCAY CHRISTIAN RAFAEL**, egresados de la Carrera de Ingeniería Civil, de la 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.



ING. LUCRECIA MORENO ALCÍVAR, PhD.
DOCENTE TUTOR

Lcdo. Dennys Mauricio Panchana Yagual, Mgtr.

Celular: 0939211033

Correo: dennys.panchana@educacion.gob.ec

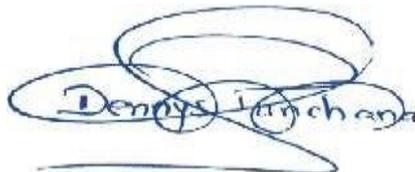
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

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 **“OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO A PARTIR DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO PUZOLANA Y SUPERPLASTIFICANTE PARA LA OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA”** de los estudiantes: **CHOEZ FRANCO ALEX ENRIQUE** y **ORTIZ PINCAY CHRISTIAN RAFAEL**.

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, 07 de febrero 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

Agradezco de antemano a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por abrir las puertas a estudiantes con ganas de superarse, a mis docentes y colegas, quienes han sido promotores de nuevos y buenos conocimientos, sin duda es inevitable agradecer también a Dios el impulsor de nuevos días y por tener el privilegio de estar aquí este día, a mi familia indudablemente por estar presentes en cada etapa y a todos mis allegados por confiar en mi capacidad de evolución constante.

Alex E. Choez F.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme la vida además de todo lo que necesito, permitir culminar esta etapa universitaria logrando una meta más, el objetivo es ser un buen profesional.

A mi madre Ercita Pincay quien apostó esa confianza en mí, siendo mi pilar oportuno levantando mi moral en los peores momentos de mi vida, además supo sostener el hogar y me brindó la facilidad económica en mi etapa universitaria.

A mi padre Tomas Rafael Ortiz por ser parte de mi personalidad, por inculcar buenos valores en mí, por aportar en mi carrera universitaria.

A mi hermana Ing. Karina Ortiz quien me brinda su apoyo incondicional, a pesar de ser mi hermana menor es mi guía y mi ejemplo a seguir.

A la PhD. Lucrecia Moreno como docente y tutora, quien creyó en nosotros y decidió compartir esta última etapa, compartiendo sus conocimientos en este trabajo investigativo y experimental. Gracias por sus orientaciones

A mis Abuelos Félix Pincay y María Pilar Sánchez, quienes supieron lidiar conmigo en todo momento desde mi infancia hasta ahora, gracias por sus consejos de vida.

A la Sra. Jenny Avalos por cuidar de mi hijo Frank Jared Ortiz. Y al Sr. Franklin Maldonado por su confianza y amistad, mil gracias por abrir las puertas de su hogar a este humilde servidor.

A mi amigo, colega y compañero de tesis Alex Choez, quien supo aceptar y comprender mi situación, quien permaneció en la lucha al final logramos la meta, Dios tiene grandes propósitos en tu vida.

C. Rafael Ortiz P.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	i
DEDICATORIA	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	viii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA	ix
AGRADECIMIENTOS	x
TABLA DE CONTENIDO.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
LISTA DE TABLAS.....	xix
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2 ANTEDECENTES	5
1.3 HIPÓTESIS.....	9
1.3.1 <i>Hipótesis General.</i>	9
1.3.2 <i>Hipótesis Específicas.</i>	9
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 <i>Objetivo General.</i>	10
1.4.2 <i>Objetivos Específicos.</i>	10
<i>OE.1</i>	10
<i>OE.2</i>	10
<i>OE.3</i>	10
<i>OE.4</i>	10
1.5 ALCANCE.....	11
1.6 VARIABLES	11
1.6.1 <i>Variables Dependientes.</i>	11

1.6.2	<i>Variables Independientes</i>	11
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		12
2.1	CONCRETO	12
2.1.1	<i>Tipos de Concreto</i>	12
2.2	MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO	14
2.2.1	<i>Cemento</i>	14
2.2.2	<i>Cemento Portland por desempeño</i>	14
2.2.3	<i>Cemento portland con incorporación de aire</i>	15
2.2.4	<i>Cemento portland blanco</i>	16
2.2.5	<i>Cemento portland puzolánico</i>	16
2.3	AGREGADOS	17
2.3.1	<i>Agregados finos</i>	17
2.3.2	<i>Agregados gruesos</i>	17
2.3.3	<i>Aditivos</i>	18
2.4	CASCARILLA DE ARROZ.....	20
2.4.1	<i>Composición química de la puzolana obtenida de la incineración de la cascarilla de arroz</i>	22
CAPITULO III: METODOLOGÍA		24
3.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	24
3.1.1	<i>Tipo</i>	24
3.1.2	<i>Nivel</i>	24
3.2	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.2.1	<i>Método</i>	25
3.2.2	<i>Enfoque</i>	25
3.2.3	<i>Diseño</i>	26
3.3	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTRO.....	26
3.3.1	<i>Población</i>	26
3.3.2	<i>Muestra</i>	27
3.3.3	<i>Muestreo</i>	27
3.4	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	28
3.5	ENSAYOS Y NORMAS APLICADOS PARA LOS MATERIALES. ...	28

3.5.1	<i>Finura de la CCA.....</i>	28
3.5.2	<i>Densidad de la CCA.....</i>	29
3.5.3	<i>Granulometría.....</i>	29
3.5.4	<i>Abrasión.....</i>	30
3.5.5	<i>Porcentaje del material más fino de 75 μm mediante lavado (No. 200).</i>	31
3.5.6	<i>Contenido de humedad.</i>	31
3.5.7	<i>Densidad Óptima, Densidad Relativa en Estado Saturado (Gravedad Específica SSS) y Absorción.....</i>	32
3.5.8	<i>Revenimiento o slump.</i>	39
3.6	METODOLOGÍA DEL OE. 1: DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO APLICANDO EL MÉTODO ACI 211.4R-08.....	40
3.6.1	<i>Resistencia promedio requerida.</i>	40
3.6.2	<i>Selección de la relación agua/material cementicio (a/mc).....</i>	41
3.6.3	<i>Selección Revenimiento o slump.....</i>	42
3.6.4	<i>Selección del tamaño máximo del agregado grueso.....</i>	43
3.6.5	<i>Módulo de finura de agregado fino y selección del volúmen de agregado grueso por módulo de finura del agregado fino.</i>	43
3.6.6	<i>Contenido óptimo del agregado grueso.....</i>	44
3.6.7	<i>Determinación de la cantidad de agua y contenido de aire.</i>	45
3.6.8	<i>Determinación de la cantidad de cemento o material cementicio... 46</i>	
3.6.9	<i>Determinación de la cantidad de agregado fino.</i>	46
3.6.10	<i>Corrección por humedad de materiales para elaborar hormigón. 46</i>	
3.7	METODOLOGÍA DEL OE. 2: DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN + CCA APLICADO POR EL MÉTODO ACI211.4R-08.....	47
3.8	METODOLOGÍA DEL OE. 3: DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN + CCA + ADITIVO SUPERPLASTIFICANE (ASP) APLICADO POR EL MÉTODO ACI211.4R-08.....	50
3.9	METODOLOGÍA DEL OE. 4: ANÁLISIS COMPARATIVO	52
3.9.1	<i>Hormigones de alta resistencia.</i>	52
3.9.2	<i>Hormigones de alta resistencia + CCA.....</i>	52

3.9.3	<i>Hormigones de alta resistencia + CCA + Aditivo superplastificante.</i>	53
.....		
CAPITULO IV:	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
4.1	RESULTADOS OBJETIVO I. CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.....	54
4.1.1	<i>Diseño de la mezcla patrón.....</i>	56
4.2	RESULTADOS OBJETIVO II. DISEÑO DE MEZCLA CON REEMPLAZO PARCIAL DE CEMENTO POR CCA.....	57
4.2.1	<i>Resultados de roturas de probetas de hormigón ensayadas a compresión.</i>	58
4.3	RESULTADOS OBJETIVO III: DISEÑO OPTIMIZADO DE MEZCLA CON REEMPLAZO PARCIAL DE 5% DE CCA Y 0.5% DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE POLICARBOXILATO (ASP)	59
4.3.1	<i>Propiedades del concreto en estado fresco mezcla patrón y mezcla optimizada.....</i>	60
4.3.2	<i>Densidades promedio de probetas de hormigón endurecido.</i>	61
4.3.3	<i>Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión.</i>	61
4.3.4	<i>Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 5% CCA.....</i>	63
4.3.5	<i>Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 5% CCA y 0.5% aditivo superplastificante (policarboxilatos).....</i>	64
4.3.6	<i>Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo 5% CCA y 0.75% aditivo superplastificante (policarboxilatos).</i>	66
.....		
4.3.7	<i>Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo 5% CCA y 1% aditivo superplastificante (policarboxilatos).</i>	67
.....		
4.3.8	<i>Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo 5% CCA y 1.5% aditivo superplastificante (policarboxilatos).....</i>	69

4.3.9	<i>Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo 5% CCA y 2% aditivo superplastificante (policarboxilatos).</i>	70
4.4	RESULTADOS OBJETIVO IV: ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIAS ENTRE LOS HORMIGONES ELABORADOS	72
4.4.1	<i>Compilado comparativo de resistencias a compresión de hormigones elaborados.</i>	72
4.4.2	<i>Resultados de roturas de vigas ensayadas a flexión en tres puntos de los diferentes hormigones elaborados.</i>	74
4.5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1	CONCLUSIONES	77
5.2	RECOMENDACIONES	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
	ANEXOS	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Gráfica 1 <i>Curva granulométrica del agregado grueso</i>	55
Gráfica 2 <i>Curva granulométrica del agregado fino</i>	56
Gráfica 3 <i>Resistencias alcanzadas por el hormigón con varios porcentajes de CCA como reemplazo del cemento GU.</i>	58
Gráfica 4 <i>Curva de Resistencias a compresión vs edad de probetas de hormigón $f'c$ 450 kg/cm² con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento GU por CCA</i>	59
Gráfica 5 <i>Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra patrón</i> ..	62
Gráfica 6 <i>Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra patrón</i> ..	62
Gráfica 7 <i>Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5%CCA</i>	63
Gráfica 8 <i>Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón $f'c$ 450 kg/cm²</i>	64
Gráfica 9 <i>Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.5%</i>	65
Gráfica 10 <i>Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.5%</i>	65
Gráfica 11 <i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-10-0.75%</i>	66
Gráfica 12 <i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.75%</i>	67
Gráfica 13 <i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-10-1%</i> ..	68
Gráfica 14 <i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1%</i>	68
Gráfica 15 <i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1.5%</i> ..	69
Gráfica 16 <i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1.5%</i> ..	70
Gráfica 17 <i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-2%</i>	71
Gráfica 18 <i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-2%</i>	71
Gráfica 19 <i>Comparativa de resistencias promedios de las diferentes mezclas de hormigón elaboradas.</i>	72

Gráfica 20 *Curvas de resistencia vs edad de los diferentes hormigones elaborados*
.....73

Gráfica 21 *Módulos de rotura promedio de vigas ensayadas a 28 días*.....74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Porcentajes de volumen de una mezcla de concreto normal</i>	12
Tabla 2 <i>Proporciones usuales de materiales en concretos de diferente resistencia.</i>	13
Tabla 3 <i>Relación aproximada entre la resistencia del concreto producida por los diferentes tipos de cemento</i>	16
Tabla 4 <i>Producciones provinciales significativas de arroz en Ecuador, 2012-2017</i>	21
Tabla 5 <i>Composición química de la cascarilla y la ceniza de arroz.</i>	23
Tabla 6 <i>Porcentaje de material más fino 75 μm (No. 200)</i>	31
Tabla 7 <i>Capacidad de los moldes</i>	32
Tabla 8 <i>Valores máximos recomendados para relación a / mc según ACI 211.4R-08</i>	41
Tabla 9 <i>Revenimientos recomendados para hormigones con y sin superplastificante</i>	42
Tabla 10 <i>Selección del tamaño máximo de agregado grueso</i>	43
Tabla 11 <i>Selección de volumen de agregado grueso</i>	44
Tabla 12 <i>Selección de la cantidad de agua de mezclado</i>	45
Tabla 13 <i>Valores máximos recomendados para relación a / mc según ACI 211.4R-08</i>	51
Tabla 14 <i>Granulometría del agregado grueso Norma (NTE-INEN-696-2009 - ASTM C136-06)</i>	54
Tabla 15 <i>Granulometría del agregado fino Norma (NTE-INEN-696-2009 - ASTM C136-06)</i>	55
Tabla 16 <i>Datos obtenidos a partir de los ensayos de los agregados fino y grueso</i> ..	56
Tabla 17 <i>Proporciones de materiales para 1m³ de hormigón</i>	57
Tabla 18 <i>Proporciones de materiales en kg para fundir probetas de hormigón</i>	57
Tabla 19 <i>Resistencias a compresión alcanzadas por los hormigones ensayados</i>	58
Tabla 20 <i>Proporciones optimizadas de materiales para fundir probetas adición CCA y ASP</i>	60

Tabla 21	<i>Propiedades físicas del concreto fresco.....</i>	60
Tabla 22	<i>Densidades de los tipos hormigones en estado endurecido.....</i>	61
Tabla 23	<i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra patrón.....</i>	61
Tabla 24	<i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5%CCA... </i>	63
Tabla 25	<i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.5%</i>	64
Tabla 26	<i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.75% ..</i>	66
Tabla 27	<i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1%</i>	67
Tabla 28	<i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1.5%</i>	69
Tabla 29	<i>Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-2%</i>	70
Tabla 30	<i>Módulos de roturas obtenidos mediante ensayo a flexión de vigas de hormigón</i>	74
Tabla 31	<i>Correlación de resistencias a compresión simple y resistencias a flexión</i>	75
Tabla 32	<i>Análisis de Precios Unitarios por Metro Cúbico de Hormigón (m³).....</i>	75

“OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO A PARTIR DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO PUZOLANA Y SUPERPLASTIFICANTE PARA LA OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA”

Autor(es): CHOEZ FRANCO ALEX
ORTIZ PINCAY CHRISTIAN

Tutor: ING. MORENO ALCIVAR LUCRECIA

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de optimizar el diseño de una mezcla de hormigón con adición de la ceniza proveniente de la calcinación de la cascarilla de arroz como puzolana y aditivo superplastificante ensayadas a flexión, para lo cual se aplicó una metodología basada en investigación de laboratorio con un diseño experimental que recoge como muestra el análisis comparativo de las resistencias a compresión y flexión de probetas de hormigón en periodos de tiempo de 3,7,14 y 28 días para compresión y 28 días para flexión, que fueron realizados a partir de ensayos de roturas a compresión utilizando como instrumento de evaluación las propiedades, físicas y mecánicas de los agregados. Los resultados evidencian que existe un hormigón identificado con el mejor módulo de rotura encontrado entre promedio de 5.81 -5.83 consintiendo que el primer caso establece una mezcla con adición de 0.5% de superplastificante y el segundo caso con 2% de aditivo, presentado los resultados esperados, en consecuencia, se concluye que para la obtención de un hormigón de alto desempeño se requiere de dosificaciones exactas, cumpliendo parámetros de selección de materiales de acuerdo a normas preestablecidas.

PALABRAS CLAVE: *concreto de alto desempeño, puzolana, cascarilla de arroz, superplastificante, compresión, módulo de rotura.*

**“OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF A HIGH PERFORMANCE
CONCRETE MIXTURE FROM THE ADDITION OF RICE HUSK ASH AS A
POZZOLAN AND SUPERPLASTICISER TO OBTAIN THE MODULE OF
RUPTURE”**

Autor: CHOEZ FRANCO ALEX

ORTIZ PINCAY CHRISTIAN

Tutor: ING. MORENO ALCIVAR LUCRECIA

ABSTRACT

The present work was carried out with the objective of optimizing the design of a concrete mix with the addition of ash from the calcination of rice husks as pozzolan and superplasticizer additive tested in flexion, for which a research-based methodology was applied. laboratory with an experimental design that includes as a sample the comparative analysis of the resistance to compression and flexion of concrete specimens in periods of time of 3,7,14 and 28 days for compression and 28 days for flexion, which were carried out from compression fracture tests using the physical and mechanical properties of the aggregates as an evaluation instrument. The results show that there is a concrete identified with the best modulus of rupture found between an average of 5.81 -5.83, agreeing that the first case establishes a mixture with the addition of 0.5% superplasticizer and the second case with 2% additive, presenting the expected results. Consequently, it is concluded that in order to obtain high-performance concrete, exact dosages are required, complying with material selection parameters according to pre-established standards.

KEYWORDS: *high performance concrete, pozzolan, rice husk, superplasticizer, compression, modulus of rupture.*

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se sustenta en procesos de laboratorios con los que se busca encontrar la dosificación óptima de una mezcla de hormigón de alto desempeño, partiendo de una mezcla de hormigón con adiciones de ceniza de cascarilla de arroz usada como puzolana en reemplazos porcentuales del peso total del cemento, dando el uso a esta ceniza como material eco amigable en la elaboración del concreto.

Porrero et al. (2014), indican que el concreto, tal como se lo conoce en el presente, tuvo sus principios en la segunda mitad del siglo XVIII, con las investigaciones sobre cales, de John Smeaton y Joseph L. Vicat. A principios del siglo XIX se desarrolla el cemento portland y, a comienzos del siglo XX, se analizan e implanta la mayor parte de las relaciones que rigen el comportamiento de este material.

Los autores mencionados con anterioridad afirman que la evolución del concreto es permanente, puesto que ha logrado adelantos tecnológicos importantes. Por mencionar varios ejemplos tales como: el concreto precomprimido, el uso de los aditivos, los de exigente comportamiento, el concreto liviano, los concretos ultrarresistentes y otros. De la misma manera señalan que en épocas de los romanos estos personajes usaron con gran éxito cementos puzolánicos, los mismo que son variante de una mezcla de cal y material volcánico, por tanto, reaccionan entre sí y con el agua, generando productos de cierta manera similares a los componentes hidratados de cementos actuales.

Huaquisto Cáceres y Belizario Quispe, (2018) indican que el concreto es el material habitualmente más usado, o convencional y se origina a partir de la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, que lo lleva a ser el material de mayor importancia para la construcción de todo tipo de obras civiles, en consecuencia, su dosificación se requiere el uso de adiciones de distinta naturaleza, de manera que se tenga un concreto de mayor calidad.

El área de la construcción y la ingeniería civil con el pasar del tiempo ha tenido la necesidad de buscar e innovar en nuevos materiales que sirvan para la construcción de estructuras, con el afán de lograr mejorar las propiedades físicas mecánicas del hormigón, por lo que se han planteado varias hipótesis para la utilización de materias primas que con un debido estudio y proceso son incluidas como parte de mezclas o materiales constructivos.

La obtención de puzolanas a partir de la incineración de residuos de plantas monocotiledóneas tales como el maíz (hojas), el trigo y el arroz (cascarilla), han tomado gran interés, puesto que gracias a estudios realizados previamente se ha podido comprobar que estos tipos de puzolanas junto al cemento pueden mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón y sobre todo constituyen una de las experiencias más alentadoras en la búsqueda de sustitutos puzolánicos más económicos del cemento (Águila y Sosa, 2008).

Tobar y Quijije (2017) indican que, la producción de arroz se encuentra alrededor de 820.000 toneladas anuales, de las cuales unas 630000 se destinan para el consumo interno. Siendo indispensable señalar que la cascarilla de arroz viene siendo un desecho agroindustrial de este producto que constituye aproximadamente el 20 % de la producción del arroz (Fuentes et al., 2015; Cataño et al., 2021).

La cascarilla de arroz como material innovador para el uso en la industria de la construcción tiene propiedades físicas y químicas que son de interés, en especial por su baja densidad, alta dureza, su escasa conductividad térmica, y su contenido de celulosa y lignina, que ayudan a modificar propiedades y características finales del concreto u hormigón al ser usados como material cementante suplementario (Vargas et al., 2013).

Desde el punto de vista de (Thiedeitz et al., 2020); los materiales cementantes suplementarios (SCM) pueden reducir la cantidad total de clínker de cemento Portland en la producción de concreto. Las cenizas de cáscara de arroz (CCA) se pueden convertir de un subproducto agrícola a un componente de hormigón de alto rendimiento

debido a una gran cantidad de sílice reactiva con propiedades puzolánicas si se queman en condiciones controladas.

Debido a lo precedido con anterioridad la presente investigación propone la utilización de puzolana obtenidas de las CCA, la misma que se empleará como suplemento del cemento para evaluar las resistencias a la compresión, flexión de mezclas de concreto que tendrán CCA como sustituto parcial en porcentaje del cemento.

El Capítulo I abarca la problemática, antecedentes, hipótesis, objetivos, alcance y variables de la investigación, en tanto, en el Capítulo II se puntualizan las bases teóricas conceptuales en las que se sustenta este estudio, es decir todo lo concerniente al hormigón, sus componentes, nuevos materiales empleados y adiciones utilizadas. En el Capítulo III se precisa la guía metodológica empleada para realizar esta investigación, en el Capítulo IV se muestran los resultados y la discusión de lo estudiado, y, por último, el Capítulo V expone las conclusiones y recomendaciones de la indagación realizada.

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación se considera la utilización de residuos provenientes de cultivos de arroz (ceniza de cascarilla), como material puzolánico cementante para la elaboración de hormigones esto como posible solución a la problemática que genera la contaminación ambiental en el proceso de elaboración del clínker de cemento y los desechos de la producción de arroz, específicamente la cascarilla de arroz tanto en estado natural como el producto de la quema de esta es decir la ceniza de cascarilla de arroz. Cabe especificar que este trabajo se realizó con ceniza de cascarilla de arroz con quema no controlada.

La producción y la construcción de hormigón contribuyen de muchas maneras a las emisiones globales de carbono y, por lo tanto, al cambio climático. Sin prestar atención a otros efectos ambientales como el uso de la tierra, cada tonelada de cemento emite alrededor de 866 kg de CO₂ debido a la descomposición del carbonato de calcio

en óxido de calcio, además del consumo de alrededor del 14% de la energía total es decir cerca de 3,4 GJ por cada tonelada durante el procesamiento y la molienda. Por lo tanto, la producción de cemento representa entre el 5% y el 8% del total de las emisiones antropogénicas mundiales de dióxido de carbono (Alnahhal et al., 2018; Thiedeitz et al., 2020; Rúa-Suárez et al., 2022)

De acuerdo con: Anderson y Tanta (2020), indican que la industria de la construcción es uno de los sectores más importantes que influye en la dinámica de una nación. Sin embargo, la producción desmesurada de los materiales que se lleva a cabo trae consigo gran emisión de contaminantes y consumo de energías. Esto se debe a que, para la producción de los materiales tradicionales de construcción es necesario que distintas materias primas pasen por procesos de calentamiento, molienda, cocción y más procesos de transformación antes de obtener un producto útil para ser utilizado en la construcción.

Por otra parte, la cascarilla de arroz es un residuo que se produce durante el proceso de pilado de este producto agrícola que contribuye aproximadamente entre el 20 % y el 23 % del peso total del grano, lo que implica que se generan más de 150 millones de toneladas al año. Desafortunadamente, alrededor del 83 % de esta cantidad se desecha como desecho que daña el agua, el suelo y el medio ambiente en general (Hasan et al., 2022).

Según, Cataño et al. (2021), la eliminación inadecuada de los residuos de cascarilla de arroz tiene efectos nocivos sobre el medio ambiente, como la contaminación de la tierra y de las fuentes hídricas, lo cual, a su vez tiene a largo plazo afectación sobre la salud humana. Por lo tanto, las alternativas de utilización de la cascarilla de arroz permitirían su valorización en productos de alto valor agregado.

Este trabajo de investigación se apoya en el Objetivo 13 de la agenda 2030 del Desarrollo Sostenible de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “Acción por el Clima”, el cual hace referencia a que el hombre por sus acciones es el causante de las emisiones de los gases de efecto invernadero, además de

su aumento desmesurado a niveles sin precedentes. Es por aquello que la optimización de una mezcla de hormigón de alto desempeño a partir de la ceniza de la cascarilla de arroz es un aporte significativo al cuidado medio ambiental puesto que nos da la pauta de las medidas a implementar para combatir el cambio climático y los efectos de este.

Este proyecto también se acoge al Objetivo 9 de la agenda 2030 del Desarrollo Sostenible de la CEPAL, “Industria, Innovación e Infraestructura”, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, manejando los recursos con mayor eficacia y originando la adopción de tecnologías y métodos industriales limpios y ambientalmente razonados, y consiguiendo que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas, lo que ayudará a que las emisiones de CO₂ sean considerablemente pequeñas.

Por consiguiente, la formulación del problema establece: ¿cómo influye el diseño de hormigón con adición de la ceniza proveniente de la calcinación de la cascarilla de arroz y superplastificante a la resistencia a flexión?, ¿De qué manera influye en el diseño de mezclas la determinación de las propiedades físicas mecánicas de los agregados constituyentes del hormigón ?, ¿de qué manera aporta el diseño de mezclas con ceniza de cascarilla de arroz y superplastificante a la resistencia del hormigón?, ¿ de qué manera interviene el análisis comparativo de las resistencias a flexión de los hormigones diseñados?

1.2 ANTECEDENTES

Lo expuesto por: Calizaya López et al. (2020), indican que los antecedentes deben incluir los aspectos que contextualizan la investigación, y que permitan conocer los avances realizados en anteriores investigaciones y situar el problema en el presente. Además, permiten establecer una guía de trabajo con respecto a las técnicas metodológicas y la información suministrada, es así que la investigación se sustenta en trabajos realizados en varios ámbitos geográficos, es decir: el ámbito internacional, nacional y local es por eso que este trabajo se sustenta en los siguientes:

En el ámbito internacional se cita el estudio realizado por: Ferreira dos Santos et al. (2020), establecido en el “Análisis experimental de la influencia de la ceniza de cascarilla de arroz sin quema controlada como adición mineral al hormigón”; cuyo objetivo consistió: en evaluar la trabajabilidad de mezclas de morteros y hormigones con reemplazo porcentual de cemento en peso por la CCA, la metodología se basó en la realización de ensayos de caracterización de la CCA y los agregados constituyentes del hormigón. Los resultados que obtuvieron indican que la CCA sin quema controlada presento bajo porcentaje puzolánico, ya que la resistencia obtenida estuvo por debajo de la resistencia característica del hormigón de referencia, por lo descrito antes ellos concluyeron: que la adición más favorable de CCA sin control de combustión fue mediante la sustitución del 10% del cemento por CCA y registraron una resistencia a compresión de 10,2 MPa en mezcla convencional y $f'c$ 17.6 Mpa en la mezcla con sustitución del 10%; en este resultado se reflejó un incremento del 72,55%.

La investigación toma como guía el estudio realizado por: Hasan et al. (2022), Establecido en “Integración de Ceniza de Cáscara de Arroz como Material Cementoso Suplementario en la Producción de Concreto Sostenible de Alta Resistencia”; Esta investigación se realizó, para determinar la influencia de diferentes concentraciones de CCA en las propiedades mecánicas y en estado fresco del hormigón de alta resistencia. Se empleó CCA para reemplazar parcialmente el cemento al 5%, 10%, 15% y 20% en peso. Se determinaron las propiedades frescas, como el asentamiento, el factor de compactación, la densidad y la absorción superficial. Además, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción por división y la resistencia a la flexión, se evaluaron después de 7, 28 y 60 días. Los resultados mostraron que la incorporación de CCA redujo la trabajabilidad de las mezclas frescas, al tiempo que mejora su resistencia a la compresión, al agrietamiento y a la flexión hasta en un 7,16 %, 7,03 % y 3,82 %, respectivamente. Además, concluyeron que la incorporación del 10% de CCA proporciona la mayor resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión, con una mejor absorción de la superficie inicial y evaluación microestructural y mayores eficiencias de resistencia ecológica.

En el ámbito nacional se toma como referencia lo expuesto por: Coque y Lechon. (2021); “Diseño de hormigón de alto desempeño tipo I con y sin adición de cenizas de cascarilla y paja de trigo”. Cuyo objetivo fue: Diseñar un hormigón de alto desempeño tipo I, fabricado con y sin el uso de cenizas de cascarilla y paja de trigo para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón. Para lo cual se diseñó un hormigón de alto desempeño con sustitución parcial de cenizas de cascarilla y paja de trigo al (2,5%- 5%) en el cemento, sin perder sus características de resistencia a compresión simple, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad, y resistencia a la flexión con el módulo de rotura. Los resultados demostraron que, en comparación de los hormigones de alto desempeño sin sustitución, se observó que con la sustitución al 2.5% de ceniza de cascarilla de trigo presentan mejores resultados en resistencia a la compresión, debido a su aumento en un 8,32%, a su vez con la sustitución de 5,0% de ceniza de paja de trigo, presentan mejoras en la resistencia a la flexión debido a un incremento del 22 %. Por lo expuesto concluyen que: el 2,5% de sustitución de cenizas de cascarilla de trigo y el 5% de cenizas de paja de trigo, presentan mejores resultados en diferentes propiedades mecánicas del hormigón, en comparación de los valores obtenidos en el diseño de mezcla patrón del hormigón de alto desempeño tipo I.

