

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



TEMA:

**ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS
AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO
PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**

PRESENTADO POR:

**ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR:

ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ RIVERA

CIUDAD UNIVERSITARIA DE ORIENTE, AGOSTO DE 2016

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

LIC. LUIS ARGUETA ANTILLÓN

RECTOR INTERINO

ING. CARLOS ARMANDO VILLALTA

VICE-RECTOR ACADÉMICO INTERINO

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

SECRETARIA GENERAL

LICDA. NORA BEATRIZ MELÉNDEZ

FISCAL GENERAL INTERINA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA

DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ

VICE-DECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNÁNDEZ

SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

COORDINADOR DE CARRERA INGENIERIA CIVIL

INGA. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA

COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. LUIS CLAYTON MARTINEZ RIVERA

DOCENTE DIRECTOR

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

PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN AL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

TITULO:

**ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS
AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO
PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**

PRESENTADO POR:

**ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ RIVERA
DOCENTE DIRECTOR

CIUDAD UNIVERSITARIA DE ORIENTE, AGOSTO DE 2016

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

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

ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ RIVERA
DOCENTE DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Primeramente queremos agradecer a Dios, por habernos guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos difíciles, brindarnos una vida llena de gratos momentos y darnos la oportunidad de cumplir una de las metas más importantes de nuestras vidas.

A la prestigiosa Universidad de El Salvador por ser nuestra casa de estudios, permitiendo nuestra formación como profesionales integrales, resaltando la ética, valores y el compromiso con nuestro país.

A nuestros padres por el apoyo incondicional en todo momento, a nuestros hermanos por su espíritu y fortaleza; demás familiares que sabemos perfectamente que siempre estuvimos en sus oraciones.

A todos los docentes, por el conocimiento transmitido en los años de formación. En especial a nuestro docente director en el proyecto de graduación Ing. Luis Clayton Martínez por su apoyo, entrega y dedicación a nuestro trabajo de graduación. Igualmente a la Ing. Milagro de María Romero de García y al Ing. Arístides Mauricio Perla López por sus aportes a nuestra tesis. Además al Ing. Ismael Guevara por su asesoramiento y aporte con el método estadístico usado en la investigación.

A los ingenios Chaparrastique y Jiboa, por abrir las puertas de sus instalaciones y brindarnos la información y el material necesario para el estudio.

Al Ing. Fabricio Méndez, propietario de la ferretería “ZONA 1”, por brindarnos la arena necesaria para realizar todos los cilindros de concreto.

Un agradecimiento especial al Ing. Román Zavala Flores por abrirnos las puertas del Laboratorio de Suelos y Materiales de la empresa “MZ CONSULTORES S.A.

DE C.V.” y prestarnos ayuda técnica siempre que la necesitamos. Igualmente al técnico Oscar René Chicas, por su valiosa colaboración, asesoría y dedicación durante cada uno de los ensayos realizados en el laboratorio.

A todos nuestros compañeros y amigos quienes de una u otra forma nos prestaron su ayuda incondicional para que pudiéramos alcanzar este gran logro. En especial a Ricardo Pacas por el apoyo con el transporte de los materiales y por la gestión para el préstamo de moldes utilizados en la elaboración de los cilindros de concreto. Y a Alex Guevara por habernos permitido que nos reuniéramos en su casa a trabajar cuando se nos complicaba reunirnos en otro lugar.

Sumamente agradecidos

Juan Antonio Andrade Portillo

José Nelson Alvarado Arévalo

Herson Noé Hernández Zelaya

DEDICATORIA

En primer lugar a **DIOS** por estar presente en cada momento de mi vida, dándome salud y llenándome de bendiciones y fuerzas para seguir adelante y superar los obstáculos que se presentan a lo largo de mi camino.

A mis padres **Nelson Alvarado y Nerys Arévalo**, por la educación que me han dado, fundamentada en valores, respeto y amor; gracias a ustedes he llegado a esta gran etapa de mi vida; sin su apoyo incondicional, su gran esfuerzo, palabras de aliento y confianza en mí, esto no sería posible, mi logro lo comparto con ustedes. Igualmente a mis hermanos **Claudia Alvarado y Boris Alvarado** por los sabios consejos y ayudarme siempre en todo lo que fue posible en mis estudios, este logro también es parte de ustedes. Además a mi cuñado **Julio Sánchez** y mi abuela **Irene Arévalo**, por su apoyo en lo largo de la carrera así como también demás familiares que siempre estuvieron ahí para alentarme en los momentos difíciles.

A mis amigos y compañeros **Alan Alvarenga, Edwin Zelaya, Roberto Cruz, Isaac Portillo, Miguel Vela, Verence Centeno, Vanessa Luna y Joseline Reyes** que siempre estuvieron ahí para brindarme su apoyo en cualquier etapa de estudio. En especial a **Ruth Torrento** por siempre estar ahí en los peores y buenos momentos de mi vida y además por animarme y acompañarme a estudiar en los dos primeros años de la carrera. Igualmente a **Juan Andrade** que además de haber sido compañeros y haber trabajado juntos en la tesis, es un gran amigo que estuvo apoyándome a estudiar en los últimos años de la carrera y dándome palabras de aliento cuando las necesitaba. Así como también al grupo de trabajo y estudio "Dream Team" **Ricardo Pacas, René Claros, Alex Guevara y Herson Hernández** por ser los mejores amigos con quienes compartí los mejores y peores momentos de la carrera. **¡Gracias a todos por ser parte de este gran triunfo!**

José Nelson Alvarado Arévalo

DEDICATORIA

A DIOS en primer lugar por permitirme llegar hasta este momento, por darme la fuerza necesaria para superar cada día.

Gracias a mis PADRES que me han dado la existencia; y en ella la capacidad por superarme y desear lo mejor en cada paso por este camino de la vida, por enseñarme valores de gran importancia como pueden ser la responsabilidad y perseverancia, y por el apoyo incondicional.

A mis HERMANOS por todos los consejos y ánimos brindados en cada momento de mi vida. A mis TIAS, PRIMOS y demás familia, que estuvieron siempre pendiente de mí y fueron parte importante de mi formación.

A mis AMIGOS con quienes me he ido encontrando en la vida, cada uno de ustedes han motivado mis sueños, son excelentes personas, sé que siempre contaré con todos en los buenos y malos momentos.

A cada uno de los DOCENTES por todos los conocimientos brindados, que servirán en el camino para convertirme en un profesional de bien. A la Universidad de El Salvador por permitirme formar parte de ella.

En general a todas las personas que forman parte de mi vida por su apoyo, tolerancia y comprensión, por caminar conmigo y siempre guiarme. MUCHAS GRACIAS

JUAN ANTONIO ANDRADE PORTILLO

DEDICATORIA

Primeramente doy gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de mi universidad y formarme como profesional.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre **BLANCA ESTELA ZELAYA SERRANO** que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles y por poner siempre mi crecimiento profesional e individual como una prioridad en su vida porque todo lo que soy es gracias a ella, a mi padre **SAMUEL HERNANDEZ** por instruirme y aconsejarme, a **MIS HERMANOS, ABUELOS, TIOS, PRIMOS** y demás **FAMILIA** por su apoyo incondicional. En especial a mis **TIAS** por todo su apoyo y consejos de vida que me dieron.

Gracias a nuestro docente director Ing. **CLAYTON MARTÍNEZ** y miembros que complementan el jurado Ing. **MILAGRO ROMERO** e Ing. **MAURICIO PERLA** por toda su dedicación, empeño y exigencia para la realización de nuestra investigación.

A mis compañeros **NELSON ALVARADO** quiero agradecer tu responsabilidad y entrega, a su familia por habernos tolerado y apoyado en todo, a **JUAN ANDRADE** por tu dedicación y empeño el cual siempre se mantuvo constante. Gracias por convertirse en unos grandes amigos y haber sido parte de este triunfo.

A mis **AMIGOS** todos aquellos que siempre estuvieron cerca brindándome su apoyo, su aprecio, su fe, por ser grandes amigos que se convierten en hermanos, también a todas aquellas personas especiales que dominan mi corazón por su apoyo incondicional y gran aprecio a todos **MUCHÍSIMAS GRACIAS.**

HERSON NOÉ HERNÁNDEZ ZELAYA

RESUMEN EJECUTIVO

La industria de la construcción es un sector muy dinámico, donde continuamente se consiguen avances y mejoras en los materiales con el fin de ofrecer mejores prestaciones y mayor seguridad. En la presente investigación se realizarán ensayos de laboratorio para comprender la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto. La investigación consta de siete capítulos, en el CAPITULO I “GENERALIDADES” se da a conocer la problemática y la posible solución a esta, y se plantean los objetivos e hipótesis que servirán de base para el desarrollo de la investigación. El CAPITULO II “MARCO REFERENCIAL” es una recopilación de información relevante al tema que incluye estudios previos, conceptos básicos, descripción sobre las características y propiedades del concreto, materiales puzolánicos y normativas para el estudio. El CAPITULO III “METODOLOGIA” es el procedimiento que se debe seguir y donde se define el tipo de investigación, las variables de estudio y el método a utilizar para el análisis de resultados. El CAPITULO IV “PROCESAMIENTO Y EJECUCIÓN” se pone en práctica el procedimiento a seguir desde la obtención de los agregados, preparación de materiales, dosificaciones de ceniza y hechura de mezcla de concreto hasta cada uno de los ensayos a realizados. El CAPITULO V “PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS” se dan a conocer los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas y se aplica los métodos estadísticos para análisis de resultados. El CAPITULO VI “PROPUESTA” se presenta un análisis comparativo el nuevo concreto y el concreto convencional, dentro del cual se evalúa el costo, el carácter ambiental y propiedades mecánicas para luego especificar su posible uso. Por último el CAPITULO VII “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES” según los resultados obtenidos en la investigación.

ÍNDICE TEMÁTICO

INTRODUCCIÓN	I
1.0. GENERALIDADES	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	5
1.3 OBJETIVOS	8
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	8
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	9
1.4.1 ALCANCES.....	9
1.4.2 LIMITACIONES.....	10
1.5 HIPÓTESIS	11
1.5.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	11
1.5.2 HIPÓTESIS NULA	11
1.5.3 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	11
2.0. MARCO REFERENCIAL	13
2.1 MARCO HISTÓRICO	13
2.1.1 HISTORIA DEL CONCRETO	13
2.1.2 ESTUDIOS PREVIOS.....	15
2.2 MARCO CONCEPTUAL	16
2.2.1 COMPONENTES DEL CONCRETO	16
2.2.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO	18
2.2.3 PRUEBAS DE LABORATORIO.....	20
2.3 MARCO TEORICO.....	21
2.3.1 CEMENTO PORTLAND	21
2.3.1.1 COMPOSICION QUIMICA DEL CEMENTO.....	22
2.3.1.2 TIPOS DE CEMENTO.....	23
2.3.1.3 PROCESO DE FABRICACION.....	25
2.3.2 AGREGADOS.....	27
2.3.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS	28
2.3.2.2 FUNCIÓN DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO HIDRÁULICO	29
2.3.2.3 ESPECIFICACIONES PARA LOS AGREGADOS.....	32
2.3.3 RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO ADICIÓN AL CONCRETO.....	33

2.3.4 CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)	34
2.3.4.1 GENERALIDADES	34
2.3.4.2 PROCESO DE GENERACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	35
2.3.4.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	37
2.3.4.4 LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO MATERIAL PUZOLÁNICO.	39
2.4 MARCO NORMATIVO	41
3.0. METODOLOGÍA.....	47
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.2 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA	47
3.3 UNIDAD DE ANÁLISIS	47
3.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	48
3.5 ESQUEMA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO.....	49
3.6 TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.	50
3.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	50
4.0. PROCESAMIENTO Y EJECUCIÓN.....	52
4.1 PRUEBAS A LOS AGREGADOS	52
4.1.1 GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS	52
4.1.1.1 GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO	52
4.1.1.2 GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO	55
4.1.2 PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 29	57
4.1.2.1 CALIBRACIÓN DEL MOLDE ASTM C 29	58
4.1.2.2 DETERMINACIÓN PESO VOLUMÉTRICO SUELTO ASTM C 29	61
4.1.2.3 DETERMINACIÓN PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO ASTM C 29	63
4.1.3 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS ASTM C-127	65
4.2 PREPARACION DE LA CENIZA.....	66
4.3 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (ACI – 211).....	68
4.4 DOSIFICACION DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	76
4.4.1 DOSIFICACIÓN PARA EL 5% DE CBCA	77
4.4.2 DOSIFICACIÓN PARA EL 10% DE CBCA	78
4.4.3 DOSIFICACIÓN PARA EL 15% DE CBCA	79
4.4.4 DOSIFICACIÓN PARA EL 20% DE CBCA	80
4.4.5 DOSIFICACIÓN PARA EL 25% DE CBCA	81
4.4.6 DOSIFICACIÓN PARA EL 30% DE CBCA	82
4.5 HECHURA DE MEZCLA DE CONCRETO	83

4.6	ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	84
4.6.1	ENSAYO DE REVENIMIENTO ASTM C-143	84
4.6.2	ENSAYO DE TEMPERATURA ASTM C-1064.....	87
4.7	ELABORACION DE ESPECIMENES DE CONCRETO.....	88
4.7.1	ELABORACION DE CILINDROS DE CONCRETO	88
4.7.2	CURADO DE ESPECIMENES.	90
4.8	CORRECCIONES EN EL DISEÑO DE MEZCLA	90
4.8.1	CALCULO DE LA NUEVA RELACION A/C Y RESISTENCIA PARA LA DOSIFICACION DEL 25% DE CENIZA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE.....	91
4.8.2	CALCULO DE LA NUEVA RELACION A/C Y RESISTENCIA PARA LA DOSIFICACION DEL 30% DE CENIZA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE.....	94
4.8.3	CALCULO DE LA NUEVA RELACION A/C Y RESISTENCIA PARA LA DOSIFICACION DEL 30% DE CENIZA DEL INGENIO JIBOA.....	97
4.9	ENSAYO RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO.....	100
5.0.	PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	103
5.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	103
5.1.1	ENSAYOS A LOS AGREGADOS.....	103
5.1.1.1	ENSAYO GRANULOMÉTRICO ASTM C-136: AGREGADO FINO	104
5.1.1.2	ENSAYO GRANULOMÉTRICO ASTM C-136: AGREGADO GRUESO	105
5.1.1.3	ENSAYO PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO Y SUELTO ASTM C-39: AGREGADO GRUESO.....	106
5.1.1.4	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO ASTM C-127	107
5.1.2	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA	108
5.1.2.1	CENIZAS DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE	108
5.1.2.2	CENIZAS DEL INGENIO JIBOA	109
5.1.3	ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	110
5.1.3.1	ENSAYO DE REVENIMIENTO ASTM C-143.....	110
5.1.3.2	ENSAYO DE TEMPERATURA ASTM C-1064	111
5.1.4	ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO	112
5.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	121
5.2.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	121
5.2.1.1	INGENIO CHAPARRASTIQUE.....	122
5.2.1.1.1	ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA CENIZA EN EL CONCRETO.	122
5.2.1.1.2	DETERMINACIÓN DEL MEJOR CONCRETO	126

5.2.1.1.3 VALIDACIÓN DE RESISTENCIAS	128
5.2.1.2 INGENIO JIBOA.....	130
5.2.1.2.1 ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA CENIZA EN EL CONCRETO.	130
5.2.1.2.2 DETERMINACIÓN DEL MEJOR CONCRETO.	133
5.2.1.2.3 VALIDACIÓN DE RESISTENCIAS	135
5.2.2 COMPARACIÓN ENTRE LA MEZCLA PATRÓN Y LAS MEZCLAS CON CENIZAS DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE.	137
5.2.3 COMPARACIÓN ENTRE LA MEZCLA PATRÓN Y LAS MEZCLAS CON CENIZAS DEL INGENIO JIBOA	145
5.2.4 COMPARACIÓN ENTRE LAS MEZCLAS CON CENIZA INGENIO CHAPARRASTIQUE Y LAS MEZCLAS CON CENIZAS DEL INGENIO JIBOA.....	155
6.0. PROPUESTA	163
6.1 COSTO DIRECTO UNITARIO	163
6.1.1 CONCRETO CONVENCIONAL	163
6.1.2 CONCRETO CON CENIZAS DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE.....	164
6.1.2.1 CONCRETO CON 5% CBCA	165
6.1.2.2 CONCRETO CON 10% CBCA	166
6.1.3 CONCRETO CON CENIZAS DEL INGENIO JIBOA.....	167
6.1.3.1 CONCRETO CON 5% CBCA	167
6.1.3.2 CONCRETO CON 10% CBCA	168
6.1.3.3 CONCRETO CON 15% CBCA	169
6.2 GASES EMITIDOS EN LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO	170
6.3 APLICACIONES DEL CONCRETO CON CBCA.....	170
6.3.1 INGENIO CHAPARRASTIQUE	170
6.3.2 INGENIO JIBOA	171
6.4 COMPARACIÓN ENTRE CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON CBCA. .	171
6.4.1 INGENIO CHAPARRASTIQUE	171
6.4.1.1 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 5% DE CBCA.	171
6.4.1.2 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 10% DE CBCA.	172
6.4.2 INGENIO JIBOA	173
6.4.2.1 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 5% DE CBCA.	173
6.4.2.2 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 10% DE CBCA.	174
6.4.2.3 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 15% DE CBCA.	175
7.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	177

7.1 CONCLUSIONES.....	177
7.2 RECOMENDACIONES	180
8.0. BIBLIOGRAFIA.....	184
9.0. ANEXOS.....	187

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Emisión de CO ₂ del sector proceso industriales	3
Tabla 1-2 Comparativo de caña molida.....	6
Tabla 2-1 Composición química del cemento.....	22
Tabla 2-2 Composición química de la ceniza del bagazo cubano	37
Tabla 2-3 Composición química de cenizas de bagazo de caña de azúcar realizada por varios investigadores	38
Tabla 2-4 Proceso de modificación en la quema de la ceniza.....	39
Tabla 2-5 Normas ASTM	41
Tabla 2-6 Norma ACI 211.1-91	42
Tabla 2-7 Reglamento para Concreto Estructural (Norma ACI 318S-05).....	44
Tabla 4-1 Peso retenido en tamices.....	54
Tabla 4-2 Porcentajes retenidos y que pasan cada una de las mallas	54
Tabla 4-3 Peso retenido en tamices.....	56
Tabla 4-4 Porcentajes retenidos y que pasan cada una de las mallas	57
Tabla 4-5 Capacidad del depósito medidor (molde) en función del tamaño máximo nominal del agregado	58
Tabla 4-6 Densidad del agua en función de la temperatura.	60
Tabla 4-7 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar.....	69
Tabla 4-8 Revenimientos recomendados para diversos tipos de estructuras.....	70
Tabla 4-9 Requisitos aproximados para el contenido de agua de mezclado.....	71
Tabla 4-10 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua - cemento.....	72

Tabla 4-11 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.	73
Tabla 4-12 Cantidades para un metro cúbico de concreto.....	76
Tabla 4-13 Dosificaciones por porcentaje de sustitución de cemento por CBCA.....	76
Tabla 4-14 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 5% de CBCA	77
Tabla 4-15 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 10% de CBCA	78
Tabla 4-16 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 15% de CBCA	79
Tabla 4-17 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 20% de CBCA	80
Tabla 4-18 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 25% de CBCA	81
Tabla 4-19 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 30% de CBCA	82
Tabla 4-20 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua - cemento.....	92
Tabla 4-21 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar.....	93
Tabla 4-22 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua - cemento.....	95
Tabla 4-23 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar.....	96
Tabla 4-24 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua - cemento.....	98
Tabla 4-25 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar.....	99
Tabla 5-1 Composición química de las cenizas del Ingenio Chaparrastique	108
Tabla 5-2 Composición química de las cenizas del Ingenio Jiboa.....	109
Tabla 5-3 Resultados del ensayo de revenimiento a las mezclas de diseño	110
Tabla 5-4 Resultados del ensayo de temperatura a las mezclas de diseño	111
Tabla 5-5 Resultados de resistencia a la compresión para los especímenes ensayados a los 7 días.....	112
Tabla 5-6 Resultados de resistencia a la compresión para los especímenes ensayados a los 14 días.....	115
Tabla 5-7 Resultados de resistencia a la compresión para los especímenes ensayados a los 28 días.....	118

Tabla 5-8 Datos de la resistencia del concreto.	122
Tabla 5-9 Análisis de varianza	125
Tabla 5-10 Datos de la resistencia del concreto.	130
Tabla 5-11 Análisis de varianza.....	132
Tabla 5-12 Resistencias del concreto patrón y 5% de CBCA Chaparrastique.	138
Tabla 5-13 Resistencias del concreto patrón y 10% de CBCA Chaparrastique.	140
Tabla 5-14 Resistencias del concreto patrón y 15% de CBCA Chaparrastique.	142
Tabla 5-15 Resistencias del concreto patrón y 20% de CBCA Chaparrastique.	144
Tabla 5-16 Resistencias del concreto patrón y 5% de CBCA Jiboa	146
Tabla 5-17 Resistencias del concreto patrón y 10% de CBCA Jiboa.....	148
Tabla 5-18 Resistencias del concreto patrón y 15% de CBCA Jiboa.....	150
Tabla 5-19 Resistencia del concreto patrón y 20% de CBCA Jiboa.....	152
Tabla 5-20 Resistencias del concreto patrón y 25% de CBCA Jiboa	154
Tabla 5-21 Resistencias del concreto 5% de CBCA Chaparrastique y Jiboa.	156
Tabla 5-22 Resistencias del concreto 10% de CBCA Chaparrastique y Jiboa.....	157
Tabla 5-23 Resistencias del concreto 15% de CBCA Chaparrastique y Jiboa.....	159
Tabla 5-24 Resistencias del concreto 20% de CBCA Chaparrastique y Jiboa.....	160
Tabla 6-1 Costo del metro cúbico del concreto convencional.....	164
Tabla 6-2 Costo del metro cúbico de concreto hidráulico con 5% CBCA del Ingenio Chaparrastique	165
Tabla 6-3 Costo del metro cúbico de concreto hidráulico con 10% CBCA del Ingenio Chaparrastique	166
Tabla 6-4 Costo del metro cúbico de concreto con 5% CBCA del Ingenio Jiboa	167
Tabla 6-5 Costo del metro cúbico de concreto con 10% CBCA del Ingenio Jiboa.....	168
Tabla 6-6 Costo del metro cúbico de concreto con 15% CBCA Ingenio Jiboa	169
Tabla 6-7 Emisión de óxido de azufre y óxido de nitrógeno por el cemento utilizado en cada proporción.....	170
Tabla 6-8 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 5% de CBCA	171
Tabla 6-9 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 10% de CBCA ..	172
Tabla 6-10 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 5% de CBCA ..	173

Tabla 6-11 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 10% de CBCA 174

Tabla 6-12 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 15% de CBCA 175

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Proceso de generación de CBCA	36
Figura 4-1 Vibrado de los tamices en el RO-TAP.....	53
Figura 4-2 Pesaje de agregado fino contenido en cada malla.....	53
Figura 4-3 Pesaje de agregado grueso contenido en cada malla.....	56
Figura 4-4 Cuarteo del material grueso antes del ensayo	63
Figura 4-5 Obteniendo el peso sumergido del agregado.....	65
Figura 4-6 Visitas a los ingenios Jiboa y Chaparrastique para la obtención de las cenizas	66
Figura 4-7 Secado de la ceniza al aire libre	67
Figura 4-8 Tamizado de la ceniza por la malla zaranda.....	67
Figura 4-9 Almacenamiento del material en el recipiente.....	68
Figura 4-10 Vertido de los materiales a la concretera	83
Figura 4-11 Prueba de revenimiento, llenado de capas	84
Figura 4-12 Prueba de revenimiento, varillado.....	85
Figura 4-13 Prueba de revenimiento, alisando superficie de concreto	86
Figura 4-14 Prueba de revenimiento, retirando él molde.....	86
Figura 4-15 Prueba de revenimiento, medición de revenimiento.....	87
Figura 4-16 Temperatura de concreto.....	88
Figura 4-17 Golpeo y varillado al concreto en el molde y engrasado de moldes.....	89
Figura 4-18 Almacenamiento de cilindros de concreto en el molde.	89
Figura 4-19 Prueba de revenimiento con poca fluidez del concreto	90
Figura 4-20 Compresión de cilindros de concreto	101
Figura 4-21 Planos de falla de cilindros de concreto (ASTM C-39)	101

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1 Representación del 5% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.	77
Gráfico 4-2 Representación del 10% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.	78
Gráfico 4-3 Representación del 15% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.	79
Gráfico 4-4 Representación del 20% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.	80
Gráfico 4-5 Representación del 25% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.	81
Gráfico 4-6 Representación del 30% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.	82
Gráfico 5-1 Curva de resistencia-tiempo del 5% de CBCA Ingenio Chaparrastique...	139
Gráfico 5-2 Curva de resistencia-tiempo del 10% de CBCA Ingenio Chaparrastique.	141
Gráfico 5-3 Curva de resistencia-tiempo del 15% de CBCA Ingenio Chaparrastique.	143
Gráfico 5-4 Curva de resistencia-tiempo del 20% de CBCA Ingenio Chaparrastique.	145
Gráfico 5-5 Curva de resistencia-tiempo del 5% de CBCA Ingenio Jiboa.	147
Gráfico 5-6 Curva de resistencia-tiempo del 10% de CBCA Ingenio Jiboa.....	149
Gráfico 5-7 Curva de resistencia-tiempo del 15% de CBCA Ingenio Jiboa.....	151
Gráfico 5-8 Curva de resistencia-tiempo del 20% de CBCA Ingenio Jiboa.....	153
Gráfico 5-9 Curva de resistencia-tiempo del 25% de CBCA Ingenio Jiboa.....	154
Gráfico 5-10 Curva de resistencia-tiempo del 5% de CBCA entre Ingenios.	156
Gráfico 5-11 Curva de resistencia-tiempo del 10% de CBCA entre Ingenios.	158
Gráfico 5-12 Curva de resistencia-tiempo del 15% de CBCA entre Ingenios.	159
Gráfico 5-13 Curva de resistencia-tiempo del 20% de CBCA entre Ingenios.	161

INTRODUCCIÓN

La ingeniería ha ido evolucionando con el paso de los años, desde materiales hasta los diferentes procesos constructivos y aplicación de nuevas tecnologías. Estos cambios en los que ha estado inmersa la ingeniería se ha debido a la necesidad de facilitar hasta cierto grado el trabajo y mejorar la calidad de vida.