De la misma forma se cita el trabajo presentado por Pazmiño Tipanluisa. (2014) titulado: “Hormigones de alta Resistencia ($f'_c=44$ MPa) utilizando agregados del sector de Guayllabamba y cemento campeón especial – Lafarge.”, cuyo objetivo consistió en: la obtención de hormigones de altas resistencias iniciales y finales con el uso de materiales pétreos del sector Guayllabamba y cemento HE, siguiendo los procesos descritos en la norma ACI 211- 4R, la metodología ejecutada por el autor en mención fue experimental ya que realizó diseños de las mezclas de hormigón en laboratorio, para una resistencia requerida (f'_{cr}), que en el caso de este estudio fue de 56,54 Mpa, los resultados obtenidos por el autor luego de realizados los ensayos de compresión simple fueron considerados como satisfactorios puesto que obtuvo resistencias a la compresión promedio de 65,82, a los 28 días, lo que corresponde aproximadamente al 116% de la resistencia requerida. Por todo lo mencionado con anterioridad el concluye que llevando el debido proceso de selección de materiales y siguiendo la norma del ACI 211-4R se puede conseguir hormigones que incluso sobrepasen la fuerza de compresión promedio.

En el ámbito local si bien no se ha realizado un estudio que indique sobre la utilización de ceniza de la cascarilla de arroz en hormigones de alto desempeño, citaremos el trabajo de investigación presentado por Orrala Yagual y Gómez Suárez. (2015); “Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de puzolana obtenida de la calcinación de residuos del cultivo de maíz producido en la provincia de Santa Elena”; El cual consistió en evaluar el uso de mezclas de hormigón con contenido de cenizas conseguidas luego de la calcinación de los residuos de las plantaciones de maíz como puzolanas artificiales, para ser usadas como sustituto parcial del cemento Portland en porcentajes del 5%, 10% y 15%, con relación del peso del cemento, las mismas que fueron diseñadas a partir de una mezcla patrón con una resistencia característica de 280 kg/cm². La metodología aplicada consistió en la determinación de las propiedades de la ceniza según la norma ecuatoriana NTE INEN 494-81 en una primera fase. Mientras que la segunda fase estuvo sujeta al diseño, elaboración de mezclas, determinación sus propiedades físicas y mecánicas con ensayos de resistencia a compresión de probetas normalizadas de 10 cm de diámetro a los 3, 7, 14 y 28 días según la Norma NTE INEN 1576-11 y NTE INEN 1573-10, los resultados obtenidos en esta investigación definen que la dosis óptima de reemplazo de ceniza es del 10% además que la ceniza obtenida con una quema a 600 °C tiene mejores características al ser incluida en el hormigón ya que con esta obtuvieron el 21,26% de incremento en la resistencia a compresión con respecto a la muestra patrón, por lo que ellos concluyeron que a pesar que la ceniza que ellos obtuvieron conto con un bajo índice de actividad puzolánica es posible usar este tipo de cenizas para obtener hormigones con mejores propiedades de resistencias.

Además, se ha tomará en consideración el trabajo realizado por Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo. (2020); “Análisis comparativo de sensibilidad de diferentes aditivos superplastificantes en el hormigón”; el cual se basa en analizar la sensibilidad de los aditivos superplastificantes en el hormigón, esta investigación conto con una metodología basada en pruebas de laboratorio para la elaboración de probetas de hormigón que se elaboraron con aditivos de diferentes marcas comerciales y componentes químicos adicionadas en diferentes proporciones a una mezcla patrón con una resistencia de diseño de 280 kg/cm², la cual fue ensayada en estado fresco como

en estado endurecido, los resultados obtenidos por los autores demuestran que la mezcla B con aditivo a base de naftaleno en una dosis del 0.7% es el más apto ya que tuvo un aumento del 21.8% de resistencia promedio a los 90 días en comparación con la muestra patrón, por lo que concluyen que teniendo una buena gradación de los agregados fino y grueso es posible conseguir una dosificación óptima para la elaboración de hormigones, además luego que realizaran su análisis de costos resistencia deducen la mezcla B es más eficiente que las demás mezclas elaboradas.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis General.

La optimización del diseño de un hormigón con adición de ceniza proveniente de la calcinación de la cascarilla de arroz y un aditivo superplastificante permitirá obtener mejores resistencias a flexión.

1.3.2 Hipótesis Específicas.

HE.1. La determinación de las propiedades físico-mecánicas de los agregados constituyentes del hormigón admitirán identificar las proporciones correctas de agregados para el diseño a ser realizado.

HE.2. La realización del diseño de hormigones con cenizas de cascarilla de arroz nos permitirá determinar las propiedades físico-mecánicas en estado fresco y endurecido del hormigón de este tipo de hormigón.

HE.3. La realización del diseño de hormigones con cenizas de cascarilla de arroz y superplastificante permitirá obtener un análisis comparativo de las resistencias a flexión de los hormigones elaborados.

HE.4. El análisis comparativo de las resistencias a flexión de los hormigones elaborados permitirá determinar la mayor resistencia

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General.

Optimizar el diseño de una mezcla de hormigón con adición de la ceniza proveniente de la calcinación de la cascarilla de arroz como puzolana y aditivo superplastificante (policarboxilatos), ensayada a flexión.

1.4.2 Objetivos Específicos.

OE.1 Determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados del hormigón, mediante la realización de ensayos de laboratorios para encontrar la correcta proporción de materiales para el diseño de hormigón.

OE.2 Realizar el diseño de hormigones con reemplazo parcial del cemento por ceniza de cascarilla de arroz, partiendo del diseño de mezcla patrón para determinar sus propiedades físico-mecánicas en estado fresco y endurecido.

OE.3 Realizar el diseño de hormigones con reemplazo parcial del cemento por ceniza de cascarilla de arroz y superplastificante, a partir del diseño de mezcla con reemplazo parcial del cemento por ceniza de cascarilla de arroz, para determinar sus propiedades físico-mecánicas en estado fresco y endurecido.

OE.4 Realizar el análisis de los diseños establecidos mediante un comparativo de resistencias para determinar el mejor resultado de diseño de hormigón a flexión y compresión.

1.5 ALCANCE

Este trabajo de investigación está destinado al diseño de hormigones elaborados a base de adiciones porcentuales de cenizas de la cascarilla del arroz como reemplazo parcial al cemento tradicional, el análisis comparativo de la calidad con un diseño a partir de ceniza de la cascarilla de arroz más superplastificante para luego ser ensayadas a compresión y flexión.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variables Dependientes.

Análisis comparativo de la Resistencia a compresión y flexión de los hormigones elaborados.

1.6.2 Variables Independientes.

Diseño de hormigón con agregado grueso piedra caliza, agregado fino de la cantera el Triunfo y cemento tipo GU.

Diseño de hormigón con agregado grueso piedra caliza, agregado fino de la cantera el Triunfo, cemento tipo GU y adición de ceniza proveniente de la calcinación no controlada de la cascarilla de arroz

Diseño de hormigón con agregado grueso piedra caliza, agregado fino de la cantera el Triunfo, cemento tipo GU y adición de ceniza proveniente de la calcinación no controlada de la cascarilla de arroz y superplastificante.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 CONCRETO

(Ortega García, 2015), manifiesta que el concreto u hormigón es un sólido con alta rigidez, que logra dicho efecto mediante la mezcla de cemento, agregados (piedra y arena) agua y aire, haciendo que dichos materiales logren que el concreto alcance una consistencia semejante a una roca por la dureza y resistencia que se obtiene como resultado. Desde el punto de vista del autor citado con anterioridad las resistencias del concreto van a depender del diseño de la mezcla que se emplee.

Tabla 1

Porcentajes de volumen de una mezcla de concreto normal

Agua	Cemento	Aire	Agregado (fino y grueso)
5%	15%	10%	70%

(Ortega García, 2015)

2.1.1 Tipos de Concreto.

2.1.1.1 Concreto de alto desempeño.

Para Garnica Enderica y Sánchez Zamora, (2009), es aquel que posee características de alta resistencia y mejorada durabilidad, sin embargo, existen otras definiciones:

De acuerdo con el Instituto Americano del Concreto (ACI); “Un hormigón de alto desempeño es el que reúne una combinación especial de requerimientos de desempeño y uniformidad que no siempre pueden ser logrado usando materiales tradicionales, mezclado normal, criterios de colocación normales y prácticas de curado ordinarias” (Castro Riquetti y Ojeda Bravo, 2019).

Según el Programa estratégico de investigación de carreteras; un hormigón de alto desempeño debe cumplir con una de las siguientes características:

2.1.1.2 Concreto de baja resistencia.

- Resistencia a la compresión con menos de 20 MPa (204 kgf/cm²)
- Losas aligeradas

2.1.1.3 Concreto de resistencia moderada.

- Resistencia a la compresión de 20 a 40 MPa (204 a 408 kgf/cm²) de.
- Edificaciones de pequeña altura de tipo habitacional

2.1.1.4 Concreto de alta resistencia.

- Resistencia a la compresión con más de 40 MPa (408 kgf/cm²)
- Pisos, pavimentos, elementos prefabricados

Tabla 2

Proporciones usuales de materiales en concretos de diferente resistencia

	baja resistencia	Resistencia moderada	Alta resistencia
	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
Cemento	255	356	510
Agua	178	178	178
Agregado fino	801	848	890
Agregado grueso	1169	1032	872
	Proporción de la pasta de cemento		
% por masa	18	22.1	28.1
% por volumen	26	29.3	34.3
	Relación agua/cemento		
por masa	0.70	0.50	0.35
	Resistencia*		
kgf/cm ²	184	306	612
Mpa	18	30	60

2.2 MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO

2.2.1 Cemento.

Según lo expuesto por: Harmsen (2017), el cemento es uno de los componentes principales para la mezcla del concreto, el mismo que se deriva de la trituración del Clinker quien es producto de materiales calcáreos y arcillosos calcificado, y que a su vez esta materia prima presenta elementos tales como:

Silicato tricálcico, el mismo que le provee resistencia inicial y la capacidad de generar el calor de hidratación.

Silicato dicálcico, le origina la característica de resistencia a largo plazo.

Aluminio tricálcico, activa la reacción de los silicatos, ayudando al proceso de endurecimiento y perdida de plasticidad del hormigón.

Aluminio ferrito tetracalcico, ayuda a acelerar la hidratación y consecuentemente en el calor de hidratación.

Componentes menores, entre los componentes de menor proporción que se encuentran formando parte de la composición del cemento están: el óxido de manganeso y titanio.

2.2.2 Cemento Portland por desempeño.

(Ortega García, 2015), menciona que con la finalidad de satisfacer los distintos requerimientos físicos y químicos para casos concretos se fabrican varios tipos de cemento portland. la (ASTM) American Society For Testing and Materials, ejecuta la elaboración de un grupo de cinco tipos de cemento portland los que incluyen de tipo I, II, III, IV, V, en la norma C-150. (CSA) Canadian Standard Association de la misma manera se proporcionan cinco tipos definitivos como: normal, moderado, de altas resistencias iniciales, de bajo calor de hidratación y de resistencia a los sulfatos.

2.2.2.1 Tipo GU: Uso general.

Para construcción en general: comúnmente usados en pisos, puentes, tanques de embalses y en cualquier lugar que no requiera características concretas.

2.2.2.2 Tipo MS: Moderada resistencia a sulfatos y al calor de hidratación.

Su peculiar caso es que posee el 8% de aluminio tricálcico por lo que es adecuado para esquemas normales y las que ostenten a los suelos o aguas subterráneas.

2.2.2.3 Tipo HE: Altas resistencias iniciales.

Asume una elevada resistencia antes de llegar a los días requeridos (28 días) según otros cementos por lo que es calificado para cimbras.

2.2.2.4 Tipo LH: Con bajo calor de hidratación.

Particularmente no genera calor de hidratación logrando conseguir su alto grado de firmeza en un prolongado tiempo.

2.2.2.5 Tipo HS: con alta resistencia a sulfatos.

Empleado en sitios donde el ambiente en el que se maneje presente grandes concentraciones de sulfatos (Ortega García, 2015)

2.2.3 Cemento portland con incorporación de aire.

Corresponden a la norma ASTM C175. En ella se identifican tres tipos de cemento con agregado de aire entre ellos; el IA, IIA y IIIA, quienes integran a los de tipo I, II y III, a este grupo de cemento se lo caracteriza por tener proporciones de material incorporado de aire en cantidades pequeñas en el Clinker el mismo que es

agregado durante su elaboración, lo que le genera tener una mejor resistencia a la acción del congelamiento y deshielo (Ortega García, 2015).

2.2.4 Cemento portland blanco.

Elaborado bajo la norma ASTM 150 y C175 y una de su principal diferencia entre el cemento gris es precisamente el color, su fabricación es a base de materias primas seleccionadas incluyendo proporciones pequeñas de fierro y óxido de manganeso. Usualmente este tipo de cemento es ideal para propósitos arquitectónicos como, por ejemplo: coberturas para pisos, superficies de terrenos, estucados, pintura de cemento, losetas y concretos decorativos (Ortega García, 2015).

2.2.5 Cemento portland puzolánico.

Dentro de este grupo se encuentran los de tipo IP, OP, A, P y P-A. entre ellos el segundo y cuarto presentan aditivo incorporador de aire, tal como se muestra detallado en la norma ASTM C 595, específicamente este tipo de cemento es complementado con adecuadas cantidades de puzolana en la acción de molienda del Clinker. Es frecuentemente usado en estructuras hidráulicas como puentes, pilares, presas, etc. (Ortega García, 2015).

Tabla 3

Relación aproximada entre la resistencia del concreto producida por los diferentes tipos de cemento

Tipos de cemento portland		Resistencia a la comprensión como porcentaje a la resistencia de concreto con cemento tipo "I" o Normal			
		1 día	7 días	28 días	3 meses
ASTM I	CSA Normal	100	100	100	100
II	Moderado	75	85	90	100
III	Altas resistencia. inic.	190	120	110	100
IV	Bajo calor de hidratación	55	55	75	100
V	Resistente a sulfatos	65	75	85	100

Nota: Tomado de (Ortega García, 2015)

2.3 AGREGADOS

Comúnmente son Conocidos como material inerte, y son aquellas partículas o granos pétreos, que tienen como principal objetivo simplificar los costos de la mezcla y otorgarle cualidades provechosas, entre una de esas cualidades la más destacada es, la de reducir la retracción del fraguado o la reacción plástica (Porrero et al., 2014).

Mc Cormac y Brown (2017), argumentan que el agregado como material representa las tres cuartas partes del volumen de lo que esta compuesto la masa del concreto. Para la preparacion de la mezcla de concreto se requiere tanto del uso de agregado fino (arena) asi como agregado grueso (grava o piedra molida).

2.3.1 Agregados finos.

Kosmatka et al. (2004), menciona que el agregado fino procede de arena natural o de piedra pulverizada que mayormente se presentan en particulas inferiores a 5mm (0.2pulg)

2.3.2 Agregados gruesos.

Producida a travez de la mezcla de gravas y piedras trituradas mayormente con la presencia de particulas que presentan dimensiones mayores a 5mm (0.2 pulg.) y a su vez con abundante particulas que van de 9.5mm a 37.5mm (3/8 y 1 1/2pulg.) (Kosmatka et al., 2004)

Continuamente el autor citado con anterioridad manifiesta que un buen agregado debe de cumplir con ciertas normas para optimizar su uso en el area de ingenieria: en primer lugar las particulas deben ser limpias, duras, resistentes, duradero y exceptos de productos quimicos humedecidos, revestimiento de arcilla u otros materiales finos en cantidades que puedan afectar la hidratación y la adherencia a la pasta de cemento.

Otro punto importante a tener en cuenta es excluir los agregados que contengan cantidades considerables de esquistos u otras rocas esquistosas, de materiales blandos y porosos. Es necesario mencionar que se debe obviar especialmente algunos tipos de cherts, debido a que presentan escasa resistencia al intemperismo causando defectos superficiales como es el caso de las erupciones.

Realizar este tipo de inspecciones en los agregados sobre todo en el de tipo grueso es indispensable puesto que diagnostica las debilidades que se presentan en los agregados antes de que este sea usado en la elaboración del concreto.

2.3.3 Aditivos.

Según Nilson y Darwin (2001), a parte de los componentes más importantes que forman el concreto, comúnmente se emplean aditivos, los cuales promueven el perfeccionamiento o hacen que se produzcan cambios favorables en el comportamiento del concreto. Actualmente se encuentran aditivos que ejercen la función de acelerar o retardar el fraguado y el endurecimiento, ayudando de esta manera en la manejabilidad, en la resistencia, en la durabilidad y en la disminución de la permeabilidad.

Los beneficios que producen algunos de estos aditivos son muy populares, pero deben cumplir con los requisitos de las normas ASTM C494, "Standard Specification For Chemical Admixtures for Concrete" sobre todo los aditivos de tipo químico. El autor citado con anterioridad menciona que entre estos tipos de aditivos se encuentran los siguientes:

2.3.3.1 Aditivos incorporadores de aire.

Son los más utilizados, tienen la función de producir la inclusión de aire en el concreto mediante la adición de pequeñas burbujas dispersas, haciendo que mejore su durabilidad, manejabilidad y sobre todo la segregación durante la colocación. Este tipo de aditivo reduce la densidad del concreto debido a que se desarrolla la relación de

vacio y por tanto hace que su resistencia decaiga, mas sin embargo, esta disminucion puede equilibrarse en gran medida mediante la reducci3n del agua de la mezcla sin que disminuya la manejabilidad.

2.3.3.2 Aditivos acelerantes.

Se emplean para acortar el periodo de fraguado y de esa manera adelantar el proceso inicial de resistencia. Uno de los acelerantes mas empleados es el cloruro de calcio debido a su bajo costo, aun asi es importante recalcar que debe ser empleado con cautela en los concretos reforzados de ambientes humedos, puesto que puede provocar la corrosi3n del acero.

2.3.3.3 Aditivos retardantes del fraguado.

Especialmente son usados para disminuir los efectos acelerantes de las elevadas temperaturas producidas por el medio ambientales y de esa manera conservar la trabajabilidad del concreto durante el tiempo de colocaci3n (Nilson y Darwin, 2001) . Existen tambi3n aditivos de compuestos org3nicos e inorg3nicos que son empleados con la finalidad de disminuir el agua requerida en una mezcla de concreto para un asentamiento dado, estos compuestos se llaman plastificantes.

2.3.3.4 Plastificantes.

Seg3n Sika (2014), los plastificantes son aditivos elaborados a partir de compuestos org3nicos, este tipo de aditivo consigue perfeccionar los dise1os de concreto reduciendo las necesidades de agua y cemento para obtener las propiedades requeridas en la construcci3n.

La funci3n primordial de un plastificante en la pasta de cemento es reducir la densidad que se encuentre presente, haciendo que su textura sea mas ligera y fluya m3s rapido, es asi que si la pasta de cemento fluye, por ende el concreto tambi3n lo hace.

Permitiendo que a mayor fluidez del concreto sea menor la cantidad de agua en el mismo, lo que hara que se altere las propiedades en la pasta, haciendo que con menos agua se desarrolle mas resistencia en estado endurecida, los plastificantes permiten mantener una resitencia y una manejabilidad dadas del concreto, con un menor contenido de cemento y agua consiguiendo la fabricacion de concretos a un menor costo y con mayor desempeño.

2.3.3.5 Superplastificantes.

Son aditivos tecnologicamnete evolucionados cumplen una función similar a los plastificantes puesto que aumentan la manejabilidad de las pastas de cemento y por ende la manejabilidad del concreto, haciendo posible reducir el contenido de agua y de cemento y aún asi se mantiene la fluidez del material y su resistencia.

Los superplastificantes son usados cuando la capacidad de los palstificantes a llegado a su maximo. Son muy eficientes en concretos con altos asentamientos o concretos de altas resitencias en los cuales se requiere el uso de contenidos elevados de pasta (Sika, 2014).

2.3.3.6 Superplastificante Sikament 115

Sikament -115 es un superplastificante elaborado para dar cumplimiento a la norma ASTM C-494, este aditivo de consistencia liquida y de coloración café, tiene como principal componente la resina sintetica, y lleva consigo tres usos basicos: actuar como superplastificante, como un reductor de agua de alto poder y como un economizador de cemento (Sika, 2017).

2.4 CASCARILLA DE ARROZ

La cascarilla de arroz es un producto de desecho agricola que comprenden alrededor del 20% de la producción mundial de arroz, la misma que se aproximó a los 700 millones de toneladas en el año 2011. Por ende la cascarilla de arroz es el mayor

residuo resultante de la producción agrícola de granos y su desecho después del proceso de pilación es uno de los mayores problemas existentes en los países productores de arroz (Mattey et al., 2015).

En términos sociales y productivos, el cultivo del arroz es uno de los más relevantes del Ecuador, dominando la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país. Las provincias con un alto grado de participación en la producción arroceras son; Guayas, Los Ríos, Manabí, Loja y El Oro (Castro et al., 2021).

Tabla 4

Producciones provinciales significativas de arroz en Ecuador, 2012-2017

Provincias	Producciones provinciales significativas en Ecuador (ton)					
	Años					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Guayas	1,029,738	1,060,669	902,424	1,187,135	1,035,344	986,397
Los Ríos	444,330	359,569	410,850	383,106	421,483	356,687
Manabí	42,128	63,656	45,607	57,169	55,536	48,604
Otras	49,294	32,151	21,073	25,383	22,174	49,179
Total	1,565,490	1,516,045	1,379,954	1,652,793	1,534,537	1,440,867
Superficie	371,170	396,770	354,136	375,117	366,194	286,189
Rendimiento	4.22	3.82	3.90	4.41	4.19	5.03

Nota: tomado de (Castro et al., 2021), producciones provinciales significativas de arroz en Ecuador, 2012-2017

Cada una de estas regiones anualmente nos priman de gran cantidad de remantes resultantes del arroz como lo es, su cascarilla, que en vez de contaminar el ambiente y con una política bien administrada pueden ser empleadas como materia prima para la producción de hormigones, como sustituto parcial del cemento portland en forma de puzolana (Castro et al., 2021).

Fuentes Molina et al. (2015), mencionan que en la actualidad a través de investigaciones se está demostrando que la utilización de residuos agroindustriales en el área de la construcción tienen un papel importante al generar innovación y mejoras que fortalecen la producción de productos y la prestación de servicios amigables con

el medio ambiente, como es el caso de la cascarilla de arroz, la que mediante demostración de hechos podría ser sustituida por el cemento como adiciones de cenizas o puzolana, con muy buenos resultados, logrando de esta manera disminuir significativamente el porcentaje del cemento en las mezclas de concreto, con lo cual se generaría un aporte al costo medio ambiental al reducir en gran medida la generación de CO₂ emitida por el cemento.

2.4.1 Composición química de la puzolana obtenida de la incineración de la cascarilla de arroz.

La cascarilla de arroz está conformada por celulosa y sílice en gran porcentaje, este último elemento, es el principal componente que le da aporte de resistencia al cemento, por ello la cascarilla de arroz al tener en su composición proporciones de este compuesto es ideal para su manejo como material agroindustrial, cabe recalcar que entre los porcentajes de los componentes de esta el que tiene un grado alto de relevancia es el sílice con (20%) (Cataño et al., 2021).

La cascarilla de arroz presenta procesos de descomposición al quemarse, debido a ello se ve dificultada su combustión continua y completa. Su valor calorífico es de 3.281 cal/kilo, esto por poseer una estructura cerrada. Una de las características principales de la cascarilla de arroz es que a condiciones naturales posee una baja biodegradación, pero al ser incinerada genera 17.8% aproximadamente de ceniza o puzolana con contenido de sílice (Cataño et al., 2021).

Según manifiestan (Ferreira et al., 2019), la CCA es un subproducto de la combustión de la cascarilla de arroz, que se produce a partir de la quema controlada de esta con una temperatura que oscila entre 500 y 800°C, y presenta en su morfología la presencia de sílice en estado amorfo, lo cual es el índice de su propiedad puzolánica misma que proporciona reactividad al ser incluida en mezclas a base de cemento.

Tabla 5*Composición química de la cascarilla y la ceniza de arroz.*

Cascarilla de arroz		Ceniza de cascarilla de arroz	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39.1	Ceniza de sílice (SiO ₂)	94.1
Hidrogeno	5.2	Oxido de Calcio (CaO)	0.55
Nitrógeno	0.6	Oxido de magnesio (MgO)	0.95
Oxigeno	37.2	Oxido de Potasio (K ₂ O)	2.1
Azufre	0.1	Oxido de Sodio (Na ₂ O)	0.11
Cenizas	17.8	Sulfato	0.06
		Cloro	0.05
		Oxido de Titanio (TiO ₂)	0.05
		Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	0.12
		Otros Componentes (P ₂ O ₅ F ₂ O ₃)	1.82
Total	100		100

Tomado y adaptado de (Cataño et al., 2021)

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo.

De acuerdo con Bernal. (2010, pág. 68), esta investigación es de tipo científico por que se adopta un conjunto de normas y etapas en el que se muestra el método adoptando una guía investigativa, validando resultados con el fin de ser aceptados para la comunidad científica.

La intención de la investigación es implementar las normas referenciales de los ensayos para los materiales así mismo en el diseño ACI 211.4R-08, con el fin de obtener las propiedades físicos - mecánicas de los materiales en la mezcla de HAD. El análisis interpreta estudios de laboratorio y de los resultados de ensayos aplicado a resistencia a compresión en las probetas cilíndricas y resistencia a flexión en las probetas prismáticas.

3.1.2 Nivel.

Por otra parte, Bernal. (2010, pág. 110), considera que la investigación es de nivel correlacional, que pretende presentar e indagar la relación que existe entre los resultados de las variables. En el estudio se da a correlacionar las variables dependientes es decir de las roturas de las probetas, con el fin analizar los resultados de los ensayos de la resistencia a compresión y flexión del diseño de mezcla de HAD. para el uso de varios compuestos naturales y químicos en un hormigón de alto desempeño de una forma correcta. El modelo de exploración se analiza por los materiales usados en el diseño de hormigón de alto desempeño y sus distintas

alteraciones del método usado, obteniendo altas resistencias al periodo de determinar el módulo de rotura.

3.2 MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Método.

El método aplicado en la investigación será hipotético deductivo, tal como indican; Cabezas Mejía et al. (2018, pág. 17), es la disposición particular para obtener información científica, que estudia las ciencias formales. En este procedimiento se desarrolla varias hipótesis, aplicando un proceso metodológico de los objetivos específicos del diseño de mezcla de (HAD), además de comprobar las variables de los resultados.

En principio la investigación se propuso una hipótesis general y cuatro específicas, verificadas por ensayos experimentales constatando que los materiales usados son óptimos para los diseños de mezclas de HAD, con la finalidad de comprobar el análisis de las resistencias en objeto de estudio.

3.2.2 Enfoque.

El modelo de estudio tiene un enfoque mixto, es decir un enfoque cuantitativo y cualitativo a la vez, en cuanto al enfoque cuantitativo se implementa un método investigativo, que correlaciona resultados teóricos procedente de los ensayos prácticos de laboratorio (Cabezas Mejía et al., 2018, pág. 67), los datos finales serán analizados y justificados para las probetas cilíndricas con ensayos de rotura a resistencia a compresión por la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-1573-2010 y vigente internacionalmente por la ASTM C39-05 y para las probetas prismáticas con ensayos de rotura a resistencia a flexión, por la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-2554-2011 y vigente internacionalmente por la ASTM C78-09, con el fin de evaluar las propiedades físicas mecánicas del diseño de mezcla de HAD.

El segundo aspecto el enfoque cualitativo se analiza desde la perspectiva sin datos numéricos, implementando la experiencia (Cabezas Mejía et al. 2018, pág. 65-66), en el desarrollo de la investigación el proceso se determina dinámica para la elección de los materiales aplicados en el diseño de mezclas de HAD.

3.2.3 Diseño.

Desde el punto de vista de Hernández Sampieri et al. (2010, pág. 121), la investigación introduce a un diseño experimental, que consta dos guías, una general y otra particular. La guía general menciona las normas referenciales de los ensayos, luego se determina si los materiales son óptimos para el diseño de mezcla de HAD, después se adiciona en el hormigón material puzolánico CCA y aditivo superplastificante para la elaboración de las probetas cilíndricas y prismáticas. La guía particular hace mención del estudio estableciendo una o más variables independientes, determinando un análisis comparativo de la resistencia a compresión y flexión de los hormigones elaborados.

3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTRO

3.3.1 Población.

En el desarrollo de la investigación es favorable dialogar una guía sobre la ejecución de datos, considerando principalmente establecer varios actores que intervienen naturalmente en la obtención del análisis del estudio (Cabezas Mejía et al. 2018, pág. 88). El conjunto de datos obtenidos se usa para desarrollar el análisis de probetas cilíndricas y prismáticas.

Para la realización de este trabajo investigativo, la población motivo de estudio fue un total de 100 cilindros: 10 probetas para el modelo patrón, 10 por cada porcentaje de CCA utilizado; y 10 por cada porcentaje de aditivo superplastificante aplicado, esto para realizar ensayos a compresión. Además, cabe indicar que para ensayos a flexión se realizaron 14 especímenes.

3.3.2 Muestra.

En la ejecución de la investigación científica es evidente la extensión que se efectúan a pesar de haber desarrollado las operaciones de la muestra, analizando la población total se deduce que la muestra es una fracción del universo, es importante reconocer los elementos que constituyen una muestra que determinan datos específicos de la población exacta (Cabezas Mejía et al. 2018, pág. 93).

Es importante destacar que se realizó el análisis comparativo de la resistencia a compresión de los especímenes tipo cilindro que se elaboraron, para las edades establecidas de 3, 7, 14 y 28 días, además de especímenes tipo vigas las cuales fueron ensayadas para conocer su resistencia a flexión a la edad establecida de 28 días, en definitiva, se elaboran un total de 114 especímenes de hormigón, 10 por diseño en cilindros y 2 por diseño en vigas.

3.3.3 Muestreo.

Para Cabezas Mejía et al. (2018, pág. 101), el muestreo intencional u opinático, en base a los principio y experiencia del investigador los elementos muestrales serán seleccionados de manera objetiva, en cuanto a las especificaciones indicadas por (Parra, 2003), se determina por un esfuerzo intencional obteniendo muestras representativas colocando la muestra de grupos específicos.

A partir a de sus características de adición en porcentaje, forma (cilíndrica y prismática), edades, en términos generales las probetas se seleccionan y se agrupan de acuerdo con las especificaciones mencionadas, determinando una comparativa de los resultados de los especímenes, producto de las roturas de resistencia a compresión y flexión de los diseños de mezcla HAD.

3.4 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Para la realización de este proyecto se diseñó un (HAD) con adición de ceniza obtenida de la calcinación de la cascarilla de arroz (5%) como reemplazo parcial del cemento y dosis de superplastificante que van (del 0,5% - al 2%) con respecto al peso total del material cementante, esto sin afectar sus propiedades de fuerza a la compresión simple, y la resistencia a la flexión misma que está ligada al módulo de rotura del hormigón.

Para la obtención de un HAD, se deben cumplir los parámetros de la normativa ACI 211.4R-08, la cual indica el proceso de selección y las proporciones de los materiales que se necesitan para la elaboración del HAD, los componentes usados en la mezcla de hormigón fueron:

- Agregado Grueso, Material pétreo Sedimentario tipo “caliza” pasante de 1"-extraída de la “Cantera Huayco” Gye Vía a la Costa Km12,5.
- Agregado Fino, Material pétreo Sedimentario tipo “arenoso” pasante de 3/8"-extraída de la “Cantera El Triunfo”
- Cemento GU
- Puzolana natural producto de la calcinación de la cascarilla de arroz
- Aditivo “Superplastificante Sikament 115”

3.5 ENSAYOS Y NORMAS APLICADOS PARA LOS MATERIALES.

3.5.1 Finura de la CCA.

En la investigación se selecciona el tamaño de las partículas en el tamizado de la CCA como material puzolánico que se considera en la adición del cemento tipo GU, se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-196-2009 y

vigente internacionalmente por la ASTM C204-05, determina en el análisis de las partículas en la obtención de una finura consistente y homogénea a la finura del cemento tipo GU, en comparación de la finura óptima para la adición se considera igual o más del 60% es decir la obtención de las partículas pasante de la malla No. 200, cumpliendo con una finura ideal con partículas con diámetro menor a 75 micras garantizando una óptima combinación del material puzolánico y cemento tipo GU.

El tamizado de la CCA se lo realizo manualmente con los tamices del laboratorio de suelos, hormigón y asfaltos de la Facultad de Ingeniería Civil, de la UPSE como resultado se obtiene un material fino optimo y volátil. Con el tamizado del pasante de la malla No. 40 y No. 200 se realizarán ensayos que nos brindarán las diferentes propiedades del material puzolánico orgánico con el fin de usarlos en el diseño de hormigón de altas resistencias ACI211.4R-08.

3.5.2 Densidad de la CCA.

Se realiza bajo la especificación de ensayo de densidad para materiales cementicios estipulada en la norma técnica ecuatoriana NTE 156-2009 y esta a su vez es avalada internacionalmente por la norma ASTM C188-03.

3.5.3 Granulometría.

El objetivo de la granulometría de los agregados grueso y fino, es determinar por medio de un proceso de tamizado la distribución ideal del tamaño de las partículas, con el fin de adherir partículas grandes con las más pequeñas quedando poco espacio y una mejor homogeneidad entre los agregados.

3.5.3.1 Agregado grueso.

El origen del agregado grueso procedente de la Cantera Huayco - Guayaquil, roca caliza, se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-696-2009 y vigente internacionalmente por la ASTM C136-06. En el laboratorio de

suelos, hormigón y asfaltos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UPSE, se realizaron los ensayos tomando una muestra para posterior tamizarlo determinando el peso del tamaño de las partículas en el tamiz retenido, en esta investigación se utilizó un material de 3/4", (ver tabla 20).

3.5.3.2 Agregado fino.

El origen del agregado fino procedente de la Cantera El Triunfo - Guayaquil, arena gruesa, se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-696-2009 y vigente internacionalmente por la ASTM C136-05. En el laboratorio de suelos, hormigón y asfaltos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UPSE, se realizaron los ensayos tomando una muestra para posterior tamizarlo determinando el peso de las partículas retenidas en los diferentes tamices, por lo que luego de tener los pesos respectivos y realizar un análisis nos dio como resultado un material con módulo de finura 2.53 pasante del tamiz 3/8" (ver tabla 21)

3.5.4 Abrasión.

El Ensayo de Abrasión permite determinar el valor de degradación del árido grueso con tamaño de partículas $< 37,5$ mm, se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-860-2011 y vigente internacionalmente por la ASTM C131-06. En el laboratorio de suelos, hormigón y asfaltos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UPSE, se realizaron los ensayos en la máquina de los ángeles tomando en cuenta la gradación de la muestra, para posteriormente determinar el número de esferas que se debe aplicar según la masa de la carga en este caso se verificó la degradación tipo A con 12 esferas, luego se introduce el material junto con las esferas metálicas y se enciende la máquina con 5000 Rev. ± 25 min.

3.5.5 Porcentaje del material más fino de 75 µm mediante lavado (No. 200).

Mediante este ensayo se desea determinar el porcentaje del material que queda retenido, se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-697-2010 y vigente internacionalmente por la ASTM C117, mediante el lavado del árido usando agua potable se decanta el material en suspensión y materia disuelta de manera que pase a través del tamiz de 75 µm (No. 200).

Se implemento para el lavado del material una distribución de dos tamices, inferior tamiz de 75 µm (No. 200) y superior de 1,18 mm (No. 16), se procede a la decantación del material hasta que el agua no asemeje un color turbio. Con la muestra lavada y secada se determina la pérdida de masa resultante, expresándola como porcentaje de masa de la muestra inicial.

Tabla 6

Porcentaje de material más fino 75 µm (No. 200)

(%) Más fino de 75 µm (No. 200)	
(%) Agregado Grueso	(%) Agregado Fino
40	60

3.5.6 Contenido de humedad.

3.5.6.1 Agregado grueso y fino.

Para determinar el porcentaje de humedad evaporable, se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-862-2011 y vigente internacionalmente por la ASTM C566-04. En el laboratorio de suelos, hormigón y asfaltos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UPSE, se realizaron los ensayos tomando una muestra en estado natural para posterior introducirla en el horno ventilado a temperatura (110 °C ± 5°C) hasta secarse en 24 horas, eliminando la humedad superficial y la humedad existente entre los poros.

3.5.7 Densidad Optima, Densidad Relativa en Estado Saturado (Gravedad Especifica SSS) y Absorción.

3.5.7.1 Densidad optima.

El Ensayo de Densidad optima permite determinar la masa unitaria (Peso Volumétrico) y el porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto o compactado, estas variables serán implementadas dentro de la dosificación del Hormigón Patrón (HP), se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-ENEN-858-2010 y vigente internacionalmente por la ASTM C127-07, la cual describe que el agregado se debe distribuir en un recipiente normado con la capacidad nominal del molde según el tamaño máximo nominal del árido, de acuerdo a la especificaciones descritos en el método se procede a compactar.

Tabla 7

Capacidad de los moldes

Tamaño máximo nominal del árido	Capacidad nominal del molde ^A
mm	m ³ [litros]
12,5	0,0028 [2,8]
25,0	0,0093 [9,3]
37,5	0,014 [14]
75,0	0,028 [28]
100,0	0,070 [70]
125,0	0,100 [100]

*Capacidad del molde a utilizar para ensayar áridos de un tamaño máximo nominal igual o menor que el correspondiente en la lista. El volumen real del molde debe ser de al menos el 95% del volumen nominal indicado.

Fuente: NTE INEN 858

3.5.7.2 Densidad Relativa en Estado Saturado.

Agregado Grueso

Para determinar la densidad promedio (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido en un espécimen de agregado grueso, se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-857-2010 y vigente internacionalmente por la ASTM C127-07.

Este método ensayo pretende determinar la densidad de la porción seleccionada del agregado grueso, y provee un número representativo de la muestra, se separa el peso de la muestra en estado natural para secar en el horno a temperatura $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, luego se deja enfriar a temperatura ambiente, entre 1 a 3 horas, con muestras de tamaño máximo nominal de 37,5 mm, este no aplica para partículas ligeras, por lo tanto, se cumplen los requisitos de la norma NTE INEN 154, indica que se rechaza todo el material que pasa por la malla de 4,75 mm (No. 4) por cribado en seco, después mediante por lavado se remueve el polvo y la impureza de la superficie.

La muestra resultante del lavado se sumerge en un recipiente con agua a temperatura ambiente por $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$, con un paño absorbente se seca el agregado grueso hasta eliminar la lámina visible de agua, en seguida se determina el peso de la muestra en estado saturado superficialmente seca.

El peso de la muestra en estado superficialmente seca se coloca en la canastilla de inmersión para determinar el peso aparente en el agua a temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, como resultado de la diferencia de la masa en aire entre la masa de la muestra es sumergida en agua, es igual a la masa de agua desplazada por la muestra, luego se seca en el horno a temperatura $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, luego se deja enfriar a temperatura ambiente, entre 1 a 3 horas, posteriormente determinar su peso.

Donde:

$A =$ Peso en aire de la muestra seca al horno, g ,

$B =$ Peso en aire de la muestra saturada superficialmente seca, g , y

$C =$ Peso aparente en agua de la muestra saturada, g .

Cálculos:

Densidad relativa (gravedad específica) (SH): Se obtiene del agregado grueso en estado seca al horno.

$$SH = \frac{A}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Densidad relativa (gravedad específica) (SSS): Se obtiene del agregado grueso en estado saturado superficialmente seca.

$$SSS = \frac{B}{(B - C)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) (SH): Se obtiene de la siguiente manera.

$$SH = \frac{A}{(A - C)} \quad \text{Ecuación 3}$$

Densidad (SSS): Se obtiene la densidad de agregado grueso en estado saturado superficialmente seca.

$$\text{Densidad (SSS), } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{997,5 B}{(B - C)}$$

Densidad aparente: Se obtiene la densidad aparente de la siguiente manera.

$$\text{Densidad aparente, } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{997,5 A}{(A - C)}$$

Absorción: Se obtiene el valor de la absorción de la siguiente manera.

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Agregado fino

Para determinar la densidad promedio (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido en un espécimen de agregado fino, se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-856-2010 y vigente internacionalmente por la ASTM C128-07.

Preparación de la muestra

Se separa la muestra de agregado fino para colocar la muestra en el horno a temperatura $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se deja enfriar a temperatura ambiente (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$), entre 1 a 3 horas, luego se sumerge en agua por $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ con el fin de llenar con agua los poros, después se adiciona agua al árido fino alcanzando al menos 6% de humedad, luego se mantiene en reposo $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.

Ensayo de humedad superficial

Este ensayo determina la humedad superficial, se usa aproximadamente 1000 gr, luego del proceso de inmersión se decanta de manera que no se pierda el total del fino, se deja secar al ambiente, $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$, cuando las partículas se encuentren en un estado homogéneo, se realizara el primer tanteo del cono en una superficie plana no absorbente, se sujeta de la base introduciendo el árido fino a una altura $100\text{ mm} \pm 150\text{ mm}$ hasta rebosar, con el compactador deberá caer bajo la atracción de la gravedad 25 golpes al material a una altura de 5 mm, al final se determinara la condición del agregado en estado seco.

Procedimiento gravimétrico (picnómetro)

Este método determina la densidad del árido fino, con el picnómetro lleno completamente de agua más la tapa, con la balanza se registre el peso, luego se pesa 500 gr del material saturado superficialmente seco, luego con un embudo se procede a introducir el agregado fino, para después con gotero limpiar las paredes hasta llenar con agua un 90%, se agita el picnómetro para eliminar las burbujas de aire, con la balanza se tomará el peso de la muestra + agua + picnómetro. Se tomará el peso de una tara vacía, se coloca en la tara todo el árido fino que se encuentra en el picnómetro para llevarlo a secar en el horno a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento volumétrico (frasco de Le Chatelier)

Este método determina la densidad relativa (gravedad específica) del árido fino, inicialmente llenar de agua el frasco Le Chatelier entre las marcas de 0 cm^3 a 1 cm^3 , con la balanza se registra el peso, luego se añade el peso $55\text{ gr} \pm 5\text{ gr}$ del material saturado superficialmente seco, con un embudo se procede a introducir el agregado fino, luego con gotero se limpia las paredes hasta llenar con agua un 90%, se agita el frasco para eliminar las burbujas de aire, con la balanza se tomará el peso de la muestra + agua + frasco Le Chatelier. Se tomará el peso de una tara vacía, se coloca en la tara todo el árido fino que se encuentra en el picnómetro para llevarlo a secar en el horno a temperatura $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Donde:

A = Peso de la muestra seca al horno, g,

B = Peso del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración, g

C = Peso aparente en agua de la muestra saturada, g.

S = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (del método gravimétrico, para determinar densidad, densidad relativa (gravedad específica) y para la absorción), g

S₁ = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (del método

volumétrico, para determinar densidad y densidad relativa (gravedad específica), g

$R_1 =$ Lectura inicial del nivel agua en el frasco de Le chatelier, cm^3

$R_2 =$ Lectura final del nivel agua en el frasco de Le chatelier, cm^3

Cálculos:

Densidad relativa (gravedad específica) (SH): Se obtiene del agregado fino en estado seco al horno.

Método gravimétrico:

$$SH = \frac{A}{(B + S - C)} \quad \text{Ecuación 5}$$

Método volumétrico:

$$SH = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad \text{Ecuación 6}$$

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) (SH): Se obtiene de la siguiente manera.

Método gravimétrico:

$$SH = \frac{A}{(B + A - C)} \quad \text{Ecuación 7}$$

Método volumétrico:

$$SH = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right]} \quad \text{Ecuación 8}$$

Densidad (SH): Se obtiene la densidad de agregado fino en estado seco al horno.

Procedimiento gravimétrico:

$$\text{Densidad (SH)}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{997,5 A}{(B + S - C)} \quad \text{Ecuación 9}$$

Método volumétrico

$$\text{Densidad (SH)}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad \text{Ecuación 10}$$

Densidad (SSS): Se obtiene la densidad de agregado fino en estado saturado superficialmente seco.

Método gravimétrico:

$$\text{Densidad (SSS)}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{997,5 S}{(B + S - C)} \quad \text{Ecuación 11}$$

Método volumétrico:

$$\text{Densidad (SSS)}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{997,5 S_1}{0,9975(R_2 - R_1)} \quad \text{Ecuación 12}$$

Densidad aparente (SSS): Se obtiene la densidad aparente de la siguiente manera.

Método gravimétrico:

$$(\text{SSS}), \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{997,5 A}{(B + A - C)} \quad \text{Ecuación 13}$$

Método volumétrico:

$$(\text{SSS}) = \frac{997,5 S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1) - \left[\left(\frac{S_1}{S}\right)(S - A)\right]} \quad \text{Ecuación 14}$$

Absorción: Se obtiene el valor de la absorción de la siguiente manera.

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(S - A)}{A} \times 100 \quad \text{Ecuación 15}$$

3.5.8 Revenimiento o slump.

De acuerdo al diseño de mezcla óptimo obtenido según las propiedades de los materiales usados; mientras tanto el revenimiento deseado en la práctica se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-1587-2010 y vigente internacionalmente por la ASTM C143-08.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de suelos, hormigón y asfaltos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UPSE, para lo cual se tomó una muestra de hormigón en estado fresco para posteriormente introducirla en el equipo cono de Abrams.

3.5.8.1 Aditivo.

Por su composición química mediante resinas sintéticas, aditivo líquido, de coloración marrón, por sus propiedades se clasifican como tipo A (actúa como reductor de agua) y F (actúa como reductor de agua de alto poder) asimismo actúa como ahorrador del cemento.

Se aplica mediante la normativa regulada en Ecuador como NTE-INEN-1762-2015 y vigente internacionalmente por la ASTM C-494. para el diseño de hormigón de alto desempeño, clasificado como superplastificante (Sikament 115), fabricado por la empresa Sika S.A., su función es reducir hasta un 25% de agua, ayudando a la constante trabajabilidad en la mezcla además de obtener un aumento considerable de la resistencia a todas las edades, también se incrementa notablemente la durabilidad e impermeabilidad del hormigón.

3.6 METODOLOGÍA DEL OE. 1: DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO APLICANDO EL MÉTODO ACI 211.4R-08

Para el diseño de mezclas nos basamos en el método semiempírico recomendado para la selección de los materiales óptimos para la mezcla de concreto de alto desempeño a partir del proceso especificado por el Instituto Americano del Concreto ACI 211.4R-08, para la obtención de una mezcla consistente y homogénea en función de los agregados gruesos y finos adicionando puzolana orgánica de la CCA al cemento tipo GU como aglomerante además del agua como variación de resistencia por ultimo aditivo- superplastificante como aumento de la trabajabilidad.

Para llegar a un diseño final como principio en el diseño experimental se elaboraron probetas para resistencias a compresión de $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$, con el fin de llegar a un alto desempeño, por lo tanto, se diseña esta mezcla de acuerdo a las especificaciones del ACI 211.4R-08 que en la Tabla 6.5 recomienda valores máximos de relación a/c para hormigón de alta resistencia con superplastificante a partir del promedio requerido de fuerza compresiva $f'cr^*$. Posteriormente, se explica la deducción del cálculo con datos obtenidos en los ensayos realizado en el laboratorio con respecto de los materiales óptimos usados para elaborar el hormigón de alto desempeño.

3.6.1 Resistencia promedio requerida.

Se diseña para un hormigón de alto desempeño con resistencia a compresión mínima de $f'c = 450 \text{ Kg/cm}^2$, tomando en consideración la resistencia especificada a compresión de $f'c < 630 \text{ kg/cm}^2$, entonces se determina la resistencia requerida promedio a compresión $f'cr$ por medio de la ecuación:

$$f'_{cr} = 1.10 * f'c + 700\text{psi} \quad \text{Ecuación 17}$$

(ACI Committee 211. y American Concrete Institute., 2008)

$$f'_{cr} = 1.10 * f'_c + 5.0 \text{ MPa} \quad \text{Ecuación 18}$$

(Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

Donde:

f'_{cr} * = resistencia promedio requerida a compresión (kg/cm²)

f'_c = resistencia especificada a compresion (kg/cm²)

3.6.2 Selección de la relación agua/material cementicio (a/mc).

Se selecciona la relación agua/materiales-cementicios en relacion al tamaño máximo del agregado grueso con respecto al promedio requerido de fuerza compresiva f'_{cr} *, y la edad del hormigón a compresión de 28 días, se estima que mientras mayor sea la resistencia de diseño, menor será la relación a/mc establecido en la tabla 6.5 del ACI 211.4R-08, específicamente sin adicionar superplastificante para obtener el diseño de mezcla de HAD (Patrón).

Tabla 8

Valores máximos recomendados para relación a / mc según ACI 211.4R-08

Promedio requerido de fuerza compresiva f'_{cr} *, kg/cm ²		a / mc			
		Agregado grueso de tamaño máximo nominal (in)			
		3/8"	1/2"	3/4"	1"
500	28 días	0.41	0.40	0.39	0.38
	56 días	0.44	0.43	0.42	0.42
550	28 días	0.36	0.35	0.34	0.34
	56 días	0.39	0.38	0.37	0.36
600	28 días	0.32	0.31	0.31	0.30
	56 días	0.35	0.34	0.33	0.32
650	28 días	0.29	0.28	0.28	0.27
	56 días	0.32	0.31	0.30	0.29
700	28 días	0.26	0.26	0.25	0.25
	56 días	0.29	0.28	0.27	0.26
750	28 días	0.23	0.24	0.23	0.23
	56 días	0.26	0.26	0.25	0.24

$$f'_{cr} = 1.10 * f'_c + 50 \text{ kg/cm}^2$$

Nota: Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

Para encontrar el valor de la relación agua material cementicio se aplica interpolación lineal, teniendo en cuenta los valores dados en la tabla anteriormente mencionada, para lo cual se utilizará la ecuación que se muestra a continuación.

$$y = y_0 + \left(\frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \right) (x - x_0) \quad \text{Ecuación 19}$$

Interpolación lineal general de Newton.

3.6.3 Selección Revenimiento o slump.

Se elige un revenimiento de diseño recomendando por la tabla 9, la cual sugiere el asentamiento teórico recomendado para HAD sin superplastificante del método de diseño ACI 211.4R-08, se escoge un revenimiento de diseño con un valor de 2” – 4”, se decide aplicar un asentamiento de 3” es decir de 7,5 cm específicamente sin adicionar superplastificante para obtener el Diseño de mezcla de HAD (Patrón), finalmente se determina el revenimiento deseado en la práctica, la cual deberá presentar una consistencia blanda después de la toma del asentamiento.

Tabla 9

Revenimientos recomendados para hormigones con y sin superplastificante

Revenimiento recomendado para hormigones con /sin superplastificante	
*Revenimiento con Superplastificante	1” – 2” antes de adicionarlo
Revenimiento sin Superplastificante	2” – 4”
*Observación: el revenimiento se toma antes de la colocación del superplastificante	

*Nota: *Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08*

3.6.4 Selección del tamaño máximo del agregado grueso.

En cuanto a la resistencia requerida de diseño $f'c < 630 \text{ kg/cm}^2$, mostrada en la tabla 10 establecida por el método de diseño ACI211.4R-08, la misma que da sugerencias para la selección del tamaño máximo del agregado grueso aplicado en la mezcla optima, para lo cual se criba el material por el tamiz de 1" haciendo que la grava se ajuste de entre los tamices 3/4" a 3/8" optimizando así el tamaño máximo entre agregados además de los materiales cementantes y el superplastificante.

Tabla 10

Selección del tamaño máximo de agregado grueso

Agregado grueso de tamaño máximo sugerido	
Resistencia requerida del hormigón (Kg/cm ²)	TM del agregado
< 630 - (9000 psi)	3/4" – 1"
> 630 - (9000 psi)	3/8" – 1/2"

Nota: Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

3.6.5 Módulo de finura de agregado fino y selección del volumen de agregado grueso por módulo de finura del agregado fino.

De acuerdo con la granulometría del agregado fino se obtiene la sumatoria de los porcentajes acumulados dividido entre 100 que se derivan de los porcentajes retenidos determinando como resultado el módulo de finura (MF) del agregado fino aplicado en la mezcla optima, a partir del método de diseño ACI 211.4R-08, el cual establece en la tabla 6.3 que para el agregado fino el MF es aceptable en el rango de 2,5 – 3,2, por lo tanto, el módulo de fineza de 2,53 es admisible.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado}}{100} \quad \text{Ecuación 20}$$

Módulo de finura (Ensayos de Granulometría)

Tabla 11

Selección de volumen de agregado grueso

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Contenido óptimo de agregado grueso para tamaños máximos nominales de agregados que se utilizarán con agregados finos con un módulo de finura de 2.5 a 3.2

Tamaño nominal máximo (in)	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Volumen fraccional* de agregado grueso secado al horno (VCA)	0.65	0.68	0.72	0.75

Nota: Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

3.6.6 Contenido óptimo del agregado grueso.

La Tabla 11 aplicada al método ACI211.4R-08, nos da como referencia la relación del volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, a partir del tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4" (19 mm), se selecciona la fracción volumétrica correspondiente. Dentro del análisis se relaciona el volumen de agregado grueso secado al horno (VCA) por el peso seco compactado, lo que servirá para determinar el peso seco del agregado grueso necesario para la mezcla de hormigón y se calcula de acuerdo a la ecuación presentada a continuación:

$$W_{AG} = VCA \times PVV_{AG} \quad \text{Ecuación 21}$$

(ACI Committee 211. y American Concrete Institute., 2008)

Donde:

W_{AG} = Peso del Agregado Grueso

VCA = Volumen Fraccional de Agregado Grueso Secado al Horno

PVV_{AG} = Peso seco del agregado grueso

3.6.7 Determinación de la cantidad de agua y contenido de aire.

Se evalúa la cantidad de agua y contenido de aire que se usará para el cálculo del diseño de mezcla de un HAD, mediante la relación del tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4" (19 mm) y el revenimiento teórico seleccionado en principio de entre 3"– 4" (7,5-10 cm), con estos valores, aplicando el método de diseño ACI 211.4R-08 y tomando como referencia la tabla 12 se determina el requerimiento aproximado de agua y el contenido de aire atrapado en la mezcla (sin superplastificante).

Tabla 12

Selección de la cantidad de agua de mezclado

Primera estimación del requerimiento de agua de mezclado y contenido de aire del concreto recién mezclado basado en el uso de agregado fino con 35% de vacíos.

Revenimiento (cm)	Agua de mezclado en kg/m ³ para los tamaños máximos de agregados gruesos indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
2.5 – 5	183	174	168	165
5 - 7.5	189	183	174	171
7.5 – 10	195	189	180	177
	Aire atrapado (%)			
Sin superplastificante	3	2.5	2	1.5
Con superplastificante	2.5	2	1.5	1

Nota: Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

Para lo cual la tabla 12 nos sugiere valores de cantidad de agua (C_{Agua}) y cantidad de aire atrapado en función del revenimiento y el tamaño máximo del agregado, en este caso el TM del agregado es 3/4" por lo que los valores a escoger de la tabla en mención, serán los valores que coincidan en la línea correspondiente al tamaño máximo nominal y el revenimiento escogido.

3.6.8 Determinación de la cantidad de cemento o material cementicio.

Una vez seleccionada la cantidad de agua a utilizar en la preparación de la mezcla y habiendo calculado la relación de agua/ material cementicio con dichos valores se procede a calcular la cantidad de cemento o material cementicio a utilizar en dicha mezcla, para lo cual usaremos la siguiente ecuación:

$$C_{Cemento} = C_{Agua} / a / mc \quad \text{Ecuación 22}$$

Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

3.6.9 Determinación de la cantidad de agregado fino.

Para la determinación de la cantidad de agregado fino que se utilizó en el diseño de mezcla del HAD, se procedió al cálculo de volúmenes absolutos de los materiales con el fin de hallar el volumen absoluto del agregado fino, dicho cálculo se realiza dividiendo la cantidad de cada material entre su respectiva densidad, tal como se indica en la tabla 28, para el cálculo del volumen de agregado fino(arena) se usó la siguiente ecuación:

$$V_{Arena} = 1m^3 - V_{Cem} - V_{Agua} - V_{Aire} - V_{AG} \quad \text{Ecuación 23}$$

Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

3.6.10 Corrección por humedad de materiales para elaborar hormigón...

Una vez obtenidas las proporciones de materiales para la elaboración de la mezcla de hormigón se procede a realizar una corrección debido a las características de humedad y absorción de estos con lo cual se obtiene la dosificación correcta tanto de agregados fino y grueso como la cantidad de agua a utilizarse.