El concreto es considerado el material más importante que el hombre ha descubierto en el campo de la construcción y este ofrece mayor seguridad y durabilidad. Los materiales que componen el concreto juegan un papel muy importante en la construcción de obras civiles, de estos dependen las propiedades mecánicas y físicas que puedan alcanzar los elementos de una estructura.

En la actualidad, existe la necesidad de crear nuevos materiales de construcción que sean amigables al medio ambiente y a la vez económico, que puedan cumplir con las mismas funciones que un producto normal.

La ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), es un subproducto de la industria azucarera, es decir un desecho de dicha industria que actualmente es utilizado en el campo de la agricultura. Este material se presenta con características puzolánicas que pueden modificar las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

La investigación se enfoca en la utilización de ceniza de bagazo de caña de azúcar sustituyendo parcialmente al cemento Tipo GU (Fuerte) de uso general en la mezcla de concreto, para generar una nueva opción en la fabricación del concreto. Se estudia su comportamiento mediante pruebas de laboratorio, en donde los especímenes de concreto



CAPÍTULO I

1.0 GENERALIDADES



1.0. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La evolución de los materiales constructivos nace con el fin de mejorar la calidad de vida del hombre, el concreto en la actualidad es uno de los materiales básicos en la construcción, para satisfacer las necesidades y exigencias de la humanidad y desarrollar métodos constructivos más eficaces.

El concreto es el material más importante que el hombre ha descubierto para utilizarlo en las construcciones con la finalidad de ofrecer mayor seguridad y durabilidad en las mismas. Este material es una mezcla de arena, grava, roca triturada, u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua.

El cemento es un componente activo del concreto e influye en todas las características de este material, constituye aproximadamente un 20 % del peso del concreto y se obtiene a partir de materias primas abundantes en la naturaleza. Cuando se habla de cemento implícitamente se alude al cemento Portland ya que es usado exclusivamente con fines estructurales y que presenta una muy buena calidad. El cemento Portland es una especie de cal hidráulica perfeccionada, se produce haciendo la combinación de materias de carácter ácido provenientes de arcillas con otras de carácter básico aportadas por calizas.

La utilización de hornos de grandes dimensiones para la producción de cemento Portland, requieren una enorme cantidad de energía para conseguir temperaturas superiores a los 2000°C, para la calcinación de las materias primas y los combustibles fósiles utilizados en la producción del Clinker¹, este proceso expulsa todo tipo de emisiones, una verdadera bomba para el medio ambiente.

¹ Es el producto del horno que se muele para fabricar el cemento Portland. Se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura que está entre 1350 y 1450 °C



Es por eso que la producción de cemento Portland no sólo es uno de los materiales más usados en la construcción, es el responsable de una gran cantidad emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera, un gas que potencia el efecto invernadero producido por el cambio climático. Y es importante mencionar que la industria del cemento y del concreto, pilares fundamentales de la industria de la construcción, se encuentran clasificadas dentro de las categorías de energía y procesos industriales en los diagnósticos de gases de efecto invernadero.

El único estudio realizado en el país (en 1994) sobre los gases de efecto invernadero se registró un total de 9,363.64 Gg de dióxido de carbono (CO₂), donde los procesos industriales representan un 5.24% y de energía un 45.11% del CO₂ emanado². En la tabla 1-1 se presentan los subsectores industriales que aportan al problema de emisión de dicho gas.

Tabla 1-1 Emisión de CO₂ del sector proceso industriales

Subsectores (Gg CO₂)		
Producción de Cemento	455.97	93%
Producción de Cal	23.70	5%
Piedra Caliza	10.45	2%
Total	490.12	100%

Fuente: MARN (2000)

En el país hay pocas investigaciones sobre la utilización de otros materiales como sustitución parcial del cemento por lo que agrava más la problemática planteada.

Por otra parte El Salvador cuenta con seis ingenios azucareros, los cuales son: Central Izalco, El Ángel, Chaparrastique, La Cabaña, INJIBOA y La Magdalena. Los que utilizan el bagazo de caña como material de combustión para el funcionamiento de las calderas de producción de azúcar.

² Publicación del MARN: Inventario nacional de gases de efecto invernadero en El Salvador (1994),



Es sabido y objeto de múltiples investigaciones que el contenido de sílice de las cenizas procedentes de la combustión de residuos agrícolas, puede tener características puzolánicas, tal es el caso de materiales como la ceniza de cascarilla de arroz, la ceniza de hojas de bambú y el bagazo de caña de azúcar.

Por lo anteriormente descrito, se plantea la siguiente interrogante en la investigación:

¿Será posible utilizar las cenizas provenientes de Ingenios Azucareros como sustituto parcial del cemento en el diseño de mezclas de concreto?



1.2 JUSTIFICACIÓN

La producción mundial de cemento Portland ha experimentado un espectacular crecimiento. En el 2000 fue de $1,75 \times 10^9$ toneladas, con un crecimiento anual del 3.5% desde 1970. Estas producciones continuarán incrementándose en los próximos años pudiendo llegar a incrementos acumulados entre 120% a 180% en el 2020. La empresa Holcim en El Salvador ha elevado su producción de cemento. En 2009, produjo 991,013 toneladas métricas y, para el año del 2013 alcanzó las 1, 014,041 toneladas métricas³.

Hoy en día se sabe que existen una gran variedad de aditivos o cementantes, estos materiales provienen de la naturaleza y destacan en principio por su cualidad de mejorar las propiedades del concreto, siendo capaz de proveerle singulares características; según sea la necesidad del caso, por lo cual se consideran algunas adiciones de fundamental importancia e influencia en la obtención de grandes y notables mejoras en el concreto estructural.

El Ingeniero Civil debe buscar la manera de aprovechar estas situaciones para proponer el uso de diferentes adiciones en mezclas de concreto que, en conjunto con los materiales convencionales, puede brindar soluciones puntuales, sin olvidar la reducción en los altos costos de construcción en nuestro país.

Entre las adiciones de materiales provenientes de la naturaleza se pueden mencionar las escorias de alto horno, el polvo de cuarzo, la cascarilla de arroz, la arena de sílice y las cenizas de bagazo de caña de azúcar.

La disminución de la explotación y producción industrial del cemento ayudaría sin duda a bajar el impacto ambiental que todo este genera y por lo tanto también menos gastos en todo este proceso, toda esta disminución de producción del cemento sería sustituida por materiales de desechos o subproductos que no están siendo usados en otros procesos industriales. La emanación de gases de

³ Publicación de El Diario de Hoy, 10 de noviembre del 2014.



las empresas cementeras bajarían, originaria sin duda nuevos ingresos y nuevos avances en la elaboración de materias primas para la construcción.

Por otra parte el sector azucarero es uno de los más grandes y de mayor exportación, aportando un 2.28% del Producto Interno Bruto (PIB) mientras que la participación del cultivo en la dinámica agrícola representa casi el 20% del Producto Interno Bruto Agrícola (PIBA), según datos de la Asociación Azucarera de El Salvador.

Tabla 1-2 Comparativo de caña molida

INGENIOS/ZAFRA	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014
	TONELADAS CORTAS				
CENTRAL IZALCO	1819,341.37	1778,841.38	2052,701.03	2154,135.02	2066,942.82
EL ANGEL	1132,927.65	1111,054.19	1292,732.52	1526,103.79	1513,414.99
CHAPARRASTIQUE	825,200.29	696,828.30	1078,978.86	1167,054.47	1151,794.76
LA CABAÑA	834,495.98	716,677.63	931,988.07	1028,054.05	1036,708.85
INJIBOA	593,400.29	562,089.13	709,879.35	814,709.32	882,509.02
LA MAGDALENA	299,504.81	261,201.78	362,408.47	461,103.25	392,154.41
TOTAL	5504,870.39	5126,692.41	6428,688.30	7151,159.90	7043,524.85

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, Recopilación de información sobre caña de azúcar en El Salvador (2014)

La ceniza es el último residuo que queda, producido por la cadena de la caña de azúcar y por cada tonelada de bagazo incinerado, se generan alrededor de 25 kilos de ceniza⁴.

Este desecho actualmente los ingenios azucareros lo utilizan como abono (por el contenido de potasio) en los terrenos cultivados con caña para mejorar las condiciones de los suelos y así disminuir la necesidad de usar fertilizantes químicas. De acuerdo a la composición química de la ceniza⁵ no hay

⁴ Según al artículo científico: SALES, A.; LIMA, S.A. Use of Brazilian sugarcane bagasse ash in concrete as sand replacement Waste Manajeent. 2010.

⁵ Ver anexo 3 Resultados de la prueba química proporcionada por los Ingenios Azucareros.



concentración significativa de potasio (con promedio del 5%) que justifique el uso de la ceniza como elemento destinado a fertilizante del suelo. La ceniza de acuerdo a su composición, contiene una alta concentración de sílice componente químico que genera actividad puzolánica.

Una alternativa más favorable para gestionar este residuo es incorporarlo a la industria de la construcción, utilizar la ceniza de bagazo como una adición puzolánica a hormigones e inclusive fabricar materiales de construcción de bajo coste económicos y medioambientales.

Por ello, esta investigación se enfoca en desarrollar nuevas opciones para la elaboración de concreto, mediante la incorporación de ceniza proveniente de Ingenio Azucareros con el fin de reducir el uso del cemento y obtener los mismos o mejores resultados.



1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar un estudio que demuestre la influencia de la ceniza de Ingenios azucareros en la resistencia mecánica del concreto, al ser utilizada como un sustituto parcial del cemento.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer un diseño de mezcla de concreto hidráulico, con distintos porcentajes de sustitución de cemento por cenizas del Ingenio Chaparrastique y del Ingenio Jiboa.
- Determinar por medio de resultados de pruebas de compresión de cilindros de concreto hidráulico si las propuestas de mezclas con distinta dosificación de ceniza pueden tener uso estructural o arquitectónico.
- Definir cómo son afectadas las propiedades del concreto como su trabajabilidad, temperatura y resistencia a la compresión; con la sustitución parcial de cemento por ceniza en la propuesta de diseño de mezcla del hormigón.



1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 ALCANCES

- Se realizaron sustituciones parciales de cemento del 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% por ceniza⁶.
- Se realizó un diseño de mezcla de concreto para una resistencia de 210 Kg/cm².
- Se utilizó cemento Tipo GU de acuerdo a la norma ASTM C-1157.
- Se elaboraron 10 especímenes (nueve según ACI 318, 5.6.2.4 y uno más para utilizarlo en el análisis del método estadístico en los 28 días) para ensayo por cada diseño de mezcla.
- El análisis de la investigación está enfocado en la comparación de las propiedades de la mezcla patrón con las elaboradas haciendo adiciones de cenizas.

⁶ Porcentajes seleccionados de acuerdo a la investigación, Daniel Ernesto Ma-Tay Pinel (2014). Valorización de cenizas de bagazo procedentes de Honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento Portland. Tesis de la Universidad Politécnica de Valencia, Honduras. Donde se presenta una recopilación de estudios previos que afirman que el 20% de sustitución es el óptimo.



1.4.2 LIMITACIONES

- El actual laboratorio de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, posee solo de 16 moldes para la elaboración de los especímenes de concreto.
- Se recurrió a laboratorios particulares para la prueba de resistencia de compresión de cilindros ya que el laboratorio de Suelos y Materiales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental no cuenta con el equipo necesario para realizarlas.
- La investigación se limitó al uso del cemento Tipo GU (ASTM C-1157), a una resistencia de 210 Kg/cm^2 y hasta el 30% de sustitución parcial de cemento por ceniza, para no elevar los costos y el tiempo de duración de la investigación.
- La investigación no contempló el uso de aditivos de cualquier tipo para evitar que se vean involucradas otras variables de estudio puesto que la investigación se refiere específicamente al comportamiento de la ceniza en el concreto.
- Las mezclas de concreto con o sin cenizas deberán cumplir las mismas características para un diseño de mezcla (ACI 211) con una resistencia de 210 kg/cm^2 . No se realizó una mezcla patrón para testigos que difieran con las características especificadas en el diseño.
- La temperatura con la que fue quemada la ceniza no fue tomada en cuenta en esta investigación ya que cuando fue solicitada a los ingenios ya había pasado el periodo de zafra.
- Se consideró solamente el material de los ingenios Chaparrastique y Jiboa por la cercanía al lugar de realización de la investigación.



1.5 HIPÓTESIS

De acuerdo a los objetivos el estudio está orientado a verificar si el uso parcial de ceniza por cemento en el diseño de mezcla, influye en la resistencia mecánica del concreto y si puede ser utilizado o no estructuralmente.

Además de acuerdo a estudios anteriores, se espera que la sustitución parcial de cemento por cenizas mejore la resistencia del concreto, siendo así que se presume obtener un mejor desempeño en la resistencia de uno de los concretos con el uso parcial de ceniza con respecto al concreto convencional.

Por lo anterior descrito, se plantean las siguientes hipótesis:

1.5.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La sustitución parcial del cemento por cenizas de ingenios azucareros, en el diseño de mezcla, influye en la resistencia mecánica de concreto.

1.5.2 HIPÓTESIS NULA

La mezcla de concreto convencional presenta una mejor resistencia mecánica, con respecto a las mezclas con diferente porcentaje de sustitución de cemento por cenizas de ingenios azucareros.

1.5.3 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Una de las mezcla de concreto con diferente porcentaje de sustitución de cemento por cenizas de ingenios azucareros presenta una mejor resistencia mecánica con respecto a la mezcla de concreto convencional.



CAPÍTULO II

2.0 MARCO REFENCIAL



2.0. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO HISTÓRICO

2.1.1 HISTORIA DEL CONCRETO

La mayoría de la gente piensa que el concreto se ha estado usando durante muchos siglos, pero no es así. Los romanos utilizaron una especie de cemento, llamado puzolana, antes del nacimiento de Cristo. Encontraron grandes depósitos de ceniza volcánica arenosa cerca del Monte Vesubio y en otros lugares en Italia. Cuando mezclaron este material con cal viva y agua, además de arena y grava, dejando endurecer la mezcla, se produjo una sustancia rocosa que utilizaron como material de construcción. Se podría pensar que resultaría una especie de concreto relativamente pobre, en comparación con las normas actuales, pero algunas estructuras de concreto romanas siguen de pie hoy en día. Un ejemplo es el Panteón (un edificio dedicado a todos los dioses) que se encuentra en Roma y se terminó en el año 126 de nuestra era.

El arte de hacer concreto puzolánico se perdió durante la Edad Media con la caída del Imperio y fue resucitado hasta los siglos XVIII y XIX. El primer registro del uso de concreto en los tiempos modernos, se remonta a 1760 cuando, en Inglaterra, John Smeaton descubrió, mientras proyectaba el faro Eddystone, que una mezcla de caliza calcinada y arcilla daba lugar a un conglomerante hidráulico resistente al agua. En Inglaterra se descubrió en 1796 un depósito de piedra de cemento natural que fue vendida como “cemento romano”. Se descubrieron otros depósitos de cemento natural tanto en Europa como en América, que fueron explotados durante varias décadas. El verdadero gran adelanto para el concreto ocurrió en 1824 cuando un albañil inglés llamado Joseph Aspdin, después de largos y laboriosos experimentos, obtuvo una patente para un cemento que él llamó cemento portland, debido a que su color era muy similar al de la piedra de una cantera en la isla de Portland, en la costa inglesa. Él hizo su cemento con ciertas cantidades de arcilla y piedra caliza que pulverizó y quemó en la estufa de su cocina, moliendo después la escoria resultante para obtener un polvo fino.



En los primeros años tras su invención, ese cemento se usó principalmente en estucos. Este extraordinario producto fue adoptado poco a poco por la industria de la construcción y ni siquiera fue introducido en Estados Unidos sino hasta 1868; el primer cemento portland no se fabricó en Estados Unidos sino hasta la década de 1870.

Los primeros usos del concreto no son bien conocidos. Muchos de los trabajos iniciales fueron hechos por los franceses François Le Brun, Joseph Lambot y Joseph Monier. En 1832 Le Brun construyó una casa de concreto y siguió después la construcción de una escuela y una iglesia con el mismo material. En 1845, T.C. Johnson descubrió que el mejor cemento provenía de la pulverización de esta sustancia "inútil" denominada Clinker. Este es el cemento que se conoce hoy en día. Alrededor de 1850, Lambot construyó una embarcación de concreto reforzado con una red de alambres o varillas paralelas. Sin embargo, se le acredita a Monier la invención del concreto reforzado. En 1867 él recibió una patente para la construcción de tinajas o receptáculos y depósitos de concreto, reforzados con una malla de alambre de hierro. Su meta reconocida al trabajar con este material era obtener un bajo peso sin tener que sacrificar resistencia.

En Francia, el desarrollo del uso del concreto reforzado se debió en gran parte a François Hennebique quien estableció un estudio de ingeniería y proyectó cientos de estructuras del nuevo material. En 1900, el Ministerio de Obras Públicas de Francia convocó a un comité a cargo de Armand Considere para la elaboración de especificaciones técnicas para concreto armado. Estas fueron publicadas en 1906.



2.1.2 ESTUDIOS PREVIOS

TRABAJO	PAIS	RESULTADO
<p>"Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material"</p> <p>- K. Ganesan, K. Rajagopal, K. Thangavel, Cement & Concrete Composites, Vol. 29, pp 515-524, 2007.</p>	India	Hasta un 20% de cemento Portland puede ser sustituido por ceniza de bagazo sin tener ningún efecto adverso en las propiedades del hormigón. Las ventajas de la adición de ceniza son mayor resistencia a compresión y una apreciable disminución en la penetración de cloruros.
<p>"Utilization of bagasse ash as a pozzolanic material in concrete"</p> <p>- Nuntachai Chusilp, Chai Jaturapitakkul, Kraiwood Kiattikomol, Construction and Building Materials, Vol. 23, pp 3352-3358, 2009.</p>	Tailandia	La ceniza de bagazo es un material puzolánico apto para ser utilizado en el hormigón. La adición de ceniza mejora la resistencia, la permeabilidad y la evolución del calor en el hormigón. Además el porcentaje de sustitución óptimo a utilizarse es de 20%.
<p>"Utilization of bagasse ash in high-strength concrete"</p> <p>- Sumrerng Rukzon, Prinya Chindapasirt, Materials and Design, Vol. 34, pp 45-50, 2012.</p>	Tailandia	Es posible producir hormigón de alta resistencia con la adición de la ceniza de bagazo finamente molida. La incorporación de 30% de CBCA disminuye las penetraciones de cloruro y mejora la resistencia a compresión del hormigón.
<p>"Use of increasing amounts of bagasse ash waste to produce self-compacting concrete by adding limestone powder waste"</p> <p>- Gritsada Sua-iam, Natt Makul, Journal of Cleaner Production, Vol. 57, pp 308-319, 2013.</p>	Tailandia	La trabajabilidad es adecuada para hormigones con sustituciones hasta 40% de ceniza y polvo de caliza por árido fino, sin embargo por los resultados obtenidos en la resistencia a compresión, la sustitución óptima es otra vez de un 20%.



2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 COMPONENTES DEL CONCRETO

A. CEMENTO

Es un material aglomerante que tiene las propiedades de adherencia y cohesión necesarias para unir áridos inertes entre si formando una masa sólida que cumple ciertas características y propiedades.

El cemento se obtiene de la pulverización del Clinker el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos.

B. ARENA

El agregado fino o arena se usa como llenante, que pasa el tamiz número 4 (4.75 mm) y al mismo tiempo se retiene en el tamiz número 200 (0.08 mm), además actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto.

Una falta de arena se refleja en la aspereza de la mezcla y un exceso de arena demanda mayor cantidad de agua para producir un asentamiento determinado, ya que entre más arena tenga la mezcla se vuelve más cohesiva y al requerir mayor cantidad de agua se necesita mayor cantidad de cemento para conservar una determinada relación agua cemento.

C. GRAVA

El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El tamaño mínimo será de 4,8 mm. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado.



D. AGUA DE MEZCLA

El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón.

La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables.

E. ADITIVOS

Son productos químicos que modifican el desarrollo de la resistencia. Pueden ser acelerantes cuando permiten un rápido desarrollo de la resistencia, siendo el más común el cloruro de calcio el cual debe añadirse en forma de solución como parte del agua de mezcla; o retardantes si hacen que el tiempo de fraguado sea mayor.

El uso de retardantes, en general, acompaña alguna reducción en la resistencia en los primeros días (de 1 a 3) mientras que los efectos de estos materiales en las demás propiedades del concreto, como la retracción, pueden no ser previsibles. Por lo tanto, las pruebas de aceptación deberán hacerse con materiales de la obra para las condiciones previstas.



2.2.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO

A. TRABAJABILIDAD

Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

El grado de la trabajabilidad que se requiere para una buena colocación del concreto se controla por los métodos de colocación, tipo de consolidación y tipo de concreto. Los diferentes tipos de colocación requieren diferentes niveles de trabajabilidad.

Los factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son:

- El método y la duración del transporte;
- Cantidad y características de los materiales cementantes;
- Consistencia del concreto (asentamiento en cono de Abrams o revenimiento)
- Tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos
- Aire incluido (aire incorporado);
- Cantidad de agua;
- Temperatura del concreto y del aire y
- Aditivos.

La distribución uniforme de las partículas de agregado y la presencia de aire incorporado ayudan considerablemente en el control de la segregación y en la mejoría de la trabajabilidad.



B. RESISTENCIA

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto:

- Contenido de cemento
- Relación agua-cemento y contenido de aire
- Influencia de los agregados
- Tamaño máximo del agregado
- Fraguado del concreto
- Edad del concreto
- Curado del concreto
- Temperatura

C. COHESIVIDAD

Esta propiedad se refiere a cuán bien se adhieren y trabajan juntos los elementos del concreto en el estado plástico. Dicha propiedad se ve afectada por la graduación de los agregados y el contenido de agua, a mayor contenido agua no habrá adherencia y se puede separar y sangrar.

D. DURABILIDAD

El ACI define la durabilidad del concreto de cemento Portland como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, abrasión, y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzcan deterioro del concreto.



2.2.3 PRUEBAS DE LABORATORIO

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO Y GRUESO

Este método cubre la determinación de la distribución por tamaño de las partículas de agregado fino y grueso mediante tamizado. Una muestra de agregado seco de masa conocida es separada en una serie de tamices colocados progresivamente desde el más pequeño al más grande para determinar su distribución por tamaño.

2. ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto, dada la importancia que reviste esta propiedad, dentro de una estructura convencional de concreto reforzado, la forma de expresarla es, en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 y con alguna frecuencia lb/pulg^2 (psi).

La forma de evaluar la resistencia del concreto es mediante pruebas mecánicas que pueden ser destructivas, las cuales permiten probar repetidamente la muestra de manera que se pueda estudiar la variación de la resistencia u otras propiedades con el paso del tiempo.

La resistencia a la compresión del concreto se mide con una prensa que aplica carga sobre la superficie del cilindro. Generalmente esta superficie es áspera y no plana, lo cual puede conducir a concentraciones de esfuerzo que reducen considerablemente la resistencia real del concreto.

3. ENSAYO DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO

La mezcla de concreto debe tener una trabajabilidad apropiada para su fácil colocación; una vez endurecido el concreto tendrá que cumplir con el requisito de resistencia para soportar las distintas sollicitaciones a las que podrá estar



expuesto y además deberá poseer una adecuada durabilidad frente a las condiciones de exposición a las que será sometido.

La trabajabilidad depende de las proporciones y de las características físicas de los materiales, y también del equipo utilizado durante el mezclado, transporte y colocación de la mezcla. Aun así la trabajabilidad es un término relativo, porque un concreto se podrá considerar trabajable bajo ciertas condiciones y no trabajable para otras. Por ende, la trabajabilidad debería definirse solamente como una propiedad física del concreto fresco, sin hacerse referencia a las circunstancias específicas de un tipo de construcción.

Un componente muy importante de la trabajabilidad es la consistencia o fluidez de la mezcla de concreto. La consistencia de una mezcla de concreto es un término general que se refiere al carácter de la mezcla con respecto a su grado de fluidez; y abarca todos los grados de fluidez, desde la más seca hasta la más fluida de todas las mezclas posibles.

4. ENSAYO DE TEMPERATURA AL CONCRETO

El ensayo de temperatura esta normado por la ASTM C-1064 “Método estándar para temperatura de concreto de cemento Portland recién mezclado”

Dado que un concreto con temperaturas mayores a 32 °C, tiende a evaporar con mayor facilidad, creando en la superficie “agrietamiento por secado”, es de suma importancia la medición de la temperatura recién mezclado.

2.3 MARCO TEORICO

2.3.1 CEMENTO PORTLAND

Es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción y es utilizado como aglomerante para la preparación del



hormigón. Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

2.3.1.1 COMPOSICION QUIMICA DEL CEMENTO

Durante la calcinación en la fabricación del Clinker de cementos portland, el óxido de calcio se combina con los componentes ácidos de la materia prima para formar compuestos fundamentales, que constituyen el 90% del peso del cemento.

Tabla 2-1 Composición química del cemento

Composición química del cemento		
Nombre	Composición de oxido	Abreviatura
Silicato tricalcico	3CaO SiO_2	C_3S
Silicato dicalcico	2CaO SiO_2	C_2S
Aluminato tricalcico	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrito tetracalcico	$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

El silicato tricalcico se hidrata y endurece rápidamente y es responsable en gran medida del fraguado inicial y de la resistencia temprana. En general, la resistencia temprana del concreto de cemento portland es mayor con porcentajes superiores de C_3S .

El silicato dicalcico, C_2S , se hidrata y endurece lentamente y contribuye en gran parte al incremento de resistencias a edades mayores de una semana.



El aluminato tricalcico, C_3A , libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. También contribuye levemente al desarrollo de la resistencia temprana. El yeso, que se agrega al cemento durante la molienda final, retrasa la velocidad de hidratación de C_3A . Sin el yeso, el cemento que contiene C_3A fraguara rápidamente. Los cementos con bajos porcentajes de C_3A son particularmente resistentes a los suelos y aguas que contienen sulfatos.

El aluminoferrito tetracalcico, C_4AF , reduce la temperatura de formación del Clinker, ayuda por lo tanto a la manufactura del cemento. Se hidrata con cierta rapidez pero contribuye mínimamente a la resistencia. La mayoría de los efectos de color se debe al C_4AF y a sus hidratos.