En la elaboración del diseño de mezcla de HAD, se determina el Peso (W) de los agregados, la Humedad (%H), además de la Absorción (%A) considerando que los agregados grueso y fino se encuentran absolutamente secos, por disposición existente real en campo donde la grava y arena no estén totalmente secos, es decir que adoptaran un estado saturado superficialmente seco (SSS), se usara la ecuación 24 para determinar la corrección por humedad (CH) de los materiales pétreos:

$$CH = W * \left(\frac{\%H - \%A}{100} \right) \quad \text{Ecuación 24}$$

Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

3.7 METODOLOGÍA DEL OE. 2: DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN + CCA APLICADO POR EL MÉTODO ACI211.4R-08

Se implementa el método semiempírico especificado por el Instituto Americano del Concreto ACI 211.4R-08, se plantea reemplazar en el diseño de mezcla HAD patrón la adición de puzolana CCA en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, a partir de la resistencia inicial de diseño $f'c = 450 \text{ Kg/cm}^2$, tomando en consideración la resistencia especificada a compresión de $f'c < 630 \text{ kg/cm}^2$, entonces se determina la resistencia requerida promedio a compresión $f'cr$ por medio de la ecuación 18 de la sección 3.6.

Se selecciona la relación a/mc usando la tabla 6.5 del ACI 211.4R-08, para los tamaños máximos de agregado grueso de 3/4", para determinar el valor de la relación a/mc se aplica la ecuación 19 para realizar una interpolación con respecto al promedio requerido de fuerza compresiva $f'cr^*$, a partir de la resistencia especificada a compresión $f'c$ y la edad del hormigón a compresión de 28 días.

Se escoge el revenimiento de diseño que sugiere tabla 9, la cual sugiere el asentamiento teórico recomendado para HAD sin superplastificante, se selecciona un revenimiento de diseño con un valor de 2" – 4", luego se decide aplicar un asentamiento de 3" es decir de 7,5 cm específicamente sin adicionar superplastificante para obtener

el diseño de mezcla de HAD (Patrón) + CCA, finalmente mediante el ensayo del cono de Abrams se determina si el revenimiento obtenido es el deseado.

Luego se selecciona el tamaño máximo del agregado grueso a partir la resistencia requerida de diseño $f'c < 630 \text{ kg/cm}^2$, se establece por el método de diseño ACI211.4R-08. mediante la tabla 10, la cual muestra sugerencias para seleccionar el tamaño máximo del agregado grueso aplicado en la mezcla optima, para lo cual se criba el material por el tamiz de 1" haciendo que la grava se ajuste de entre los tamices 3/4" a 3/8" optimizando así el tamaño máximo del agregado grueso que se aplicara en el diseño de mezcla HAD.

En cuanto al módulo de finura del agregado fino se determina en los ensayos de granulometría, y mediante la ecuación 20 se define el resultado de un módulo de fineza igual a 2,53 aplicado en la mezcla optima, en la tabla 11 de la sección 3.6 para el agregado fino, el MF es aceptable en el rango de 2,5 – 3,2, por tanto, se concluye que el MF es admisible. Para la CCA se aplica la finura retenida en el tamiz No 200.

Para determinar el contenido optimo del agregado grueso se aplica la ecuación 21, de la tabla 11 se toma el valor de el volumen fraccional de agregado grueso secado al horno en relación al TM de la grava. Dentro del análisis se relaciona el Volumen Fraccional de Agregado Grueso Secado al Horno (VCA) por el peso seco compactado, lo que servirá para determinar el peso seco del agregado grueso necesario para la mezcla de hormigón.

La selección de la cantidad de agua y contenido de aire aplicado en la mezcla, se realiza mediante la relación del tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4" (19 mm) y el revenimiento teórico seleccionado al principio de 3"- 4" (7,5-10 cm), de referencia la tabla 12 en relación del revenimiento de diseño inicial (7,5 cm) y el tamaño máximo del agregado grueso (3/4") recomienda la cantidad de agua (C_{Agua}) de 180 kg/m^3 , en función de la aplicación sin aditivo superplastificante y del TM de agregado grueso se elige el aire atrapado (2%).

En relación de la Cantidad de agua especificado en la tabla 12 y habiendo calculado con la ecuación 19 por medio de interpolación la relación de a/mc, luego se determinar por la ecuación 22 la cantidad de cemento o material cementicio a utilizar en el diseño de mezcla.

Para determinar la cantidad de agregado fino, a partir de los cálculos de los volúmenes absolutos de los materiales, se procede a dividir la cantidad de cada material entre su respectiva densidad, tal como se indica en la tabla 28, para el cálculo del volumen de agregado fino(arena) se usó la ecuación 23, y se analiza para un tamaño de la unidad de masa volumétrica de 1m³. Por lo tanto, la ecuación 24 que determina la cantidad de la arena será la relación del volumen de la arena por la densidad de la arena.

La corrección por humedad de los materiales pétreos se realiza a partir del peso, la humedad, además de la absorción, considerando que los agregados grueso y fino se encuentran absolutamente secos, aunque por disposición real existente en campo la grava y arena no están totalmente secos, es decir que adoptaran un estado saturado superficialmente seco (SSS), se usara la ecuación 24.

Obtenidas las proporciones para nuestro diseño de mezcla patrón, se define y se relaciona la cantidad total de cemento tipo GU (C_{cemento}), con las adiciones parciales del 5, 10, 15, 20% de CCA, lo cual define los valores de la Cantidad de CCA (C_{CCA}).

$$C_{\text{CCA}} = (C_{\text{cemento}} * \%) \quad \text{Ecuación 25}$$

Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

Con la Cantidad total de Cemento tipo GU, más la Cantidad de CCA se determina la Cantidad del material cementicio (C_{mc}) propuesta por la ecuación 26, definida así:

$$C_{\text{mc}} = C_{\text{cemento}} + C_{\text{CCA}} \quad \text{Ecuación 26}$$

Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

3.8 METODOLOGÍA DEL OE. 3: DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN + CCA + ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE (ASP) APLICADO POR EL MÉTODO ACI211.4R-08

Una vez realizado los diseños de mezcla patrón con adiciones de CCA (5, 10, 15, 20%), se evalúa por medio de ensayos de resistencia a compresión las probetas cilíndricas, se realiza el análisis comparativo del diseño de mezcla patrón con el diseño de mezcla patrón + CCA, tal que las roturas de resistencias a compresión sean mayores o equivalentes a la resistencia de diseño inicial de $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$, se infiere en los valores de los esfuerzos finales asumiendo que el diseño de mezcla con adicción de puzolana del 5% es óptimo, por tal argumento se decide usar el diseño de mezcla HAD con reemplazo parcial de CCA(5%) por cemento más ASP para así cumplir con el tercer objetivo de este trabajo de investigación.

Se asiste el mismo método semiempírico aplicado antes, especificado por el Instituto Americano del Concreto ACI 211.4R-08, se plantea en el diseño de mezcla patrón la adición de puzolana CCA(5%) por cemento + ASP en dosificación de (0.5, 0.75, 1, 1.5, 2%), a partir de la resistencia inicial de diseño $f'c = 450 \text{ Kg/cm}^2$, tomando en consideración la resistencia especificada a compresión de $f'c < 630 \text{ kg/cm}^2$, entonces se determina la resistencia requerida promedio a compresión $f'cr$ por medio de la ecuación 18 de la sección 3.6.

Se selecciona la relación a/mc usando la tabla 13 de valores máximos recomendados de relación a/mc para hormigón de alta resistencia con superplastificante, obteniendo así el diseño de mezcla de HAD (Patrón) + CCA (5%) + ASP (0.5 - 2%), a partir del TM de agregado grueso de 3/4" en función de la resistencia especificada a compresión $f'c$, se relaciona con respecto a los valores promedio requerido de fuerza compresiva $f'cr^*$ asumiendo la edad del hormigón a compresión de 28 días, se determinará el valor de la relación a/mc aplicando la ecuación 19 de interpolación lineal.

Tabla 13*Valores máximos recomendados para relación a / mc según ACI 211.4R-08*

Máximo recomendado relación a/mc para hormigón de alta resistencia con superplastificante					
Promedio requerido de fuerza compresiva f'_{cr} , kg/cm ²		a / mc			
		Agregado grueso de tamaño máximo nominal (in)			
		3/8"	1/2"	3/4"	1"
500	28 días	0.50	0.48	0.45	0.43
	56 días	0.55	0.52	0.48	0.46
550	28 días	0.44	0.42	0.40	0.38
	56 días	0.48	0.45	0.42	0.40
600	28 días	0.38	0.36	0.35	0.34
	56 días	0.42	0.39	0.37	0.36
650	28 días	0.33	0.32	0.31	0.30
	56 días	0.37	0.35	0.33	0.32
700	28 días	0.30	0.29	0.27	0.27
	56 días	0.33	0.31	0.29	0.29
750	28 días	0.27	0.26	0.25	0.25
	56 días	0.30	0.28	0.27	0.26

$$f'_{cr} = 1.10 \cdot f'_c + 50 \text{ kg/cm}^2$$

Nota: Tomado y adaptado de ACI 211.4R-08

Se escoge el revenimiento de diseño que sugiere tabla 9, del método de diseño la cual sugiere el asentamiento teórico recomendado para HAD con superplastificante, se selecciona un revenimiento de diseño con un valor de 1" – 2" (el revenimiento se toma antes de la colocación del superplastificante), se decide aplicar un asentamiento de 2" es decir de 5 cm específicamente adicionando superplastificante para obtener el Diseño de mezcla de HAD (Patrón) + CCA(5%) + ASP (0.5 - 2%), finalmente se determina el revenimiento deseado en la práctica, mediante el ensayo de cono de Abrams la cual deberá presentar una buena consistencia.

Habiendo obtenido, mediante interpolación lineal el valor de la relación agua material cementicio y escogido la cantidad de agua de la tabla 12, procedemos a calcular la cantidad de material cementicio (cemento adicionado con CCA), para lo cual usaremos la ecuación 22 de la sección 3.7.

Luego procedemos a calcular los volúmenes absolutos de los materiales con el fin de obtener la cantidad de agregado fino, para lo cual procederemos a dividir los pesos obtenidos de los materiales entre cada una de sus densidades respectivamente.

Teniendo los valores de los volúmenes absolutos de los materiales procedemos a calcular el volumen de agregado fino mediante la ecuación 23, una vez obtenido el volumen de agregado fino este se procede a multiplicar por su densidad para así hallar la cantidad de agregado fino necesaria para el diseño de HAD.

Cabe indicar que para la obtención de la cantidad de aditivo se procede a multiplicar la cantidad de material cementicio por el porcentaje de superplastificante a utilizar para el diseño, este valor se restara de la cantidad total de agua. Además, se debe considerar que la cantidad de agregado fino disminuirá dependiendo del porcentaje de aditivo superplastificante que se vaya a utilizar.

3.9 METODOLOGÍA DEL OE. 4: ANÁLISIS COMPARATIVO

Análisis entre hormigones de alta resistencia, hormigones de alta resistencia + CCA y hormigones de alta resistencia + CCA + superplastificantes.

3.9.1 Hormigones de alta resistencia.

Los hormigones de alta resistencia por su composición se aplica una gran cantidad de cemento, es decir no ayuda con la reducción del CO₂, puesto que en la fabricación del cemento la obtención del clínker se obtiene de la calcinación de la piedra caliza. En la fabricación de estructuras de obras civiles en hormigones de alto desempeño su uso es variado y estiman resistencias superiores entre 50 y 120 MPa.

3.9.2 Hormigones de alta resistencia + CCA.

Los hormigones de alta resistencia + CCA, que contienen puzolana artificial por su composición se aplica menos cantidad de cemento (5 a 20%) según su uso, ya que la obtención de la puzolana artificial CCA se calcina controladamente sin usar agentes químicos, por lo que contribuye con la reducción del CO₂.

En la fabricación de estructuras de obras civiles en hormigones de alto desempeño + CCA su uso es poco aplicado y mejora la resistencia con dosificaciones menores del 5% de la puzolana aplicada a la mezcla.

3.9.3 Hormigones de alta resistencia + CCA + Aditivo superplastificante.

Los hormigones de alta resistencia + CCA + superplastificante por su composición química debido al superplastificante generan altas resistencias iniciales y bajo contenido de aire ocluido. En la fabricación en cuanto a trabajabilidad su comportamiento se adhiere a cualquier forma.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos mediante ensayos de laboratorio. Dentro de este contexto se establece una investigación experimental ya que se requirió de ensayos a probetas cilíndricas de hormigón y vigas rectangulares, puesto que se busca determinar las propiedades físico-mecánicas del hormigón con adiciones de puzolana y superplastificante para encontrar el mejor módulo de rotura.

4.1 RESULTADOS OBJETIVO I. CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

Para la obtención de las proporciones o cantidades de materiales para la elaboración de mezclas de hormigón es de vital importancia realizar la caracterización de los agregados fino y grueso para comprobar que estos cumplan los parámetros establecidos en las normativas técnicas vigentes.

Tabla 14

Granulometría del agregado grueso Norma (NTE-INEN-696-2009 - ASTM C136-06)

Tamiz (in)	Granulometría del Agregado Grueso			Especificación ASTM		
	W Retenido	% Retenido	% Acumulado	% Pasa	# 56	
2 ½	0.00	0.00	0.00	100.00		
2	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 ½	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
1	0.00	0.00	0.00	91.80	90	100
¾	3.25	46.40	46.40	53.60	40	85
½	2.63	37.50	83.90	16.10	10	40
3/8	0.73	10.39	94.29	5.71	0	15
No 4	0.38	5.48	99.77	0.23	0	5
No 8	0.01	0.14	99.91	0.09	0	0
FONDO	0.06	0.09	100 %	0.00		
TOTAL	7.06	100 %		MF= 4.12	TMN=3/4"	

Gráfica 1

Curva granulométrica del agregado grueso

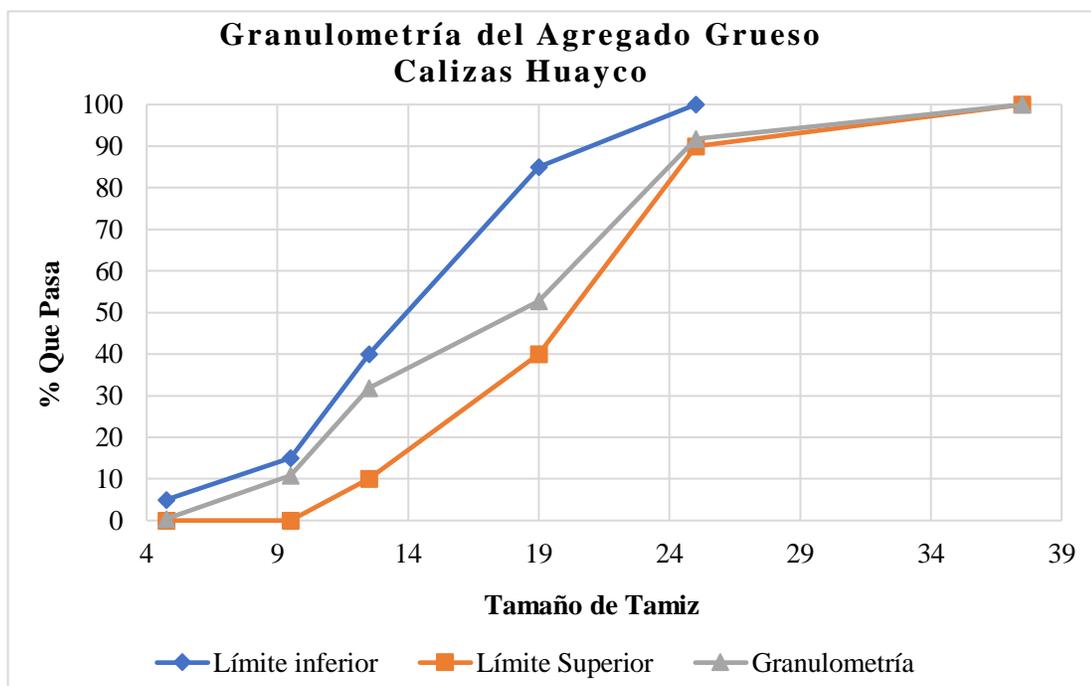


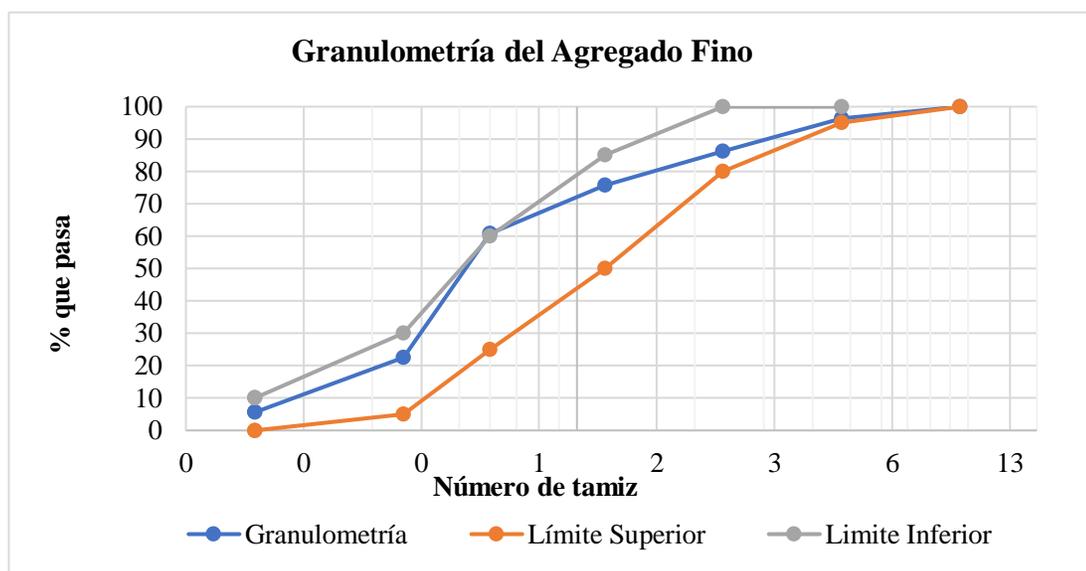
Tabla 15

Granulometría del agregado fino Norma (NTE-INEN-696-2009 - ASTM C136-06)

Granulometría del Agregado Fino (Cantera "El Triunfo")					Especificaciones	
Tamiz (in)	W Retenido	% Retenido	% Acumulado	% Pasa	A.S.T.M.	
3/8	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
No 4	54.00	3.60	3.60	96.40	95	100
No 8	152.00	10.13	13.73	86.27	80	100
No 16	157.00	10.47	24.20	75.80	50	85
No 30	225.00	15.00	39.20	60.80	25	60
No 50	574.00	38.27	77.47	22.53	5	30
No 100	254.00	16.93	94.40	5.60	0	10
FONDO	84.00	5.60	100.00	0.00	0	0
TOTAL	1500.00	100.00	MF= 2.53			

Gráfica 2

Curva granulométrica del agregado fino



4.1.1 Diseño de la mezcla patrón.

Tabla 16

Datos obtenidos a partir de los ensayos de los agregados fino y grueso

DATOS		
Peso específico del cemento	2950	kg/m ³
ARENA		
Módulo de finura de la arena	2.53	
Peso volumétrico de la arena	1295.37	kg/m ³
D.S.S.S. de la arena	2272.73	kg/m ³
Absorción de la arena	1.54	%
Humedad de la arena	4.11	%
GRAVA		
Peso volumétrico suelto de la grava	1331.02	kg/m ³
Peso volumétrico varillado de la grava	1466.59	kg/m ³
D.S.S.S. de la grava	2604.17	kg/m ³
Tamaño máximo nominal de la grava	19	mm
Absorción de la grava	1.75	%
Humedad de la grava	0.14	%

A continuación, se presentan las cantidades de materiales necesarias para la obtención de 1m^3 de hormigón, las cuales se establecieron a partir de los ensayos pertinentes a los agregados fino y grueso como la utilización de la norma ACI 211. 4R-08

Tabla 17

Proporciones de materiales para 1m^3 de hormigón

Cantidad de materiales para 1m^3 de hormigón			
Materiales	W (kg)	D (kg/m^3)	V (m^3)
Aire atrapado	0.02		0.02
Cemento	522	2950	0.18
Grava Húmeda	1057	2604	0.40
Agua requerida	184	1000	0.18
Arena Húmeda	514	2273	0.22
Total	2277		1.00

4.2 RESULTADOS OBJETIVO II. DISEÑO DE MEZCLA CON REEMPLAZO PARCIAL DE CEMENTO POR CCA

Para realizar la dosificación para mezclas con reemplazo parcial de CCA se toma como base diseño la dosificación de la muestra patrón para cual se procede a calcular los porcentajes de reemplazo y se resta de la cantidad del cemento.

Tabla 18

Proporciones de materiales en kg para fundir probetas de hormigón

Cantidad de materiales para fundir probetas de diferentes tipos de muestras					
% reemplazo	Patron	5% CCA	10% CCA	15% CCA	20% CCA
Aire	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Cemento	522	496	470	443	417
Grava	1057	1057	1057	1057	1057
Arena	514	507	500	492	485
Ceniza	0	26	52	78	104
Agua	184	184	184	184	184
Total	2277	2270	2263	2254	2247

4.2.1 Resultados de roturas de probetas de hormigón ensayadas a compresión.

Tabla 19

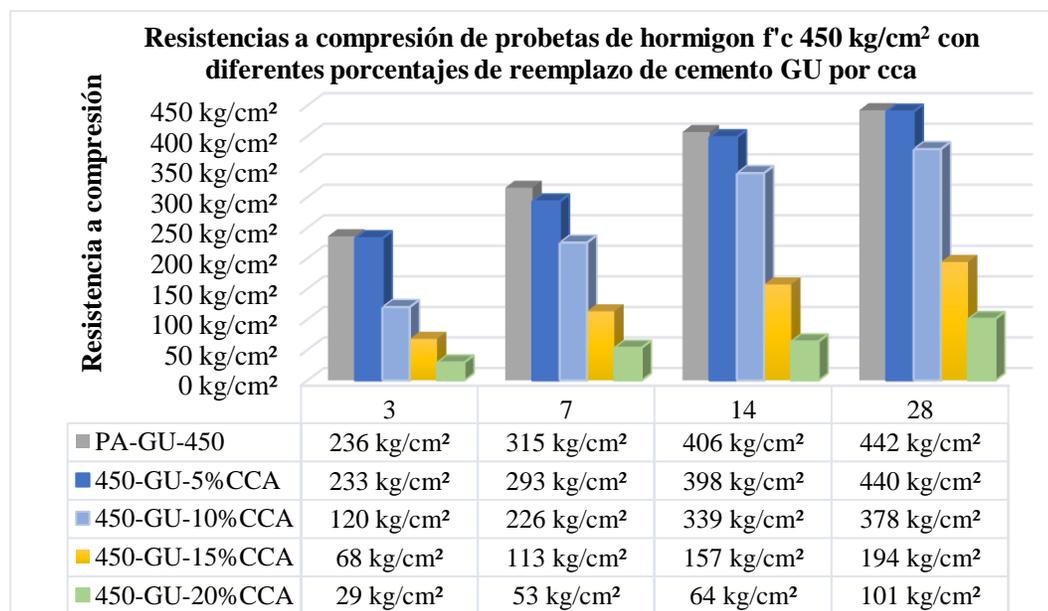
Resistencias a compresión y revenimientos alcanzados por los hormigones ensayados

Resistencias promedio a compresión y revenimientos de mezclas de hormigón					
Edad (días)	Patron	5%CCA	10%CCA	15%CCA	20%CCA
3	236 kg/cm ²	233 kg/cm ²	120 kg/cm ²	68 kg/cm ²	29 kg/cm ²
7	315 kg/cm ²	293 kg/cm ²	226 kg/cm ²	113 kg/cm ²	53 kg/cm ²
14	406 kg/cm ²	398 kg/cm ²	339 kg/cm ²	157 kg/cm ²	64 kg/cm ²
28	442 kg/cm ²	440 kg/cm ²	378 kg/cm ²	194 kg/cm ²	101 kg/cm ²
Revenimiento(cm)	6	4.5	3.2	2	1

La tabla 19 nos muestra los diferentes revenimientos y las resistencias obtenidas al realizar el ensayo de compresión, para definir la cantidad adecuada de CCA a ser usada como reemplazo parcial del cemento GU, dándonos como resultado que el 5% de CCA es el porcentaje óptimo para ser usado como reemplazo del cemento en el hormigón a elaborar ya que esta mezcla obtuvo resultados que se asemejaron a los resultados de la mezcla patrón.

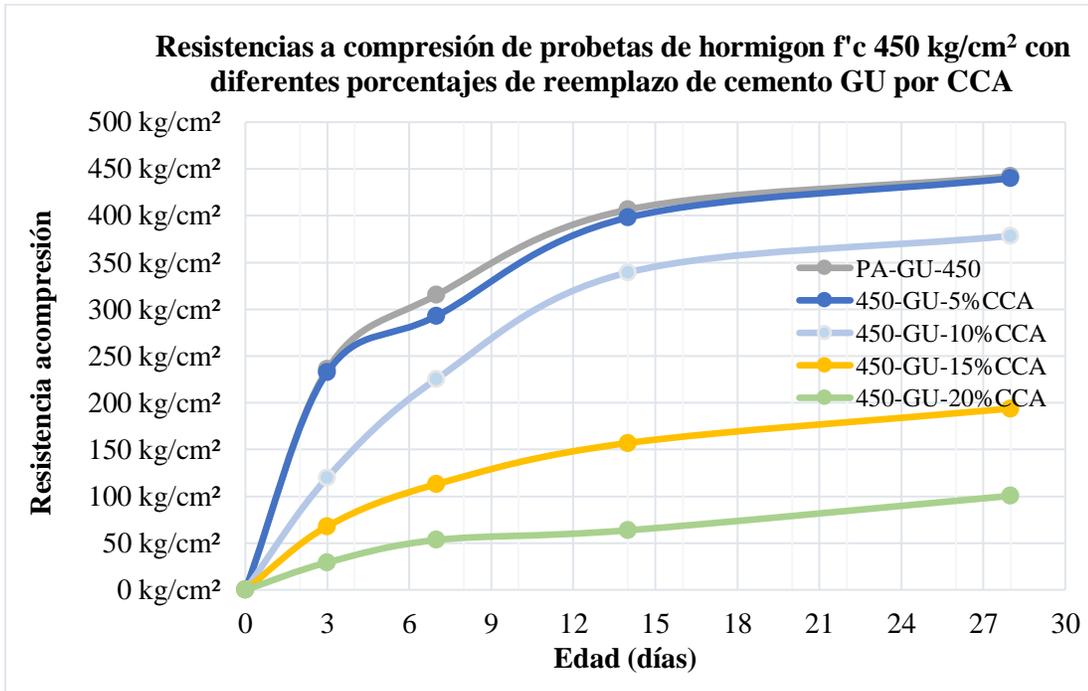
Gráfica 3

Resistencias alcanzadas por el hormigón con varios porcentajes de CCA como reemplazo del cemento GU.



Gráfica 4

Curva de Resistencias a compresión vs edad de probetas de hormigón $f'c$ 450 kg/cm^2 con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento GU por CCA



4.3 RESULTADOS OBJETIVO III: DISEÑO OPTIMIZADO DE MEZCLA CON REEMPLAZO PARCIAL DE 5% DE CCA Y 0.5% DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE POLICARBOXILATO (ASP)

Una vez calculado las dosificaciones de mezcla patrón, mezclas con reemplazo parcial de CCA y habiendo realizado el análisis comparativo de resistencias de estos diseños (tablas 18 y 19 respectivamente), tomaremos como base para el nuevo diseño la dosificación de mezcla que contiene el 5% de CCA, ya que esta alcanzó un revenimiento y resistencia que se asemejaron a las de la mezcla patrón. A partir de lo mencionado con anterioridad procedemos a calcular las dosis porcentuales de aditivo con respecto al peso total del material cementante (cemento+CCA), para así realizar los diseños que contienen HAD (Patron) + CCA (5%) + ASP (0.5-2%), teniendo así

las cantidades optimizadas de materiales para la elaboración de 1m³ de hormigón tales datos se presentan en la tabla 20:

Tabla 20

Proporciones optimizadas de materiales para fundir probetas adición CCA y ASP

Cantidad de materiales para fundir probetas de diferentes tipos de muestras					
% ASP	0.5%	0.75%	1%	1.5%	2%
Aire	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
Cemento	422	422	422	422	422
Grava	1057	1057	1057	1057	1057
Arena	583	583	583	586	586
Ceniza	22	22	22	22	22
Agua	180	179	178	175	173
Aditivo	2	3	4	7	9
Total	2266	2267	2267	2269	2269

La tabla 20 muestra la cantidad de materiales para elaborar 1m³ de los diferentes tipos de hormigón relacionados para este estudio, donde claramente se puede evidenciar que según aumenta la dosis de aditivo la cantidad de arena aumentara gradualmente.

4.3.1 Propiedades del concreto en estado fresco mezcla patrón y mezcla optimizada.

Tabla 21

Propiedades físicas del concreto fresco

	Propiedades del concreto fresco						
	Patrón	5% de reemplazo	Porcentaje de aditivo				
			0.5%	0.75%	1.0%	1.5%	2.0%
Asentamiento (cm)	6	4.5	5.5	5.7	6.5	8	15
Temperatura (°C)	30	28	28	28	27	27	26

La tabla 21 nos muestra los diferentes revenimientos obtenidos mediante el ensayo con el cono de Abrams, con lo cual se pudo establecer una comparativa entre los hormigones elaborados definiendo de tal modo que la trabajabilidad de la mezcla dependerá directamente de la dosis de aditivo agregada a esta.

4.3.2 Densidades promedio de probetas de hormigón endurecido.

Tabla 22

Densidades de los tipos hormigones en estado endurecido

Etiqueta del cilindro	Peso	Diámetro	Altura	Área	Vol.	Densidad
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	
	Kg	mm	mm	cm ²	cm ³	Kg/m ³
PA-GU-450	12.19	151.17	298.82	179.48	5363.22	2272.70
450-GU-5%	12.22	151.79	301.49	180.94	5455.16	2239.99
450-GU-5-0.5%	12.50	151.90	300.47	181.22	5445.12	2296.37
450-GU-5-0.75	12.55	152.06	300.36	181.59	5454.24	2301.51
450-GU-5-1%	12.47	152.07	301.17	181.62	5469.70	2279.65
450-GU-5-1.5%	12.50	151.18	300.64	179.51	5396.79	2315.82
450-GU-5-2%	12.47	151.19	301.16	179.55	5407.33	2306.13

4.3.3 Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión.

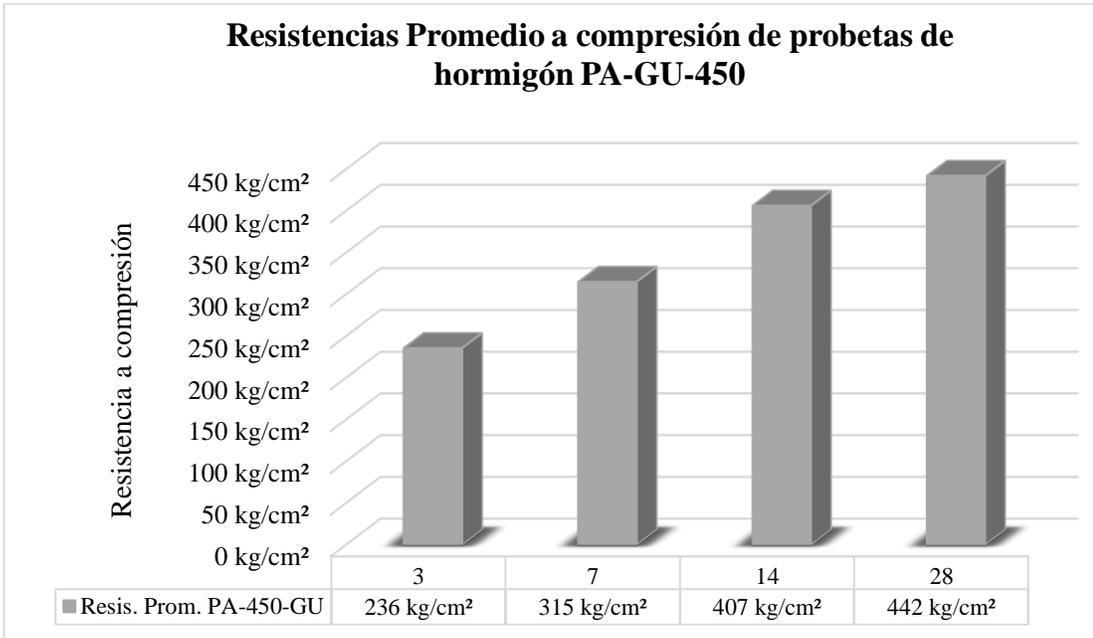
Tabla 23

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra patrón

Etiqueta del cilindro	Edad Días	Dimensiones (cm)		Carga (kN)	Resistencia Kg/cm ²	Resis. Prom Kg/cm ²
		Diámetro	Altura			
PA-GU-450	3	15.13	29.92	414.8	235.42	235.79
PA-GU-450	3	15.08	30.02	413.5	236.15	
PA-GU-450	7	15.12	30.00	555.8	315.53	315.25
PA-GU-450	7	15.10	30.10	553.0	314.98	
PA-GU-450	14	15.20	30.12	721.7	405.67	406.58
PA-GU-450	14	15.18	30.24	723.0	407.48	
PA-GU-450	28	15.12	29.90	782.0	444.42	442.16
PA-GU-450	28	15.20	30.00	782.6	439.91	

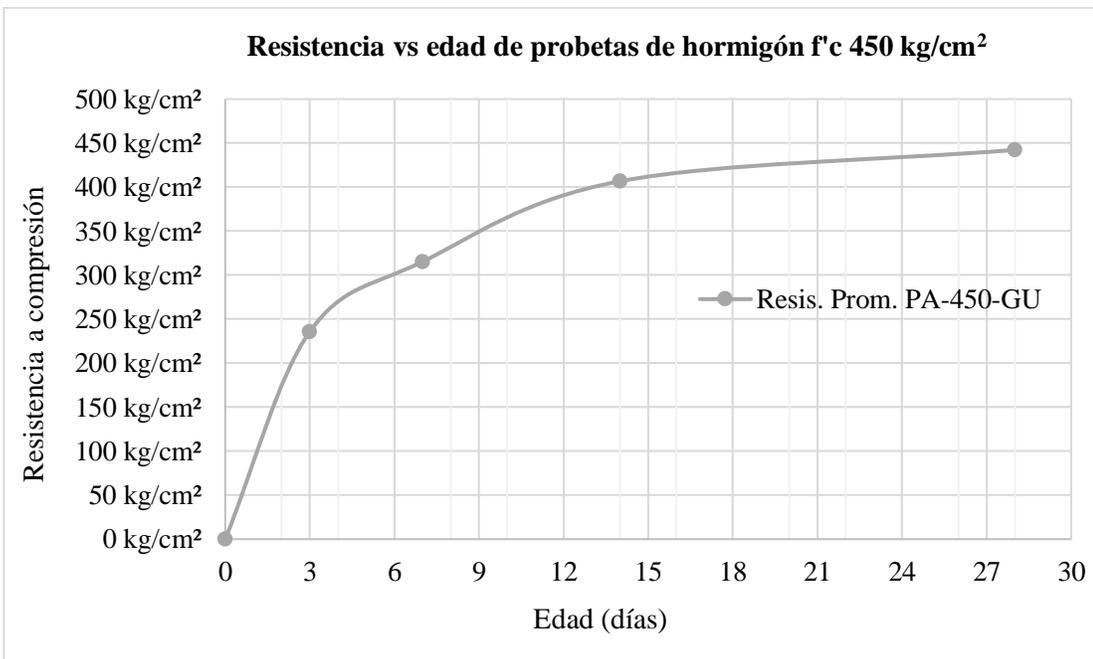
Gráfica 5

Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra patrón



Gráfica 6

Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra patrón



4.3.4 Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 5% CCA.

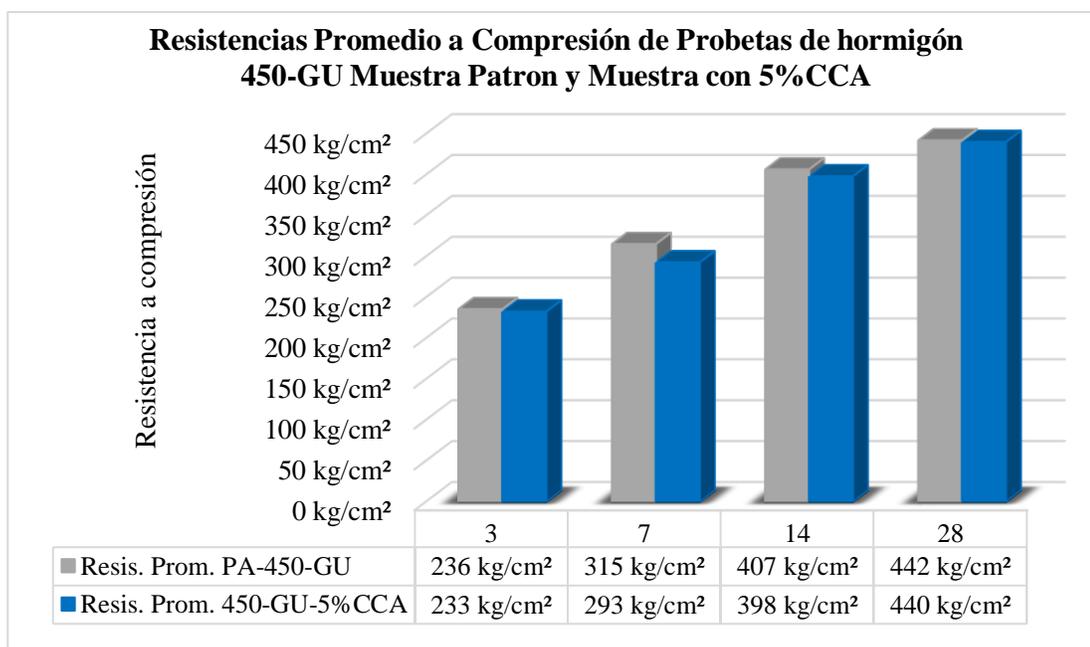
Tabla 24

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5%CCA

Etiqueta de cilindro	Edad Días	Dimensiones (cm)		Carga (kN)	Resistencia Kg/cm ²	Resistencia Kg/cm ²
		Diámetro	Altura			
450-GU-5%CCA	3	15.145	30.03	407.6	230.78	232.74
450-GU-5%CCA	3	15.154	30.00	415.0	234.70	
450-GU-5%CCA	7	15.215	30.15	515.7	289.30	292.90
450-GU-5%CCA	7	15.073	30.01	518.7	296.50	
450-GU-5%CCA	14	15.204	30.12	714.0	401.15	398.04
450-GU-5%CCA	14	15.170	29.95	699.9	394.96	
450-GU-5%CCA	28	15.162	30.18	759.9	429.32	440
450-GU-5-CCA%	28	15.195	30.11	786.4	442.36	

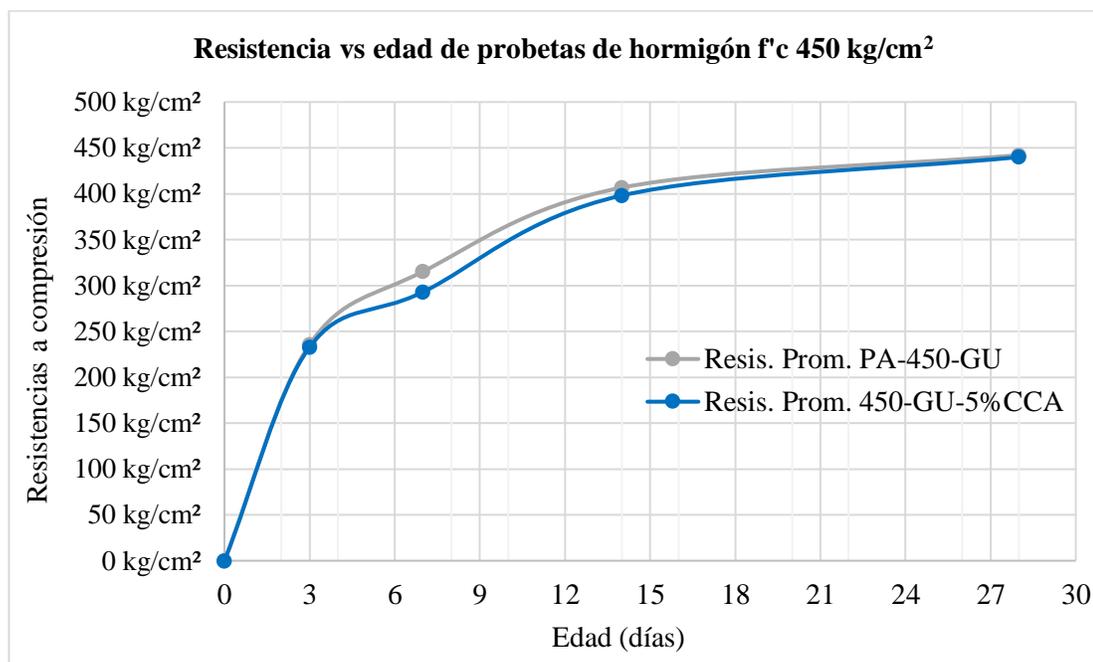
Gráfica 7

Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5%CCA



Gráfica 8

Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón $f'c$ 450 kg/cm^2



4.3.5 Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo parcial 5% CCA y 0.5% aditivo superplastificante (policarboxilatos).

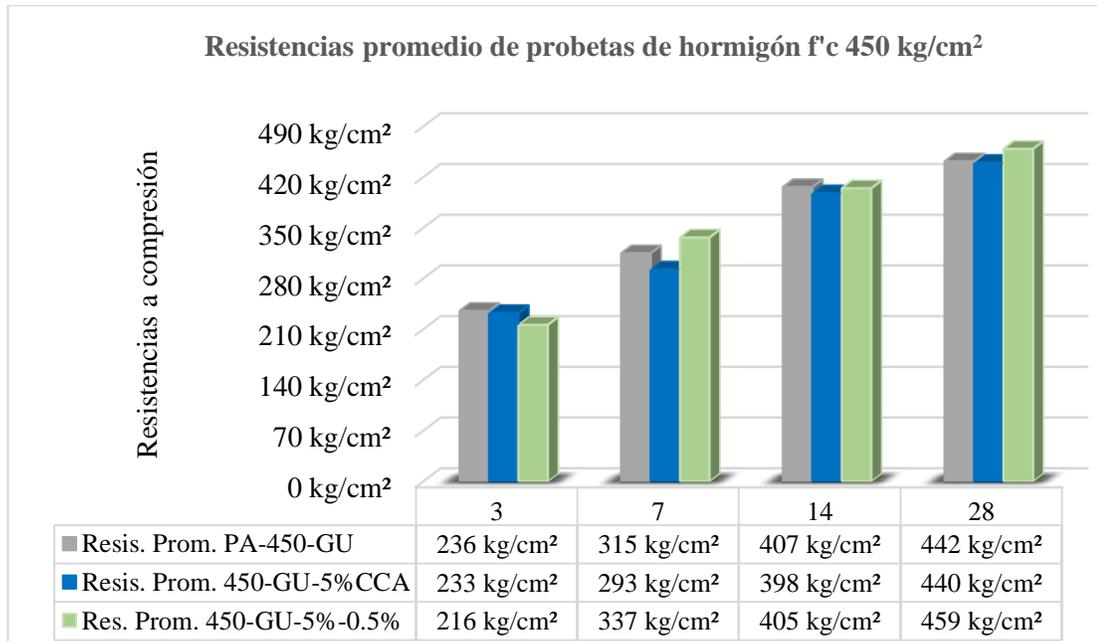
Tabla 25

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.5%

Etiqueta de cilindro	Edad Días	Dimensiones (cm)		Carga (kN)	Resistencia Kg/cm ²	Resistencia Kg/cm ²
		Diámetro	Altura			
450-GU-5-0.5%	3	15.012	30.09	399.4	230.17	216.48
450-GU-5-0.5%	3	15.195	30.18	360.5	202.79	216.48
450-GU-5-0.5%	7	15.178	29.97	577.2	325.40	337.02
450-GU-5-0.5%	7	15.149	30.03	616.1	348.65	337.02
450-GU-5-0.5%	14	15.164	30.02	711.3	401.75	404.95
450-GU-5-0.5%	14	15.125	29.97	718.9	408.15	404.95
450-GU-5-0.5%	28	15.199	30.04	802.4	451.08	459.23
450-GU-5-0.5%	28	15.181	30.05	829.4	467.37	459.23

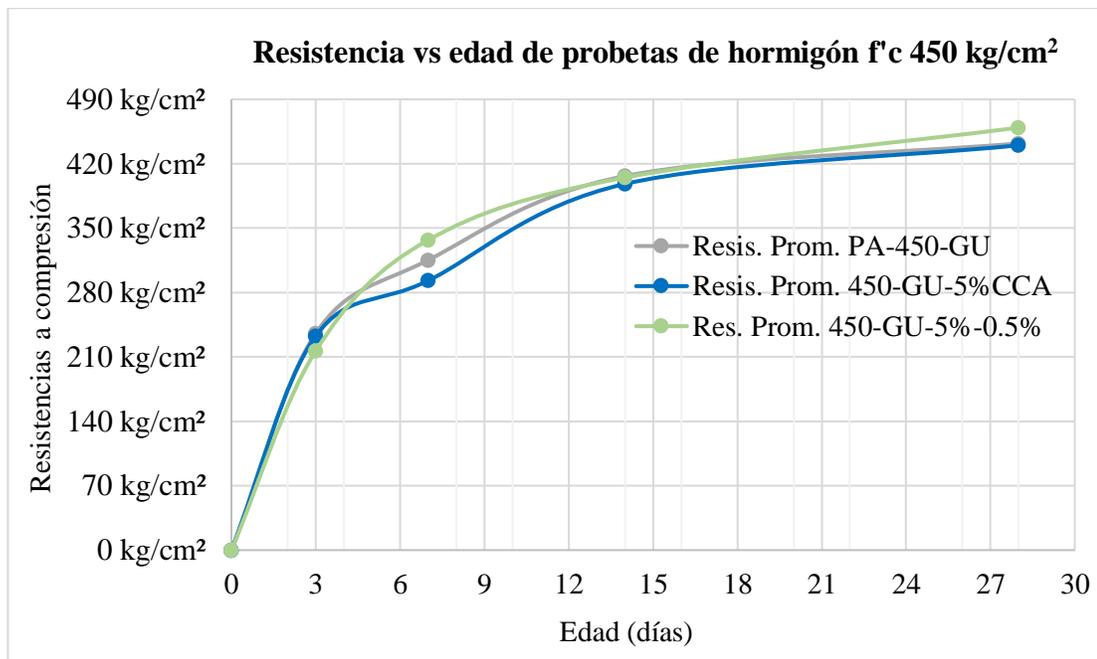
Gráfica 9

Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.5%



Gráfica 10

Resistencias promedio alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.5%



4.3.6 Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo 5% CCA y 0.75% aditivo superplastificante (policarboxilatos).

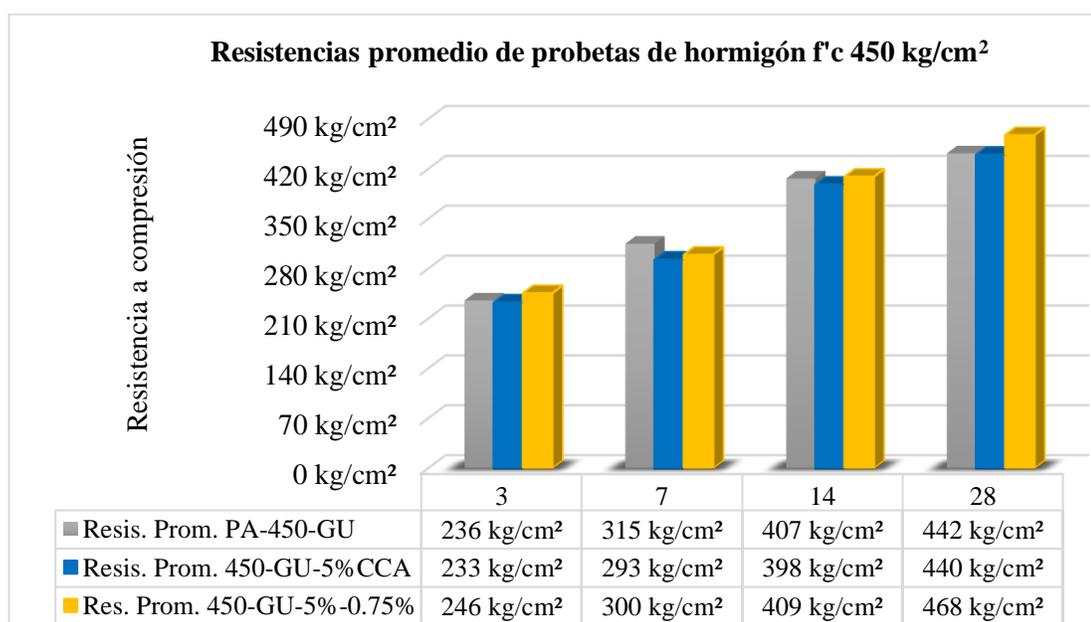
Tabla 26

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.75%

Etiqueta	Edad días	Dimensiones (cm)		Carga (kN)	Resistencia Kg/cm ²	Res. Prom Kg/cm ²
		Diámetro	Altura			
450-GU-5-0.75%	3	15.186	30.07	432.9	243.80	245.77
450-GU-5-0.75%	3	15.157	30.07	438.2	247.73	
450-GU-5-0.75%	7	15.465	29.95	553.3	300.45	299.69
450-GU-5-0.75%	7	15.084	30.08	523.7	298.92	
450-GU-5-0.75%	14	15.23	29.96	721.0	403.90	409.21
450-GU-5-0.75%	14	15.15	30.11	732.5	414.52	
450-GU-5-0.75%	28	15.22	29.94	827.0	463.65	467.53
450-GU-5-0.75%	28	15.19	30.13	837.6	471.42	

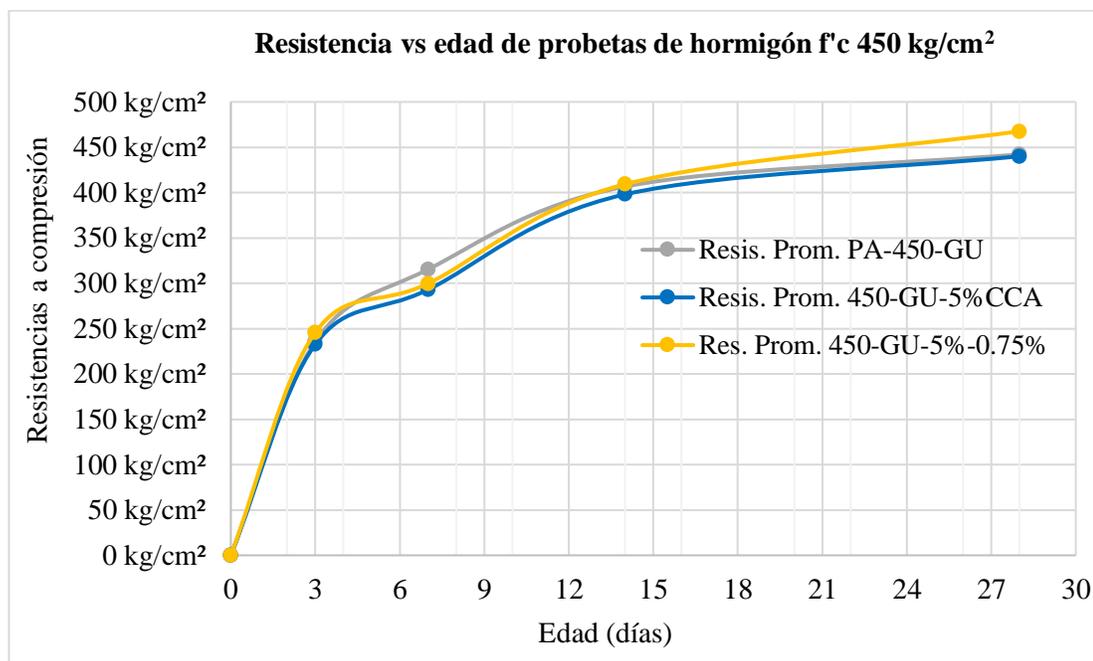
Gráfica 11

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-10-0.75%



Gráfica 12

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-0.75%



4.3.7 Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo 5% CCA y 1% aditivo superplastificante (policarboxilatos).

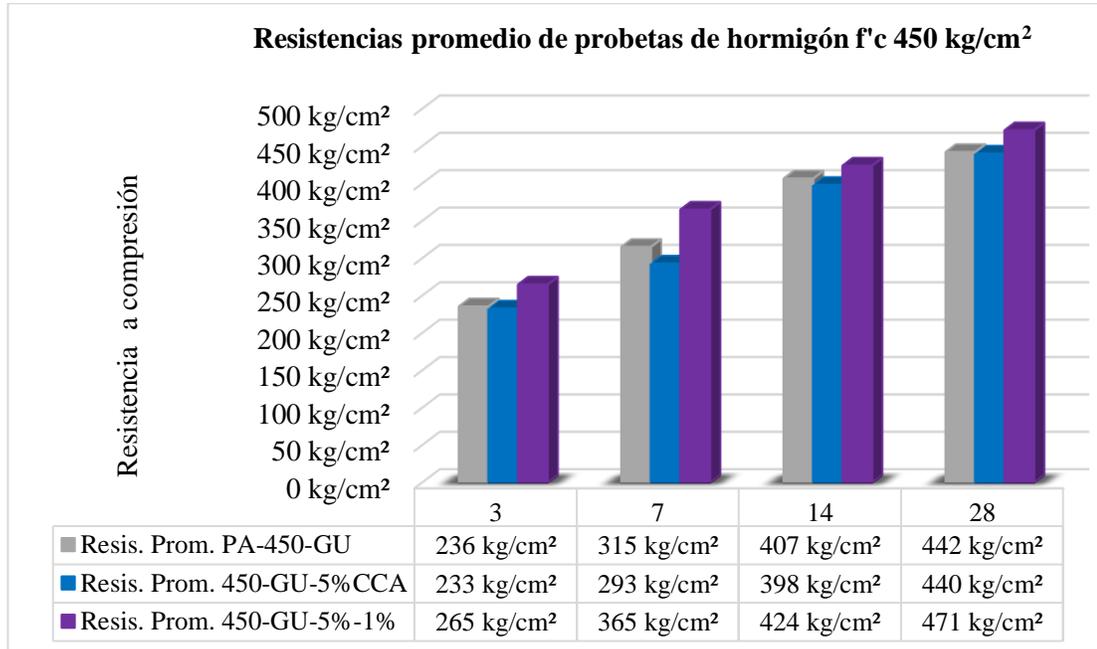
Tabla 27

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1%

Etiqueta	Edad Días	Dimensiones (cm)		Carga (kN)	Resistencia Kg/cm ²	Res. Prom Kg/cm ²
		Diámetro	Altura			
450-GU-5-1%	3	15.29	30.21	472.4	262.41	264.71
450-GU-5-1%	3	15.17	30.18	473.0	267.02	
450-GU-5-1%	7	15.11	30.11	632.0	359.55	365.03
450-GU-5-1%	7	15.09	29.89	649.2	370.51	
450-GU-5-1%	14	15.18	30.09	767.0	432.05	423.86
450-GU-5-1%	14	15.16	29.98	735.6	415.67	
450-GU-5-1%	28	15.16	30.04	836.3	472.77	471.09
450-GU-5-1%	28	15.26	30.19	841.3	469.41	

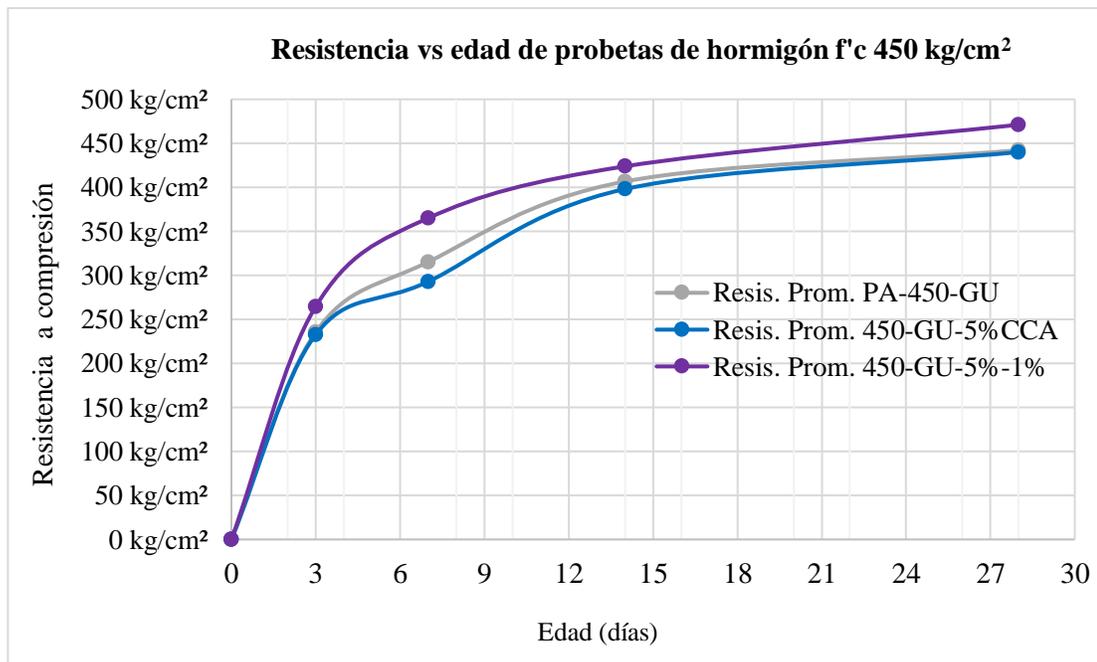
Gráfica 13

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1%



Gráfica 14

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1%



4.3.8 Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo 5% CCA y 1.5% aditivo superplastificante (policarboxilatos).