2.3.1.2 TIPOS DE CEMENTO

Todos los cementos portland y los cementos mezclados son cementos hidráulicos, que es meramente un término más genérico. En los años 90 se crearon las especificaciones de desempeño para los cementos hidráulicos: ASTM C1157, “Especificación de Desempeño para Cementos Hidráulicos (Performance Specification for Hydraulic Cements)”. Esta especificación se indica genéricamente para los cementos hidráulicos que incluyen cemento portland, cemento portland modificado y cemento hidráulico mezclado. Los cementos en acuerdo con los requisitos de la norma ASTM C1157 satisfacen a los requisitos de ensayos de desempeño físico, oponiéndose a restricciones de ingredientes o de composición química del cemento, las cuales se pueden encontrar en otras especificaciones. La ASTM C 1157 presenta seis tipos de cementos hidráulicos:

1. **Tipo GU Uso general:** El cemento de uso general tipo GU es adecuado para todas las aplicaciones donde las propiedades especiales de los otros tipos no sean necesarias. Su uso en concreto incluye pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tubería, productos de concreto prefabricado y otras aplicaciones donde se usa el cemento Tipo I.



2. **Tipo HE Alta resistencia inicial:** El cemento tipo HE proporciona alta resistencia en edades tempranas, usualmente menos de una semana. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo III.
3. **Tipo MS Moderada resistencia a los sulfatos:** El cemento tipo MS se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales como en estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterránea son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo II. Como el tipo II, se debe preparar el concreto de cemento tipo MS con baja relación agua-materiales cementantes para que se garantice la resistencia a los sulfatos.
4. **Tipo HS Alta resistencia a los sulfatos:** El cemento tipo HS se usa en concreto expuesto a la acción severa de los sulfatos – principalmente donde el suelo o el agua subterránea tienen altas concentraciones de sulfato. Este cemento se emplea de la misma manera que el cemento portland tipo V.
5. **Tipo MH Moderado calor de hidratación:** El cemento tipo MH se usa donde el concreto necesite tener un calor de hidratación moderado y se deba controlar el aumento de la temperatura. El cemento tipo MH se usa de la misma manera que el cemento portland de moderado calor tipo II.
6. **Tipo LH Bajo calor de hidratación:** El cemento tipo LH se usa donde la tasa y la cantidad del calor generado por la hidratación deban ser minimizadas. Este cemento desarrolla resistencia en una tasa más lenta que los otros cementos. El cemento tipo LH se aplica en estructuras de concreto masivo donde se deba minimizar el aumento de la temperatura resultante del calor generado durante el endurecimiento. Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland tipo IV.



2.3.1.3 PROCESO DE FABRICACION

Para la fabricación de cemento portland selecciona los materiales primarios caliza y arcilla de las canteras.

A. EXPLOTACIÓN DE CANTERAS Y TRITURACIÓN.

Se reduce la roca de un tamaño máximo de 1.0 m a 10cm. Se vuelve a pasar a una trituradora secundaria que los reduce a 2mm. Aproximadamente. En ese momento en base a la composición que se presenta se le adiciona los materiales correctivos para obtener la fórmula del cemento base. Después se muele en molinos de bolas o por presas de rodillos. El material triturado se lleva a la planta por cintas transportadoras, que se depositan en otro almacenamiento para la pre homogeneización.

B. HOMOGENIZACIÓN Y MEZCLA DE LA MATERIA PRIMA.

Se mezclan gradualmente hasta alcanzar la composición adecuada. El material molido debe ser homogéneo para garantizar la efectividad del proceso de clinkerización mediante una calidad constante. Este procedimiento se efectúa en silos de homogeneización.

C. CALCINACIÓN.

Se hace pasar a los precalentadores. Se procede a calcinar en hornos, que funcionan a altas temperaturas (hasta alcanzar los 1450 grados centígrados), de modo que se “fundan” sus componentes y cambia la composición química de la mezcla, transformándose en Clinker.

El polvo crudo es introducido mediante sistema de transporte neumático y debidamente dosificada a un intercambiador de calor por suspensión de gases de varias etapas en la base del cual se instala un moderno sistema de pre calcinación de la mezcla antes de la entrada al horno rotatorio donde se desarrollan las restantes reacciones físicas y químicas que dan lugar a la



formación del Clinker. El intercambio de calor se produce mediante transferencias térmicas por contacto íntimo entre la materia y los gases calientes se obtiene del horno, a temperaturas de 950 a 1,100°C en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada, que se encuentran al interior de una torre de concreto armado de varios pisos, con varias alturas superiores a los cien metros.

D. EL CLINKER EN CEMENTO.

Posterior el Clinker se enfría y almacena para posteriormente, se le conduce al molino final, mezclándosele con yeso (retardador del fraguado), y los materiales apropiados para la obtención del cemento correspondiente, en cantidades que depende el tipo de cemento que se quiere obtener. Como resultado final se obtiene el cemento.

El horno es el elemento fundamental para la fabricación del cemento. Está constituido por un tubo cilíndrico de acero con longitudes de 40 a 60 m y con diámetros de 3 a 6 m, que es revestido interiormente con materiales refractarios, en el horno para la producción del cemento se producen temperaturas de 1,500 a 1,600 °C dado que las reacciones de clinkerización se encuentra alrededor de 1,450 °C. El Clinker que egresa del horno a una temperatura de 1,200 °C pasa luego a un proceso de enfriamiento rápido por enfriadores de parrilla. Seguidamente por transportadores metálicos se llevan a una cancha de almacenamiento.

Desde este depósito y mediante un proceso de extracción controlada, el Clinker es conducido junto con el yeso a la molienda de cemento por medios de molinos de bolas a circuito cerrado o prensas de rodillos con separadores neumáticos que permiten obtener una finura de alta superficie específica. El cemento es transportado por medios neumáticos para depositarse en silos donde se encuentra listo de donde se toman las muestras para analizarlo y habiendo



cumplido para ser despachado. El despacho del cemento portland que produce en la planta, se realiza en bolsas de 50 kg, bolsas de 200 kg y también a granel.

2.3.2 AGREGADOS

Los agregados son materiales casi siempre pétreos, que se consideran inertes; sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado, o materiales producidos por expansión, calcinación o fusión excipiente, que se mezclan con cemento portland y agua, para formar concreto hidráulico. Sin embargo, los agregados no siempre son pétreos y algunos no son inertes, también sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y térmicas influyen sobre el comportamiento del concreto.

En términos generales los agregados ocupan las tres cuartas partes del volumen del concreto y por lo tanto su calidad y propiedades son de considerable importancia, no solo desde el punto de vista económico sino también desde otros no menos importantes como la resistencia, la durabilidad, la trabajabilidad, la densidad y en general del comportamiento estructural del concreto.

Para la generalidad de los concretos los agregados ocupan entre el 60% y el 80% del volumen total del concreto. Están constituidos por una parte fina, denominada arena y una parte gruesa, denominada grava o piedra triturada; pueden provenir de fuentes naturales o artificiales. El agregado fino, generalmente consiste en arena natural o piedra triturada (partida, machacada, arena de trituración) cuyo diámetro varía entre 0.074 mm y 5 mm. El agregado grueso, consiste en una o en la combinación de gravas o piedras trituradas con partículas con diámetro superior a 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 37.5 mm.

El material con tamaño inferior a 0.074 mm es una fracción muy fina, cuyas partículas tienen ciertas características que interfieren en el proceso de hidratación del cemento y de allí que se consideren perjudiciales en el concreto.



Propiedades como una buena distribución de los tamaños de las partículas, forma y textura superficial apropiadas, granos poco porosos, resistentes y duros, que no contengan sustancias químicas que reaccionen con la pasta de cemento, libres de material muy fino, exentos de materia orgánica, y que no contengan partículas débiles, son indispensables para que puedan ser utilizados en el concreto; de allí la importancia de su control de calidad.

La pasta está compuesta de cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 por ciento del volumen total del concreto. El contenido de aire en concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta, así como también todos los espacios entre partículas de agregado.

2.3.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

Los agregados se pueden clasificar de muchas maneras, siendo las más usadas según su procedencia, por el tamaño de sus partículas, por sus características petrográficas y por su densidad. Tales clasificaciones sirven principalmente como una ayuda para la familiarización con los diferentes tipos de agregados o en la identificación de rasgos particulares.

CLASIFICACIÓN POR MODO DE FRAGMENTACIÓN

Esta clasificación de agregados se basa en la forma en que ocurre el proceso de fragmentación de los materiales, los que desde este punto de vista pueden ser:

1. Naturales: fragmentados por procesos naturales (erosión).
2. Manufacturados (tritutados): fragmentados por procesos artificiales (mecánicos).



3. **Mixtos:** son la combinación de materiales fragmentados tanto por procesos naturales como artificiales. Este tipo de división no valida ninguna característica físico-química del agregado.

CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO DE PARTÍCULA

A. AGREGADO GRUESO

Agregado retenido de modo predominante por el tamiz No. 4 (de 4.75mm); o bien, aquella porción de un agregado que es retenida por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm).

El agregado grueso utilizado en nuestro medio es denominado “Grava”, que resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o procede de la trituración de esta.

B. AGREGADO FINO

Agregado que pasa por el tamiz de 3/4 in (9.5 mm) y casi pasa por completo por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm). Y es retenido de modo predominante por el tamiz No. 200 (de 75 μ m); o bien, aquella porción de un agregado que pasa por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm) y es retenida de modo predominante por el No. 200 (de 75 μ m).

El agregado fino utilizado en nuestro medio se denomina “Arena”, este resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o procede de la trituración de esta.

2.3.2.2 FUNCIÓN DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO HIDRÁULICO

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia con la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles



de resquebrajarse son indeseables. El esqueleto granular está formado por los agregados que son elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementicia y además económicos. Por lo tanto conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para lograr un concreto resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico. Puesto que los agregados son menos costosos por unidad de volumen que el cemento, generalmente se concibe que la única razón de colocar la mayor cantidad posible de fragmentos minerales es la de relleno. Pero aunque la economía es uno de los factores principales para reemplazar pasta de cemento por agregados, sus propiedades tienen una acción determinante sobre las características del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido.

En estado fresco la arena y la pasta actúan como lubricantes de las partículas más gruesas para que el concreto pueda ser mezclado, transportado, colocado, compactado y terminado en forma adecuada. Con la introducción de agregados a la pasta se genera una superficie de adherencia, de tal manera que los cambios de volumen que originan la contracción disminuyen notablemente. La adherencia entre la pasta y los agregados se convierte en parte de la resistencia del concreto. Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del mortero (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es “áspero”, “pedregoso” y “poco dócil”. En el concreto fresco, es decir recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la pasta cementicia tiene la función de lubricar las partículas de agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino. La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará las resistencias.



Se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas en el concreto al mínimo costo. La arena tiene múltiples influencias sobre el concreto, lo que viene a constituir la importancia en el conocimiento de tal agregado para el uso como ingrediente en dichas mezclas. La forma, el tamaño, la limpieza, la textura, dureza, etc.; son las características físicas de la arena que más intervienen en la calidad del concreto. La arena se puede considerar como el segundo en importancia en la obtención de una mejor calidad del concreto, lo que viene a afirmar o asegurar que puede ocasionar dificultades y puede tener una participación más decisiva en la resistencia y durabilidad del concreto que el agregado grueso; así, por ejemplo, la arena que tiene materia orgánica o extraña en gran proporción resulta muy perjudicial si no es neutralizada la acción de dicha sustancia. La arena puede estar contaminada con sílice la cual, al combinarse con los álcalis del cemento, produce expansiones pequeñas del concreto lo que trae como consecuencia aberturas y agrietamientos que son formas de desintegración del concreto debido a agregados sucios y seriamente sobrearenosos (exceso de finos) los cuales requieren relaciones agua-cemento altas para obtener manejabilidades satisfactorias. La arena tiene dos funciones importantes que desempeñar en el concreto:

- La de actuar como un relleno de los vacíos que existen en el mismo, incidiendo en su economía.
- La de actuar como lubricante del agregado grueso distribuyéndose en toda la masa del concreto.

La cantidad mínima de arena que llene estas dos funciones es la cantidad que deberá usarse para obtener resultados satisfactorios, ya que si se usa una cantidad mayor la superficie que deberá cubrirse con la pasta de cemento será aumentada, lo que trae como consecuencia aumento en el costo de la mezcla final del concreto. Sin embargo, cuando el agregado grueso no cumple con los



requisitos de calidad especificados, se tiene que recurrir a métodos como: aumentar en gran proporción la cantidad de arena en la mezcla para obtener la resistencia necesaria y exigida. Es de señalar que la capacidad de la mezcla para llenar totalmente los encofrados y cubrir completamente las armaduras de refuerzo con los medios de compactación disponibles, depende en gran parte del tamaño máximo del agregado grueso.

Otra de las funciones importantes de los agregados es la de aportar parte de la resistencia propia a la resistencia a la compresión del concreto. En muchas ocasiones el peso del concreto es el factor más importante, caso en el cual el peso de los agregados se convierte en factor fundamental para la estabilidad de la estructura. Algunos ejemplos en los que la densidad de los agregados es primordial son: los contrapesos y macizos de anclaje o estructuras diseñadas para aislamiento acústico y protección contra radiaciones. Cuando el concreto se encuentre sometido a exposiciones severas, como es el caso de humedecimiento y secado, aguas o suelos agresivos, exposición a los ácidos, etc., los agregados como componentes de él, aportan su durabilidad propia al conjunto. Los agregados también cumplen un papel importante en concretos a la vista o arquitectónicos, cuando se trata de concretos claros o blancos, la tonalidad de la arena es fundamental para su logro.

2.3.2.3 ESPECIFICACIONES PARA LOS AGREGADOS AGREGADO GRUESO

De acuerdo a la norma ASTM C33 el agregado grueso deberá consistir de grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de alto horno enfriada al aire o concreto de cemento hidráulico triturado, o una combinación de ellos.

AGREGADO FINO

El agregado fino deberá consistir en arena natural, arena manufacturada (o triturada), o una combinación de ambas; según la norma ASTM C33.



MÓDULO DE FINURA (MF)

El MF es un índice de finura del agregado: cuanto mayor el MF, más grueso es el agregado. Agregados con granulometrías diferentes pueden tener el mismo MF. El MF de los agregados finos es útil para estimar las proporciones de agregados fino y grueso en el concreto.

2.3.3 RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO ADICIÓN AL CONCRETO

Los residuos agrícolas son los producidos en las actividades del llamado sector primario de la economía, (agricultura, ganadería, pesca, actividad forestal) y por industrias alimenticias. Estos residuos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Residuos de base orgánica
- Residuos de base inorgánica

Los residuos de base orgánica son ricos en productos orgánicos naturales, fundamentalmente celulosas, lignina, azúcares y materiales fibrosos. Algunas de sus características fundamentales son la ligereza, porosidad y la solubilidad de la fracción orgánica. Al ser utilizado como una adición al hormigón, éste sufre cambio en sus propiedades como ser el aligeramiento, el retraso de fraguado y endurecimiento, además de un incremento en la demanda de agua.

Las fibras naturales se pueden obtener de diversas partes de las plantas y árboles. Por ejemplo se obtienen fibras del tallo del yute, de las hojas del sisal o el henequén, de la superficie del algodón o el coco y de la madera del eucalipto o del bambú. Algunas especies se cultivan específicamente para la obtención de fibras para textiles y otras áreas industriales.

En muchos casos pueden fabricarse fibras para hormigón a partir de residuos vegetales como el bagazo de caña de azúcar y la fibra de coco verde. De igual



manera se pueden fabricar partículas vegetales para ser usadas en hormigones ligeros, por ejemplo la cáscara de arroz.

Los residuos de base inorgánica son ricos en sustancias inorgánicas generalmente sílice y alúmina, con contenidos importantes de álcalis. Sus características fundamentales son granulometría fina, baja solubilidad y una fracción vítrea importante. Al ser utilizados como adición al hormigón presentan reactividad puzolánica, generalmente aumentan la durabilidad del hormigón, pero se incrementa la demanda de agua, disminuyéndose la trabajabilidad, que se debe compensar con el uso de plastificantes. Algunos ejemplos de residuos agrícolas de base inorgánica son:

1. Ceniza de cáscara de arroz
2. Ceniza de bagazo de caña de azúcar
3. Ceniza de paja de caña
4. Ceniza de cáscara de palma
5. Ceniza de paja de trigo
6. Ceniza de borra de café

2.3.4 CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBCA)

2.3.4.1 GENERALIDADES

La caña de azúcar ha sido sin lugar a dudas uno de los productos de mayor importancia para el desarrollo comercial del continente americano y europea. El azúcar se consume en todo el mundo, puesto que es una de las principales fuentes de calorías en las dietas de todos los países. Lo cual provoca que el desperdicio se genere de manera importante (bagazo de caña).

La ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) es un residuo agrícola de base inorgánica generado por la industria de la azúcar y el etanol.



La ceniza que queda después de que el bagazo se queme, es el último residuo generado por la cadena de la caña de azúcar; 25 kg de ceniza son generados por cada tonelada de bagazo quemado.

La utilización de las ceniza de bagazo de caña en diversos campos, como agricultura, y ahora, en la construcción, será de gran aprovechamiento. Su propiedad como material cementante para utilizarlo como cemento puzolánico. Además, hay que conocer que la fibra de la caña de azúcar representa entre un 40-50% de su volumen de toda la planta.

Para países como Brasil, máximo productor de caña en el mundo con una producción anual superior a los 600 millones de toneladas, se buscan alternativas para gestionar este residuo.

Una alternativa para hacer uso de este residuo que se genera en grandes cantidades es incorporarlo a la matriz conglomerante de hormigones y morteros. Numerosos estudios se han realizado con respecto al uso de la CBCA como adición puzolánica, se han analizado aspectos como la reactividad, la resistencia mecánica de los hormigones, las propiedades reológicas y la durabilidad. De igual manera se han realizado investigaciones para su uso en hormigones auto-compactables así como hormigones de alta resistencia.

2.3.4.2 PROCESO DE GENERACIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

Para obtener, la caña de azúcar de la industria al campo es muy variada. La caña de azúcar tarda de 12 a 14 meses, desde su siembra hasta su cosecha. El medio utilizado para el corte de la caña es a través de maquinaria o manual. Si se corta de forma manual, antes de cortarla, el cañal es quemado para proteger a los trabajadores de los cortes que puede ocasionar la hoja de la caña. Luego de



cortarla es transportada a través de camiones al ingenio más cercano de la región. Se almacena en el patio del ingenio para su transformación a azúcar.

La caña es depositada en unas bandas transportadoras que las conduce a unas cuchillas, para su picado en fibras. Así, los molinos hacen mucho más fácil extraer el jugo de las fibras a base de presión, para dejar solo el bagazo. La sacarosa es el jugo del producto de la extracción de la caña de azúcar. El bagazo es el material fibroso de la caña que es almacenado generalmente bajo techo. A continuación el bagazo con la ayuda de cintas transportadoras se lleva hasta un horno donde es quemado para la generación de vapor y energía eléctrica. En el fondo del horno se deposita la ceniza de bagazo, éste se limpia periódicamente y la ceniza de bagazo es llevada a los terrenos que son ocupados para la siembra de caña de azúcar donde este material es utilizado como abono para el cañal. Este proceso se ilustra en la figura 2-1.



Figura 2-1 Proceso de generación de CBCA



2.3.4.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

En un estudio realizado por Betancourt, en las provincias centrales de Villa Clara, Cienfuegos, Sancti Espíritus, y Ciego de Ávila en Cuba, se puede considerar según la composición química media la ceniza de bagazo de caña de azúcar presenta un mayor contenido de óxidos fundamentales (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3).

El estudio de Llorens Cruz, señala una composición química de ceniza para el bagazo cubano que se aprecia en la Tabla 2-2

Tabla 2-2 Composición química de la ceniza del bagazo cubano

Compuestos constitutivos		Porcentajes
Nombre	Forma abreviada	
Sílice	SiO_2	56.40 %
Oxido Férrico + Aluminio	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	5.15 %
Oxido de Calcio + Oxido de Magnesio	$\text{Ca} + \text{MgO}$	9.08 %
Álcalis	Na_2O y K_2O	12.6 %

Fuente: Tesis elaborada por Eduardo Ríos González en la Universidad Veracruzana de Xalapa.

La Tabla 2.3 muestra las composiciones químicas en estudios elaborados por Martirena, Ganesan y Oliveira de Paula donde se aprecia que los óxidos fundamentales SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 son los que predominan en las cenizas de bagazo de caña de azúcar.



Tabla 2-3 Composición química de cenizas de bagazo de caña de azúcar realizada por varios investigadores

Compuesto	Investigadores		
	Martirena	Ganesan	Oliveira
SiO_2	72.74	64.15	83.77
Al_2O_3	5.26	9.05	-
Fe_2O_3	3.92	5.52	6.53
TiO_2	0.32	-	1.16
CaO	7.99	8.14	1.18
MgO	2.78	2.28	-
SO_3	0.13		0.68
K_2O	3.47	1.35	6.146
Na_2O	0.84	0.92	
P_2O_5	1.59		
Perdida por ignición	0.77	4.90	

Fuente: Tesis elaborada por Eduardo Ríos González en la Universidad Veracruzana de Xalapa.

Proceso de modificación de la ceniza en la quema del bagazo de caña de azúcar.

En un estudio acerca de cómo influye en gran medida las condiciones de quema del bagazo en las propiedades de la ceniza se encontró que en este proceso, el bagazo atraviesa por varias modificaciones en su estructura. Las modificaciones por la que atraviesa el bagazo en su proceso de quema se indican en la Tabla 2.4.



Tabla 2-4 Proceso de modificación en la quema de la ceniza

	A 100° C se presenta una pérdida inicial de masa, resultante de la evaporación de agua absorbida.
	A 350° C inicia una ignición de material más volátil, aquí es donde inicia la quema del bagazo.
	Entre 400° a 500° C el carbón residual y los óxidos se forman, se observa una pérdida más importante de masa, después de esta etapa las cenizas se convierten en amorfa, rica en sílice.
	El uso de temperaturas por arriba de los 700°C puede llevar a la formación de cuarzos, y niveles aún más elevados de temperatura, pueden crear otras formas cristalinas.
	Encima de los 800°C, el sílice presente en la ceniza del bagazo de caña de azúcar es esencialmente cristalino.

Fuente: Tesis elaborada por Eduardo Ríos González en la Universidad Veracruzana de Xalapa.

La cantidad y la forma de sílice en la ceniza dependen no solamente de la temperatura, sino también del periodo de quema.

Se señala al respecto en un trabajo realizado en Londres en 1986, que mantener la ceniza a periodos más largos de quema a temperaturas de 500°C a 680°C por menos de un minuto, dan como resultado una sílice totalmente amorfa. En el mismo trabajo, se menciona que las condiciones de quema además de influir en el grado de cristalinidad de la ceniza, también afecta el área de superficie específica de las partículas, propiedad estrechamente relacionada con la reactividad de la ceniza.

2.3.4.4 LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO MATERIAL PUZOLÁNICO

La actividad puzolánica de las cenizas depende de algunos parámetros tales como: el tamaño de las partículas, la temperatura de calcinación, amorfo / naturaleza cristalina y la composición química.

Estudios recientes han demostrado que los desechos de la industria azucarera, principalmente ceniza bagazo de caña de azúcar, tienen actividad puzolánica derivado de su alto contenido de sílice amorfa en este material.



Por su composición química la CBCA tiene altos contenidos de materiales puzolánicos como el dióxido de silicio (SiO_2) y otros óxidos que producen la actividad puzolánica.

Los estudios indican que el cemento o cal y la CBCA, pueden modificar las propiedades mecánicas y puede mejorar otras como la penetración de la humedad hacia los concretos.

En décadas anteriores, el estudio de las CBCA, se realiza en países como Brasil, India, Alemania, etc. Las investigaciones que se realizaron en estos países son significativas porque tratan de crear un cemento puzolánico para modificar las propiedades del cemento. Los avances son significativos desde la utilización de la CBCA como aditivo para el concreto autocompactable. Los investigadores están haciendo esfuerzos para crear un nuevo cemento puzolánico, que cumplan con las normas internacionales.

En Cuba se realizó una investigación el 2002 que trata de describir con modelos científicos, con conductividad eléctrica. La reacción puzolánica en la hidratación del CBCA en el concreto, pero todo ha quedado en experimentos. Esto es fundamental, porque conocer la reacción que provoque sobre el concreto o mortero, puede tener resultados favorables a ambientes agresivos.

Se hizo una investigación con países como Brasil, España y Cuba (2008). Se analiza la actividad puzolánica de la CBCA y sus causas física en el mortero o concreto. La morfología, temperatura de calcinación, tamaño de las partículas y la composición química de la CBCA, son factores que pueden afectar la actividad puzolánica.



2.4 MARCO NORMATIVO

Las siguientes normas servirán de base para el cumplimiento de las diferentes pruebas incluidas en la presente investigación.

Tabla 2-5 Normas ASTM

NORMA	DESCRIPCIÓN
ASTM C-31	Práctica para elaboración y curado en el campo de especímenes de concreto para ensayo
ASTM C-33	Especificaciones de agregados para concreto
ASTM C-39	Resistencia a la compresión y módulo de ruptura de cilindros testigos
ASTM C-75	Muestreo de agregados
ASTM C-94	Ensayos de revenimiento, contenido de aire, masa volumétrica
ASTM C-125	Terminología estándar relacionada al concreto y agregados del concreto: cálculo del módulo de finura
ASTM C-128	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción de agregado fino
ASTM C-136	Análisis granulométrico del agregado fino y grueso
ASTM C-143	Método de prueba estándar para revenimiento de concreto de cemento hidráulico
ASTM C-150	Especificación estándar para cemento portland
ASTM C-172-99	Práctica estándar para muestreo de concreto fresco
ASTM C-187-98	Método de prueba estándar para consistencia normal de cemento hidráulico
ASTM C-188-95	Método de prueba estándar para densidad de cemento hidráulico



ASTM C-192	Práctica para elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para ensayo
ASTM C-511	Especificación para cabinas de humedad, cuartos húmedos y tanques para almacenamiento de agua usados en el ensayo de cementos hidráulicos
ASTM C-566	Método de ensayo para el contenido de humedad total del agregado por secado
ASTM C-617	Cabeceo de cilindros de concreto
ASTM C-1064	Método de ensayo para la temperatura de concreto mezclado fresco de cemento portland
ASTM C-1077	Práctica para laboratorios que ensayan concreto y agregados para concreto para uso en construcción y criterios para evaluación de laboratorios

Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y masivo

Tabla 2-6 Norma ACI 211.1-91

NORMA	DESCRIPCIÓN
ACI 211-91, Capítulo 3: RELACIÓN BÁSICA	<p>Sección 5: Relación agua – cemento o agua – cementantes</p> <p>Sección 6: Durabilidad</p> <p>Sección 7: Densidad</p> <p>Sección 8: Generación de calor</p>



<p>ACI 211-91, Capítulo 6, Sección 3: PROCEDIMIENTO</p>	<p>6.3.1: Elección del revenimiento. Tabla 6.3.1-Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.</p> <p>6.3.2: Elección del máximo tamaño de agregado.</p> <p>6.3.3: Estimación del agua de mezclado y contenido de aire. Tabla 6.3.3-Requerimientos de agua de mezclado aproximada y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados.</p> <p>6.3.4: Selección de la relación agua-cemento o agua-material cementante. Tabla 6.3.4 (a)-Relaciones entre relación agua cemento o agua-materiales cementa. Tabla 6.3.4 (b)- Relaciones máximas permisibles agua-cemento o agua-materiales cementantes para concreto en exposición severa.</p> <p>6.3.6: Estimación del contenido de agregado grueso. Tabla 6.3.6-Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.</p> <p>6.3.7: Estimación del contenido de agregado fino. Tabla 6.3.7.- Primera estimación de peso de concreto fresco.</p> <p>6.3.8: Ajustes para la humedad de agregado.</p> <p>6.3.9: Ajustes de mezclas de prueba.</p>
---	--



Tabla 2-7 Reglamento para Concreto Estructural (Norma ACI 318S-05)

NORMA	DESCRIPCIÓN
<p>Parte 2, Capítulo 3</p>	<p>3.1.3: Ensayo de materiales: Determina el registro de ensayos de materiales y del concreto que deben conservarse, al menos durante dos años después de la terminación del proyecto.</p> <p>3.2.2: Para las diferentes pruebas y ensayos, se requieren el mismo tipo de concreto para todos los especímenes.</p> <p>3.4.1: Define el agua a utilizar en el diseño de mezclas para los especímenes de las pruebas. Debe estar limpia y libre de elementos perjudiciales.</p> <p>3.4.3: No se debe utilizar agua no potable en el concreto, caso contrario se deben cumplir unas condiciones que se detallan en este artículo.</p> <p>3.4.3.1: Define la selección de la dosificación del concreto, debe basarse en mezclas de concreto con agua de la misma fuente. 3.4.3.2: Define que los ensayos hechos con agua no potable, para cubos de mortero, deben tener resistencia a los 7 y 28 días, de por lo menos al 90% de las muestras similares hechas con agua potable.</p>
<p>Parte 3, Capítulo 5</p>	<p>5.1.2: Define los requisitos para esfuerzo a compresión que deben basarse los ensayos de cilindros hechos y ensayados como se establece en 5.6.3</p> <p>5.1.5: Define que los ensayos de resistencia a la tracción por hundimiento del concreto, no sean aceptados para usos y control de la resistencia.</p> <p>5.2.1: Relación agua-cemento seleccionada debe ser lo suficientemente baja, o la resistencia a la compresión lo suficientemente alta.</p>



	<p>5.2.2: Recomienda las diferentes proporciones y métodos para seleccionar y ajustar la dosificación del concreto de peso normal.</p> <p>5.6.2.1: Determina frecuencia de los ensayos para resistencia de cada clase de concreto colocado cada día.</p> <p>5.6.2.1 (a): Define la frecuencia de los ensayos por cada día que se coloque concreto.</p> <p>5.6.2.1 (b): Define la frecuencia de ensayos por cada 120 m³ de concreto que se coloque (o que se han colocado).</p> <p>5.6.2.1 (c): Define la frecuencia de ensayos por cada 500 m² de superficie de losa o muro construida cada día.</p>
--	--



CAPÍTULO III

3.0 METODOLOGÍA



3.0. METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es de carácter experimental enfocado al campo de uso de nuevos materiales, específicamente un nuevo tipo de concreto. Donde se manipulará la variable de proporcionamiento en el diseño de mezcla (sustituyendo porcentualmente cemento por cenizas) y se medirán los cambios que esta manipulación causa en las propiedades del concreto.

La investigación no cuenta con antecedentes en el país es decir que nunca se ha realizado un estudio del uso de las cenizas de ingenios azucareros como sustituto del cemento en el concreto. Con los resultados obtenidos podrían surgir estudios nuevos que tendrán como base el trabajo elaborado.

3.2 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

La prueba de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto constara con una muestra de 10 cilindros (nueve según el ACI 318, 5.6.2.4 y una adicional para el método estadístico) por cada proporción de cenizas.

La distribución de cilindros constara de 3 cilindros para la edad de 7 días, 3 cilindros para la edad de 14 días y finalmente los 4 restantes para la edad de 28 días.

Al final se constara con un total de 130 cilindros, tanto con y sin ceniza, de los dos ingenios azucareros.

3.3 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis para la investigación será las diferentes pruebas que se le realizaran a la ceniza adicionada en el concreto. Las pruebas que se realizaran serán: Prueba de granulometría para agregado fino y grueso (ASTM C-136), Prueba de revenimiento del concreto fresco (ASTM C-94), Prueba de la resistencia a la compresión de cilindros testigos de concreto (ASTM C-39).



3.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Los múltiples resultados y variables que gobiernan la elaboración del concreto sin ninguna adición, serán las mismas evaluadas y comparados al realizar diseños de mezclas utilizando ceniza como sustituto parcial del cemento, las cuales fueron:

- **Trabajabilidad**

Se tomarán revenimientos de 2.5 a 10 cm, ya que son los recomendados para colar columnas, vigas y losas, y la investigación está orientada a demostrar, que si el concreto podrá ser usado estructuralmente mediante la prueba de compresión de cilindros.

- **Temperatura**

Se obtendrán temperaturas del concreto fresco que varían de los 23° a los 32° centígrados (temperaturas recomendadas para nuestro clima) y serán medidas con el termómetro que se encuentra disponible en el laboratorio de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

- **Proporcionamiento**

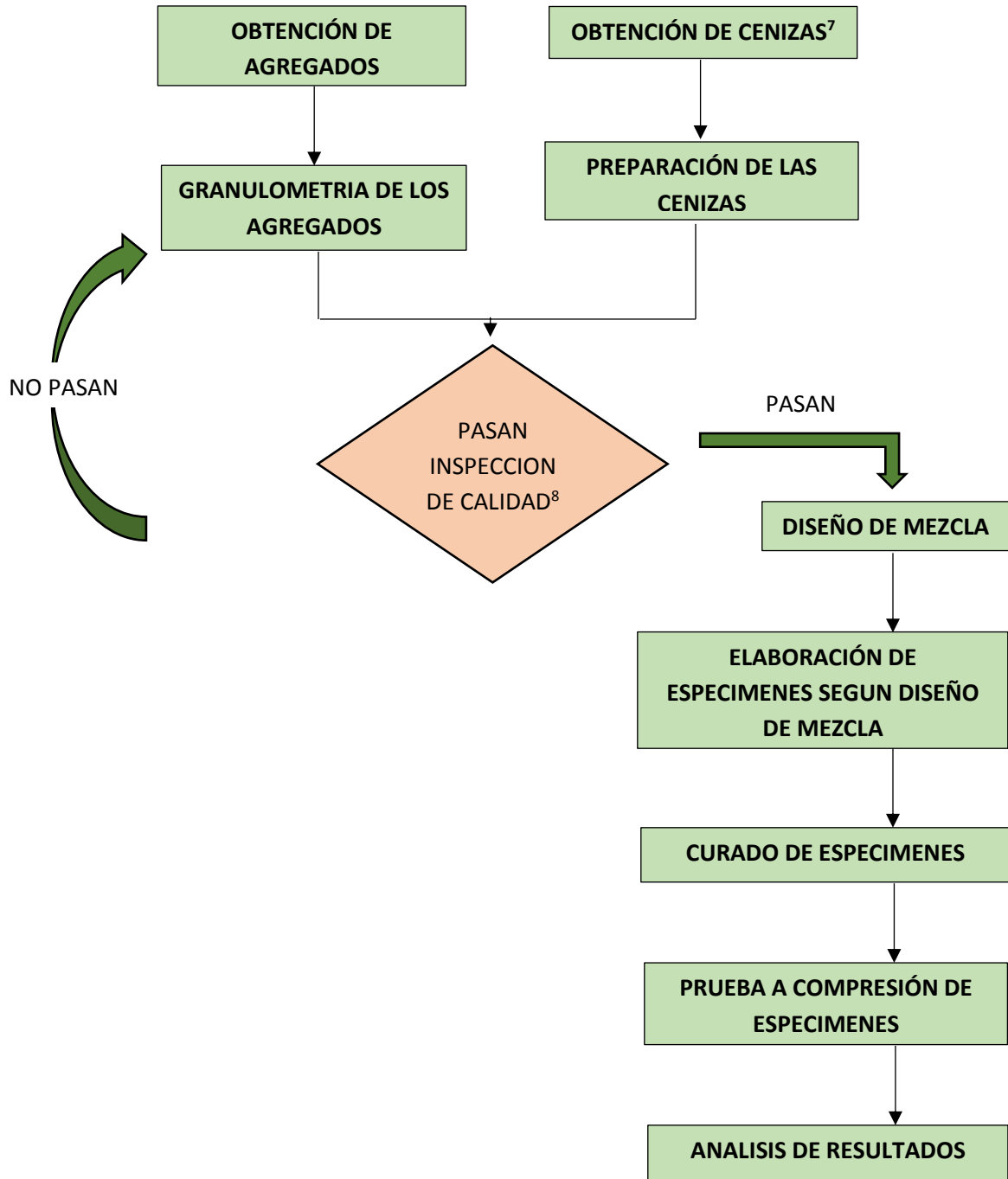
Se harán sustituciones parciales de cemento del 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% por cenizas en el diseño de mezcla de concreto, con el fin de estudiar el efecto que tiene en la resistencia a los 28 días.

- **Resistencia**

Es la propiedad del concreto más importante en esta investigación ya que se ha realizado un diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm² para los distintos porcentajes de adición de cenizas y es la propiedad que nos servirá para la comprobación de hipótesis.



3.5 ESQUEMA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO



⁷ Obtención de cenizas: ver sección 4.2

⁸ Pasan inspección de calidad: cenizas, material que pasa y queda retenido en el tamiz 100, agregados según normas ASTM



3.6 TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS.

Los datos recopilados que se buscan en este proyecto serán principalmente obtenidos a través de las pruebas que se realicen en el laboratorio. Como las siguientes:

1. Pruebas antes del mezclado: granulometría.
2. Pruebas antes del moldeado de los especímenes: revenimiento del concreto y temperatura del concreto.
3. Pruebas a los especímenes de resistencia a la compresión de cilindros. El conjunto de resistencias obtenidas serán graficada y analizadas.

3.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de obtener los resultados de la resistencia mecánica de los especímenes de concreto, estos serán analizados por medio de un diseño completamente al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento (modelo unifactorial de efectos fijos equilibrados), este análisis permitirá determinar si la adición de CBCA influye o no en las propiedades del concreto. Adicionalmente se hará una comparación entre un tratamiento control y los demás tratamientos por medio del Test de Dunnett⁹, la cual nos dará la mejor mezcla de los tratamientos analizados, utilizando así dichos métodos estadísticos se le dará validez a la investigación, tomando en cuenta las hipótesis planteadas. Además se presentaran las respectivas gráficas de resistencia por cada tratamiento, siendo estas el producto de las resistencias medias a los 7, 14 y 28 días; Los resultados se estudiarán comparando el gráfico de la mezcla patrón contra todos los de adición de CBCA, de la misma manera se compararán entre CBCA de cada Ingenio en estudio con iguales porcentajes de sustitución. A partir de estos análisis se podrá definir el uso de este tipo de concreto modificado.

⁹ Ver sección 5.2.1 Análisis Estadístico



CAPÍTULO IV

4.0 PROCESAMIENTO Y EJECUCIÓN



4.0. PROCESAMIENTO Y EJECUCIÓN

4.1 PRUEBAS A LOS AGREGADOS

4.1.1 GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS

4.1.1.1 GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

La granulometría del agregado fino se hace en base a la norma ASTM C-136, siguiendo los siguientes pasos.

1. Secado de la muestra

La muestra es secada en el horno (24 horas a $110\pm 5^{\circ}\text{C}$), ya que es necesario que la muestra este completamente seca.

2. Determinación del peso de la muestra

El tamaño de la muestra de la prueba, después el secado, será de 500 gr.

3. Ensamblar mallas y colocación del material.

Ensamblar las mallas de orden decreciente a la abertura de la malla ($3/8''$, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100), y colocar la muestra en la malla superior de tal manera que la malla no quede sobrecargada y así todas las partículas tendrán la oportunidad de pasar por medio de las mallas hasta retenerse en una de ellas sin interrumpir el paso de las otras. El tamizado deberá contar con su tapa y fondo de tal manera que la muestra se pese en su totalidad y no halla desperdicio.

4. Vibración

Las mallas o tamices se agitaran por medio del RO-TAP durante un tiempo de 15 minutos, posteriormente se dejara reposar de 3 a 5 minutos para que el polvo se asiente.



Figura 4-1 Vibrado de los tamices en el RO-TAP

5. Pesaje

Pesar la cantidad de material retenido en cada malla.



Figura 4-2 Pesaje de agregado fino contenido en cada malla



Tabla 4-1 Peso retenido en tamices

Tamiz N°	Peso Retenido (kg)
3/8"	0.000
N° 4	0.005
N° 8	0.055
N° 16	0.090
N° 30	0.125
N° 50	0.125
N° 100	0.070
FONDO	0.030
TOTAL	0.500

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.

6. Calcular el porcentaje retenido y que pasa en cada malla

Después de tener el peso en cada uno de los tamices, se calcula el peso retenido y que pasa en cada malla.

Tabla 4-2 Porcentajes retenidos y que pasan cada una de las mallas

GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO					
MALLAS	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			PARCIAL	ACUMULADO	
3/8"	9.525	0.000	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.005	1.0	1.0	99.0
N° 8	2.381	0.055	11.0	12.0	88.0
N° 16	1.191	0.090	18.0	30.0	70.0
N° 30	0.595	0.125	25.0	55.0	45.0
N° 50	0.298	0.125	25.0	80.0	20.0
N° 100	0.149	0.070	14.0	94.0	6.0
FONDO	-	0.030	6.0	100.0	0.0
TOTAL		0.500			

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



7. Calcular el módulo de finura

El módulo de finura se calcula sumando todos los porcentajes acumulados en cada malla entre cien, por lo tanto el módulo de finura es el siguiente:

$$MF = \frac{1 + 12 + 30 + 55 + 80 + 94}{100}$$

$$MF = 2.72$$

4.1.1.2 GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

La granulometría del agregado grueso se hace en base a la norma ASTM C-136, siguiendo los siguientes pasos.

1. Secado de la muestra

La muestra es secada en el horno (24 horas a $110 \pm 5^\circ\text{C}$), ya que es necesario que la muestra este completamente seca.

2. Determinación del peso de la muestra

El tamaño de la muestra de la prueba, después el secado, será de 2 kg.

3. Ensamblar mallas y colocación del material.

Ensamblar las mallas de orden decreciente a la abertura de la malla (1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4), y colocar la muestra en la malla superior de tal manera que la malla no quede sobrecargada y así todas las partículas tendrán la oportunidad de pasar por medio de las mallas hasta retenerse en una de ellas sin interrumpir el paso de las otras. El tamizado deberá contar con su tapa y fondo de tal manera que la muestra se pese en su totalidad y no halla desperdicio.



4. Vibración

El tamizado se hará de forma manual, con movimiento giratorio al ensamble de mallas.

5. Pesaje

Pesar la cantidad de material retenido en cada malla.



Figura 4-3 Pesaje de agregado grueso contenido en cada malla

Tabla 4-3 Peso retenido en tamices

Tamiz N°	Peso Retenido (kg)
1 ½"	0.000
1"	0.000
¾"	0.130
½"	0.500
3/8"	0.560
N° 4	0.775
FONDO	0.035
TOTAL	2.000

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



6. Calcular el porcentaje retenido y que pasa en cada malla

Después de tener el peso en cada uno de los tamices, se calcula el peso retenido y que pasa en cada malla.

Tabla 4-4 Porcentajes retenidos y que pasan cada una de las mallas

GRANULOMETRIA DE AGREGADO GRUESO					
MALLAS	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO kg	%RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			PARCIAL	ACUMULADO	
1 ½"	38.10	0.000	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.000	0.0	0.0	100.0
¾"	19.10	0.130	6.5	6.5	93.5
½"	12.70	0.500	25.0	31.5	68.5
⅜"	9.52	0.560	28.0	59.5	40.5
N° 4	4.76	0.775	38.8	98.3	1.8
FONDO	-	0.035	1.8	100.0	0.0
TOTAL		2.000			

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.

7. Determinar el tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal se encuentra en la malla que retiene el 5% al 15% del agregado, siendo el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. Por lo anterior el tamaño máximo nominal (TMN) es de ¾"

$$TMN = 3/4''$$

4.1.2 PESO VOLUMETRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 29

El peso volumétrico de la arena se obtiene del estudio reciente de concreto¹⁰ realizado en la Universidad de El Salvador donde se utilizó material del rio Jiboa, mismo material utilizado en la presente investigación. La determinación del peso

¹⁰ Benítez Andrade Willians Omar; Paiz Urrutia Kathya Seneyda; Salmerón Vigil Lilian Marcela. EVALUACION DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO BAJO CRITERIOS DE DURABILIDAD, SOMETIDAS A ENSAYOS ACELERADOS POR ATAQUE DE SULFATOS



volumétrico de la grava es determinada en base a la norma ASTM C 29 de la siguiente manera.

4.1.2.1 CALIBRACIÓN DEL MOLDE ASTM C 29

1. Determinar la capacidad mínima del molde

Con el uso de la tabla 4-5 se determina la capacidad mínima del molde, si el tamaño máximo nominal no aparece, interpolar entre los valores correspondientes para determinarlo

Tabla 4-5 Capacidad del depósito medidor (molde) en función del tamaño máximo nominal del agregado

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad del depósito	
Pulgadas	Mm	Pie ³	L (m ³)
½	12.5	1/10	2.8 (0.0028)
1	25.0	1/3	9.3 (0.0093)
1 ½	37.5	1/2	14.0 (0.014)
3	75.0	1	28.0 (0.028)
4	100	2 1/2	70.0 (0.070)
5	125	3 1/2	100.0 (0.10)

Fuente: Guía de laboratorio de la densidad total (peso unitarios) y vacíos en agregados para concreto, Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”

En la tabla no se observa el tamaño máximo nominal de ¾ por lo que se es necesario interpolar entre ½ y 1 pulgadas, interpolando se tiene:

$$0.0028 \rightarrow 1/2$$

$$V_{min} \rightarrow 3/4$$



$$0.0093 \rightarrow 1$$

$$\frac{V_{min} - 0.0028}{\frac{3}{4} - \frac{1}{2}} = \frac{0.0093 - 0.0028}{1 - \frac{1}{2}}$$

$$V_{min} = 0.00605 m^3$$

La capacidad mínima del molde será de $0.00605 m^3$, además se establecen otros requerimientos para el molde tales como que sea de forma cilíndrica (cuya relación diámetro a altura sean similares; la altura no debe ser menor que el 80% ni mayor que 150% del diámetro), que disponga de asas, que sea impermeable y con la parte superior e inferior planos y nivelados para mantener su forma ante la carga que se aplique. Por otra parte que el borde superior sea liso y plano, ser paralelo al fondo, la pared interior debe ser lisa y continua.

2. Determinar el peso del molde seco.

Se pesa el molde en una balanza digital con una precisión de 5 gr. Donde se obtiene el siguiente peso:

$$T = 5.25 Kg$$

3. Calibrar el molde con agua a temperatura ambiente.

El molde es llenado con agua a una temperatura de $21 \pm 2^\circ C$ luego es nivelado con una pieza o placa de vidrio para que no halle excedente de agua en la superficie.

4. Secar el exterior del molde.

Secar el molde con una tela absorbente para quitar el agua que fue derramada alrededor del molde y así tener una mejor lectura del agua contenida en el recipiente.



5. Determinar el peso del molde más agua y tomar la temperatura del agua.

$$W_{molde+agua} = 14.67 \text{ Kg}$$

$$^{\circ}T = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

6. Determinar el peso del agua

$$W = W_{molde+agua} - T$$

$$W = (14.67 - 5.25) \text{ Kg}$$

$$W = 9.42 \text{ Kg}$$

7. Determinar el peso volumétrico del agua, por medio de la determinación de la temperatura realizada.

Con el uso de la tabla 4-6 se determina la densidad del agua, si la temperatura no aparece, interpolar entre los valores correspondientes para determinarla.

Tabla 4-6 Densidad del agua en función de la temperatura.

Temperatura		Densidad	
$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$	lb/pie^3	Kg/m^3
60	15.6	62.366	999.01
65	18.3	62.366	998.54
70	21.1	62.301	997.97
73.4	23.0	62.274	997.54
75	23.9	62.261	997.32
80	26.7	62.216	996.59
90	29.4	62.166	995.83

Fuente: Guía de laboratorio de la densidad total (peso unitarios) y vacíos en agregados para concreto, Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”



En la tabla no se observa la temperatura de 21°C por lo que se es necesario interpolar entre 18.3°C y 21.1°C, interpolando se tiene:

$$998.54 \rightarrow 18.3$$

$$\gamma \rightarrow 3/4$$

$$997.97 \rightarrow 21.1$$

$$\frac{\gamma - 998.54}{997.97 - 998.54} = \frac{21 - 18.3}{21.1 - 18.3}$$

$$\gamma = 997.99 \text{ kg/m}^3$$

8. Determinar el volumen del molde.

$$V = \frac{W}{\gamma}$$

$$V = \frac{9.42}{997.99}$$

$$V = 0.009439 \text{ m}^3$$

El volumen del molde supera el volumen mínimo del molde requerido $V > V_{\text{min}}$ ($0.009439 \text{ m}^3 > 0.00605 \text{ m}^3$), por lo que es correcto el uso del molde seleccionado.

4.1.2.2 DETERMINACIÓN PESO VOLUMÉTRICO SUELTO ASTM C 29

1. Se coloca el molde en una superficie plana
2. Llenar el molde seleccionado con el agregado, en estado suelto, el llenado se hace por medio de una cuchara a una altura que no exceda de 2" por encima del borde superior del molde hasta que el material rebose este.
3. Nivelar con los dedos su superficie, a continuación se compacta el material con una varilla lisa de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo



cuyos extremos están redondeados con punta semiesférica, se varilla la capa de agregados con 25 golpes uniformemente distribuidos sobre su superficie, al varillar la primer capa no debe permitir que la varilla toque el fondo del recipiente.

4. Determinar el peso del molde con el agregado

$$G_{s1} = 18.280 \text{ kg}$$

$$G_{s2} = 18.265 \text{ kg}$$

5. Determinar el peso volumétrico suelto (PVS)

$$PVS = \frac{G_s - T}{V}$$

Para la primera medición

$$PVS_1 = \frac{18.280 - 5.25}{0.009439}$$

$$PVS_1 = 1,380.44 \text{ kg/m}^3$$

Para la segunda medición

$$PVS_2 = \frac{18.265 - 5.25}{0.009439}$$

$$PVS_2 = 1,378.85 \text{ kg/m}^3$$

6. Determinar el peso volumétrico suelto (PVS) promedio y su respectiva desviación estándar (s) y verificar que la desviación estándar con un solo operador no exceda de 14 kg/m^3

Determinar el PVS promedio de las dos medidas.

$$PVS = \frac{1,380.44 + 1,378.85}{2}$$

$$PVS = 1,379.64 \text{ kg/m}^3$$

Determinar su desviación estándar **s** para este caso:

$$s = (\sum(X_i - X)^2 / (n - 1))^{1/2}$$



$$s = \left(\frac{(1,380.44 - 1,379.64)^2 + (1,378.85 - 1,379.65)^2}{2 - 1} \right)^{1/2}$$
$$s = 1.13 \text{ kg/m}^3$$

La desviación estándar ($s = 1.13 \text{ kg/m}^3$) es menor que 14 kg/m^3 por lo tanto $PVS = 1,379.64 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$



Figura 4-4 Cuarteo del material grueso antes del ensayo

4.1.2.3 DETERMINACIÓN PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO ASTM C 29

1. Se coloca el molde en una superficie plana
2. Introducir el agregado en el molde seleccionado y llenarlo hasta un tercio de su altura.
3. Nivelar con los dedos su superficie, a continuación se varilla la capa de agregados con 25 golpes uniformemente distribuidos sobre su superficie; al varillar la primera capa no se debe permitir que la varilla toque el fondo del recipiente con una varilla lisa de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo cuyos extremos están redondeados con punta semiesférica.
4. A continuación se llena el recipiente a dos tercios de su altura, se vuelve a nivelar y aplicar 25 golpes con la varilla de compactación, uniformemente distribuida y vigorosa (pero de forma tal que la varilla no penetre la capa anterior).
5. Finalmente se llena el recipiente hasta rebosarlo y se varilla con 25 golpes uniformemente distribuidos.



6. Se nivela la superficie del agregado con los dedos de tal forma que ninguna partícula del agregado grueso sobresalga, balancee los huecos por debajo del borde del recipiente

7. Determinar el peso del molde con el agregado

$$G_{V1} = 18.925 \text{ kg}$$

$$G_{V2} = 18.985 \text{ kg}$$

8. Determinar el peso volumétrico varillado (PVV)

$$PVV = \frac{G_V - T}{V}$$

Para la primera medición

$$PVV_1 = \frac{18.925 - 5.25}{0.009439}$$

$$PVV_1 = 1,448.77 \text{ kg/m}^3$$

Para la segunda medición

$$PVV_2 = \frac{18.985 - 5.25}{0.009439}$$

$$PVV_2 = 1,455.13 \text{ kg/m}^3$$

9. Determinar el peso volumétrico varillado (PVV) promedio y su respectiva desviación estándar (s) y verificar que la desviación estándar con un solo operador no exceda de 14 kg/m³

Determinar el PVV promedio de las dos medidas.

$$PVV = \frac{1,448.77 + 1,455.13}{2}$$

$$PVV = 1,451.95 \text{ kg/m}^3$$

Determinar su desviación estándar *s* para este caso:



$$s = (\sum(X_i - X)^2 / (n - 1))^{1/2}$$
$$s = \left(\frac{(1,448.77 - 1,451.95)^2 + (1,455.13 - 1,451.95)^2}{2 - 1} \right)^{1/2}$$
$$s = 4.50 \text{ kg/m}^3$$

La desviación estándar ($s = 4.50 \text{ kg/m}^3$) es menor que 14 kg/m^3 por lo tanto $PVV = 1,451.95 \text{ kg/m}^3$

4.1.3 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS ASTM C-127

La gravedad específica y absorción de la arena se obtiene del mismo estudio que se obtuvo el peso volumétrico. La determinación de la gravedad específica y absorción de la grava se hace en base a la norma ASTM C-127 de la siguiente manera.