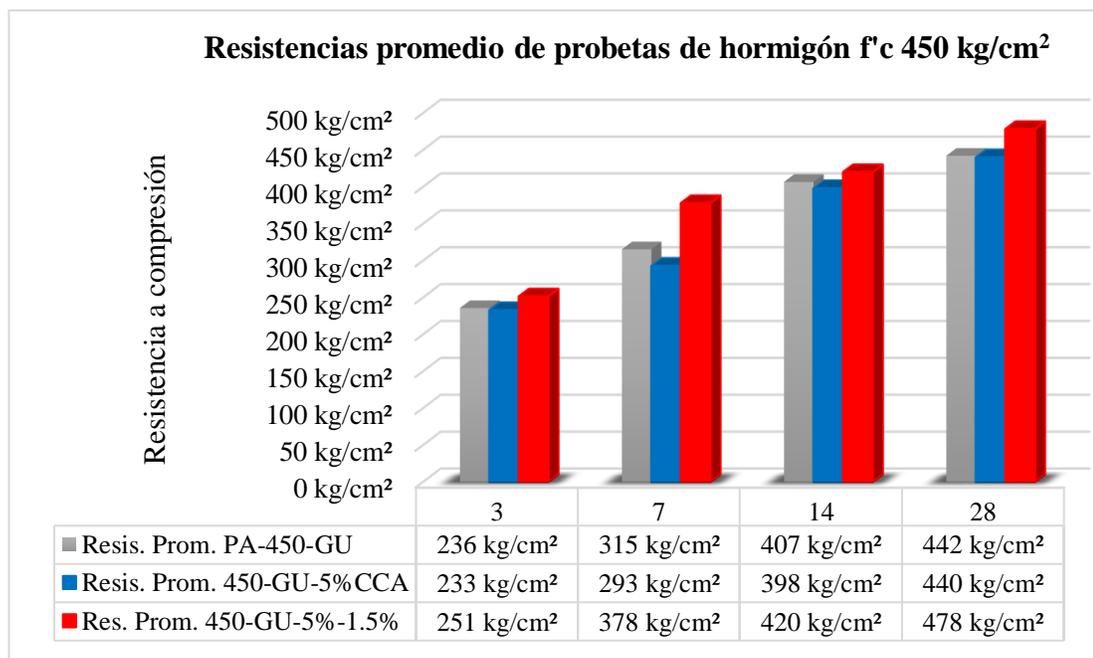
Tabla 28

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1.5%

Etiqueta	Edad Días	Dimensiones (cm)		Carga (kN)	Resistencia Kg/cm ²	Res. Prom Kg/cm ²
		Diámetro	Altura			
450-GU-5-1.5%	3	15.10	30.08	417.20	237.52	251.38
450-GU-5-1.5%	3	15.14	30.01	468.60	265.24	
450-GU-5-1.5%	7	15.21	30.12	693.40	388.80	377.85
450-GU-5-1.5%	7	15.15	30.03	649.10	366.90	
450-GU-5-1.5%	14	15.08	30.00	735.23	419.33	419.96
450-GU-5-1.5%	14	15.13	30.02	742.12	420.58	
450-GU-5-1.5%	28	15.22	30.13	834.87	467.89	478.24
450-GU-5-1.5%	28	15.02	30.00	849.3	488.60	

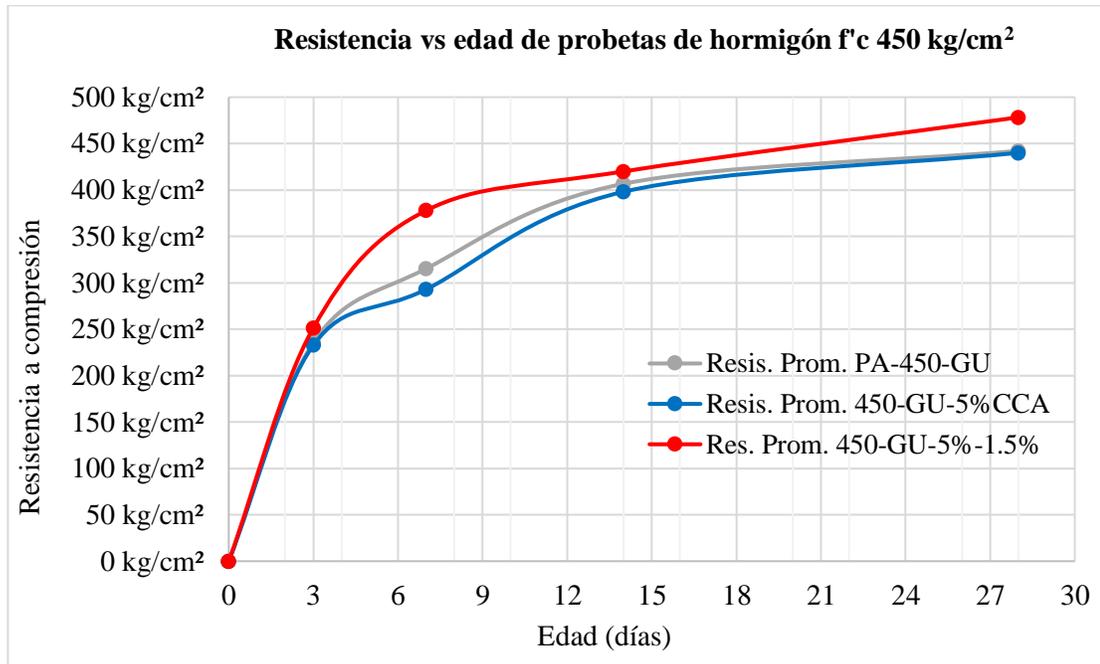
Gráfica 15

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1.5%



Gráfica 16

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-1.5%



4.3.9 Resultados de roturas de probetas ensayadas a compresión en mezcla con reemplazo 5% CCA y 2% aditivo superplastificante (policarboxilatos).

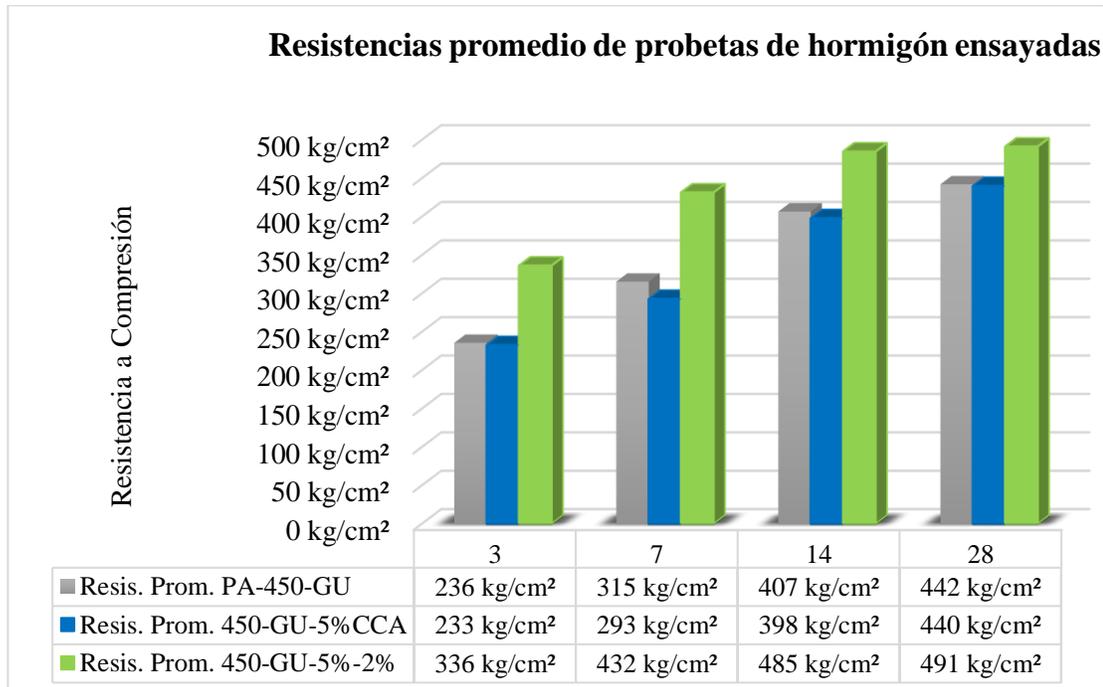
Tabla 29

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-2%

Etiqueta	Edad Días	Dimensiones (cm)		Carga (kN)	Resistencia Kg/cm ²	Res. Prom Kg/cm ²
		Diámetro	Altura			
450-GU-5-2%	3	15.11	29.95	617.2	350.99	336.29
450-GU-5-2%	3	15.24	30.04	574.9	321.59	
450-GU-5-2%	7	15.13	30.09	741.5	420.44	431.52
450-GU-5-2%	7	15.05	30.14	771.9	442.60	
450-GU-5-2%	14	15.12	30.12	857.2	486.69	484.83
450-GU-5-2%	14	15.02	29.96	839.4	482.96	
450-GU-5-2%	28	15.23	30.12	862.5	483.03	491.96
450-GU-5-2%	28	15.01	30.11	866.6	499.48	

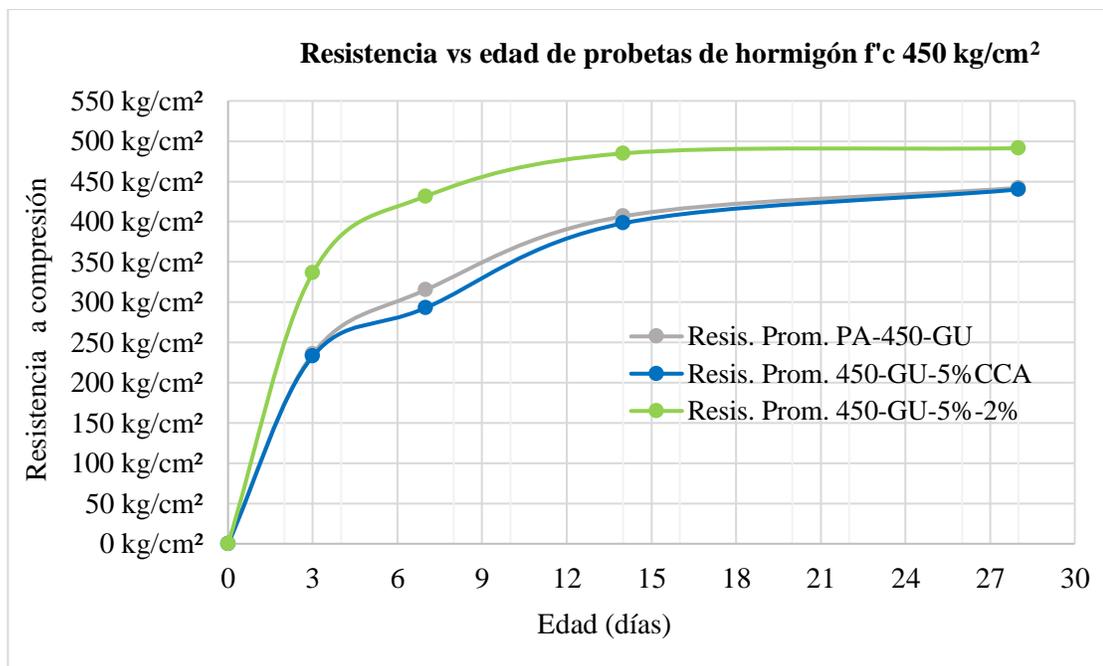
Gráfica 17

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-2%



Gráfica 18

Resistencias alcanzadas por el hormigón de muestra 450-GU-5-2%

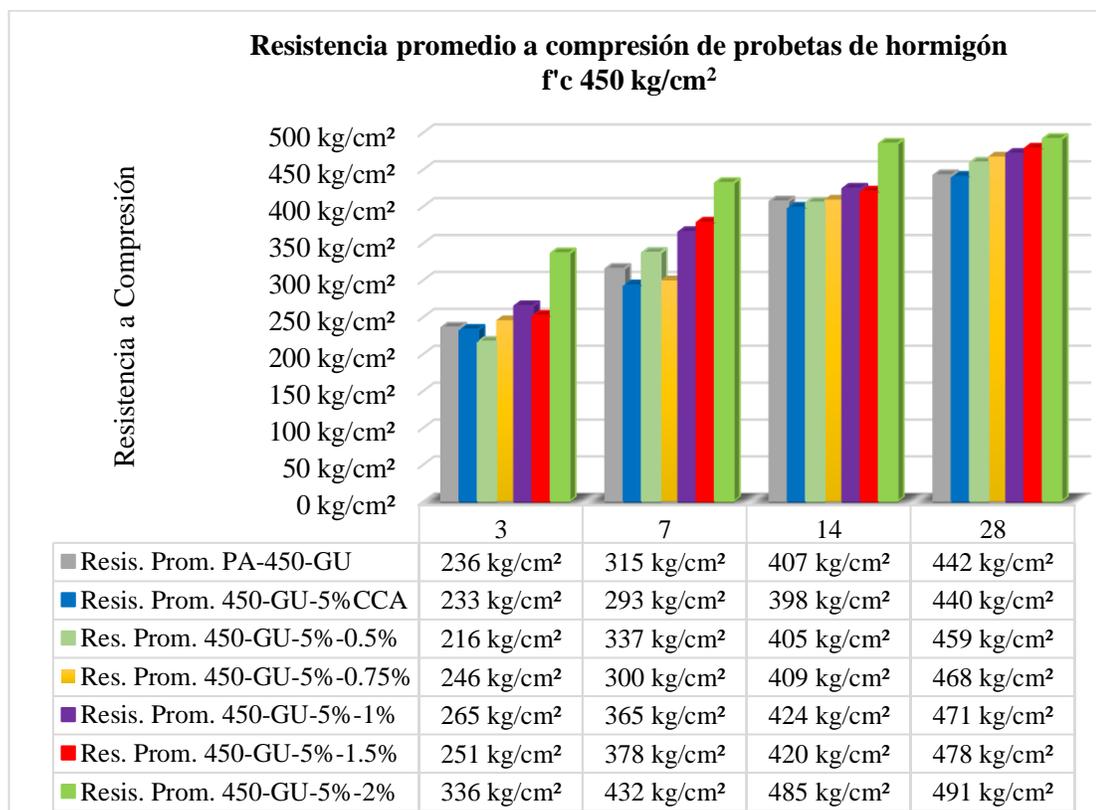


4.4 RESULTADOS OBJETIVO IV: ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIAS ENTRE LOS HORMIGONES ELABORADOS

4.4.1 Compilado comparativo de resistencias a compresión de hormigones elaborados.

Gráfica 19

Comparativa de resistencias promedios de las diferentes mezclas de hormigón elaboradas.

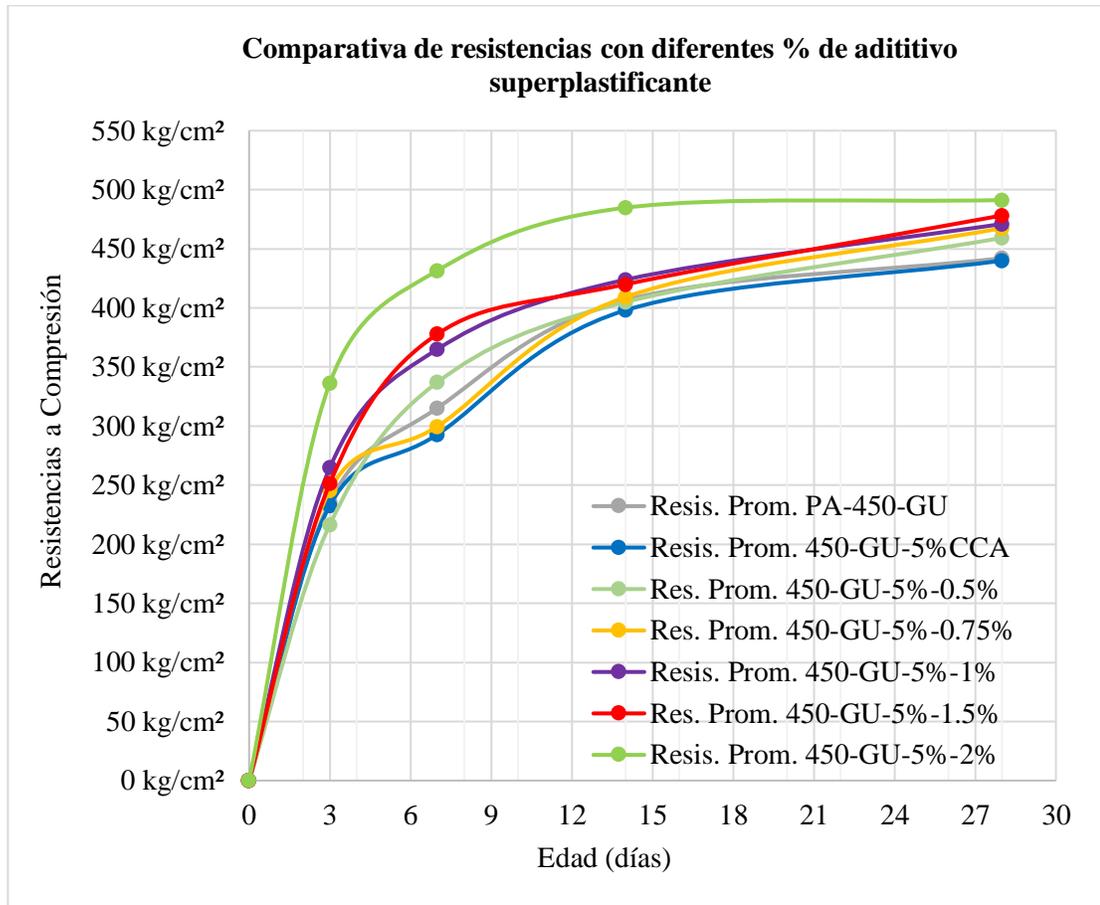


Análisis:

El gráfico de barras nos muestra las resistencias a compresion simple que soportaron los diseños de hromigon que se realizaron para este trabajo de investigacion, ademas podemos observar que se obtuvo mejores resistencias con la dosis maxima recomendada por el fabricante del aditivo utilizado ya que se obtuvieron buenas resistencias iniciales y finales

Gráfica 20

Curvas de resistencia vs edad de los diferentes hormigones elaborados



Análisis:

La grafica nos muestra el comportamiento según la edad de las probetas de hormigón elaboradas lo que demuestra que la mezcla que contiene la mayor dosis de superplastificante es la que logro tener una mayor resistencia a compresión mientras que la mezcla que se elaboró con 5% de CCA como reemplazo del cemento estuvo por debajo de la resistencia que se tomó como referencia

4.4.2 Resultados de roturas de vigas ensayadas a flexión en tres puntos de los diferentes hormigones elaborados.

Tabla 30

Módulos de roturas obtenidos mediante ensayo a flexión de vigas de hormigón

Módulos de Rotura de los Diferentes Hormigones Elaborados							
Etiquetas de vigas	Edad (días)	Dimensiones (cm)			Carga (kN)	M. Rotura Mpa	Promedio M. Rotura
		Largo	Ancho	Altura			
PA-GU-450	28	45	15.0	15.0	33.15	4.42	4.62
PA-GU-450	28	45	15.0	15.0	36.09	4.81	
450-GU-5%CCA	28	45	15.1	15.2	41.13	5.34	5.12
450-GU-5%CCA	28	45	15.1	15.2	37.78	4.91	
450-GU-5-0.5%	28	45	15.2	15.2	46.00	5.89	5.81
450-GU-5-0.5%	28	45	15.2	15.3	45.26	5.72	
450-GU-5-0.75%	28	45	15.0	15.0	33.99	4.53	5.02
450-GU-5-0.75%	28	45	15.0	15.0	41.26	5.50	
450-GU-5-1%	28	45	15.1	15.1	42.29	5.53	5.49
450-GU-5-1%	28	45	15.1	15.1	41.65	5.44	
450-GU-5-1.5%	28	45	15.1	15.0	39.80	5.27	5.21
450-GU-5-1.5%	28	45	15.0	15.0	38.60	5.15	
450-GU-5-2%	28	45	15.0	15.0	45.10	6.01	5.83
450-GU-5-2%	28	45	15.0	15.0	42.34	5.65	

Gráfica 21

Módulos de rotura promedio de vigas ensayadas a 28 días

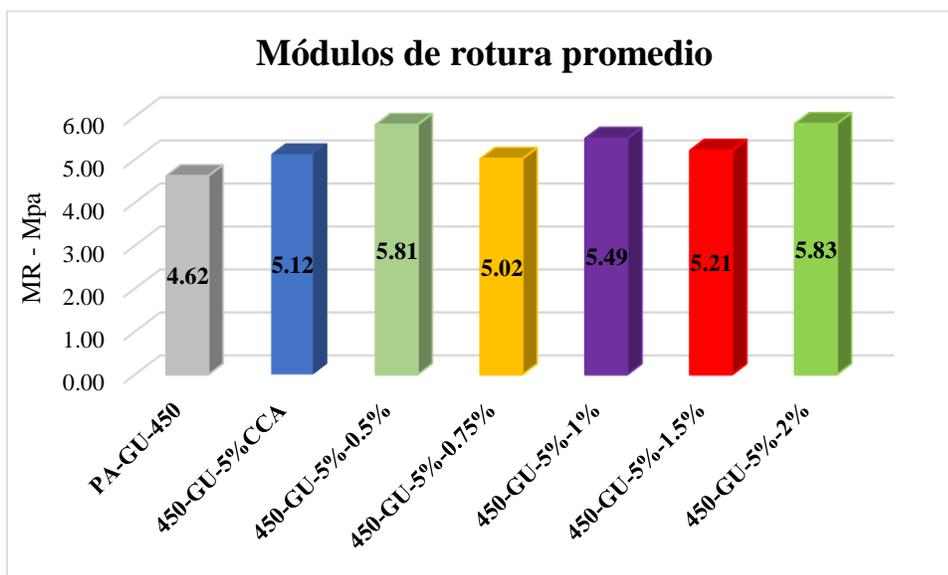


Tabla 31*Correlación de resistencias a compresión simple y flexión en tres puntos*

Correlación de resistencias				
Etiquetas de probetas	Edad (días)	Resistencias promedio (Mpa)	Promedio M. Rotura (Mpa)	Correlación MR/fc
PA-GU-450	28	43.34	4.62	0.11
5%CCA-GU-450	28	42.73	5.12	0.12
450-GU-5-0.5%	28	45.02	5.81	0.13
450-GU-5-0.75%	28	45.84	5.02	0.11
450-GU-5-1%	28	46.19	5.49	0.12
450-GU-5-1.5%	28	46.89	5.21	0.11
450-GU-5-2%	28	48.16	5.83	0.12

Tabla32*Análisis de Precios Unitarios por Metro Cúbico de Hormigón (m³)*

Análisis de Precios Unitarios por Metro Cúbico de Hormigón (m ³)					
Hormigón con %CCA		Hormigón con 5%CCA+ASP		Hormigón con ASP	
PA-GU-450	\$.215.98	450-GU-5-0.5%	\$.212.36	450-GU-0,5%	\$.216.75
450-GU-5%CCA	\$.209.75	450-GU-5-0,75%	\$.226.21	450-GU-0,75%	\$.230.65
450-GU-10%CCA	\$.203.52	450-GU-5-1%	\$.233.96	450-GU-1%	\$.244.55
450-GU-15%CCA	\$.197.97	450-GU-5-1,5%	\$.261.76	450-GU-1,5%	\$.272.36
450-GU-20%CCA	\$.174.71	450-GU-5-2%	\$.295.77	450-GU-2%	\$.300.16

4.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio realizado marca un precedente importante en el campo de investigación experimental, puesto que optimizar un hormigón de alto desempeño con adiciones de agregados como cascarilla de arroz requiere de aspectos relevantes, así como también de investigación bibliográfica, por tanto, se presenta una discusión a partir de la tesis de (Coque y Lechon, 2021) denominada diseño de hormigón de alto desempeño tipo I con y sin adición de cenizas de cascarilla y paja de trigo.

Es significativo poder recurrir a investigaciones anteriores que permitan discutir algunos aspectos de gran relevancia respecto a los resultados estimado, en primer lugar, hay que considerar que (Coque y Lechon, 2021) mencionan la relación del tamaño nominal máximo del agregado es inversamente proporcional al valor de la resistencia a la compresión del hormigón y la textura debe evitar tener fisuras, libre de impurezas y tener dureza. Sin duda esto es parte del estudio de las propiedades químicas físicas y mecánicas, las cuales deben tener cualidades específicas para llegar a los resultados requeridos, sin embargo, se debe considerar que el estudio de Coque y Lechon experimentado con cemento tipo HE mientras que el presente estudio muestra un modelo experimental desarrollado con cemento GU denotando que ambos tipos de cementos tienden a ser óptimos para la creación de un hormigón de alto desempeño, no obstante presentan composición química diferente requiriendo variación en las proporciones.

El diseño implementado implica que es posible distinguir la optimización de hormigón de alto desempeño con diferentes aditivos superplastificantes, Por lo tanto, se recurre al trabajo investigativo experimental de (Alvarado Boza y Tivanta Jaramillo, 2020) para los cálculos y comparación de un hormigón con superplastificante policarboxilatos en diferentes dosis analizando así la sensibilidad de los aditivos superplastificantes en el hormigón; para lo cual se eligieron distintas marcas de aditivos y diversos componentes químicos añadidos en distintas proporciones mediante ensayos permitiendo la evaluación del comportamiento.

Entonces el estudio de Alvarado y Tivanta mantiene ensayos y rompimiento en 3-7-28-60 y 90 días notando entonces que la diferencia entre el trabajo citado y el realizado fue dado en menor tiempo obteniendo así de 3-7-14 y 28 días consiguiendo los resultados esperados.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber realizado los diferentes ensayos concernientes a la realización de este proyecto y habiendo obtenidos buenos resultados se llega a las siguientes conclusiones:

5.1 CONCLUSIONES

Para obtener la dosificación para la elaborar hormigones de alto desempeño, se debe cumplir con los parámetros de selección de materiales que indica la norma ACI 211-91 y ACI 211.4R-08, además de verificar mediante ensayos de laboratorio que los agregados cumplan los parámetros que indican las normas nacionales como internacionales para así conseguir un buen diseño de mezcla. Aunque si bien los resultados obtenidos de los ensayos de compresión de la mezcla patrón realizadas para este proyecto de investigación demuestran estar por debajo de la resistencia característica propuesta, tales resultados son aceptables según los estándares antes indicados.

La utilización de puzolanas artificiales obtenidas mediante calcinación de restos agrícolas ya sea hojas, tallos, cascarillas tal fue este el caso, hacen que la consistencia del hormigón sea muy baja y por ende no tenga un buen proceso de compactación por lo que se aduce a esto que se haya tenido resistencias a la compresión muy bajas cuando se utilizó los porcentajes de reemplazo del 10, 15 y 20% del peso del cemento, mientras que cuando se utilizó el 5% la mezcla en estado fresco tuvo una buena consistencia y en estado endurecido tuvo una resistencia a compresión simple que se asemejo en gran medida a la de la mezcla patrón, por tal razón se concluye que la dosis óptima de reemplazo de CCA es del 5%.

La utilización de aditivos superplastificantes ayuda en gran medida a reducir tanto la cantidad de agua como de cemento que se utiliza en mezclas de hormigón, además de mejorar la consistencia de las mezclas de hormigón de alta resistencia y permiten tener mejores resistencias iniciales a cortas edades sin afectar las resistencias finales, es por aquello que se implantan dosis de aditivo que van desde el 0.5 al 2% a las mezclas elaboradas para la realización de este proyecto, concluyendo que la dosis optima de aditivo para tener una buena resistencia a compresión como flexión es del 2% ya que se obtuvo un aumento del 10% de la resistencia a compresión sobre el $f'c$ de estudio, mientras que el módulo de rotura tuvo un aumento del 32%, sin tener efectos de segregación en la mezcla.