1. Pesar el material húmedo, el cual ha sido previamente saturado en agua 24 horas antes.
2. Secar superficialmente la grava con tela absorbente para eliminar el agua superficial y pesarla nuevamente para obtener el peso saturado superficialmente seco

$$W_{SSS} = 1 \text{ kg}$$

3. Colocar el material en la canastilla y sumergirlo en un recipiente con capacidad mínima de 16 lts. El agua debe de tener una temperatura de $21 \pm 2^\circ\text{C}$.
4. Obtener el peso sumergido del material utilizando una balanza

$$W_{sum} = 0.608 \text{ kg}$$



Figura 4-5 Obteniendo el peso sumergido del agregado



5. Sacar el material de la canastilla y dejarlo secar en el horno durante 24 horas a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
6. Pesar la muestra después de 24 horas y anotar este como peso seco.

$$W_s = 0.982 \text{ kg}$$

7. Calcular la gravedad específica.

$$G_E = \frac{W_s}{W_{SSS} - W_{sum}}$$

$$G_E = \frac{0.982}{1 - 0.608}$$

$$G_E = 2.51$$

8. Calcular el porcentaje de absorción

$$\%Absorción = \frac{W_{SSS} - W_s}{W_s} \times 100$$

$$\%Absorción = \frac{1 - 0.982}{0.982} \times 100$$

$$\%Absorción = 1.83\%$$

4.2 PREPARACION DE LA CENIZA

Las cenizas en los ingenios se obtienen húmedas, se adquieren en esta condición debido a que los ingenios lo hacen con el propósito de reducir la contaminación al aire y para evitar accidentes cuando es depositada en los recipientes para su evacuación, en el caso de la ceniza del Ingenio Jiboa se observa cristalización del material por lo que es necesario separar el material fino que se va a utilizar del material grueso cristalizado. Por lo anterior descrito ambas cenizas tienen la siguiente preparación para hacer utilizadas:



Figura 4-6 Visitas a los ingenios Jiboa y Chaparrastique para la obtención de las cenizas



1. Secado de la ceniza

Es necesario que la ceniza esté completamente seca para que pudiese ser utilizada como material cementante y de esta manera no altere el diseño de mezcla. El secado se hace al aire libre, colocando la ceniza en una lámina por 24 horas diurnas, donde el material es mezclado a cada 2 horas con el fin de tener un secado uniforme.



Figura 4-7 Secado de la ceniza al aire libre

2. Tamizado de la ceniza

La ceniza es colada en una malla zaranda 30x30 pulg. Para separar el material más fino del grueso, luego el material fino es tamizado por las mallas N° 50, N° 100 y N° 200 para obtener el material que se utilizará.



Figura 4-8 Tamizado de la ceniza por la malla zaranda



3. Selección del material a utilizar

La ceniza que se utiliza es la que se retiene y pasa la malla N° 100 debido a que el material del Ingenio Jiboa presenta poco material fino por las condiciones en que se obtienen.

4. Almacenamiento del material a utilizar

Luego de seleccionar la ceniza que se utiliza, se mezcla nuevamente para tener un material uniforme, en seguida es almacenada en recipientes y acopiadas bajo techo.



Figura 4-9 Almacenamiento del material en el recipiente

4.3 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (ACI – 211)

El proporcionamiento de una mezcla es el proceso el cual consiste en calcular las cantidades de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados.

En esta ocasión se toma la decisión de realizar el proporcionamiento mediante el método de volúmenes absolutos, el cual es considerado uno de los más exactos, publicado en ACI 211.1

Procedimiento

1) Conocer datos generales

Para realizar el proporcionamiento de la mezcla es necesario tener los datos siguientes:

- Tipo de estructura para la cual se hará el diseño



- Resistencia requerida
- Tipo de cemento
- Gravedad especifica del agregado
- Peso volumétrico o peso específico de gravas y arenas
- Tamaño máximo del agregado grueso
- Módulo de finura de la arena
- Límites de grava
- Absorción y contenido de humedad de gravas y arenas

2) Resistencia de diseño

Se encontrará la resistencia de diseño f'_{cr} , se obtendrá de la tabla 4.7 la cual depende de la resistencia requerida f'_c .

Tabla 4-7 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar.

Resistencia a la compresión especificada f'_c , Kg/cm^2 .	Resistencia a la compresión requerida promedio f'_{cr} , Kg/cm^2 .
Menos que 210	$f'_c + 70$
$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_c + 85$
Mayor que 350	$f'_c + 100$

Fuente: ACI – 318, 5.3.2.2

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = f'_c + 85$$



$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 85 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

3) Revenimiento

Si no se especifica el revenimiento puede seleccionarse un valor apropiado dependiendo del tipo de construcción en la tabla 4-8

Tabla 4-8 Revenimientos recomendados para diversos tipos de estructuras

Tipo de construcción	Revenimiento (cm)	
	máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	7.5	2.5
Zapatas, campanas y muros de subestructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificio	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

Fuente: ACI 211

2.5 – 10.0cm

1.0 – 4.0 pulg.

4) Agua de Mezclado y contenido de aire

El contenido de agua para la mezcla se determina con ayuda de la tabla 4.9, con las características de revenimiento, tamaño del agregado y con o sin aire incluido

Con un revenimiento de 7.5 cm y con ¾" de tamaño máximo nominal del agregado grueso, se tiene una cantidad de agua de 205 kg/m³ y con un contenido



de agua del 2% tomando en cuenta que estos valores son para concreto sin aire incluido

Tabla 4-9 Requisitos aproximados para el contenido de agua de mezclado.

Rev., cms	Agua, kg/m ³ de concreto, para los tamaños de agregado máximo							
	9.5 mm (3/8")	12.7mm (1/2")	19.0mm (3/4")	25.0mm (1")	37.5mm (1 1/2")	50.0mm (2")	75.0mm (3")	150mm (6")
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 a 18	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad de aire, aproximada, en el concreto sin aire incluido	3.0%	2.5%	2.0%	1.5%	1.0%	0.5%	0.3%	0.2%

Fuente: ACI 211

5) Relación Agua/ Cemento (a/c)

El concepto de relación agua/cemento (a/c), se puede definir como el peso del agua dividido entre el peso del cemento y se determina por los requisitos de resistencia así como las condiciones a la que estará expuesta la estructura, esta se obtendrá de la siguiente tabla

Para concreto sin aire incluido

$$\text{Para } f'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$$



Tabla 4-10 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua - cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm ²	Relación Agua/Cemento, por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.72

Fuente: ACI 211

$$0.62 - 250$$

$$A/C - 295$$

$$0.55 - 300$$

$$\frac{A/C - 0.62}{0.55 - 0.62} = \frac{295 - 250}{300 - 250}$$

$$A/C = 0.56$$

6) Contenido de cemento

El contenido de cemento se determina a partir de la relación agua/cemento y del contenido de agua ya calculados anteriormente. El determinar un contenido de cemento adecuado va a asegurar una durabilidad, calidad, acabados satisfactorios y una mayor economía

$$Cemento = \frac{\text{agua de mezclado}}{\text{relación } A/C}$$



$$Cemento = \frac{205}{0.56}$$

$$Cemento = 366.1 \text{ kg/m}^3$$

7) Contenido de agregado grueso

La cantidad de agregado grueso que se requiere se puede calcular utilizando la tabla 4.11, mediante el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura de la arena. El valor obtenido multiplicado por el peso volumétrico de la grava permitirá encontrar la cantidad de agregado grueso seco por metro cúbico de concreto.

$$TMN = 3/4''$$

$$MF = 2.72$$

Tabla 4-11 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

Tamaño máximo de agregado en mm (pulg)	Volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de agregado la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8 ")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2 ")	0.59	0.57	0.55	0.53
19 (3/4 ")	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1 ")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (2 1/2 ")	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2 ")	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3 ")	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6")	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211



$$2.60 - 0.64$$

$$2.72 - V_{grava}$$

$$2.80 - 0.62$$

$$\frac{V_{grava} - 0.64}{0.62 - 0.64} = \frac{2.72 - 2.60}{2.80 - 2.60}$$

$$V_{grava} = 0.628 \cong 0.63m^3$$

Grava = (Wvol. de grava)(Vol. de grava por unidad de vol. de concreto)

$$Grava = V_{grava} \times P_{vvv}$$

$$Grava = (0.63)(1,451.92)$$

$$Grava = 914.71 \text{ kg}/m^3$$

8) Contenido de arena

Una vez establecidas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, el material restante que completa un metro cúbico de concreto debe consistir en arena y aire que pueda quedar incluido. Con base a volumen absoluto una vez establecida las cantidades de cemento, agua y agregado grueso, y tomando de la tabla 4.9 el contenido aproximado de aire atrapado, el contenido de arena se calculara restando a un metro cúbico (1000 Lts) el volumen que ocupa cada uno de ellos.

$$Vol. arena = 1 - (Vol. cemento + Vol. grava + Vol. agua + Vol. aire)m^3$$

$$Arena = 1 - \left(\frac{2}{100} + \frac{205}{1 \times 1000} + \frac{366.1}{2.96 \times 1000} + \frac{914.71}{2.51 \times 1000} \right)$$

$$Arena = 0.29m^3$$

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



$$\mathbf{Arena = 696\ kg}$$

9) Ajuste de humedad y absorción del agregado

Las cantidades de agregados que realmente deben de pesarse para el concreto debe considerarse la humedad y absorción del agregado, regularmente los agregados están húmedos y sus pesos secos deben incrementarse con el % de agua, tanto absorbida como superficial, que estos contienen.

Grava

$$\%Absorción = 1.83\%$$

$$\%humedad = 0.50\%$$

Arena¹¹

$$\%Absorción = 4.38\%$$

$$\%humedad = 2.04\%$$

Agua

$$Agua = 205 - \left[\left(\frac{(0.50 - 1.83)914.71}{100} \right) + \left(\frac{(2.04\% - 4.38\%)696}{100} \right) \right]$$

$$\mathbf{Agua = 233.45\ lts}$$

Grava

$$Grava = 914.71 \times \left(1 + \frac{0.50\%}{100\%} \right)$$

$$\mathbf{Grava = 919.28\ kg}$$

¹¹ El valor de la absorción se obtuvo del estudio de Benítez Andrade Willians Omar; Paiz Urrutia Kathya Seneyda; Salmerón Vigil Lilian Marcela. EVALUACION DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO BAJO CRITERIOS DE DURABILIDAD, SOMETIDAS A ENSAYOS ACELERADOS POR ATAQUE DE SULFATOS



Arena

$$Arena = 696 \times \left(1 + \frac{2.04\%}{100\%}\right)$$

$$Arena = 710.20 \text{ kg}$$

Tabla 4-12 Cantidades para un metro cúbico de concreto

CANTIDADES OBTENIDAS	
Cemento	366.1 kg
Grava	919.28 kg
Arena	710.20 kg
Agua	233.45 lts

Fuente: Grupo de tesis.

4.4 DOSIFICACION DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR

Como la ceniza será utilizada como sustituto parcial del cemento se es necesario hacer un arreglo en el diseño de mezcla para saber la cantidad de material a utilizar para un metro cúbico de concreto. Ya que la manera en que se va implementar la dosificación, es en base a la sustitución porcentual del peso del cemento, en la tabla 4.13 se especifica el detalle de la cantidad de material para los diferentes porcentajes de sustitución.

Tabla 4-13 Dosificaciones por porcentaje de sustitución de cemento por CBCA

Sustitución parcial cemento - CBCA							
Material	Mezcla 1m ³	Adición de 5%	Adición de 10%	Adición de 15%	Adición de 20%	Adición de 25%	Adición de 30%
Cemento (kg)	366.10	347.80	329.49	311.19	292.88	274.58	256.27
Grava (kg)	919.28	919.28	919.28	919.28	919.28	919.28	919.28
Arena (kg)	710.20	710.20	710.20	710.20	710.20	710.20	710.20
Agua (lts)	233.45	233.45	233.45	233.45	233.45	233.45	233.45
Ceniza (kg)	0.00	18.31	36.61	54.92	73.22	91.53	109.83

Fuente: Grupo de tesis



4.4.1 DOSIFICACIÓN PARA EL 5% DE CBCA

En base al diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto de la muestra patrón se realiza la dosificación para el 5% de sustitución de cemento por las cenizas de ingenios azucareros, donde la grava, arena y el agua se mantiene la misma que para la muestra patrón. En la tabla 4.14 se detalla las cantidades a utilizar para un metro cúbico de concreto para la dosificación del 5% de CBCA.

Tabla 4-14 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 5% de CBCA

Materiales	Mezcla para 1m ³	Sustitución de 5%
Cemento (kg)	366.10	347.80
Grava (kg)	919.28	919.28
Arena (kg)	710.20	710.20
Agua (lts)	233.45	233.45
Ceniza (kg)	0.00	18.31

Fuente: Grupo de tesis

En la gráfica 4-1 se muestra el porcentaje que tiene el 5% de ceniza en el diseño de mezcla.

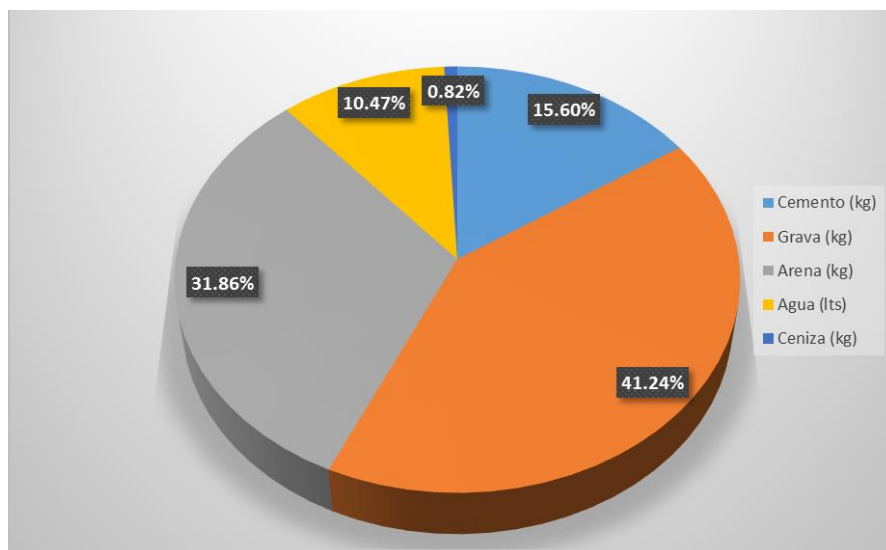


Gráfico 4-1 Representación del 5% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.



4.4.2 DOSIFICACIÓN PARA EL 10% DE CBCA

En base al diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto de la muestra patrón se realiza la dosificación para el 10% de sustitución de cemento por las cenizas de ingenios azucareros, donde la grava, arena y el agua se mantiene la misma que para la muestra patrón. En la tabla 4-15 se detalla las cantidades a utilizar para un metro cúbico de concreto para la dosificación del 10% de CBCA.

Tabla 4-15 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 10% de CBCA

Materiales	Mezcla para 1m ³	Sustitución de 10%
Cemento (kg)	366.10	329.49
Grava (kg)	919.28	919.28
Arena (kg)	710.20	710.20
Agua (lts)	233.45	233.45
Ceniza (kg)	0.00	36.61

Fuente: Grupo de tesis

En la gráfica 4-2 se muestra el porcentaje que tiene el 10% de ceniza en el diseño de mezcla.

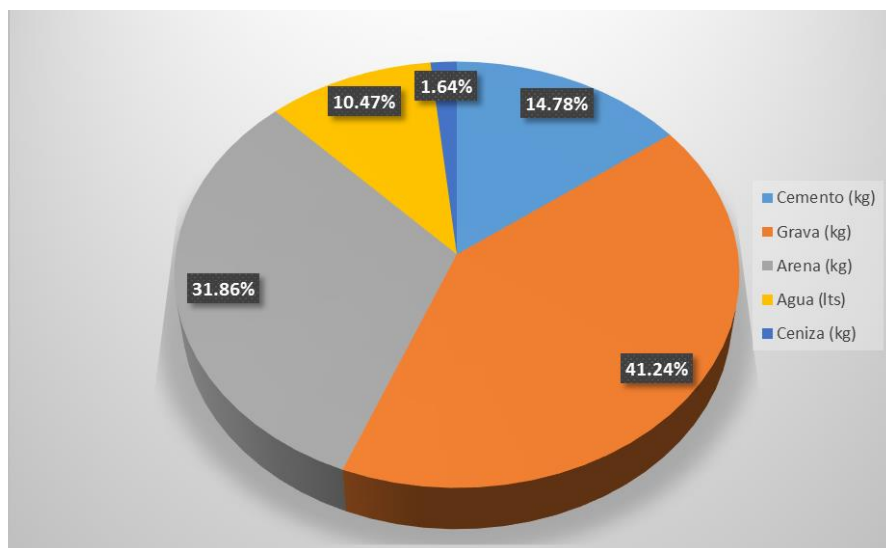


Gráfico 4-2 Representación del 10% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.



4.4.3 DOSIFICACIÓN PARA EL 15% DE CBCA

En base al diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto de la muestra patrón se realiza la dosificación para el 15% de sustitución de cemento por las cenizas de ingenios azucareros, donde la grava, arena y el agua se mantiene la misma que para la muestra patrón. En la tabla 4-16 se detalla las cantidades a utilizar para un metro cúbico de concreto para la dosificación del 15% de CBCA.

Tabla 4-16 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 15% de CBCA

Material	Mezcla para 1m ³	Sustitución de 15%
Cemento (kg)	366.10	311.19
Grava (kg)	919.28	919.28
Arena (kg)	710.20	710.20
Agua (lts)	233.45	233.45
Ceniza (kg)	0.00	54.92

Fuente: Grupo de tesis

En la gráfica 4-3 se muestra el porcentaje que tiene el 15% de ceniza en el diseño de mezcla.

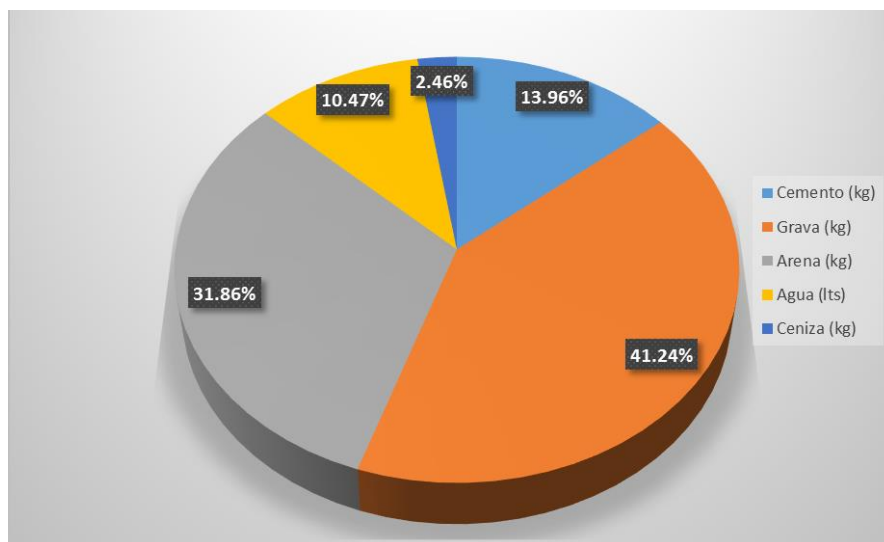


Gráfico 4-3 Representación del 15% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.



4.4.4 DOSIFICACIÓN PARA EL 20% DE CBCA

En base al diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto de la muestra patrón se realiza la dosificación para el 20% de sustitución de cemento por las cenizas de ingenios azucareros, donde la grava, arena y el agua se mantiene la misma que para la muestra patrón. En la tabla 4-17 se detalla las cantidades a utilizar para un metro cúbico de concreto para la dosificación del 20% de CBCA.

Tabla 4-17 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 20% de CBCA

Material	Mezcla para 1m ³	Sustitución de 20%
Cemento (kg)	366.10	292.88
Grava (kg)	919.28	919.28
Arena (kg)	710.20	710.20
Agua (lts)	233.45	233.45
Ceniza (kg)	0.00	73.22

Fuente: Grupo de tesis

En la gráfica 4-4 se muestra el porcentaje que tiene el 20% de ceniza en el diseño de mezcla.

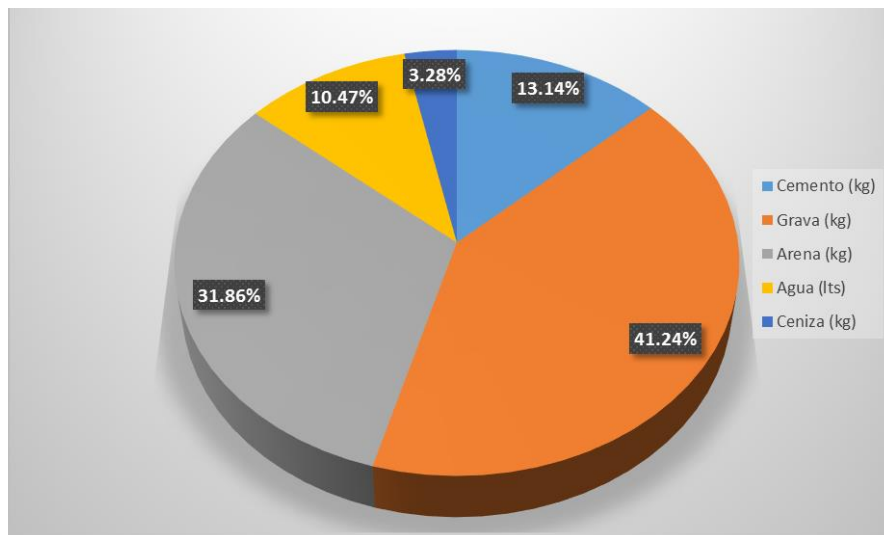


Gráfico 4-4 Representación del 20% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.



4.4.5 DOSIFICACIÓN PARA EL 25% DE CBCA

En base al diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto de la muestra patrón se realiza la dosificación para el 25% de sustitución de cemento por las cenizas de ingenios azucareros, donde la grava, arena y el agua se mantiene la misma que para la muestra patrón.

Tabla 4-18 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 25% de CBCA

Materiales	Mezcla para 1m3	Sustitución de 25%
Cemento (kg)	366.10	274.58
Grava (kg)	919.28	919.28
Arena (kg)	710.20	710.20
Agua (Its)	233.45	233.45
Ceniza (kg)	0.00	91.53

Fuente: Grupo de tesis

En la gráfica 4-5 se muestra el porcentaje que tiene el 25% de ceniza en el diseño de mezcla.

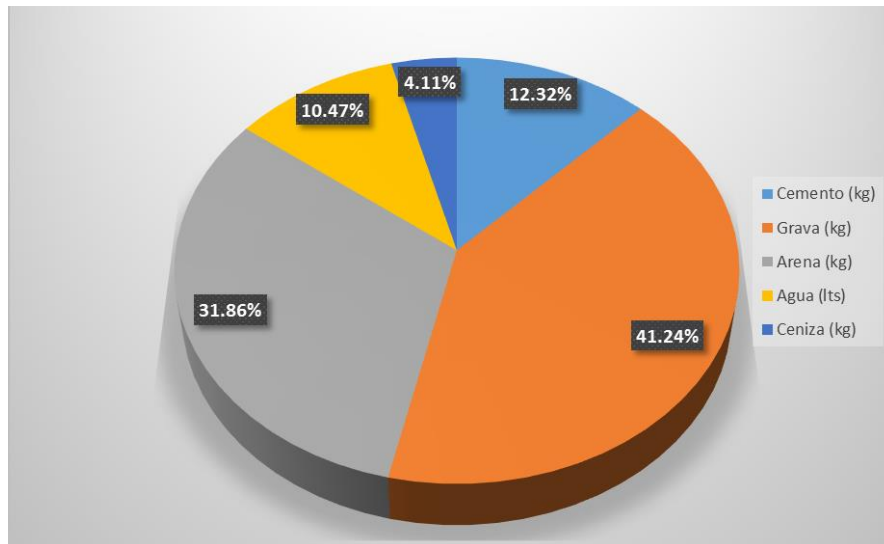


Gráfico 4-5 Representación del 25% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.



4.4.6 DOSIFICACIÓN PARA EL 30% DE CBCA

En base al diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto de la muestra patrón se realiza la dosificación para el 30% de sustitución de cemento por las cenizas de ingenios azucareros, donde la grava, arena y el agua se mantiene la misma que para la muestra patrón.

Tabla 4-19 Dosificación para un metro cúbico de concreto del 30% de CBCA

Materiales	Mezcla para 1m ³	Sustitución de 30%
Cemento (kg)	366.10	256.27
Grava (kg)	919.28	919.28
Arena (kg)	710.20	710.20
Agua (lts)	233.45	233.45
Ceniza (kg)	0.00	109.83

Fuente: Grupo de tesis

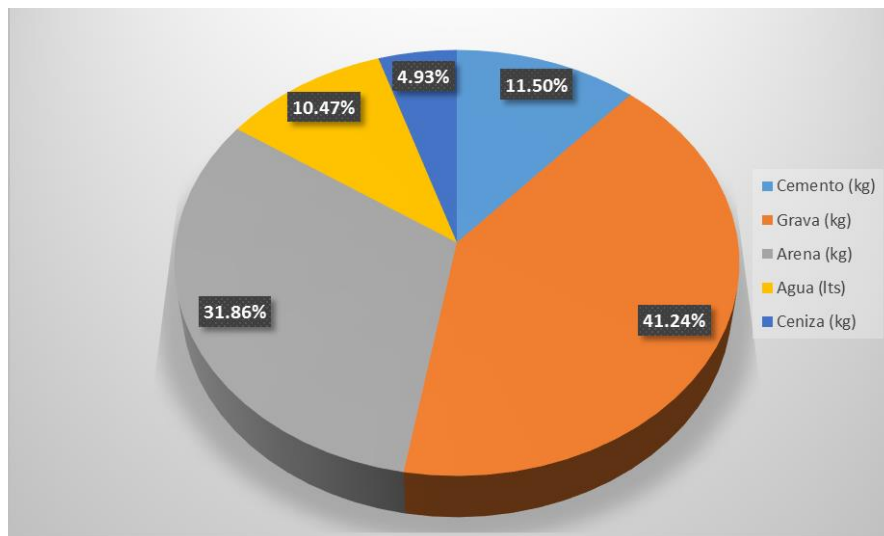


Gráfico 4-6 Representación del 30% de CBCA en el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto.



4.5 HECHURA DE MEZCLA DE CONCRETO

Para la fabricación de la mezcla de concreto primeramente se obtuvo la humedad de los agregados gruesos y finos para realizar los ajustes por humedad necesarios en el diseño de la mezcla.

A partir del diseño de mezcla para cada una de las dosificaciones de cemento, se pesaron los materiales a utilizar haciendo uso de las cubetas previamente pesadas.

La elaboración de la mezcla en la concretera se inicia humedeciendo el interior de la revolvedora para evitar alterar el contenido de agua de la mezcla, se procede a incorporar los materiales a la revolvedora, los agregados son vertidos dentro de la concretera del más grueso al más fino según se describe en la norma ASTM-C192 y se mantienen mezclándose durante un periodo aproximado de 5 min hasta lograr la homogenización y buena trabajabilidad de la mezcla.



Figura 4-10 Vertido de los materiales a la concretera



4.6 ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

4.6.1 ENSAYO DE REVENIMIENTO ASTM C-143

Determinada por la Norma ASTM C-94: “Ensayos de revenimiento, contenido de aire y masa volumétrica” y la Norma ASTM C-143: “Método de prueba estándar para revenimiento de concreto de cemento hidráulico”.

Pasos para obtener revenimiento:

1. Humedecer el molde y la placa base, ejecutar sobre una superficie rígida no absorbente.
2. Apoyar firmemente el molde sobre la base colocando y presionando con los dos pies los estribos del molde. Por ningún motivo debe moverse los pies durante el llenado del molde.
3. Llenar el molde en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de 70 mm, la segunda hasta de 160 mm, y la tercera hasta el borde superior del molde.



Figura 4-11 Prueba de revenimiento, llenado de capas



4. Compactar cada capa en toda su profundidad con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones en toda la superficie de cada capa.
5. Compactar la segunda y tercera capa penetrando la capa anterior 25 mm (1 pulgada) y varillar desde cerca del perímetro y continuar progresivamente en forma espiral hacia el centro del molde.



Figura 4-12 Prueba de revenimiento, varillado

6. Cuando compacte la última capa, mantener un excedente de concreto sobre el molde antes de comenzar el varillado, si el concreto es insuficiente detener el varillado y colocar una cantidad representativa para mantener un exceso de concreto sobre el molde todo el tiempo.
7. Enrasar el concreto rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde.



Figura 4-13 Prueba de revenimiento, alisando superficie de concreto

8. Continuar manteniendo el molde firme y remover el concreto alrededor de la base del molde para prevenir la interferencia en el momento del asentamiento del concreto.



Figura 4-14 Prueba de revenimiento, retirando el molde



9. Medir con una precisión de $\frac{1}{4}$ de pulgada (5 mm) el revenimiento, desde la parte superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie original del espécimen. Si al levantar el cono se produce una falla por corte, es necesario descartar la prueba y realizar el ensayo con una nueva porción de mezcla, si la falla se repite, es posible que el concreto no tenga la plasticidad necesaria o sea cohesiva para aplicar este ensayo de revenimiento.



Figura 4-15 Prueba de revenimiento, medición de revenimiento.

10. Ejecute la prueba, desde su inicio hasta el final sin interrupciones en no más de 2.5 minutos.

4.6.2 ENSAYO DE TEMPERATURA ASTM C-1064

Una vez hecha la prueba para verificar la trabajabilidad y tener la medición requerida, se procede a medir la temperatura del concreto, según la Norma ASTM C-1064, se introduce el termómetro en la pila de concreto que quedó de dicha prueba, tal y como se muestra en la figura, dejándolo alrededor de 2 minutos para tener una mejor precisión de la temperatura.



Figura 4-16 Temperatura de concreto.

4.7 ELABORACION DE ESPECIMENES DE CONCRETO

4.7.1 ELABORACION DE CILINDROS DE CONCRETO

Para la elaboración de cilindros, se toma en cuenta las Normas ASTM C-31 y C-39: “Práctica para elaboración y curado en el campo de especímenes de concreto para ensayo”, “Resistencia a la compresión y módulo de ruptura de cilindros testigos”, respectivamente. A continuación se detalla paso a paso, el procedimiento para la elaboración de los cilindros de concreto:

1. Los cilindros deben estar debidamente engrasados, se llenan en tres capas de igual altura, cada capa es varillada 25 veces de forma uniforme, de tal manera que el varillado toque un tercio de la capa anterior. Después de varillar cada capa, es necesario golpear el molde con el mazo de hule, 15 golpes distribuyéndolos alrededor del molde, estos golpes sirven para evitar el contenido de aire.



Figura 4-17 Golpeo y varillado al concreto en el molde y engrasado de moldes.

2. Al finalizar el golpe de la tercera capa se procede a alisar la superficie, de tal manera que coincida con el borde superior del molde cilíndrico. Se rotula y se coloca en un lugar fresco para mantener la temperatura y no perder contenido de agua por evaporación.



Figura 4-18 Almacenamiento de cilindros de concreto en el molde.



4.7.2 CURADO DE ESPECIMENES.

Pasadas 48 horas (según la norma ASTM C-31), es necesario desmoldar, con mucho cuidado para no golpear ni dañar las paredes del cilindro del concreto. Los cilindros son colocados en el depósito de almacenamiento, en agua, a esta etapa se le conoce como etapa de curado, donde permanecen completamente sumergidos en agua, hasta llegar a su edad de ensayo. Para el estudio, la edad de los ensayos se realizara a los 7, 14 y 28 días.

4.8 CORRECCIONES EN EL DISEÑO DE MEZCLA

La trabajabilidad es una propiedad muy importante del concreto y es la facilidad en que la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse. Existen factores que pueden influir en la trabajabilidad de una mezcla de concreto, entre los cuales cabe mencionar: la naturaleza de los agregados, temperatura del concreto, la cantidad de agua, entre otras.

En la investigación se observó que la adición de CBCA provoca una modificación en la trabajabilidad de la mezcla de concreto, cuanto mayor es la cantidad de ceniza esta pierde fluidez, siendo de esta manera que se tuvo que agregar más agua las mezcla con el 25% y 30% de adición de cenizas del Ingenio Chaparrastique y de igual manera para el 30% del Ingenio Jiboa, modificándose el diseño de mezcla inicial propuesto.



Figura 4-19 Prueba de revenimiento con poca fluidez del concreto



4.8.1 CALCULO DE LA NUEVA RELACION A/C Y RESISTENCIA PARA LA DOSIFICACION DEL 25% DE CENIZA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

En esta dosificación al realizar el ensayo de revenimiento, se observa que la mezcla presenta poca fluidez, habiendo la necesidad de agregarle 3 litros más de agua a la bachada de mezcla (para $0.069m^3$ de concreto) para mejorar la trabajabilidad, teniendo de esta manera que modificar el diseño inicial de mezcla.

1. Datos obtenidos en el ensayo.

$$Vol\ concreto\ elaborado = 0.069m^3$$

$$Agua\ adicional = 3\ lts$$

2. Calcular la cantidad de agua adicional para un metro cúbico de concreto.

$$x_{agua} = 1m^3$$

$$3lts = 0.069m^3$$

$$x_{agua} = \frac{3\ lts \times 1m^3}{0.069m^3}$$

$$Agua = 43.47\ lts$$

3. Calcular la cantidad de agua total para un metro cúbico de concreto del nuevo diseño de mezcla.

$$Agua = 205 + 43.47$$

$$Agua = 248.47\ lts$$

4. Calcular la nueva relación agua-cemento.

$$Nueva\ relación\ agua\ cemento\ \frac{A}{C}$$



$$A/C = \frac{248.47}{366.10}$$

$$A/C = 0.68$$

5. Determinar la nueva resistencia de diseño requerida

Teniendo la nueva relación agua-cemento con la tabla 4-20 se determina la nueva resistencia de diseño requerida, en el caso que el valor de la nueva relación a/c no se encuentre en la tabla, interpolar para encontrar la resistencia de diseño correspondiente a la relación a/c.

Tabla 4-20 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua - cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm ²	Relación Agua/Cemento, por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.72

Fuente: ACI 211

Interpolar para encontrar la nueva resistencia de diseño requerida.

$$250 - 0.62$$

$$f'_{cr} - 0.68$$

$$200 - 0.70$$



$$\frac{f'cr - 250}{200 - 250} = \frac{0.68 - 0.62}{0.70 - 0.62}$$

$$f'cr = 213 \text{ kg/cm}^2$$

6. Determinar la nueva resistencia especificada.

Como la resistencia de diseño requerida da $f'cr = 213 \text{ kg/cm}^2$ se presume de acuerdo a la tabla 4-21 que la resistencia requerida es menor que $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 4-21 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar.

Resistencia a la compresión especificada $f'c$, Kg/cm^2 .	Resistencia a la compresión requerida promedio $f'cr$, Kg/cm^2 .
Menos que 210	$f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'c + 85$
Mayor que 350	$f'c + 100$

Fuente: ACI 211

Determinar la nueva resistencia especificada.

$$f'cr = f'c + 70$$

$$f'c = f'cr - 70$$

$$f'c = 213 - 70$$

$$f'c = 143 \text{ kg/cm}^2$$



4.8.2 CALCULO DE LA NUEVA RELACION A/C Y RESISTENCIA PARA LA DOSIFICACION DEL 30% DE CENIZA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

En esta dosificación al realizar el ensayo de revenimiento, se observa que la mezcla presenta poca fluidez, habiendo la necesidad de agregarle 2 litros más de agua a la bachada de mezcla (para $0.069m^3$ de concreto) para mejorar la trabajabilidad, teniendo de esta manera que modificar el diseño inicial de mezcla.

1. Datos obtenidos en el ensayo.

$$Vol\ concreto\ elaborado = 0.069m^3$$

$$Agua\ adicional = 2\ lts$$

2. Calcular la cantidad de agua adicional para un metro cúbico de concreto.

$$x_{agua} = 1m^3$$

$$2lts = 0.069m^3$$

$$x_{agua} = \frac{2\ lts \times 1m^3}{0.069m^3}$$

$$Agua = 28.99\ lts$$

3. Calcular la cantidad de agua total para un metro cúbico de concreto del nuevo diseño de mezcla.

$$Agua = 205 + 28.99\ lts$$

$$Agua = 233.29lts$$

4. Calcular la nueva relación agua-cemento.

$$Nueva\ relación\ agua\ cemento\ \frac{A}{C}$$



$$A/c = \frac{233.29\text{lbs}}{366.10}$$

$$A/c = 0.64$$

5. Determinar la nueva resistencia de diseño requerida

Teniendo la nueva relación agua-cemento con la tabla 4.22 se determina la nueva resistencia de diseño requerida, en el caso que el valor de la nueva relación a/c no se encuentre en la tabla, interpolar para encontrar la resistencia de diseño correspondiente a la relación a/c.

Tabla 4-22 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua - cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm ²	Relación Agua/Cemento, por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.72

Fuente: ACI 211

Interpolar para encontrar la nueva resistencia de diseño requerida.

$$250 - 0.62$$

$$f'_{cr} - 0.64$$

$$200 - 0.70$$



$$\frac{f'cr - 250}{200 - 250} = \frac{0.64 - 0.62}{0.70 - 0.62}$$

$$f'cr = 238 \text{ kg/cm}^2$$

6. Determinar la nueva resistencia especificada.

Como la resistencia de diseño requerida da $f'cr = 238 \text{ kg/cm}^2$ se presume de acuerdo a la tabla 4-23 que la resistencia requerida es menor que $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 4-23 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar.

Resistencia a la compresión especificada $f'c$, Kg/cm^2 .	Resistencia a la compresión requerida promedio $f'cr$, Kg/cm^2 .
Menos que 210	$f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'c + 85$
Mayor que 350	$f'c + 100$

Fuente: ACI 211

Determinar la nueva resistencia especificada.

$$f'cr = f'c + 70$$

$$f'c = f'cr - 70$$

$$f'c = 238 - 70$$

$$f'c = 168 \text{ kg/cm}^2$$



4.8.3 CALCULO DE LA NUEVA RELACION A/C Y RESISTENCIA PARA LA DOSIFICACION DEL 30% DE CENIZA DEL INGENIO JIBOA

En esta dosificación al realizar el ensayo de revenimiento, se observa que la mezcla presenta poca fluidez, habiendo la necesidad de agregarle 1 litros más de agua a la bachada de mezcla (para $0.061m^3$ de concreto) para mejorar la trabajabilidad, teniendo de esta manera que modificar el diseño inicial de mezcla.

1. Datos obtenidos en el ensayo.

$$Vol\ concreto\ elaborado = 0.061m^3$$

$$Agua\ adicional = 1\ lts$$

2. Calcular la cantidad de agua adicional para un metro cúbico de concreto.

$$x_{agua} - 1m^3$$

$$1lts - 0.061m^3$$

$$x_{agua} = \frac{1lts \times 1m^3}{0.061m^3}$$

$$Agua = 16.39\ lts$$

3. Calcular la cantidad de agua total para un metro cúbico de concreto del nuevo diseño de mezcla.

$$Agua = 205 + 16.39\ lts$$

$$Agua = 221.39lts$$

4. Calcular la nueva relación agua-cemento.

$$Nueva\ relación\ agua\ cemento \frac{A}{C}$$

$$A/C = \frac{221.39}{366.10}$$



$$A/c = 0.60$$

5. Determinar la nueva resistencia de diseño requerida

Teniendo la nueva relación agua-cemento con la tabla 4-24 se determina la nueva resistencia de diseño requerida, en el caso que el valor de la nueva relación a/c no se encuentre en la tabla, interpolar para encontrar la resistencia de diseño correspondiente a la relación a/c.

Tabla 4-24 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua - cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm ²	Relación Agua/Cemento, por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.72

Fuente: ACI 211

Interpolar para encontrar la nueva resistencia de diseño requerida.

$$300 - 0.55$$

$$f'_{cr} - 0.60$$

$$250 - 0.62$$

$$\frac{f'_{cr} - 300}{250 - 300} = \frac{0.60 - 0.55}{0.62 - 0.55}$$



$$f'_{cr} = 265 \text{ kg/cm}^2$$

6. Determinar la nueva resistencia especificada.

Como la resistencia de diseño requerida da $f'_{cr} = 265 \text{ kg/cm}^2$ se presume de acuerdo a la tabla 4-25 que la resistencia requerida es menor que $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 4-25 Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar.

Resistencia a la compresión especificada $f'c$, Kg/cm^2 .	Resistencia a la compresión requerida promedio f'_{cr} , Kg/cm^2 .
Menos que 210	$f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'c + 85$
Mayor que 350	$f'c + 100$

Fuente: ACI 211

Determinar la nueva resistencia especificada.

$$f'_{cr} = f'c + 70$$

$$f'c = f'_{cr} - 70$$

$$f'c = 265 - 70$$

$$f'c = 195 \text{ kg/cm}^2$$



4.9 ENSAYO RESISTENCIA A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

La influencia de la edad sobre las propiedades del concreto, es diferente según la clase y calidad del cemento, el tipo de curado y la dosificación y proporcionamiento de sus componentes.

Para la determinación de la resistencia a la compresión y módulo de ruptura de cilindros testigos del concreto, es importante tomar en cuenta la Norma ASTM C-31: “Práctica para elaboración y curado en el campo de especímenes de concreto para ensayo”, especifica el procedimiento a seguir para la elaboración de los cilindros de concreto para la prueba en estudio; Norma ASTM C-192: “Práctica para elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para ensayo”; y la Norma ASTM C-1064: “Método de ensayo para la temperatura de concreto mezclado fresco de cemento portland”.

PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO DE LOS CILINDROS

Para el ensayo de los cilindros de concreto, cada espécimen debe cumplir con la edad requerida para dicho ensayo. Los especímenes se pesan una vez sacados directamente del contenedor de agua, seguidamente se mide el diámetro, que será el promedio de los dos diámetros tomados de la superficie superior, perpendicularmente entre sí, finalmente tomando la última medida que es la altura. Cuando todas las medidas son debidamente determinadas, se coloca el espécimen sobre la placa inferior, se alinea cuidadosamente el eje del mismo con respecto al centro de la placa de asiento inferior.



Figura 4-20 Compresión de cilindros de concreto

Al tener perfectamente colocado el espécimen, se le aplica la carga hasta que falle, se registra la carga soportada durante la prueba y anotar el tipo de falla, siguiendo como patrón, los siguientes planos de falla de cilindro:

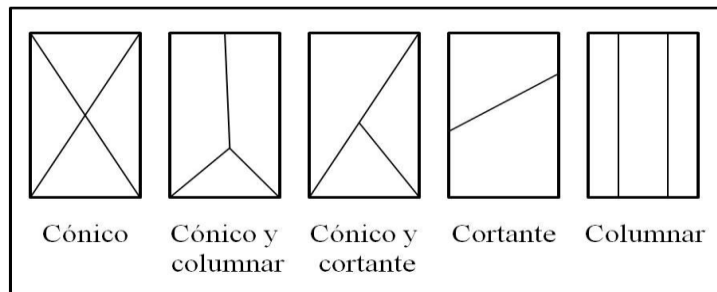


Figura 4-21 Planos de falla de cilindros de concreto (ASTM C-39)



CAPÍTULO V

5.0 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



5.0. PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1.1 ENSAYOS A LOS AGREGADOS

A continuación se presentan los resultados de los ensayos realizados a los agregados que se utilizan en las mezclas de concreto que serán elaboradas para este trabajo de investigación.

En la sección 5.1.1.1 y la sección 5.1.1.2 se muestran los resultados de los ensayos granulométricos para la grava y arena, donde se aprecia que ambas curvas de granulometría cumplen con los límites establecidos en la norma ASTM C-33.

En la sección 5.1.1.3 se presentan los resultados del cálculo del peso volumétrico varillado y suelto para la grava, los resultados de este ensayo para el agregado fino son presentados en el anexo 2 ya que fue tomado del estudio de Benítez Andrade Willians Omar; Paiz Urrutia Kathya Seneyda; Salmerón Vigil Lilian Marcela.

Por último, se muestran en la sección 5.1.1.4 los resultados del ensayo de gravedad específica y absorción para la grava, y de igual manera los resultados para el agregado fino son presentados en el anexo 2 ya que también fue sacado del mismo estudio.



5.1.1.1 ENSAYO GRANULOMÉTRICO ASTM C-136: AGREGADO FINO

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

ANALISIS GRANOLUMETRICO ASTM C-136: AGRAGADO FINO

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA : Río Jiboa, San Vicente

TIPO DE MUESTRA : Arena

FECHA DE ENSAYO : 27 de Abril de 2016

LABORATORISTAS: Alvarado Arévalo José Nelson

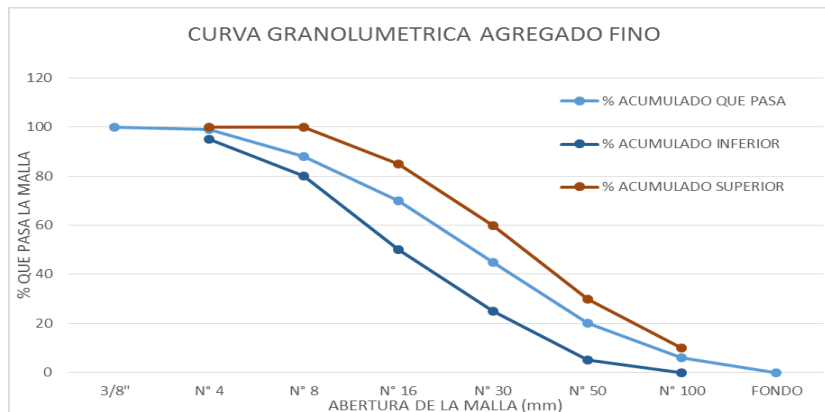
Andrade Portillo Juan Antonio

Hernández Zelaya Herson Noé

HOJA DE LABORATORIO

MASA DE MUESTRA (Kg) : 0.500

MALLA	MAT. RETENIDO PARCIAL (Kg)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA LA MALLA	OBSERVACIONES
3/8"	0.000	0.0	0.0	100.0	CUMPLE
4	0.005	1.0	1.0	99.0	CUMPLE
8	0.055	11.0	12.0	88.0	CUMPLE
16	0.090	18.0	30.0	70.0	CUMPLE
30	0.125	25.0	55.0	45.0	CUMPLE
50	0.125	25.0	80.0	20.0	CUMPLE
100	0.070	14.0	94.0	6.0	CUMPLE
FONDO	0.030	6.0	100.0	0.0	
SUMAS	0.500				





5.1.1.2 ENSAYO GRANULOMÉTRICO ASTM C-136: AGREGADO GRUESO

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

ANALISIS GRANOLUMETRICO ASTM C-136: AGRAGADO GRUESO

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: Sinaí, Aramuaca, San Miguel

TIPO DE MUESTRA: Grava

FECHA DE ENSAYO: 26 de Abril de 2016

LABORATORISTA: Alvarado Arévalo José Nelson

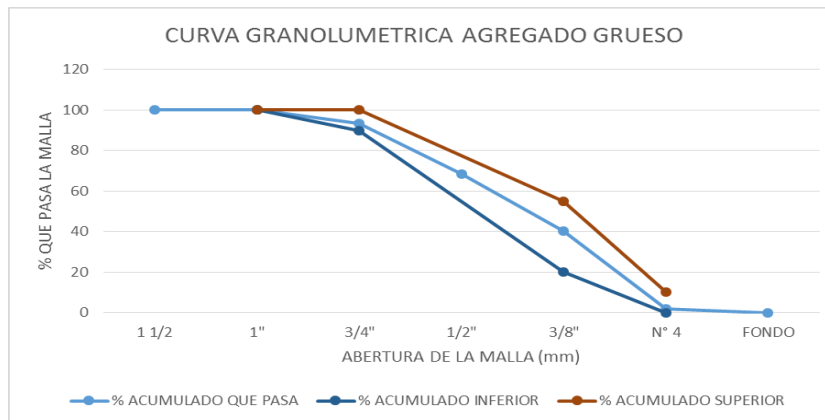
Andrade Portillo Juan Antonio

Hernández Zelaya Herson Noé

HOJA DE LABORATORIO

MASA DE MUESTRA (Kg) : 2.000

MALLA	MAT. RETENIDO PARCIAL (Kg)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA LA MALLA	OBSERVACIONES
1 1/2"	0.000	0.0	0.0	100.0	CUMPLE
1"	0.000	0.0	0.0	100.0	CUMPLE
3/4"	0.130	6.5	6.5	93.5	CUMPLE
1/2"	0.500	25.0	31.5	68.5	CUMPLE
3/8"	0.560	28.0	59.5	40.5	CUMPLE
4	0.775	38.8	98.3	1.8	CUMPLE
FONDO	0.035	1.8	100.0	0.0	
SUMAS	2.000				





5.1.1.3 ENSAYO PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO Y SUELTO ASTM C-39: AGREGADO GRUESO

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

**PESO VOLUMETRICO ASTM C-29
AGRAGADO GRUESO**

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: Sinaí, Aramuaca, San Miguel

TIPO DE MUESTRA: Grava

FECHA DE MUESTREO: 21 de Abril de 2016

FECHA DE ENSAYO: 28 de Abril de 2016

LABORATORISTAS: Alvarado Arévalo José Nelson

Andrade Portillo Juan Antonio

Hernández Zelaya Herson Noé

HOJA DE LABORATORIO

PESO VARILLADO		PESO SUELTO	
A. MASA RECIPIENTE VACIO (kg)	5.25	A. MASA RECIPIENTE VACIO (kg)	5.25
B. VOLUMEN RECIPIENTE (M3)	0.009439	B. VOLUMEN RECIPIENTE (M3)	0.009439
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1	18.925	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1	18.280
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2	18.985	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2	18.265
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO	18.955	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO	18.273
C. MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO	13.705	C. MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO	13.023
PESO VOLUMETRICICO (kg/m3)	1,451.95	PESO VOLUMETRICICO (kg/m3)	1,379.64



5.1.1.4 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO ASTM C-127

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

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION ASTM C-127
AGRAGADO GRUESO

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: Sinaí, Aramuaca, San Miguel

TIPO DE MUESTRA: Grava

FECHA DE MUESTREO: 21 de Abril de 2016

FECHA DE ENSAYO: 27 de Abril de 2016

LABORATORISTAS: Alvarado Arévalo José Nelson

Andrade Portillo Juan Antonio

Hernández Zelaya Herson Noé

HOJA DE LABORATORIO

MUESTRA No 1	
MASA SATURADA, W _{sss} +TARA (kg)	1.080
MASA SATURADA, W _{sss} (kg)	1.000
MASA TARA SUMERGIDA (kg)	0.842
MASA APARENTE + TARA SUM. (kg)	1.450
MASA APARENTE	0.608
MASA TARA (kg)	0.174
MASA SECA (W _{seco}) + TARA (kg)	1.156
MASA SECA (W _{seco}) (kg)	0.982
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	21
ABSORCION (%)	1.83
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	2.51



5.1.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA

5.1.2.1 CENIZAS DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

Tabla 5-1 Composición química de las cenizas del Ingenio Chaparrastique

PARAMETROS	METODO DE PRUEBA	UOM	SUSTANCIA SECA
Cromo, Cr	ASTM D-6357	Ppm	45
Cloro, Cl	ASTM D-4208	%wt	0.11

PARAMETROS	METODO DE PRUEBA	UOM ¹²	SUSTANCIA CALCINADA
Dióxido de silicio, SiO₂	ASTM D-6349	%wt	67.33
Óxido de aluminio, Al₂O₃	ASTM D-6349	%wt	14.14
Dióxido de titanio, TiO₂	ASTM D-6349	%wt	0.49
Óxido de hierro, Fe₂O₃	ASTM D-6349	%wt	4.95
Óxido de calcio, CaO	ASTM D-6349	%wt	3.80
Óxido de magnesio, MgO	ASTM D-6349	%wt	1.65
Óxido de potasio, K₂O	ASTM D-6349	%wt	4.15
Óxido de sodio, Na₂O	ASTM D-6349	%wt	2.12
Trióxido de azufre, SO₃	ASTM D-6349	%wt	0.24
Pentóxido de fósforo, P₂O₅	ASTM D-6349	%wt	0.88
Óxido de estroncio, SrO	ASTM D-6349	%wt	0.02
Óxido de bario, BaO	ASTM D-6349	%wt	0.07
Óxido de manganeso, MnO	ASTM D-6349	%wt	0.15
% Indeterminado			0.01
Óxido de Zinc, ZnO	ASTM D-6349	Ppm	154

Fuente: Reporte de resultados de la prueba química del Ingenio Chaparrastique¹³

Se puede observar que la suma de los óxidos de aluminio, silicio y hierro son superiores a 70% que especifica la norma ASTM C-618, siendo los requerimientos para que las cenizas sean utilizadas como material puzolánico, para el caso de la ceniza Ingenio Chaparrastique la suma es de un 86.42%.