Una vez realizado el análisis comparativo de las resistencias se concluye que la mezcla que cumple con la resistencia a compresión y módulo de rotura es la mezcla identificada como 450-GU-5-2%, que es la mezcla compuesta por los agregados fino y grueso, cemento GU, 5% de ceniza y 2% de aditivo superplastificante ya que las probetas elaboradas con esta mezcla alcanzaron a la edad de 28 días resistencias a compresión de 491 kg/cm^2 (48.16 Mpa) y un módulo de rotura de 5.83Mpa (59.48 kg/cm^2).

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de la CCA como puzolana cuando se utiliza dosis altas de aditivo superplastificante, ya que esta al tener una absorción elevada ayuda en gran medida a evitar el efecto de segregación de las mezclas de hormigón.

Realizar investigaciones que tomen como parámetro las características de absorción de la CCA ya que al ser este un material absorbente se debe tener en cuenta el aumento de la demanda de agua en este tipo de mezclas de hormigón.

Teniendo en consideración que la CCA utilizada en este proyecto fue obtenida mediante una incineración a cielo abierto y sin control de temperatura, se recomienda

realizar más investigaciones tomando como parámetro importante la temperatura a la que se calcina la cascarilla de arroz es decir realizar una incineración controlada para comprobar si se puede obtener una puzolana de mejores características.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 211. y American Concrete Institute. (2008). *Guide for selecting proportions for high-strength concrete using portland cement and other cementitious materials*. American Concrete Institute.
- Águila, I. y Sosa, M. (2008). Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 23(4), 55–66.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Alnahhal, M. F. y Alengaram, U. J. y Jumaat, M. Z. y Abutaha, F. y Alqedra, M. A. y Nayaka, R. R. (2018). Assessment on engineering properties and CO2 emissions of recycled aggregate concrete incorporating waste products as supplements to Portland cement. *Journal of Cleaner Production*, 203, 822–835.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.08.292>
- Alvarado Boza, I. A. y Tivanta Jaramillo, K. J. (2020). *Análisis comparativo de sensibilidad de diferentes aditivos superplastificantes en el hormigón*. [BachelorThesis, Universidad Estatal Península de Santa Elena].
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5267>
- Anderson, J. y Tanta, S. (2020). *Geopolímeros en la industria de la construcción: aplicaciones con ceniza volante y puzolana natural* [Tesis, Pontificia Universidad Católica de Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17208>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación* (O. Fernández Palma, Ed.; 3º). Pearson Educación. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-las-fuerzas-armadas-de-ecuador/metodologia-de-la-investigacion/bernal-cesar-a-metodologia-de-la-investigacion-3-ed-1-71/37262081>

- Cabezas Mejía, E. D. y Andrade Naranjo, D. y Torres Santamaría, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica* (D. Andrade Aguirre, Ed.; 1º). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15424>
- Calizaya López, J. M. y Bellido Medina, R. S. y Alemán Vilca, Y. y Morales Palao, B. y Monzón Álvarez, G. I. y Ceballos Bejarano, F. E. (2020). Capítulo 2: Planteamiento del problema y marco teórico en la investigación cuantitativa. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 24(107), 88–105. <https://doi.org/10.47460/UCT.V24I107.418>
- Castro, M. J. y Martínez, R. A. P. y Ledezma, C. Z. y Ledezma, E. Z. (2021). Caracterización preliminar de la ceniza de cáscara de arroz de la provincia Manabí, Ecuador, para su empleo en hormigones. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia*, 44(1), 44–50. <https://doi.org/10.22209/RT.V44N1A06>
- Castro Riquetti, J. D. y Ojeda Bravo, G. L. (2019). *Diseño y elaboración de hormigones especiales de alto desempeño* [BachelorThesis, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33600>
- Cataño, J. y Guzmán, K. y Perpiñan, M. (2021). *Efecto de la incorporación de cascarilla de arroz sobre las propiedades mecánicas de concretos y bloques de suelo cemento. Una Revisión Sistemática* [Trabajo de Grado, Universidad Cooperativa De Colombia]. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/32902>
- Coque Quishpe, L. y Lechon Churuchumbi, T. (2021). Diseño de hormigón de alto desempeño tipo I con y sin adición de cenizas de cascarilla y paja de trigo. [Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, UCE]. En *Repositorio Digital*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22770?mode=full>
- Ferreira dos Santos, S. y de Almeida Moreira, L. y Silva Junior, L. A. (2020). Análise experimental da influência da cinza de casca de arroz sem queima controlada como adição mineral ao concreto. *Research, Society and Development, ISSN-e 2525-3409, Vol. 9, Nº. 2, 2020, 9(2)*, 50. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1586>
- Ferreira, S. y Santos, D. y De, L. y Moreira, A. y Gomes, C. L. y Martins De Oliveira, R. y Salles, P. V. y Antonio Da, L. y Junior, S. (2019). Caracterização da cinza de

- casca de arroz como adição mineral ao concreto. *Research, Society and Development*, ISSN-e 2525-3409, Vol. 8, N°. 3, 2019 (Ejemplar dedicado a: March; e483859), 8(3), 37. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i3.727>
- Fuentes Molina, N. y Fragoso Tarifa, O. y Vizcaino Mendoza, L. (2015). RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO ADICIONES EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO NO ESTRUCTURAL. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 99–116. <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1434>
- Garnica Enderica, N. y Sánchez Zamora, J. E. (2009). *Control de calidad en obra para hormigones de alto desempeño* [Tesis de Ingeniería Civil, Escuela Superior Politécnica de Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/7185>
- Harmsen, T. E. (2017). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado* (Pontificia Universidad Católica del Perú, Ed.; 5°). Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial 2018.
- Hasan, N. Md. S. y Sobuz, Md. H. R. y Khan, Md. M. H. y Mim, N. J. y Meraz, Md. M. y Datta, S. D. y Rana, Md. J. y Saha, A. y Akid, A. S. M. y Mehedi, Md. T. y Houda, M. y Sutan, N. M. (2022). Integration of Rice Husk Ash as Supplementary Cementitious Material in the Production of Sustainable High-Strength Concrete. *Materials*, 15(22), 8171. <https://doi.org/10.3390/ma15228171>
- Hernández Sampieri, R. y Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta). Mc Graw-Hill Educación. <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Huaquisto Cáceres, S. y Belizario Quispe, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 20(2), 255–234. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.366>
- Kosmatka, S. H. y Kerkhoff, B. y Panarese, W. C. y Tenesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas*. Portland Cement Association. https://www.researchgate.net/publication/348676443_Disenyo_y_Control_de_Mezclas_de_Concreto

- Mattey, P. E. y Robayo, R. A. y Díaz, J. E. y Delvasto, S. y Monzó, J. (2015). APPLICATION OF RICE HUSK ASH OBTAINED FROM AGRO-INDUSTRIAL PROCESS FOR THE MANUFACTURE OF NONSTRUCTURAL CONCRETE BLOCKS. *Rev. LatinAm. Metal. Mat.*, 35(2), 285–294. www.rlmm.org
- Mc Cormac, J. y Brown, R. (2017). *Diseño de Concreto Reforzado* (Décima Edición). Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.
- Nilson, A. H. y Darwin, David. (2001). *Design of concrete structures* (E. Ariza H, Ed.; Duodécima). McGraw-Hill.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *NEC: ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO*.
- Orrala Yagual, A. F. y Gómez Suárez, F. G. (2015). *Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de puzolana obtenida de la calcinación de residuos del cultivo de maíz producido en la provincia de Santa Elena* [BachelorThesis, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2272>
- Ortega García, J. E. (2015). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado* (Primera). Empresa Editora Macro EIRL.
- Pazmiño Tipanluisa, M. J. (2014). *Hormigones de alta Resistencia ($f'c=44$ MPa) utilizando agregados del sector de Guayllabamba y cemento campeón especial – Lafarge*. [Trabajo de Graduación previo la obtención del Título de Ingeniero Civil, Quito, UCE]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3013>
- Porrero, J. y Ramos, C. y Graces, J. y Velasco, G. (2014). *Manual del Concreto Estructural* (M. A. Álvarez, Ed.; Primera Edición). PAG Marketing Soluciones.
- Rúa-Suárez, A. F. y Carvajal-Jaramillo, J. y Lasso-Cerón, C. A. y Arbeláez-Pérez, O. F. (2022). Producción de hormigón verde a partir de ceniza de cascarilla de arroz y residuos de vidrio como sustitutos del cemento. *Revista ION*, 35(2). <https://doi.org/10.18273/REVION.V35N2-2022008>
- Sika. (2014). ADITIVOS PARA CONCRETO. En *Sika Colombia S.A.S.* (p. 28p). <https://col.sika.com/es/documentacion.html>

- Sika. (2017). HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Sikament-115. En *Sika Ecuador* (p. 3p). <https://ecu.sika.com/es/documentacion.html>
- Thiedeitz, M. y Schmidt, W. y Härder, M. y Kränkel, T. (2020). Performance of Rice Husk Ash as Supplementary Cementitious Material after Production in the Field and in the Lab. *Materials*, 13(19), 4319. <https://doi.org/10.3390/ma13194319>
- Tobar, E. y Quijije, K. (2017). *Estudio de factibilidad en la implementación de una empresa de reciclaje a base de cáscara de arroz en el cantón Daule, provincia del Guayas, con el fin de abastecer a plantas industriales de paneles solares.* [Trabajo de Titulación, Universidad de Guayaquil]. <http://docplayer.es/131350595-Universidad-de-guayaquil.html>
- Vargas, J. y Alvarado, P. y Vega-Baudrit, J. y Porras, M. (2013). Caracterización del subproducto cascarilla de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, ISSN-e 2224-5545, Vol. 23, N°. 1, 2013, págs. 86-101, 23(1), 86–101.* <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5069938&info=resumen&idoma=SPA>

ANEXOS

Anexo 1

Caracterización de los agregados

		TESIS DE GRADO “OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO A PARTIR DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO PUZOLANA Y SUPERPLASTIFICANTE PARA LA OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA”					
DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL AGREGADO GRUESO							
CANTERA	CALIZAS HUAICO			COORD:	S 2°10'44.5"		
UBICACIÓN	Cantón Guayaquil - Prov. Guayas				W 79°59'56.8"		
DESCRIPCION	Color gris			FECHA DE ENSAYO	11/07/2022		
TIPO	Piedra Triturada	TAM. MAX NOM: 19mm					
Peso volumétrico suelto y varillado							
Volumen	0.00974	m ³	Volumen	0.00974	m ³		
P.V.S.+ R	23.88	Kg	P.V.V.+ R	25.20	Kg		
Recipiente	10.92	Kg	Recipiente	10.92	Kg		
Peso del material	12.96	Kg	Peso del material	14.28	Kg		
P.V.S.	1331.02	kg/m ³	P.V.V.	1466.59	kg/m ³		
Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S.)				% Absorción			
P.S.S.S.	2000.00	Gr	Recipiente	W22			
W (canastilla sumergida)	1056.00	Gr	W Recipiente (gr)	78.00			
W (canastilla sumergida + material)	2288.00	Gr	W grava saturada+ r	1650.00			
W (can sumer+mat)-W (can sumer)	1232.00	Gr	W grava seca+ r	1623.00			
Volumen	768.00	cm ³	W de Agua	27.00			
D.S.S.S.	2.60	gr/cm ³	W grava seca	1545.00			
	2604.17	kg/m ³	% Absorción	1.75			
Humedad de la grava convencional							
Recipiente	W						
W recipiente	54.00	Gr					
W grava + r	776.00	Gr					
W grava seca+ r	775.00	Gr					
W de Agua	1.00	Gr					
W grava seca	721.00	Gr					
Humedad	0.14	%					
Tesistas:		Laboratorista		Director de laboratorio			
Choez Franco Alex Ortiz Pincay Christian		Rojer Magallanes		Ing. Lucrecia Moreno Alcívar PhD.			

Anexo 2

Caracterización de los agregados

		TESIS DE GRADO “OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO A PARTIR DE LA ADICIÓN DE CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO PUZOLANA Y SUPERPLASTIFICANTE PARA LA OBTENCIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA”			
		DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL AGREGADO FINO			
CANTERA	El Triunfo		COORD:	S 1°55'60"	
UBICACIÓN	Cantón El Triunfo - Prov. Guayas			W 79°58'0"	
DESCRIPCION	Color negro		FECHA DE ENSAYO	11/07/2022	
TIPO	Arena Gruesa	TAM. MAX NOM: 9.8mm			
Peso volumétrico suelto y varillado					
Volumen	0.00281	m ³	VOLUMEN	0.00281	m ³
P.V.S.+ R	8.06	Kg	P.V.S.+ R	8.57	Kg
Recipiente	4.42	Kg	Recipiente	4.42	Kg
Peso del material	3.64	Kg	Peso del material	4.15	Kg
P.V.S.	1295.37	kg/m ³	P.V.S.	1477.22	kg/m ³
Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S.)			% ABSORCION		
P.S.S.S.	500.00	Gr	Recipiente	D	
Lectura inicial	520.00	Gr	W Recipiente (gr)	54.00	
Lectura final	740.00	Gr	W arena saturada+ r	446.06	
W (desalojado)	220.00	Gr	W arena seca+ r	440.13	
Volumen	220.00	cm ³	W de AGUA	5.93	
D.S.S.S.	2.27	gr/cm ³	W arena seca	386.13	
	2272.73	kg/m ³	% Absorción	1.54	
HUMEDAD DE ARENA CONSTRUCCION					
Recipiente	W				
W Recipiente (gr)	55.00	Gr			
W arena+ r	637.00	Gr			
W arena seca+ r	614.00	Gr			
W de Agua	23.00	Gr			
W arena seca	559.00	Gr			
Humedad	4.11	%			
Tesistas:		Laboratorista			
Choez Franco Alex Ortiz Pincay Christian		Rojer Magallanes	Ing. Lucrecia Moreno Alcívar		

Anexo 3

Hoja de diseño hormigón muestra patrón

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
f'c	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
f'cr	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste f'cr	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.345	Porcentaje de aire	2 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	521.74 kg/m ³
% V _{vacíos AF}	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	V (m ³)
Aire	0.02		0.020
Cemento	521.74	2950	0.177
Agua	180.00	1000	0.180
Grava	1055.94	2604.17	0.405
Arena	494.67	2272.73	0.218
Total	2252.4		1.000

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	V (m ³)
Aire atrapado	0.02		0.020
Cemento	521.74	2950.00	0.177
Grava húmeda	1057.41	2604.17	0.406
Agua requerida	183.73	1000	0.184
Arena húmeda	515.03	2272.73	0.227
Total	2277.93		1.0

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
r	0.075	m	longitud	0.530	m
A= Pi*r ²	0.018	m ²	A= b*l	0.0795	m ²
h	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas					
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol. (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)
Aire atrapado	0.02	0.0846	0.0017		0.02
Cemento	0.18		0.0148	2950	43.54
Grava húmeda	0.40		0.0339	2604.17	88.24
Agua requerida	0.18		0.0153	1000	15.33
Arena húmeda	0.22		0.0189	2272.73	42.98
Total	1.00		0.0846		

Anexo 4

Hoja de diseño hormigón muestra con reemplazo parcial del 5% de CCA

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
f'c	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
f'cr	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste f'cr	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.345	Porcentaje de aire	2 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	521.74 kg/m ³
% V _{vacíos AF}	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	Vol. (m ³)
Aire	0.02		0.020
Cemento	495.65	2950	0.168
Agua	180.00	1000	0.180
Grava	1055.94	2604.17	0.405
Arena	487.32	2272.73	0.214
CCA	26.09	2160	0.012
Total	2245.03		1.000

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	Vol (m ³)
Aire atrapado	0.02		0.02
Cemento	495.65	2950.00	0.17
Grava húmeda	1057.41	2604.17	0.40
Agua requerida	183.93	1000	0.18
Arena húmeda	507.37	2272.73	0.22
CCA	26.09	2160.00	0.01
Total	2270.47		1.00

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
R	0.075	m	longitud	0.530	m
A= Pi*r ²	0.018	m ²	A= b*l	0.0795	m ²
H	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas						
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol. (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)	
Aire atrapado	0.02	0.0846	0.0017		0.02	
Cemento	0.17		0.0140	2950	41.36	
Grava húmeda	0.40		0.0339	2604.17	88.23	
Agua requerida	0.18		0.0153	1000	15.35	
Arena húmeda	0.22		0.0186	2272.73	42.33	
CCA	0.01		0.0010	2160	2.18	
Total	1.00		0.0846			189.46

Anexo 5

Hoja de diseño hormigón muestra con reemplazo parcial del 10% de CCA

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
f'c	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
f'cr	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste f'cr	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.345	Porcentaje de aire	2 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	521.74 kg/m ³
% V _{vacíos AF}	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	Vol. (m ³)
Aire	0.02		0.020
Cemento	469.57	2950	0.159
Agua	180.00	1000	0.180
Grava	1055.94	2604.17	0.405
Arena	479.97	2272.73	0.211
CCA	52.17	2160	0.024
Total	2237.68		1.000

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	Vol (m ³)
Aire atrapado	0.02		0.02
Cemento	469.57	2950.00	0.16
Grava húmeda	1057.41	2604.17	0.40
Agua requerida	184.13	1000	0.18
Arena húmeda	499.72	2272.73	0.22
CCA	52.17	2160.00	0.02
Total	2263.02		1.00

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
r	0.075	m	longitud	0.530	m
A= Pi*r ²	0.018	m ²	A= b*l	0.0795	m ²
h	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas						
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol. (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)	
Aire atrapado	0.02	0.0846	0.0017		0.02	
Cemento	0.16		0.0133	2950	39.18	
Grava húmeda	0.40		0.0339	2604.17	88.22	
Agua requerida	0.18		0.0154	1000	15.36	
Arena húmeda	0.22		0.0183	2272.73	41.69	
CCA	0.02		0.0020	2160	4.35	
Total	1.00		0.0846			188.83

Anexo 6

Hoja de diseño hormigón muestra con reemplazo parcial del 15% de CCA

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
$f'c$	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
$f'cr$	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste $f'cr$	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.345	Porcentaje de aire	2 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	521.74 kg/m ³
% $V_{vacios\ AF}$	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	Vol. (m ³)
Aire	0.02		0.02
Cemento	443.48	2950	0.15
Agua	180.00	1000	0.18
Grava	1055.94	2604.17	0.40
Arena	472.62	2272.73	0.21
CCA	78.23	2160	0.04
Total	2230.33		1.00

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	Vol (m ³)
Aire atrapado	0.02		0.02
Cemento	443.48	2950.00	0.15
Grava húmeda	1057.41	2604.17	0.40
Agua requerida	184.32	1000	0.18
Arena húmeda	492.07	2272.73	0.22
CCA	78.26	2160.00	0.04
Total	2255.56		1.00

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
r	0.075	m	longitud	0.530	m
A= Pi*r ²	0.018	m ²	A= b*l	0.0795	m ²
h	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas						
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol. (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)	
Aire atrapado	0.02	0.0846	0.0017		0.02	
Cemento	0.15		0.0125	2950	37.00	
Grava húmeda	0.40		0.0339	2604.17	88.22	
Agua requerida	0.18		0.0154	1000	15.38	
Arena húmeda	0.21		0.0181	2272.73	41.05	
CCA	0.04		0.0030	2160	6.53	
Total	1.00		0.0846			188.20

Anexo 7

Hoja de diseño hormigón muestra con reemplazo parcial del 20% de CCA

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
f'c	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
f'cr	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste f'cr	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.345	Porcentaje de aire	2 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	521.74 kg/m ³
% V _{vacíos AF}	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	Vol. (m ³)
Aire	0.02		0.02
Cemento	417.39	2950	0.14
Agua	180.00	1000	0.18
Grava	1055.94	2604.17	0.41
Arena	465.27	2272.73	0.20
CCA	104.35	2160	0.05
Total	2222.98		1.00

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	Vol (m ³)
Aire atrapado	0.02		0.02
Cemento	417.39	2950.00	0.14
Grava húmeda	1057.41	2604.17	0.41
Agua requerida	184.52	1000	0.18
Arena húmeda	484.42	2272.73	0.20
CCA	104.35	2160.00	0.05
Total	2248.10		1.00

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
r	0.075	m	longitud	0.530	m
A= Pi*r ²	0.018	m ²	A= b*l	0.0795	m ²
h	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas						
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol. (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)	
Aire atrapado	0.02	0.0846	0.0017		0.02	
Cemento	0.14		0.0118	2950	34.82	
Grava húmeda	0.41		0.0339	2604.17	88.21	
Agua requerida	0.18		0.0154	1000	15.39	
Arena húmeda	0.20		0.0178	2272.73	40.41	
CCA	0.05		0.0040	2160	8.71	
Total	1.00		0.0846			187.56

Anexo 8

Hoja de diseño hormigón muestra con reemplazo parcial del 5% de CCA + 0.5% AS

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
f'c	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
f'cr	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste f'cr	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.405	Porcentaje de aire	1.5 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	444.44 kg/m ³
% V _{vacíos AF}	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	V (m ³)
Aire	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950	0.143
Agua	177.78	1000	0.178
Grava	1055.94	2604.17	0.405
Arena	560.17	2272.73	0.246
Ceniza	22.22	2160	0.010
Aditivo	2.22	1200	0.002
Total	2240.57		1.000

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	% Vol
Aire atrapado	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950.00	0.143
Grava Húmeda	1057.41	2604.17	0.406
Agua requerida	179.75	1000	0.180
Arena Húmeda	583.21	2272.73	0.257
CCA	22.22	2160.00	0.010
Aditivo	2.2	1200	0.002
Total	2267.06		1.01

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
r	0.075	m	longitud	0.530	m
$A = \text{Pi} * r^2$	0.018	m ²	$A = b * l$	0.0795	m ²
h	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas					
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)
Aire atrapado	0.015	0.0846	0.0013		0.02
Cemento	0.143		0.0119	2950	35.25
Grava Húmeda	0.406		0.0339	2604.17	88.29
Agua requerida	0.180		0.0150	1000	15.01
Arena Húmeda	0.257		0.0214	2272.73	48.69
CCA	0.010		0.0009	2160	1.86
Aditivo	0.002		0.0002	1200	0.19
Total	1.013		0.0846		

Anexo 9

Hoja de diseño hormigón muestra con reemplazo parcial del 5% de CCA + 0.75% AS

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
f'c	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
f'cr	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste f'cr	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.405	Porcentaje de aire	1.5 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	444.44 kg/m ³
% V _{vacíos AF}	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	V (m ³)
Aire	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950	0.143
Agua	176.67	1000	0.177
Grava	1055.94	2604.17	0.405
Arena	560.59	2272.73	0.247
Ceniza	22.22	2160	0.010
Aditivo	3.33	1200	0.003
Total	2240.99		1.000

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	% Vol
Aire atrapado	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950.00	0.143
Grava Húmeda	1057.41	2604.17	0.406
Agua requerida	178.63	1000	0.179
Arena Húmeda	583.65	2272.73	0.257
CCA	22.22	2160.00	0.010
Aditivo	3.33	1200	0.003
Total	2267.48		1.013

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
r	0.075	m	longitud	0.530	m
A= Pi*r ²	0.018	m ²	A= b*l	0.0795	m ²
h	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas						
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)	
Aire atrapado	0.015	0.0846	0.0013		0.001	
Cemento	0.143		0.0119	2950	35.25	
Grava Húmeda	0.406		0.0339	2604.17	88.29	
Agua requerida	0.179		0.0149	1000	14.91	
Arena Húmeda	0.257		0.0214	2272.73	48.73	
CCA	0.010		0.0009	2160	1.86	
Aditivo	0.003		0.0002	1200	0.28	
Total	1.013		0.0846			189.32

Anexo 10

Hoja de diseño hormigón muestra con reemplazo parcial del 5% de CCA + 1% AS

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
f'c	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
f'cr	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste f'cr	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.405	Porcentaje de aire	1.5 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	444.44 kg/m ³
% V _{vacíos AF}	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	V (m ³)
Aire	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950	0.143
Agua	175.56	1000	0.176
Grava	1055.94	2604.17	0.405
Arena	561.01	2272.73	0.247
Ceniza	22.22	2160	0.010
Aditivo	4.44	1200	0.004
Total	2241.41		1.000

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	% Vol
Aire atrapado	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950.00	0.143
Grava Húmeda	1057.41	2604.17	0.406
Agua requerida	177.51	1000	0.178
Arena Húmeda	584.09	2272.73	0.257
CCA	22.22	2160.00	0.010
Aditivo	4.44	1200	0.004
Total	2267.91		1.013

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
r	0.075	m	longitud	0.530	m
A= Pi*r ²	0.018	m ²	A= b*l	0.0795	m ²
h	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas						
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)	
Aire atrapado	0.015	0.0846	0.0013		0.001	
Cemento	0.143		0.0119	2950	35.25	
Grava Húmeda	0.406		0.0339	2604.17	88.29	
Agua requerida	0.178		0.0148	1000	14.82	
Arena Húmeda	0.257		0.0215	2272.73	48.77	
CCA	0.010		0.0009	2160	1.86	
Aditivo	0.004		0.0003	1200	0.37	
Total	1.013		0.0846			189.35

Anexo 11

Hoja de diseño hormigón muestra con reemplazo parcial del 5% de CCA + 1.5% ASP

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
f'c	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
f'cr	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste f'cr	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.405	Porcentaje de aire	1.5 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	444.44 kg/m ³
% V _{vacíos AF}	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	V (m ³)
Aire	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950	0.143
Agua	173.33	1000	0.173
Grava	1055.94	2604.17	0.405
Arena	561.85	2272.73	0.247
Ceniza	22.22	2160	0.010
Aditivo	6.67	1200	0.006
Total	2242.25		1.000

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	% Vol
Aire atrapado	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950.00	0.143
Grava Húmeda	1057.41	2604.17	0.406
Agua requerida	175.26	1000	0.175
Arena Húmeda	584.97	2272.73	0.257
CCA	22.22	2160.00	0.010
Aditivo	6.67	1200	0.006
Total	2268.76		1.013

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
r	0.075	m	longitud	0.530	m
A= Pi*r ²	0.018	m ²	A= b*l	0.0795	m ²
h	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas						
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)	
Aire atrapado	0.015	0.0846	0.0013		0.001	
Cemento	0.143		0.0120	2950	35.25	
Grava Húmeda	0.406		0.0339	2604.17	88.29	
Agua requerida	0.175		0.0146	1000	14.63	
Arena Húmeda	0.257		0.0215	2272.73	48.84	
CCA	0.010		0.0009	2160	1.86	
Aditivo	0.006		0.0005	1200	0.56	
Total	1.013		0.0846			189.43

Anexo 12

Hoja de diseño hormigón muestra con reemplazo parcial del 5% de CCA + 2% AS

Diseño de hormigón de alto desempeño sin aditivo			
f'c	450 kg/cm ²	Primera estimación de agua	
f'cr	606 kg/cm ²	Tamaño máximo de la grava	19 mm
Ajuste f'cr	545 kg/cm ²	Fracción volumétrica Psag	0.72
Revenimiento	7.50 cm	Cantidad de agua	180 kg/m ³
Relación a/cm	0.405	Porcentaje de aire	1.5 %
Contenido de vacíos agregado fino		Cantidad de cemento	444.44 kg/m ³
% V _{vacíos AF}	35.0 %	PVV _{AG}	1466.59 kg/m ³
Ajuste de agua	0.0	Peso del agregado grueso	1055.94 kg/m ³
Cant. de Agua	180 kg/m ³		

Cálculo de agregado fino y pesos de materiales			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	V (m ³)
Aire	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950	0.143
Agua	171.11	1000	0.171
Grava	1055.94	2604.17	0.405
Arena	562.69	2272.73	0.248
Ceniza	22.22	2160	0.010
Aditivo	8.89	1200	0.007
Total	2243.10		1.000

Ajuste por humedad de agregados			
Materiales	W (kg)	D (kg/m ³)	% Vol
Aire atrapado	0.015		0.015
Cemento	422.22	2950.00	0.143
Grava Húmeda	1057.41	2604.17	0.406
Agua requerida	173.02	1000	0.173
Arena Húmeda	585.84	2272.73	0.258
CCA	22.22	2160.00	0.010
Aditivo	8.89	1200	0.007
Total	2269.62		1.013

Datos de moldes para probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón					
Datos cilindro			Datos vigas		
Pi	3.142		base	0.150	m
r	0.075	m	longitud	0.530	m
A= Pi*r ²	0.018	m ²	A= b*l	0.0795	m ²
h	0.3	m	h	0.150	m
V cilindro	0.005	m ³	V viga	0.012	m ³
# cilindros	10	unidades	#vigas	2	unidades
Volumen Cilindros	0.053	m ³	Volumen Vigas	0.024	m ³
Volumen total testigos			0.0769	m ³	
Desperdicio 10%			0.0077	m ³	
Volumen requerido a fundir			0.0846	m ³	