¹² Units of measure: %wt (weight)/ Unidad de medida: %wt (porcentaje en peso)

¹³ Ver anexo 3 Resultados de la prueba química proporcionada por los Ingenios azucareros.



5.1.2.2 CENIZAS DEL INGENIO JIBOA

Tabla 5-2 Composición química de las cenizas del Ingenio Jiboa

PARAMETROS	METODO DE PRUEBA	UOM	SUSTANCIA CALCINADA
Dióxido de silicio, SiO₂	ASTM D-6349	%wt	67.96
Óxido de aluminio, Al₂O₃	ASTM D-6349	%wt	12.59
Dióxido de titanio, TiO₂	ASTM D-6349	%wt	0.46
Óxido de hierro, Fe₂O₃	ASTM D-6349	%wt	5.03
Óxido de calcio, CaO	ASTM D-6349	%wt	4.28
Óxido de magnesio, MgO	ASTM D-6349	%wt	1.87
Óxido de potasio, K₂O	ASTM D-6349	%wt	4.27
Óxido de sodio, Na₂O	ASTM D-6349	%wt	1.93
Trióxido de azufre, SO₃	ASTM D-6349	%wt	0.24
Pentóxido de fósforo, P₂O₅	ASTM D-6349	%wt	1.14
Óxido de estroncio, SrO	ASTM D-6349	%wt	0.05
Óxido de bario, BaO	ASTM D-6349	%wt	0.08
Óxido de manganeso, MnO	ASTM D-6349	%wt	0.10
% Indeterminado			0.00
% Álcalis			3.45
Base a la proporción de ácido			0.21
Valor de sílice			85.87
T250 °F			2941

Fuente: Reporte de resultados de la prueba química del Ingenio Jiboa¹⁴

Se puede observar que la suma de los óxidos de aluminio, silicio y hierro son superiores a 70% que especifica la norma ASTM C-618, siendo los requerimientos para que las cenizas sean utilizadas como material puzolánico, para el caso de la ceniza del Ingenio Jiboa la suma es de un 85.58%.

¹⁴ Ver anexo 3 Resultados de la prueba química proporcionada por los Ingenios azucareros.



5.1.3 ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

5.1.3.1 ENSAYO DE REVENIMIENTO ASTM C-143

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo de revenimiento se encuentran dentro de los límites esperados (de 2.5 a 10.0 cm). En la tabla 5-3 se muestran los resultados de revenimiento para cada bachada elaborada en la fecha especificada; cabe mencionar, que se observó que esta propiedad se veía afectada no sólo por el contenido de agua de la mezcla, sino también por el contenido de ceniza usada en las diferentes dosificaciones, presentándose el caso de usar más agua en las mezclas del 25 y 30% de adición de ceniza Ingenio Chaparrastique y de igual manera para el 30% del Ingenio Jiboa.

Tabla 5-3 Resultados del ensayo de revenimiento a las mezclas de diseño

Mezcla	Fecha	Resistencia (kg/cm ²)	Relación a/c	Revenimiento (cm)
Patrón	06/05/16	210	0.56	9.5
5 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	09/05/16	210	0.56	8.5
10 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	09/05/16	210	0.56	3
15 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	11/05/16	210	0.56	3.5
20 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	11/05/16	210	0.56	2.5
25 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	13/05/16	143	0.68	6.5
30 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	13/05/16	168	0.64	6.5
5 % de ceniza del Ingenio Jiboa	16/05/16	210	0.56	5.5
10 % de ceniza del Ingenio Jiboa	16/05/16	210	0.56	4.5
15 % de ceniza del Ingenio Jiboa	20/05/16	210	0.56	5.0
20 % de ceniza del Ingenio Jiboa	20/05/16	210	0.56	4.0
25 % de ceniza del Ingenio Jiboa	23/05/16	210	0.56	2.5
30 % de ceniza del Ingenio Jiboa	23/05/16	195	0.60	4.5

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



5.1.3.2 ENSAYO DE TEMPERATURA ASTM C-1064

El ensayo de temperatura se realizó según la norma ASTM C-1064. En la tabla 5-4 se exponen los resultados de los ensayos de temperatura realizados a cada una de las bachadas que se realizó por cada diseño de mezcla. Se observa que las mezclas con adiciones de ceniza presentan mayor temperaturas con respecto a la patrón las cuales se encuentran fuera de los límites para nuestro clima (23° y 32° centígrados)

Tabla 5-4 Resultados del ensayo de temperatura a las mezclas de diseño

Mezcla	Fecha	Resistencia (kg/cm^2)	Relación a/c	Temperatura (°C)
Patrón	06/05/16	210	0.56	31
5 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	09/05/16	210	0.56	33
10 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	09/05/16	210	0.56	36
15 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	11/05/16	210	0.56	36
20 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	11/05/16	210	0.56	36
25 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	13/05/16	143	0.68	38
30 % de ceniza Ingenio Chaparrastique	13/05/16	168	0.64	36
5 % de ceniza del Ingenio Jiboa	16/05/16	210	0.56	35
10 % de ceniza del Ingenio Jiboa	16/05/16	210	0.56	35
15 % de ceniza del Ingenio Jiboa	20/05/16	210	0.56	34
20 % de ceniza del Ingenio Jiboa	20/05/16	210	0.56	36
25 % de ceniza del Ingenio Jiboa	23/05/16	210	0.56	37
30 % de ceniza del Ingenio Jiboa	23/05/16	195	0.60	36

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



5.1.4 ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO

Tabla 5-5 Resultados de resistencia a la compresión para los especímenes ensayados a los 7 días.

PATRÓN							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	06/05/2016	0%	13/05/2016	30591.49	16.75	170.83	81.35
2	06/05/2016	0%	13/05/2016	30795.43	16.64	169.71	80.81
3	06/05/2016	0%	13/05/2016	28144.17	15.41	157.16	74.84
PROMEDIO				29843.70	16.27	165.90	79.00
INGENIO CHAPARRASTIQUE							
1	09/05/2016	5%	16/05/2016	26512.62	14.71	150.03	71.44
2	09/05/2016	5%	16/05/2016	28756.00	15.96	162.73	77.49
3	09/05/2016	5%	16/05/2016	23453.47	13.02	132.72	63.20
PROMEDIO				26240.70	14.56	148.49	70.71
1	09/05/2016	10%	16/05/2016	29571.77	15.98	162.97	77.60
2	09/05/2016	10%	16/05/2016	29775.71	16.31	166.27	79.18
3	09/05/2016	10%	16/05/2016	30591.49	16.98	173.11	82.43
PROMEDIO				29979.66	16.42	167.45	79.74
1	11/05/2016	15%	18/05/2016	27532.34	15.08	153.74	73.21
2	11/05/2016	15%	18/05/2016	27736.28	15.39	156.95	74.74
3	11/05/2016	15%	18/05/2016	26512.62	14.52	148.05	70.50
PROMEDIO				27260.41	15.00	152.91	72.82



1	11/05/2016	20%	18/05/2016	29979.66	15.99	163.06	77.65
2	11/05/2016	20%	18/05/2016	30591.49	15.70	160.05	76.22
3	11/05/2016	20%	18/05/2016	28552.05	14.46	147.48	70.23
PROMEDIO				29707.73	15.38	156.86	74.70
1	13/05/2016	25%	20/05/2016	5301.45	7.36	75.02	52.46
2	13/05/2016	25%	20/05/2016	5319.12	6.00	61.17	42.77
3	13/05/2016	25%	20/05/2016	5301.45	5.66	57.70	40.35
PROMEDIO				5307.34	6.34	64.63	45.19
1	13/05/2016	30%	20/05/2016	5681.10	6.44	65.69	39.10
2	13/05/2016	30%	20/05/2016	5282.83	5.58	56.94	33.89
3	13/05/2016	30%	20/05/2016	5318.65	6.14	62.64	37.06
PROMEDIO				5427.53	6.05	61.76	36.68
INGENIO JIBOA							
1	16/05/2016	5%	23/05/2016	30591.49	16.75	170.83	81.35
2	16/05/2016	5%	23/05/2016	30999.37	16.98	173.10	82.43
3	16/05/2016	5%	23/05/2016	29571.77	16.41	167.34	79.69
PROMEDIO				30387.54	16.71	170.42	81.16
1	16/05/2016	10%	23/05/2016	31611.20	17.31	176.52	84.06
2	16/05/2016	10%	23/05/2016	29367.83	16.30	166.19	79.14
3	16/05/2016	10%	23/05/2016	33038.81	18.33	186.96	89.03
PROMEDIO				31339.28	17.31	176.56	84.08
1	20/05/2016	15%	27/05/2016	26512.62	14.91	152.05	72.41
2	20/05/2016	15%	27/05/2016	22433.76	12.45	126.95	60.45
3	20/05/2016	15%	27/05/2016	25492.91	14.34	146.20	69.62
PROMEDIO				24813.10	13.90	141.73	67.49



1	20/05/2016	20%	27/05/2016	24269.25	13.12	133.75	63.69
2	20/05/2016	20%	27/05/2016	24677.13	13.51	137.80	65.62
3	20/05/2016	20%	27/05/2016	22433.76	11.81	120.44	57.35
PROMEDIO				23793.38	12.81	130.66	62.22
1	23/05/2016	25%	30/05/2016	26308.68	14.80	150.88	71.85
2	23/05/2016	25%	30/05/2016	26512.62	14.71	150.03	71.44
3	23/05/2016	25%	30/05/2016	24473.19	13.58	138.49	65.95
PROMEDIO				25764.83	14.36	146.47	69.75
1	23/05/2016	30%	30/05/2016	18150.95	9.94	101.36	51.98
2	23/05/2016	30%	30/05/2016	19374.61	10.61	108.19	55.48
3	23/05/2016	30%	30/05/2016	20394.32	10.60	108.08	55.43
PROMEDIO				19306.63	10.38	105.88	54.30

Fuente: Grupo de tesis.



Tabla 5-6 Resultados de resistencia a la compresión para los especímenes ensayados a los 14 días.

PATRÓN							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 14 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
4	06/05/2016	0%	20/05/2016	39768.93	21.78	222.07	105.75
5	06/05/2016	0%	20/05/2016	40584.71	22.22	226.63	107.92
6	06/05/2016	0%	20/05/2016	40992.59	21.30	217.25	103.45
PROMEDIO				40448.74	21.77	221.98	105.71
INGENIO CHAPARRASTIQUE							
4	09/05/2016	5%	23/05/2016	39564.99	21.67	220.94	105.21
5	09/05/2016	5%	23/05/2016	32630.92	17.87	182.22	86.77
6	09/05/2016	5%	23/05/2016	36913.73	20.48	208.89	99.47
PROMEDIO				36369.88	20.01	204.02	97.15
4	09/05/2016	10%	23/05/2016	39157.10	20.89	212.98	101.42
5	09/05/2016	10%	23/05/2016	36709.78	19.84	202.30	96.34
6	09/05/2016	10%	23/05/2016	36709.78	20.37	207.73	98.92
PROMEDIO				37525.55	20.37	207.67	98.89
4	11/05/2016	15%	25/05/2016	30387.54	16.86	171.96	81.88
5	11/05/2016	15%	25/05/2016	32019.09	17.53	178.80	85.14
6	11/05/2016	15%	25/05/2016	29571.77	16.19	165.13	78.63
PROMEDIO				30659.47	16.86	171.96	81.88



4	11/05/2016	20%	25/05/2016	31611.20	16.64	169.71	80.81
5	11/05/2016	20%	25/05/2016	31203.32	17.32	176.57	84.08
6	11/05/2016	20%	25/05/2016	30591.49	16.98	173.11	82.43
PROMEDIO				31135.34	16.98	173.13	82.44
4	13/05/2016	25%	27/05/2016	18354.89	10.19	103.87	72.63
5	13/05/2016	25%	27/05/2016	17335.18	9.75	99.42	69.52
6	13/05/2016	25%	27/05/2016	18150.95	10.21	104.10	72.79
PROMEDIO				17947.01	10.05	102.46	71.65
4	13/05/2016	30%	27/05/2016	17947.01	10.03	102.24	60.86
5	13/05/2016	30%	27/05/2016	20394.32	10.60	108.08	64.33
6	13/05/2016	30%	27/05/2016	20904.18	11.30	115.20	68.17
PROMEDIO				19748.50	10.64	108.51	64.45
INGENIO JIBOA							
4	16/05/2016	5%	30/05/2016	36709.78	20.65	210.53	100.25
5	16/05/2016	5%	30/05/2016	37117.67	20.60	210.04	100.02
6	16/05/2016	5%	30/05/2016	35690.07	19.81	201.96	96.17
PROMEDIO				36505.84	20.35	207.51	98.81
4	16/05/2016	10%	30/05/2016	30591.49	17.21	175.44	83.54
5	16/05/2016	10%	30/05/2016	36505.84	19.22	195.99	93.33
6	16/05/2016	10%	30/05/2016	35690.07	19.04	194.12	92.44
PROMEDIO				34262.47	18.49	188.52	89.77
4	20/05/2016	15%	03/06/2016	33446.69	18.81	191.82	91.34
5	20/05/2016	15%	03/06/2016	35486.12	19.82	202.16	96.26
6	20/05/2016	15%	03/06/2016	32630.92	18.35	187.14	89.11
PROMEDIO				33854.58	18.99	193.71	92.24



4	20/05/2016	20%	03/06/2016	27940.22	14.90	151.97	72.37
5	20/05/2016	20%	03/06/2016	28552.05	15.03	153.29	72.99
6	20/05/2016	20%	03/06/2016	29265.86	16.24	165.61	78.86
PROMEDIO				28586.04	15.39	156.96	74.74
4	23/05/2016	25%	06/06/2016	27124.45	15.05	153.49	73.09
5	23/05/2016	25%	06/06/2016	27532.34	15.28	155.80	74.19
6	23/05/2016	25%	06/06/2016	27328.39	15.17	154.65	73.64
PROMEDIO				27328.39	15.17	154.65	73.64
4	23/05/2016	30%	06/06/2016	21414.04	11.42	116.47	59.73
5	23/05/2016	30%	06/06/2016	21923.90	11.39	116.19	59.58
6	23/05/2016	30%	06/06/2016	22841.64	12.18	124.24	63.71
PROMEDIO				22059.86	11.66	118.97	61.01

Fuente: Grupo de tesis.



Tabla 5-7 Resultados de resistencia a la compresión para los especímenes ensayados a los 28 días.

PATRÓN							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
7	06/05/16	0%	03/06/16	49966.09	26.65	271.77	129.41
8	06/05/16	0%	03/06/16	51189.75	28.41	289.67	137.94
9	06/05/16	0%	03/06/16	50577.92	28.45	290.07	138.13
10	06/05/16	0%	03/06/16	50985.81	28.45	292.41	139.24
PROMEDIO				50679.89	27.99	285.98	136.18
INGENIO CHAPARRASTIQUE							
7	09/05/16	5%	06/06/16	42420.19	23.54	240.05	114.31
8	09/05/16	5%	06/06/16	40788.65	22.64	230.82	109.91
9	09/05/16	5%	06/06/16	41094.56	22.81	232.55	110.74
10	09/05/16	5%	06/06/16	39768.93	22.07	225.05	107.16
PROMEDIO				41018.08	22.77	232.12	110.53
7	09/05/16	10%	06/06/16	39972.88	20.77	211.84	100.88
8	09/05/16	10%	06/06/16	40176.82	21.71	221.41	105.43
9	09/05/16	10%	06/06/16	40788.65	21.47	218.98	104.28
10	09/05/16	10%	06/06/16	39768.93	20.94	213.51	101.67
PROMEDIO				40176.82	21.22	216.44	103.07
7	11/05/16	15%	08/05/16	33242.75	18.45	188.12	89.58
8	11/05/16	15%	08/05/16	33038.81	18.09	184.49	87.85



9	11/05/16	15%	08/05/16	33650.64	18.67	190.42	90.68
10	11/05/16	15%	08/05/16	32630.92	18.11	184.65	87.93
PROMEDIO				33140.78	18.33	186.92	89.01
7	11/05/16	20%	08/05/16	32630.92	18.11	184.65	87.93
8	11/05/16	20%	08/05/16	32223.03	17.88	182.34	86.83
9	11/05/16	20%	08/05/16	31815.15	17.66	180.04	85.73
10	11/05/16	20%	08/05/16	31815.15	16.75	170.81	81.34
PROMEDIO				32121.06	17.60	179.46	85.46
7	13/05/16	25%	10/06/16	23453.47	13.02	132.72	92.81
8	13/05/16	25%	10/06/16	25492.91	14.34	146.20	102.24
9	13/05/16	25%	10/06/16	21414.04	11.88	121.18	84.74
10	13/05/16	25%	10/06/16	23453.47	13.02	132.72	92.81
PROMEDIO				23453.47	13.07	133.21	93.15
7	13/05/16	30%	10/06/16	25492.91	13.96	142.36	84.74
8	13/05/16	30%	10/06/16	29571.77	15.37	156.72	74.63
9	13/05/16	30%	10/06/16	22433.76	12.45	126.95	60.45
10	13/05/16	30%	10/06/16	21414.04	11.88	121.18	72.13
PROMEDIO				24728.12	13.42	136.80	72.99
INGENIO JIBOA							
7	16/05/16	5%	13/06/16	43134.00	23.94	244.09	116.23
8	16/05/16	5%	13/06/16	41094.56	22.81	232.55	110.74
9	16/05/16	5%	13/06/16	44051.74	24.78	252.64	120.30
10	16/05/16	5%	13/06/16	41298.51	22.92	233.70	111.29
PROMEDIO				42394.70	23.61	240.75	114.64
7	16/05/16	10%	13/06/16	38749.22	20.14	205.36	97.79



8	16/05/16	10%	13/06/16	39259.07	21.79	222.16	105.79
9	16/05/16	10%	13/06/16	39666.96	21.72	221.51	105.48
10	16/05/16	10%	13/06/16	39768.93	21.78	222.07	105.75
PROMEDIO				39361.05	21.36	217.78	103.70
7	20/05/16	15%	17/06/16	37015.70	20.54	209.47	99.75
8	20/05/16	15%	17/06/16	37627.53	21.16	215.80	102.76
9	20/05/16	15%	17/06/16	37933.44	21.62	220.50	105.00
10	20/05/16	15%	17/06/16	36403.87	20.20	206.00	98.10
PROMEDIO				37245.14	20.88	212.94	101.40
7	20/05/16	20%	17/06/16	29469.80	16.35	166.76	79.41
8	20/05/16	20%	17/06/16	30183.60	16.75	170.80	81.34
9	20/05/16	20%	17/06/16	29877.69	16.58	169.07	80.51
10	20/05/16	20%	17/06/16	28042.20	15.77	160.82	76.58
PROMEDIO				29393.32	16.36	166.86	79.46
7	23/05/16	25%	20/06/16	28042.20	15.77	160.82	76.58
8	23/05/16	25%	20/06/16	28348.11	15.73	160.42	76.39
9	23/05/16	25%	20/06/16	27838.25	15.45	157.53	75.02
10	23/05/16	25%	20/06/16	29163.88	16.18	165.03	78.59
PROMEDIO				28348.11	15.78	160.95	76.65
7	23/05/16	30%	20/06/16	24269.25	13.47	137.34	70.43
8	23/05/16	30%	20/06/16	24473.19	13.58	138.49	71.02
9	23/05/16	30%	20/06/16	24881.08	13.99	142.69	73.18
10	23/05/16	30%	20/06/16	25085.02	14.11	143.86	73.78
PROMEDIO				24677.14	13.79	140.60	72.10

Fuente: Grupo de tesis.



5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Primeramente se usa el método estadístico, modelo unifactorial de efectos fijos equilibrados ya que cada proporcionamiento o tratamiento tiene el mismo número de observaciones, las cuales son ensayadas de manera aleatoria. Con el propósito de darle valor científico a la investigación, comparando entre sí los diversos tratamientos que son hechos en las mismas condiciones (misma relación a/c). Todo con el fin de determinar la influencia de la ceniza en las diferentes mezclas. Vale aclarar que el contraste se hace para las mezclas de cada uno de los Ingenios por separado.

El contraste estadístico de interés en este modelo, es el que tiene como hipótesis nula la igualdad de medias de los tratamientos:

$$H_0 \equiv \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i = \mu$$

Dicho de otra manera es que la media de la resistencia entre cada una de las mezclas sean iguales, asumiendo que la inclusión de la cenizas en el concreto no influye significativamente. Además para el análisis estadístico se toma un nivel de significancia de 0.05 (recomendada para experimentos de efectos fijos equilibrados).

Posteriormente se realiza un análisis estadístico con el uso del método Dunnett que es utilizado para comparar cada tratamiento con un tratamiento de control (mezcla patrón), este procedimiento permite detectar si los tratamientos son tan buenos que el control o mejores que él.

Para completar el análisis estadístico, se validarán las resistencias de los tratamientos con el uso del método de Dunnett, donde se hace una corrección en el muestreo, agregando la resistencia especificada en el análisis.



5.2.1.1 INGENIO CHAPARRASTIQUE

5.2.1.1.1 ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA CENIZA EN EL CONCRETO.

Con el uso del modelo unifactorial de efectos fijos equilibrados se determina si la ceniza Ingenio Chaparrastique influye en el concreto. Para el análisis estadístico solo se tomarán en cuenta la mezcla patrón y las mezclas con proporcionamiento del 5%-20% de CBCA, ya que son las que fueron hechas con la misma relación agua-cemento.

Con los datos que se obtienen en el ensayo de resistencia a los 28 días se elabora la tabla 5-8, anotando las resistencias de cada una de las mezclas, con el número de especímenes ensayados (n) en dicha edad. Con dichos datos se complementa la tabla, sumando las resistencias (Y_i) de cada una de las mezclas para sacar la media entre ellas. Además para completar la tabla, se suma cada una de las resistencias de las mezclas elevadas al cuadrado ($\sum Y_i^2$), finalizando con elevar al cuadrado la suma de las resistencias (Y_i^2).

Tabla 5-8 Datos de la resistencia del concreto.

Mezcla	Resistencia (28 días)				N	Suma (Y_i)	Media (kg/cm^2)	$\sum Y_i^2$	Y_i^2
0%	271.77	289.67	290.07	292.41	4	1,143.92	285.98	327,411.85	1308,552.97
5%	240.05	230.82	232.55	225.05	4	928.47	232.12	215,628.88	862,056.54
10%	211.84	221.41	218.98	213.51	4	865.74	216.44	187,437.33	749,505.75
15%	188.12	184.49	190.42	184.65	4	747.68	186.92	139,781.09	559,025.38
20%	184.65	182.34	180.04	170.81	4	717.84	179.46	128,933.96	515,294.27
					20	4,403.65	1,100.91	999,193.12	3994,434.90

Fuente: Grupo de tesis.

- Parámetros

Variable de interés: Resistencia.

Factor: mezcla

Niveles de factor o tratamiento (a): 5

Repeticiones (n): 4



Repeticiones por todos los tratamientos (N): 20

- Determinar la media de las resistencias de las mezcla

$$\mu = \frac{\sum Y_i}{a}$$

$$\mu = \frac{1,100.91}{5}$$

$$\mu = 220.18$$

- Estimación por mínimos cuadrados

La idea es descubrir cómo se reparte la variabilidad total de la muestra y para ello se hará uso de estimación de mínimos cuadrados.

1. Suma total de cuadrados (SCT)

Se puede calcular de dos formas:

Opción 1

Restando al total de la suma de cada una de las resistencias de las mezclas elevadas al cuadrado ($\sum Y_i^2$), el producto entre las repeticiones por todos los tratamientos (N) y la media de todas las mezclas (μ)

$$SCT = \sum \sum Y_{ij}^2 - N\bar{Y}^2$$

$$SCT = 999,193.12 - 20(220.18)^2$$

$$SCT = 29,586.45$$

Opción 2

Restando al total de la suma de cada una de las resistencias de las mezclas elevadas al cuadrado ($\sum Y_i^2$), el cociente entre el total de la sumatoria de las resistencia de cada una de las mezclas (Y_i) y las repeticiones por todos los tratamientos (N).

$$SCT = \sum Y_{ij}^2 - \frac{y^2}{N}$$



$$SCT = 999,193.12 - \frac{(4,403.65)^2}{20}$$

$$SCT = 29,586.45$$

2. Suma de cuadrados entre tratamientos (SCTra)

Se puede calcular de dos formas:

Opción 1

Restando al producto entre las repeticiones de cada tratamiento (n) y la suma de la media de cada tratamiento elevada al cuadrado, al producto entre las repeticiones por todos los tratamientos (N) y la media de todas las mezclas (μ) elevada al cuadrado.

$$SCTra = \sum n_i \bar{y}_i^2 - N \bar{y}^2$$

$$SCTra = 4(285.98^2 + 232.12^2 + 216.44^2 + 186.92^2 + 179.46^2) - 20(220.18)^2$$

$$SCTra = 29,002.06$$

Opción 2

Restando al cociente entre el total de la suma de las resistencias elevadas al cuadrado ($\sum Y_i^2$) y las repeticiones de cada tratamiento (n), al cociente entre el total de la sumatoria de las resistencias de cada una de las mezclas ($\sum Y_i$) elevada al cuadrado y las repeticiones por todos los tratamientos (N).

$$SCTra = \sum \frac{Y_i^2}{n} - \frac{Y^2}{N}$$

$$SCTra = \frac{3,994,434.90}{4} - \frac{(4,403.65)^2}{20}$$

$$SCTra = 29,002.06$$

3. Suma de cuadrados del error experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCTra$$

$$SCE = 29,586.45 - 29,002.06$$

$$SCE = 584.39$$



4. Cuadrados medios ($MCTra$)

Cuadrados medios de los tratamientos

$$MCTra = \frac{SCTra}{a - 1}$$

$$MCTra = \frac{29,002.06}{5 - 1}$$

$$MCTra = 7,250.51$$

Cuadrados medios del error.

$$MCE = \frac{SCE}{N - a}$$

$$MCE = \frac{584.39}{20 - 5}$$

$$MCE = 38.96$$

Tabla 5-9 Análisis de varianza

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	Fo.
Tratamiento	SCTra= 29,002.06	a-1= 4	MCTra= 7,250.51	Fo=MCTra/MCE
Error	SCE=584.39	N-a= 15	MCE= 38.96	
Total	SCT= 29,586.45	N-1= 19		

- Valor experimental de la distribución F_{exp} .

$$F_{exp} = \frac{MCTra}{MCE}$$

$$F_{exp} = \frac{7,250.51}{38.96}$$

$$F_{exp} = 744.42$$

- Valor teórico de la distribución F_{teo} .