Cálculo de cantidades para fundido de probetas						
Materiales	Vol (m ³)	Vol. probetas	Vol (m ³)	D (kg/m ³)	W (kg)	
Aire atrapado	0.015	0.0846	0.0013		0.001	
Cemento	0.143		0.0120	2950	35.25	
Grava Húmeda	0.406		0.0339	2604.17	88.29	
Agua requerida	0.173		0.0144	1000	14.45	
Arena Húmeda	0.258		0.0215	2272.73	48.91	
CCA	0.010		0.0009	2160	1.86	
Aditivo	0.007		0.0006	1200	0.74	
Total	1.013		0.0846			189.50

Anexo 13

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura	Área	Peso
				D1	D2	Promedio			
PA-GU-450		1	30/05/2022	15.114	15.14	15.13	29.92	179.72	12.306
		2	30/05/2022	15.06	15.12	15.09	30.02	178.84	12.21
		1	30/05/2022	15.14	15.11	15.13	30	179.67	12.304
		2	30/05/2022	15.08	15.12	15.10	30.1	179.08	12.28
		1	30/05/2022	15.19	15.21	15.20	30.12	181.46	12.308
		2	30/05/2022	15.176	15.18	15.18	30.24	180.93	12.302
revenimiento	6 cm	1	30/05/2022	15.154	15.08	15.12	29.882	179.48	12.189
resistencia	450 kg/cm ²	2	30/05/2022	15.185	15.22	15.20	30	181.52	12.23

Rotura					Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (KN)	Resistencia Mpa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
02/05/2022	3	415 kN	23 MPa	235.42 kg/cm ²	52 %	236 kg/cm ²
	3	414 kN	23 MPa	235.84 kg/cm ²		
06/06/2022	7	556 kN	31 MPa	315.53 kg/cm ²	70 %	315 kg/cm ²
	7	553 kN	31 MPa	314.98 kg/cm ²		
13/06/2022	14	722 kN	36 MPa	405.67 kg/cm ²	90 %	407 kg/cm ²
	14	723 kN	36 MPa	407.59 kg/cm ²		
27/07/2022	28	782 kN	41 MPa	444.42 kg/cm ²	98 %	442 kg/cm ²
	28	783 kN	42 MPa	439.76 kg/cm ²		

Anexo 14

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón+5%CCA

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura	Área	Peso
				D1	D2	Promedio			
450-GU-5% CCA		1	02/06/2022	15.140	15.150	15.145	30.03	180.15	12.042
		2	02/06/2022	15.128	15.18	15.154	30	180.36	12.108
		1	02/06/2022	15.21	15.22	15.215	30.15	181.82	12.2
		2	02/06/2022	15.018	15.128	15.073	30.014	178.44	11.956
		1	02/06/2022	15.21	15.198	15.204	30.12	181.55	12.25
		2	02/06/2022	15.22	15.12	15.17	29.95	180.74	11.953
revenimiento	4.5 cm	1	02/06/2022	15.182	15.142	15.162	30.184	180.55	12.215
resistencia	450 kg/cm ²	2	02/06/2022	15.18	15.21	15.195	30.11	181.34	12.224

Rotura					Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (kN)	Resistencia Mpa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
06/06/2022	3	407.6 kN	23 Mpa	230.78 kg/cm ²	52 %	233 kg/cm ²
	3	415.0 kN	23 Mpa	234.70 kg/cm ²		
09/06/2022	7	515.7 kN	29 Mpa	289.30 kg/cm ²	65 %	293 kg/cm ²
	7	518.7 kN	29 Mpa	296.50 kg/cm ²		
16/06/2022	14	714.0 kN	40 Mpa	401.15 kg/cm ²	88 %	398 kg/cm ²
	14	699.9 kN	40 Mpa	394.96 kg/cm ²		
30/06/2022	28	759.9 kN	44 Mpa	439.32 kg/cm ²	97 %	440 kg/cm ²
	28	786.4 kN	45 Mpa	442.36 kg/cm ²		

Anexo 15

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón+10%CCA

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura	Área	Peso
				D1	D2	Promedio			
450-GU-10%CCA		1 *	15/10/2021	15.18	15.22	15.20	30.02	181.51	11.61
		2	15/10/2021	15.24	15.12	15.18	29.99	181.02	11.46
		1*	15/10/2021	15.21	15.04	15.12	30.11	179.58	11.54
		2	15/10/2021	15.04	15.02	15.03	30.01	177.43	11.65
		1*	15/10/2021	14.81	14.78	14.80	29.92	171.95	11.56
		2	15/10/2021	15.14	15.26	15.20	30.03	181.45	11.52
Revenimiento	3.2 cm	1*	15/10/2021	15.26	15.23	15.24	29.98	182.50	11.59
Esfuerzo de Diseño	450 kg/cm ²	2	15/10/2021	15.08	15.11	15.09	29.88	178.91	11.95

		Rotura			Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (KN)	Resistencia Mpa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
18/10/2021	3	213	12.06	120 kg/cm ²	26.67 %	120
		213	12.08	120 kg/cm ²		
22/10/2021	7	396	22.42	225 kg/cm ²	50.13 %	226
		394	22.28	226 kg/cm ²		
29/10/2021	14	594	33.62	352 kg/cm ²	75.41 %	339
		581	32.88	326 kg/cm ²		
13/11/2021	28	668	37.82	373 kg/cm ²	84.11 %	378
		673	38.1	384 kg/cm ²		

Anexo 16

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón+15%CCA

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura	Área	Peso
				D1	D2	Promedio			
450-GU-15%CCA		1 *	15/10/2021	15.188	15.035	15.1115	30.012	179.351508	11.420
		2	15/10/2021	15.188	15.089	15.1385	30.019	179.992982	11.407
		1*	15/10/2021	15.164	15.156	15.16	29.961	180.504604	11.249
		2	15/10/2021	15.028	15.016	15.022	30.06	177.233333	11.24
		1*	15/10/2021	15.267	15.09	15.1785	30.024	180.945418	11.936
		2	15/10/2021	15.341	15.041	15.191	30.2	181.24357	11.983
Revenimiento	2 cm	1*	15/10/2021	15.138	15.065	15.1015	29.976	179.114216	11.348
Esfuerzo de Diseño	450 kg/cm ²	2	15/10/2021	15.206	15.171	15.1885	30.041	181.18392	11.27

Rotura					Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (KN)	Resistencia Mpa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
18/10/2021	3	118.70	6.72	67.51 kg/cm ²	15 %	68
		120.82	6.84	68.47 kg/cm ²		
22/10/2021	7	197.48	11.18	111.59 kg/cm ²	25 %	113
		198.90	11.26	114.47 kg/cm ²		
29/10/2021	14	277.66	15.72	156.52 kg/cm ²	35 %	157
		279.80	15.84	157.47 kg/cm ²		
13/11/2021	28	340.54	19.28	193.93 kg/cm ²	43 %	194
		344.06	19.48	193.69 kg/cm ²		

Anexo 17

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón+20%CCA

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura	Área	Peso
				D1	D2	Promedio			
450-GU-20%CCA		1 *	15/10/2021	15.149	15.149	15.149	30.685	180.242753	12.359
		2	15/10/2021	15.048	15.161	15.1045	30.045	179.185387	12.527
		1*	15/10/2021	15.072	15.026	15.049	30.065	177.871008	12.324
		2	15/10/2021	15.208	15.129	15.1685	29.959	180.707074	12.638
		1*	15/10/2021	15.178	15.175	15.1765	30.051	180.897737	12.503
		2	15/10/2021	15.216	15.096	15.156	29.991	180.409364	12.531
Revenimiento	1 cm	1*	15/10/2021	15.231	15.2	15.2155	30.207	181.82866	12.648
Esfuerzo de Diseño	450 kg/cm ²	2	15/10/2021	15.181	15.141	15.161	30.007	180.528418	12.649

Rotura					Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (KN)	Resistencia MPa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
18/10/2021	3	53.36	3.02	30 kg/cm ²	7 %	29
		49.84	2.82	28 kg/cm ²		
22/10/2021	7	94.36	5.34	54 kg/cm ²	12 %	53
		92.94	5.26	52 kg/cm ²		
29/10/2021	14	108.24	6.12	61 kg/cm ²	14 %	64
		117.30	6.64	66 kg/cm ²		
13/11/2021	28	176.20	9.96	99 kg/cm ²	22 %	101
		180.86	10.24	102 kg/cm ²		

Anexo 18

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón+5%CCA+0.5% ASP

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura (cm)	Área (cm ²)	Peso (kg)
				D1	D2	Promedio			
450-GU-5-0.5%		1	15/06/2022	15.004	15.02	15.012	30.088	177	12.12
		2	15/06/2022	15.25	15.14	15.195	30.178	181.34	12.31
		1	15/06/2022	15.198	15.158	15.178	29.97	180.93	12.312
		2	15/06/2022	15.098	15.2	15.149	30.03	180.24	12.255
		1	15/06/2022	15.12	15.208	15.164	30.024	180.6	12.276
		2	15/06/2022	15.104	15.146	15.125	29.97	179.67	12.207
revenimiento	5.5 cm	1	15/06/2022	15.21	15.188	15.199	30.044	181.43	12.332
resistencia	450 kg/cm ²	2	15/06/2022	15.124	15.238	15.181	30.05	181.01	12.676

Rotura					Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (KN)	Resistencia Mpa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
18/06/2022	3	399.4	21	230.17 kg/cm ²	48 %	216 kg/cm ²
	3	360.5	20	202.79 kg/cm ²		
22/06/2022	7	577.2	32.66	325.40 kg/cm ²	75 %	337 kg/cm ²
	7	616.1	34.86	348.65 kg/cm ²		
29/06/2022	14	711.3	40	401.75 kg/cm ²	90 %	405 kg/cm ²
	14	718.9	41	408.15 kg/cm ²		
13/07/2022	28	802.4	45	451.08 kg/cm ²	102 %	459 kg/cm ²
	28	829.4	47	467.37 kg/cm ²		

Anexo 19

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón+5%CCA+0.75% ASP

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura	Área	Peso
				D1	D2	Promedio			
450-GU-5-0.75%		1	16/06/2022	15.165	15.208	15.1865	30.066	181.13	12.51
		2	16/06/2022	15.103	15.212	15.1575	30.065	180.44	12.535
		1	16/06/2022	15.280	15.650	15.465	29.945	187.84	12.787
		2	16/06/2022	15.148	15.02	15.084	30.08	178.7	12.364
		1	16/06/2022	15.254	15.198	15.226	29.962	182.08	12.537
		2	16/06/2022	15.12	15.178	15.149	30.106	180.24	12.373
revenimiento	5.7 cm	1	16/06/2022	15.21	15.23	15.22	29.944	181.94	12.547
resistencia	450 kg/cm ²	2	16/06/2022	15.198	15.184	15.191	30.128	181.24	12.56

Rotura					Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (KN)	Resistencia Mpa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
19/06/2022	3	433.0	25	243.80 kg/cm ²	55 %	246 kg/cm ²
	3	438.3	25	247.73 kg/cm ²		
23/06/2022	7	553.3	31.31	300.45 kg/cm ²	67 %	300 kg/cm ²
	7	523.7	29.63	298.92 kg/cm ²		
30/06/2022	14	721.0	41	403.90 kg/cm ²	91 %	409 kg/cm ²
	14	732.5	41	414.52 kg/cm ²		
14/07/2022	28	827.0	47	463.65 kg/cm ²	104 %	468 kg/cm ²
	28	837.6	47	471.42 kg/cm ²		

Anexo 20

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón+5%CCA+1% ASP

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura	Área	Peso
				D1	D2	Promedio			
450-GU-5-1%		1	16/06/2022	15.341	15.24	15.2905	30.207	183.626041	12.653
		2	16/06/2022	15.165	15.17	15.1675	30.179	180.68367	12.545
		1	16/06/2022	15.108	15.110	15.109	30.108	179.29	12.269
		2	16/06/2022	15.05	15.12	15.085	29.89	178.72	12.138
		1	16/06/2022	15.142	15.226	15.184	30.086	181.08	12.328
		2	16/06/2022	15.198	15.122	15.16	29.976	180.5	12.362
revenimiento	6.5 cm	1	16/06/2022	15.192	15.122	15.157	30.04	180.43	12.398
resistencia	450 kg/cm ²	2	16/06/2022	15.256	15.256	15.256	30.194	182.8	12.54

Rotura					Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (KN)	Resistencia Mpa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
19/06/2021	14	472.4	26.73	262.41 kg/cm ²	59 %	265 kg/cm ²
		473.0	26.77	267.02 kg/cm ²		
23/06/2022	7	632.0	35.76	359.55 kg/cm ²	81 %	365 kg/cm ²
	7	649.2	36.74	370.51 kg/cm ²		
30/06/2022	14	767.0	43	432.05 kg/cm ²	94 %	424 kg/cm ²
	14	735.6	42	415.67 kg/cm ²		
14/07/2022	28	836.3	47	472.77 kg/cm ²	105 %	471 kg/cm ²
	28	841.3	48	469.41 kg/cm ²		

Anexo 21

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón+5%CCA+1.5% ASP

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura	Área	Peso
				D1	D2	Promedio			
450-GU-5-1.5%		1	21/06/2022	15.023	15.172	15.0975	30.078	179.019761	11.918
		2	21/06/2022	15.108	15.175	15.1415	30.006	180.064748	11.92
		1	21/06/2022	15.200	15.226	15.213	30.118	181.77	12.493
		2	21/06/2022	15.158	15.146	15.152	30.03	180.31	12.402
		1	21/06/2022	15.09	15.078	15.084	30	178.7	12.3
		2	21/06/2022	14.998	15.266	15.132	30.02	179.84	12.42
revenimiento	8.0 cm	1	21/06/2022	15.198	15.236	15.217	30.128	181.86	12.6
resistencia	450 kg/cm ²	2	21/06/2022	15.028	15.01	15.019	30	177.16	12.396

Rotura					Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (KN)	Resistencia Mpa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
24/11/2021	3	417.20	23.61	237.52 kg/cm ²	56 %	251 kg/cm ²
		468.60	26.52	265.24 kg/cm ²		
28/06/2022	7	693.40	39.24	388.80 kg/cm ²	84 %	378 kg/cm ²
		649.10	36.73	366.90 kg/cm ²		
05/07/2022	14	735.23	42	419.33 kg/cm ²	93 %	420 kg/cm ²
		742.12	42	420.58 kg/cm ²		
19/07/2022	28	834.87	47	467.89 kg/cm ²	106 %	478.24 kg/cm ²
		849.30	48	488.60 kg/cm ²		

Anexo 22

Cartera de rotura de probetas de cilindros de hormigón muestra patrón+5%CCA+2% ASP

Identificación del Cilindro		Nº	Fecha de vaciado	Diámetro Cilindro			Altura	Área	Peso
				D1	D2	Promedio			
450-GU-5-2%		1	21/06/2022	15.149	15.075	15.112	29.951	179.363377	11.750
		2	21/06/2022	15.287	15.187	15.237	30.038	182.342883	11.895
		1	21/06/2022	15.076	15.192	15.134	30.094	179.89	12.539
		2	21/06/2022	15.11	14.99	15.05	30.142	177.89	12.212
		1	21/06/2022	15.16	15.088	15.124	30.124	179.65	12.62
		2	21/06/2022	15.048	15	15.024	29.96	177.28	12.697
revenimiento	15.0 cm	1	21/06/2022	15.23	15.226	15.228	30.122	182.13	12.52
resistencia	450 kg/cm ²	2	21/06/2022	15.01	15.012	15.011	30.11	176.97	12.42

		Rotura			Eficiencia	
Fecha	Edad (Días)	Carga (KN)	Resistencia Mpa	Resistencia (kg/cm ²)	%	Promedio
24/06/2021	3	617.20	34.93 Mpa	350.99 kg/cm ²	75 %	336 kg/cm ²
		574.90	33.57 Mpa	321.59 kg/cm ²		
28/06/2022	7	742 kN	41.96 Mpa	420.44 kg/cm ²	96 %	432 kg/cm ²
		772 kN	43.68 Mpa	442.60 kg/cm ²		
05/07/2022	14	857 kN	48.51 Mpa	486.69 kg/cm ²	108 %	485 kg/cm ²
		839 kN	47.50 Mpa	482.96 kg/cm ²		
19/07/2022	28	863 kN	48.81 Mpa	483.03 kg/cm ²	109 %	491 kg/cm ²
		867 kN	49.04 Mpa	499.48 kg/cm ²		

Anexo 23

Análisis de precios unitarios de los hormigones elaborados

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 1.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO f'c=450 Kg/cm²
EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					2.2592
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.9252

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.0900	4.0900	1.6667	6.8167
SUBTOTAL N =					45.1834

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.410	22.0000	9.0200
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.4000
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	521.740	0.1800	93.9132
Agua	m ³	0.180	1.5000	0.2700
SUBTOTAL O =				107.6032

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	550.000	0.011	6.050
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
SUBTOTAL P =				6.0720

TOTAL, COSTO DIRECTOS	
X=(M+N+O+P)	172.7838
INDIRECTOS Y UTILIDAD 25.00%	43.1960
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	215.9798
VALOR OFERTADO	\$ 215.98

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 2.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: MATERIAL PUZOLÁNICO CCA
EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O Pala manual	1.000	0.2500	0.2500	0.3429	0.0622 0.0860
SUBTOTAL M =					0.1482

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Ayudante (controlador de la quema) (estr.ocp. E2)	1.000	3.6300	3.6300	0.3429	1.2446
SUBTOTAL N =					1.2446

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Material Puzolánico CCA	kg	84.000	0.0100	0.8400
SUBTOTAL O =				0.8400

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de la ceniza	kg/km	335.000	0.011	3.685
SUBTOTAL P =				3.6850

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	5.9178
INDIRECTOS Y UTILIDAD25%	1.4795
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	7.3973
VALOR OFERTADO \$	7.40

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 3.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + CCA (5%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					2.2592
Concreteira de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.9252

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIA)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.0900	4.0900	1.6667	6.8167
SUBTOTAL N =					45.1834

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.410	22.0000	9.0200
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.4000
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	495.653	0.1800	89.2175
Agua	m ³	0.180	1.5000	0.2700
Material Puzolánico CCA	kg	26.087	0.0100	0.2609
SUBTOTAL O =				103.1684

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	500.000	0.011	5.500
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
SUBTOTAL P =				5.5220

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		167.7990
INDIRECTOS Y UTILIDAD25%		41.9498
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		209.7488
VALOR OFERTADO	\$	209.75

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 4.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + CCA (10%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					2.2592
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M=					13.9252

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.0900	4.0900	1.6667	6.8167
SUBTOTAL N =					45.1834

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.410	22.0000	9.0200
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.4000
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	469.566	0.1800	84.5219
Agua	m ³	0.180	1.5000	0.2700
Material Puzolánico CCA	kg	52.174	0.0100	0.5217
SUBTOTAL O =				98.7336

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
SUBTOTAL P =				4.9720
TOTAL, COSTO DIRECTOS				
X=(M+N+O+P)				162.8142
INDIRECTOS Y UTILIDAD 25%				40.7036
OTROS INDIRECTOS %				
COSTO TOTAL DEL RUBRO				203.5178
VALOR OFERTADO				\$ 203.52

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 5.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + CCA (15%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					2.2592
Concreteira de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.9252

MANO DE

OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIA)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.0900	4.0900	1.6667	6.8167
SUBTOTAL N =					45.1834

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.410	22.0000	9.0200
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.4000
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	443.479	0.1800	79.8262
Agua	m ³	0.180	1.5000	0.2700
Material Puzolánico CCA	kg	78.261	0.0100	0.7826
SUBTOTAL O =				94.2988

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
SUBTOTAL P =				4.9720

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	158.3794
INDIRECTOS Y UTILIDAD..... 25%	39.5949
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	197.9743
VALOR OFERTADO	\$ 197.97

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 6.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + CCA (20%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.6208
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.2868

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	3.000	3.8300	11.4900	1.6667	19.1500
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.0900	4.0900	1.6667	6.8167
SUBTOTAL N =					32.4167

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.8000
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.4000
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	417.392	0.1800	75.1306
Agua	m ³	0.180	1.5000	0.2700
Material Puzolánico CCA	kg	104.348	0.0100	1.0435
SUBTOTAL O =				89.6441

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	400.000	0.011	4.400
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
SUBTOTAL P =				4.4220

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		139.7696
INDIRECTOS Y UTILIDAD	25%	34.9424
OTROS INDIRECTOS	%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO		174.7120
VALOR OFERTADO	\$	174.71

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 8.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + CCA (5%) + ASP (0,5%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9541
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6201

MANO DE

OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C1)	1.000	4.2900	4.2900	0.1667	0.7150
SUBTOTAL N =					39.0817

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.8000
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.4000
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	422.218	0.1800	75.9992
Agua	m ³	0.180	1.5000	0.2700
Material Puzolánico CCA	kg	22.222	0.0100	0.2222
ASP Sikament 115	kg	2.2222	10.0000	22.2220
SUBTOTAL O =				111.9134

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de la ceniza	kg/km	24.000	0.011	0.264
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	3.000	0.011	0.033
SUBTOTAL P =				5.2690

TOTAL, COSTO DIRECTOS		
X=(M+N+O+P)		169.8842
INDIRECTOS Y UTILIDAD 25.00%		42.4711
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		212.3553
VALOR OFERTADO	\$	212.36

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 9.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + CCA (5%) + ASP (0,75%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9524
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6184

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIA)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C2)	1.000	4.0900	4.0900	0.1667	0.6817
SUBTOTAL N =					39.0484

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.8000
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.4000
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	422.218	0.1800	75.9992
Agua	m ³	0.180	1.5000	0.2700
Material Puzolánico CCA	kg	22.222	0.0100	0.2222
ASP Sikament 115	kg	3.3333	10.0000	33.3330
SUBTOTAL O =				123.0244

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de la ceniza	kg/km	24.000	0.011	0.264
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	4.000	0.011	0.044
SUBTOTAL P =				5.2800

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		180.9712
INDIRECTOS Y UTILIDAD25.00%		45.2428
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		226.2140
VALOR OFERTADO	\$	226.21

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 10.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + CCA (5%) + ASP (1%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9541
Concreteira de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6201

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIA)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C1)	1.000	4.2900	4.2900	0.1667	0.7150
SUBTOTAL N =					39.0817

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.8000
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.4000
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	422.218	0.1800	75.9992
Agua	m ³	0.180	1.5000	0.2700
Material Puzolánico CCA	kg	22.222	0.0100	0.2222
ASP Sikament 115	kg	4.4444	10.0000	44.4440
SUBTOTAL O =				134.1354

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de la ceniza	kg/km	24.000	0.011	0.264
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	5.000	0.011	0.055
SUBTOTAL P =				0.3300

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	187.1672
INDIRECTOS Y UTILIDAD25.00%	46.7918
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	233.9590
VALOR OFERTADO	\$ 233.96

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 11.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + CCA (5%) + ASP (1,5%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9541
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6201

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIA)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C1)	1.000	4.2900	4.2900	0.1667	0.7150
SUBTOTAL N =					39.0817

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.8000
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.4000
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	422.218	0.1800	75.9992
Agua	m ³	0.180	1.5000	0.2700
Material Puzolánico CCA	kg	22.222	0.0100	0.2222
ASP Sikament 115	kg	6.6666	10.0000	66.6660
SUBTOTAL O =				156.3574

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de la ceniza	kg/km	24.000	0.011	0.264
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	7.000	0.011	0.077
SUBTOTAL P =				0.3520

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	209.4112
INDIRECTOS Y UTILIDAD 25.00%	52.3528
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	261.7640
VALOR OFERTADO	\$ 261.76

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 12.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + CCA (5%) + ASP (2%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9541
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6201

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C1)	1.000	4.2900	4.2900	0.1667	0.7150
SUBTOTAL N =					39.0817

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m3	0.400	22.0000	8.800
Arena	m3	0.220	20.0000	4.400
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	422.218	0.1800	75.999
Agua	m3	0.180	1.500	0.270
Material Puzolánico CCA	kg	22.222	0.010	0.222
ASP Sikament 115	kg	8.889	10.000	88.888
SUBTOTAL O =				178.579

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m3/km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m3/km	1.000	0.011	0.011
Transporte de la ceniza	kg/km	24.000	0.011	0.264
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	9.000	0.011	0.099
SUBTOTAL P =				5.335

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	236.616
INDIRECTOS Y UTILIDAD 25.00%	59.154
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	295.770
VALOR OFERTADO	\$ 295.77

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 13.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + ASP (0,5%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9541
Concreteira de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6201

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIA)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C1)	1.000	4.2900	4.2900	0.1667	0.7150
SUBTOTAL N =					39.0817

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.800
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.400
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	444.440	0.1800	79.999
Agua	m ³	0.180	1.500	0.270
ASP Sikament 115	kg	2.222	10.000	22.222
SUBTOTAL O =				115.691

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	3.000	0.011	0.033
SUBTOTAL P =				5.005

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	173.398
INDIRECTOS Y UTILIDAD25.00%	43.350
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	216.748
VALOR OFERTADO \$	216.75

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 14.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + ASP (0,75%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9541
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6201

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIA)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C1)	1.000	4.2900	4.2900	0.1667	0.7150
SUBTOTAL N =					39.0817

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.800
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.400
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	444.440	0.1800	79.999
Agua	m ³	0.180	1.500	0.270
ASP Sikament 115	kg	3.333	10.000	33.333
SUBTOTAL O =				126.802

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	4.000	0.011	0.044
SUBTOTAL P =				5.016

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		184.520
INDIRECTOS Y UTILIDAD25.00%		46.130
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		230.650
VALOR OFERTADO		\$ 230.65

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 15.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + ASP (1%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9541
Concreteira de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6201

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C1)	1.000	4.2900	4.2900	0.1667	0.7150
SUBTOTAL N =					39.0817

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.800
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.400
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	444.440	0.1800	79.999
Agua	m ³	0.180	1.500	0.270
ASP Sikament 115	kg	4.444	10.000	44.444
SUBTOTAL O =				137.913

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	5.000	0.011	0.055
SUBTOTAL P =				5.027

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	195.642
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...25.00%	48.911
OTROS INDIRECTOS	%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	244.553
VALOR OFERTADO	\$ 244.55

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 16.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + ASP (1,5%)
EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9541
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6201

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIA)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C1)	1.000	4.2900	4.2900	0.1667	0.7150
SUBTOTAL N =					39.0817

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.800
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.400
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	444.440	0.1800	79.999
Agua	m ³	0.180	1.500	0.270
ASP Sikament 115	kg	6.667	10.000	66.666
SUBTOTAL O =				160.135

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	7.000	0.011	0.077
SUBTOTAL P =				5.049

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	217.886
INDIRECTOS Y UTILIDAD25.00%	54.472
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	272.358
VALOR OFERTADO \$	272.36

La Libertad 3 marzo 2023

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 17.00 UNIDAD: m³
 DETALLE: DISEÑO DE MEZCLA HAD f'c=450 Kg/cm² + ASP (2%)

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1.9541
Concretera de 1 Saco	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
Vibrador de Manguera	1.000	3.5000	3.5000	1.6667	5.8330
SUBTOTAL M =					13.6201

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIA)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (estr.ocp. E2)	5.000	3.8300	19.1500	1.6667	31.9167
Albañil (estr.ocp. D2)	1.000	3.8700	3.8700	1.6667	6.4500
Maestro (estr.ocp. C1)	1.000	4.2900	4.2900	0.1667	0.7150
SUBTOTAL N =					39.0817

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Piedra 3/4"	m ³	0.400	22.0000	8.800
Arena	m ³	0.220	20.0000	4.400
Cemento tipo I (50 Kg)	kg	444.440	0.1800	79.999
Agua	m ³	0.180	1.500	0.270
ASP Sikament 115	kg	8.889	10.000	88.888
SUBTOTAL O =				182.357

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
Transporte de cemento	kg/km	450.000	0.011	4.950
Transporte de grava	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte de arena	m ³ /km	1.000	0.011	0.011
Transporte del Aditivo Superplastificante	kg/km	9.000	0.011	0.099
SUBTOTAL P =				5.071

TOTAL, COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	240.130
INDIRECTOS Y UTILIDAD.....25.00%	60.033
OTROS INDIRECTOS	%
COSTO TOTAL DEL RUBRO	300.163
VALOR OFERTADO	\$ 300.16

La Libertad 3 marzo 2023

Anexos fotográficos



Realización de ensayo de granulometría de los agregados fino y grueso



Realización de ensayo de densidad de los agregados fino y grueso



Pesos volumétricos de los agregados fino y grueso



Ensayo de cono de Abrams