Se dijo al principio que el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, por lo que el nivel de confianza será del 95% ($1 - \alpha = 95\%$) con un error del 5%, con dichos valores



se encuentra F_{teo} en la tabla de función de distribución f de Snedecor (continuación)¹⁵.

$$F_{teo} \alpha, a - 1, N - a$$

$$F_{0.05,4,15} = 3.06$$

- Encontrando el coeficiente de determinación (R^2)

$$R^2 = \frac{SCTra}{SCT}$$

$$R^2 = \frac{29,002.06}{29,586.45}$$

$$R^2 = 0.9802 = 98.02\%$$

Como $F_{exp} > F_{teo}$ se rechaza la H_0 y se puede afirmar que a un nivel de significancia del 5%, la resistencia en el concreto difiere significativamente entre los tratamientos. Y que de acuerdo al coeficiente de determinación la variabilidad en el rendimiento en la resistencia del concreto con en el uso de ceniza es un 98.02%.

5.2.1.1.2 DETERMINACIÓN DEL MEJOR CONCRETO

Con el método de Dunnett se determina si un concreto con CBCA es tan bueno o mejor que el concreto convencional. Y como se dijo al principio se toma un nivel de significancia del 5% para el análisis estadístico. La alternativa es que los tratamientos son superiores en la respuesta media al control se tiene que cumplir la siguiente condición:

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_k \geq -t_{\alpha(f,k-1)} \sqrt{\frac{MCE}{n_i}}$$

Donde

\bar{Y}_i = El tratamiento a comparar con el control

\bar{Y}_k = Tratamiento control

¹⁵ Ver anexo 8 Tabla de función de distribución F de Snedecor.



$t_{\alpha(f,k-1)}$ = Valor critico de Dunnett

MCE = Cuadrados medios del error

n_i = Numero de repeticiones en los tratamientos.

- Encontrar el valor critico de Dunnett $t_{\alpha(f,k-1)}$

De la tabla 5-9 se sabe que los grados de libertad del error $f=15$ y que el número de tratamientos en análisis es $k=5$. Con dichos datos y con el nivel de significancia del 5% determinar en el anexo 9 la distribución “t” multivariante de la prueba Dunnett.

$$t_{\alpha(f,k-1)} = 2.61$$

- Encontrar el valor estadístico de contraste de Dunnett

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_k \geq -t_{0.05(15,4)} \sqrt{\frac{38.96}{4}}$$

$$-2.61 \sqrt{\frac{38.96}{4}} = -8.14$$

- Determinar las diferencias críticas entre cada uno de los tratamientos y el control.

Valor critico entre el concreto convencional y el concreto con 5% CBCA

$$\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1 = 232.12 - 285.98 = -53.86 < -8.14$$

Valor critico entre el concreto convencional y el concreto con 10% CBCA

$$\bar{Y}_3 - \bar{Y}_1 = 216.44 - 285.98 = -69.54 < -8.14$$

Valor critico entre el concreto convencional y el concreto con 15% CBCA

$$\bar{Y}_4 - \bar{Y}_1 = 186.92 - 285.98 = -99.06 < -8.14$$

Valor critico entre el concreto convencional y el concreto con 20% CBCA

$$\bar{Y}_5 - \bar{Y}_1 = 179.46 - 285.98 = -106.52 < -8.14$$



Se puede afirmar que a un nivel de significancia del 5%, hay diferencias significativas en la comparación entre las resistencias de los concretos con cenizas y el concreto convencional.

5.2.1.1.3 VALIDACIÓN DE RESISTENCIAS

Con el método de Dunnett se validan las resistencias del concreto con CBCA y el convencional, añadiendo la resistencia especificada en el estudio, se tiene la necesidad de recalcular los grados de libertad y la suma de cuadrados medios del error (cálculos presentados en el anexo 7). Y con un nivel de significancia del 5% se harán las comparaciones para la validación de resistencias. La alternativa en este caso es que las resistencias de los tratamientos son superiores a la resistencia especificada, teniéndose que cumplir la siguiente condición:

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_k \geq -t_{\alpha(f,k-1)} \sqrt{\frac{MCE}{n_i}}$$

Donde

\bar{Y}_i = El tratamiento a comparar con el control

\bar{Y}_k = Tratamiento control

$t_{\alpha(f,k-1)}$ = Valor crítico de Dunnett

MCE¹⁶ = Cuadrados medios del error

n_i = Numero de repeticiones en los tratamientos.

- Encontrar el valor crítico de Dunnett $t_{\alpha(f,k-1)}$

Se sabe que los grados de libertad del error $f=18$ (N-a) y que el número de tratamientos en análisis es $k=6$. Con dichos datos y con el nivel de significancia del 5% determinar en el anexo 9 el valor crítico de la prueba Dunnett.

¹⁶ En el anexo 7 Corrección en el cálculo de cuadrados medios (MCE) para la validación de resistencia.



$$t_{\alpha(f,k-1)} = 2.68$$

- Encontrar el valor estadístico de contraste de Dunnett

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_k \geq -t_{0.05(18,5)} \sqrt{\frac{32.47}{4}}$$

$$-2.68 \sqrt{\frac{32.47}{4}} = -7.64$$

- Determinar las diferencias críticas entre cada uno de los tratamientos y el control.

Diferencia crítica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto convencional.

$$\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1 = 285.98 - 210.00 = 75.98 > -7.64$$

Diferencia crítica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto con 5% CBCA

$$\bar{Y}_3 - \bar{Y}_1 = 232.12 - 210.00 = 22.12 > -7.64$$

Diferencia crítica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto con 10% CBCA

$$\bar{Y}_4 - \bar{Y}_1 = 216.44 - 210.00 = 6.44 > -7.64$$

Diferencia crítica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto con 15% CBCA

$$\bar{Y}_5 - \bar{Y}_1 = 186.92 - 210.00 = -23.08 < -7.64$$

Diferencia crítica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto con 20% CBCA

$$\bar{Y}_6 - \bar{Y}_1 = 179.46 - 210.00 = -30.54 < -7.64$$

Se puede afirmar que a un nivel de significancia del 5%, hay diferencia significativa en la comparación entre la resistencia especificada y las resistencias



del concreto convencional, concreto con el 5% y 10% de sustitución de cemento por ceniza Ingenio Chaparrastique.

5.2.1.2 INGENIO JIBOA

5.2.1.2.1 ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA CENIZA EN EL CONCRETO.

Con el uso del modelo unifactorial de efectos fijos equilibrados se determina si la ceniza del Ingenio Jiboa influye en el concreto. Para el análisis estadístico solo se tomarán en cuenta la mezcla patrón y las mezclas con proporcionamiento del 5%-25% de CBCA, ya que son las que fueron hechas con la misma relación agua-cemento.

La tabla 5-10, se completa de la misma manera que se realizó en el análisis estadístico de las mezclas del Ingenio Chaparrastique en la sección 5.2.4.1.1.

Tabla 5-10 Datos de la resistencia del concreto.

Mezcla	Resistencia (28 días)				N	Suma (Yi)	Media (kg/cm ²)	ΣY_i^2	Y_i^2
0	271.77	289.67	290.07	292.41	4	1,143.92	285.98	327,411.85	1308,552.97
5	244.09	232.55	252.64	233.70	4	962.98	240.75	232,102.09	927,330.48
10	205.36	222.16	221.51	222.07	4	871.10	217.78	189,909.56	758,815.21
15	209.47	215.80	220.50	206.00	4	851.77	212.94	181,503.57	725,512.13
20	176.76	170.80	169.07	160.82	4	677.45	169.36	114,864.47	458,938.50
25	170.82	160.42	157.53	165.03	4	653.80	163.45	106,964.65	427,454.44
					24	5,161.02	1,290.26	1152,756.20	4606,603.73

Fuente: Grupo de tesis.

- **Parámetros**

Variable de interés: Resistencia.

Factor: mezcla

Niveles de factor o tratamiento (a): 6

Repeticiones (n): 4

Repeticiones por todos los tratamientos (N): 24



- Determinar la media de las resistencias de las mezcla

$$\mu = \frac{\Sigma Y_i}{a}$$

$$\mu = \frac{1,290.26}{6}$$

$$\mu = 215.04$$

- Estimación por mínimos cuadrados.

1. Suma total de cuadrados (SCT)

Se puede calcular de dos maneras descritas en la sección 5.2.4.1.1

Opción 1

$$SCT = \Sigma \Sigma Y_{ij}^2 - N\bar{y}^2$$

$$SCT = 1,152,756.20 - 24(215.04)^2$$

$$SCT = 42,917.56$$

Opción 2

$$SCT = \Sigma Y_{ij}^2 - \frac{y^2}{N}$$

$$SCT = 1,152,756.20 - \frac{(5,161.02)^2}{24}$$

$$SCT = 42,917.56$$

2. Suma de cuadrados entre tratamientos (SCTra)

Se puede calcular de dos maneras descritas en la sección 5.2.4.1.1

Opción 1

$$SCTra = \Sigma n_i \bar{y}_i^2 - N\bar{y}^2$$

$$SCTra = 4(285.98^2 + 240.75^2 + 217.78^2 + 212.94^2 + 169.36^2 + 163.45^2) - 24(215.04)^2$$

$$SCTra = 41,812.29$$

$$SCTra = \Sigma \frac{Y_i^2}{n} - \frac{Y^2}{N}$$



Opción 2

$$SCTra = \frac{4,606,603.73}{4} - \frac{(5,161.02)^2}{24}$$

$$SCTra = 41,812.29$$

3. Suma de cuadrados del error experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCTra$$

$$SCE = 42,917.56 - 41,812.29$$

$$SCE = 1,105.27$$

4. Cuadrados medios (*MCTra*)

Cuadrados medios de los tratamientos

$$MCTra = \frac{SCTra}{a - 1}$$

$$MCTra = \frac{41,812.29}{6 - 1}$$

$$MCTra = 8,362.46$$

Cuadrados medios de los tratamientos

$$MCE = \frac{SCE}{N - a}$$

$$MCE = \frac{1,105.27}{24 - 6}$$

$$MCE = 61.40$$

Tabla 5-11 Análisis de varianza

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	Fo.
Tratamiento	SCTra= 41,812.29	a-1= 5	MCTra= 8,362.46	Fo=MCTra/MCE
Error	SCE=1,105.27	N-a= 18	MCE= 61.40	
Total	SCT= 42,917.56	N-1= 23		



- Valor experimental de la distribución F_{exp} .

$$F_{exp} = \frac{MCTra}{MCE}$$

$$F_{exp} = \frac{8,362.46}{61.40}$$

$$F_{exp} = 680.94$$

- Valor teórico de la distribución F_{teo} .

Se dijo al principio que el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$, por lo que el nivel de confianza será del 95% ($1 - \alpha = 95\%$) con un error del 5%, con dichos valores se encuentra F_{teo} en la tabla de función de distribución “f” de Snedecor (continuación)¹⁷.

$$F_{teo} \alpha, a - 1, N - a$$

$$F_{0.05, 5, 18} = 3.06$$

- Encontrando el coeficiente de determinación (R^2)

$$R^2 = \frac{SCTra}{SCT}$$

$$R^2 = \frac{41,812.29}{42,917.56}$$

$$R^2 = 0.9742 = 97.42\%$$

Como $F_{exp} > F_{teo}$ se rechaza la H_0 y se puede afirmar que a un nivel de significancia del 5%, la resistencia en el concreto difiere significativamente entre los tratamientos. Y que de acuerdo al coeficiente de determinación la variabilidad en el rendimiento en la resistencia del concreto con en el uso de ceniza es un 97.42%.

5.2.1.2.2 DETERMINACIÓN DEL MEJOR CONCRETO.

Con el método de Dunnett se determina si un concreto con CBCA es tan bueno o mejor que el concreto convencional. Y como se dijo al principio se toma un nivel

¹⁷ Ver anexo 8: Tabla de función de distribución F de Snedecor.



de significancia del 5% para el análisis estadístico. La alternativa es que los tratamientos son superiores en la respuesta media al control se tiene que cumplir la siguiente condición:

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_k \geq -t_{\alpha(f,k-1)} \sqrt{\frac{MCE}{n_i}}$$

Donde

\bar{Y}_i = El tratamiento a comparar con el control

\bar{Y}_k = Tratamiento control

$t_{\alpha(f,k-1)}$ = Valor critico de Dunnett

MCE = Cuadrados medios del error

n_i = Numero de repeticiones en los tratamientos.

- Encontrar el valor critico de Dunnett $t_{\alpha(f,k-1)}$

De la tabla 5-11 se sabe que los grados de libertad del error $f=18$ y que el número de tratamientos en análisis es $k=6$. Con dichos datos y con el nivel de significancia del 5% determinar en el anexo 9 la distribución “t” multivariante de la prueba Dunnett.

$$t_{\alpha(f,k-1)} = 2.68$$

- Encontrar el valor estadístico de contraste de Dunnett

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_k \geq -t_{0.05(18,5)} \sqrt{\frac{61.40}{4}}$$

$$-2.68 \sqrt{\frac{61.40}{5}} = -10.5$$

- Determinar las diferencias críticas entre cada uno de los tratamientos y el control.

Valor critico entre el concreto convencional y el concreto con 5% CBCA



$$\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1 = 240.75 - 285.98 = -45.23 < -10.5$$

Valor critico entre el concreto convencional y el concreto con 10% CBCA

$$\bar{Y}_3 - \bar{Y}_1 = 217.78 - 285.98 = -68.20 < -10.5$$

Valor critico entre el concreto convencional y el concreto con 15% CBCA

$$\bar{Y}_4 - \bar{Y}_1 = 212.94 - 285.98 = -73.04 < -10.5$$

Valor critico entre el concreto convencional y el concreto con 20% CBCA

$$\bar{Y}_5 - \bar{Y}_1 = 169.36 - 285.98 = -146.62 < -10.5$$

Valor critico entre el concreto convencional y el concreto con 25% CBCA

$$\bar{Y}_6 - \bar{Y}_1 = 163.45 - 285.98 = -122.53 < -10.5$$

Se puede afirmar que a un nivel de significancia del 5%, hay diferencias significativas en la comparación entre las resistencias de los concretos con cenizas y el concreto convencional.

5.2.1.2.3 VALIDACIÓN DE RESISTENCIAS

Con el método de Dunnett se validan las resistencias del concreto con CBCA y el convencional, añadiendo la resistencia especificada en el estudio, se tiene la necesidad de recalcular los grados de libertad y la suma de cuadrados medios del error (cálculos presentados en el anexo 7). Y con un nivel de significancia del 5% se harán las comparaciones para la validación de resistencias. La alternativa en este caso es que las resistencias de los tratamientos son superiores a la resistencia especificada, teniéndose que cumplir la siguiente condición:

$$\bar{Y}_i - \bar{Y}_k \geq -t_{\alpha(f,k-1)} \sqrt{\frac{MCE}{n_i}}$$

Donde

\bar{Y}_i = El tratamiento a comparar con el control

\bar{Y}_k = Tratamiento control



$t_{\alpha(f,k-1)}$ = Valor crítico de Dunnett

MCE¹⁸ = Cuadrados medios del error

n_i = Numero de repeticiones en los tratamientos.

- Encontrar el valor crítico de Dunnett $t_{\alpha(f,k-1)}$

Se sabe que los grados de libertad del error $f=21$ ($N-a$) y que el número de tratamientos en análisis es $k=7$. Con dichos datos y con el nivel de significancia del 5% determinar en el anexo 9 el valor crítico de la prueba Dunnett.

$$2.73 \quad \text{-----}20$$

$$t_{\alpha(f,k-1)} \text{-----}21$$

$$2.70 \quad \text{-----}24$$

$$\frac{t_{\alpha(f,k-1)} - 2.73}{2.70 - 273} = \frac{21 - 20}{24 - 20}$$

$$t_{\alpha(f,k-1)} = 2.72$$

- Encontrar el valor estadístico de contraste de Dunnett

$$\bar{y}_i - \bar{y}_k \geq -t_{0.05(21,6)} \sqrt{\frac{52.63}{4}}$$

$$-2.72 \sqrt{\frac{52.63}{4}} = -9.87$$

- Determinar las diferencias críticas entre cada uno de los tratamientos y el control.

Diferencia crítica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto convencional.

$$\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1 = 285.98 - 210.00 = 75.98 > -9.87$$

¹⁸ En el anexo 7 Corrección en el cálculo de cuadrados medios (MCE) para la validación de resistencia.



Diferencia critica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto con 5% CBCA

$$\bar{Y}_3 - \bar{Y}_1 = 240.75 - 210.00 = 30.75 > -9.87$$

Diferencia critica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto con 10% CBCA

$$\bar{Y}_4 - \bar{Y}_1 = 217.78 - 210.00 = 7.78 > -9.87$$

Diferencia critica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto con 15% CBCA

$$\bar{Y}_5 - \bar{Y}_1 = 212.94 - 210.00 = 2.94 > -9.87$$

Diferencia critica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto con 20% CBCA

$$\bar{Y}_6 - \bar{Y}_1 = 169.36 - 210.00 = -40.64 < -9.87$$

Diferencia critica entre la resistencia especificada y la resistencia del concreto con 25% CBCA

$$\bar{Y}_7 - \bar{Y}_1 = 163.45 - 210.00 = -46.55 < -9.87$$

Se puede afirmar que a un nivel de significancia del 5%, hay diferencia significativa en la comparación entre la resistencia especificada y las resistencias del concreto convencional, concreto con el 5%, 10% y 15% de sustitución de cemento por ceniza del Ingenio Jiboa.

5.2.2 COMPARACIÓN ENTRE LA MEZCLA PATRÓN Y LAS MEZCLAS CON CENIZAS DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE.

Teniendo como punto de referencia los objetivos y alcances de la investigación se realiza un análisis comparativo entre la mezcla patrón y las mezclas con cenizas del Ingenio Chaparrastique de acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en la sección 5.1.4.

La mezcla patrón será comparada con las mezcla del 5% al 20% de cenizas del Ingenio Chaparrastique, dado que todas fueron hechas con las mismas



condiciones de acuerdo a la relación agua- cemento ($a/c= 0.56$), siendo así que las mezclas del 25% y 30% de cenizas son excluidas del análisis por ser elaboradas con distinta relación a/c .

A. MEZCLA PATRÓN CONTRA MEZCLA DEL 5% CBCA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

Los resultados a comparar de acuerdo a la tabla 5-12 son los promedios de las resistencias de los cilindros ensayados a los 7 días (No 1, 2, 3), a los 14 días (No 4, 5, 6) y a los 28 días (No 7, 8, 9, 10). De dichos valores se genera la gráfica 5-1, con el fin de ver el comportamiento de cada una de las mezclas.

Tabla 5-12 Resistencias del concreto patrón y 5% de CBCA Chaparrastique.

No. de cilindro	Mezcla Patrón 5% de CBCA Chaparrastique	
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	170.83	150.03
2	169.71	162.73
3	157.16	132.72
PROM.	165.90	148.49
4	222.07	220.94
5	226.63	182.22
6	217.25	208.89
PROM.	221.98	204.02
7	271.77	240.05
8	289.67	230.82
9	290.07	232.55
10	292.41	225.05
PROM.	285.98	232.12

Fuente: Grupo de tesis.

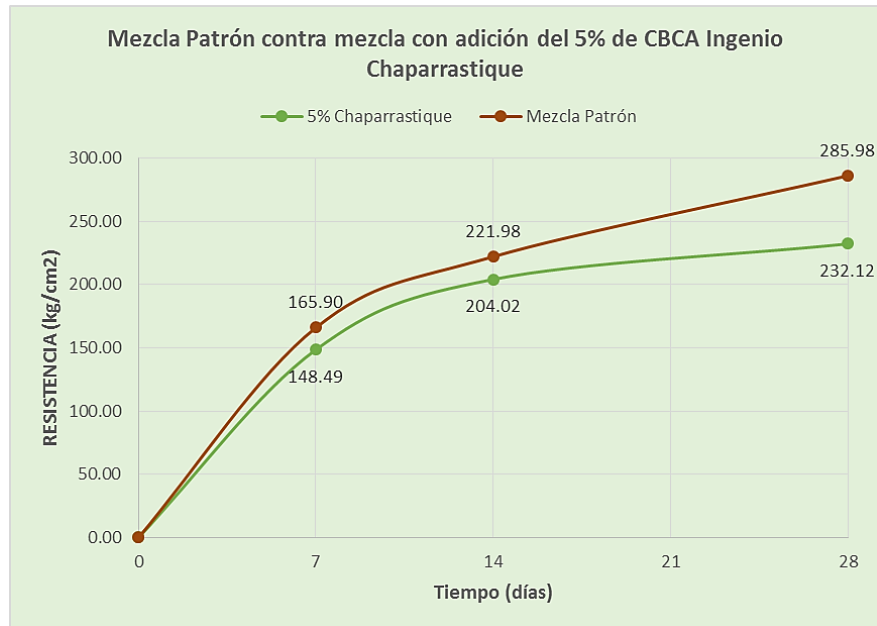


Gráfico 5-1 Curva de resistencia-tiempo del 5% de CBCA Ingenio Chaparrastique.

La tabla 5-12 y la gráfica 5-1 muestran que para el concreto convencional con las relación agua-cemento de 0.56, se logra alcanzar las resistencia especificada para dicha relación (210 kg/cm^2), y ningún resultado de prueba individual de resistencia está por debajo de f'_c por más de 35.7 kg/cm^2 (de acuerdo a la sección 5.6.3.3 del ACI 318).

Para el porcentaje del 5% de ceniza Ingenio Chaparrastique, se observa una disminución de resistencia con respecto a la patrón, pero de igual manera se logra alcanzar las resistencia especificada (210 kg/cm^2) para la relación agua cemento $a/c=0.56$. Y ningún resultado de prueba individual de resistencia está por debajo de f'_c por más de 35.7 kg/cm^2 .

Se observa que el concreto con 5% de ceniza Ingenio Chaparrastique en ninguna edad supera al concreto convencional, aunque los dos superen la resistencia especificada a los 28 días, se percibe una disminución en la resistencia del 23.20% de la mezcla con ceniza respecto a la patrón.



B. MEZCLA PATRÓN CONTRA MEZCLA DE 10% CBCA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE.

Los resultados a comparar de acuerdo a la tabla 5-13 son los promedios de las resistencias de los cilindros ensayados a los 7 días (No 1, 2, 3), a los 14 días (No 4, 5, 6) y a los 28 días (No 7, 8, 9, 10). De dichos valores se genera la gráfica 5-2 de la resistencia adquirida en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento de cada una de las mezclas.

Tabla 5-13 Resistencias del concreto patrón y 10% de CBCA Chaparrastique.

No. de cilindro	Mezcla Patrón	10% de CBCA Chaparrastique
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	170.83	162.97
2	169.71	166.27
3	157.16	173.11
PROM.	165.90	167.45
4	222.07	212.98
5	226.63	202.30
6	217.25	207.73
PROM.	221.98	207.67
7	271.77	211.84
8	289.67	221.41
9	290.07	218.98
10	292.41	213.51
PROM.	285.98	216.44

Fuente: Grupo de tesis.

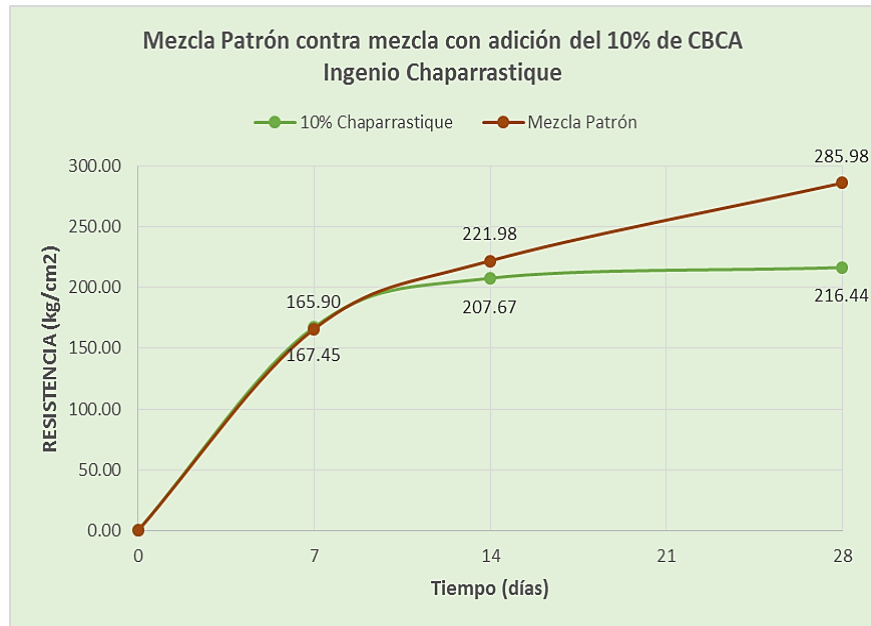


Gráfico 5-2 Curva de resistencia-tiempo del 10% de CBCA Ingenio Chaparrastique.

En la sección 5.2.1.1 se describe la aceptación de las resistencias del concreto convencional.

La tabla 5-13 y la gráfica 5-2 muestran que para el concreto con el porcentaje del 10% de ceniza Ingenio Chaparrastique, una disminución de resistencia con respecto a la patrón, pero de igual manera se logra alcanzar las resistencia especificada (210 kg/cm^2) para la relación agua cemento $a/c=0.56$. Y ningún resultado de prueba individual de resistencia está por debajo de $f'c$ por más de 35.7 kg/cm^2 .

Se observa que el concreto con 10% de ceniza Ingenio Chaparrastique, solo en la edad de 7 días supera al concreto convencional en un 0.93%, aunque los dos superen la resistencia especificada a los 28 días, se percibe una disminución en la resistencia del 32.13% de la mezcla con ceniza respecto a la patrón.



C. MEZCLA PATRÓN CONTRA MEZCLA DE 15% CBCA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE.

Los resultados a comparar de acuerdo a la tabla 5-14 son los promedios de las resistencias de los cilindros ensayados a los 7 días (No 1, 2, 3), a los 14 días (No 4, 5, 6) y a los 28 días (No 7, 8, 9, 10). De dichos valores se genera la gráfica 5-3 de la resistencia adquirida en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento de cada una de las mezclas.

Tabla 5-14 Resistencias del concreto patrón y 15% de CBCA Chaparrastique.

No. de cilindro	Mezcla Patrón	15% de CBCA Chaparrastique
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	170.83	153.74
2	169.71	156.95
3	157.16	148.05
PROM.	165.90	152.91
4	222.07	171.96
5	226.63	178.80
6	217.25	165.13
PROM.	221.98	171.96
7	271.77	188.12
8	289.67	184.49
9	290.07	190.42
10	292.41	184.65
PROM.	285.98	186.92

Fuente: Grupo de tesis.

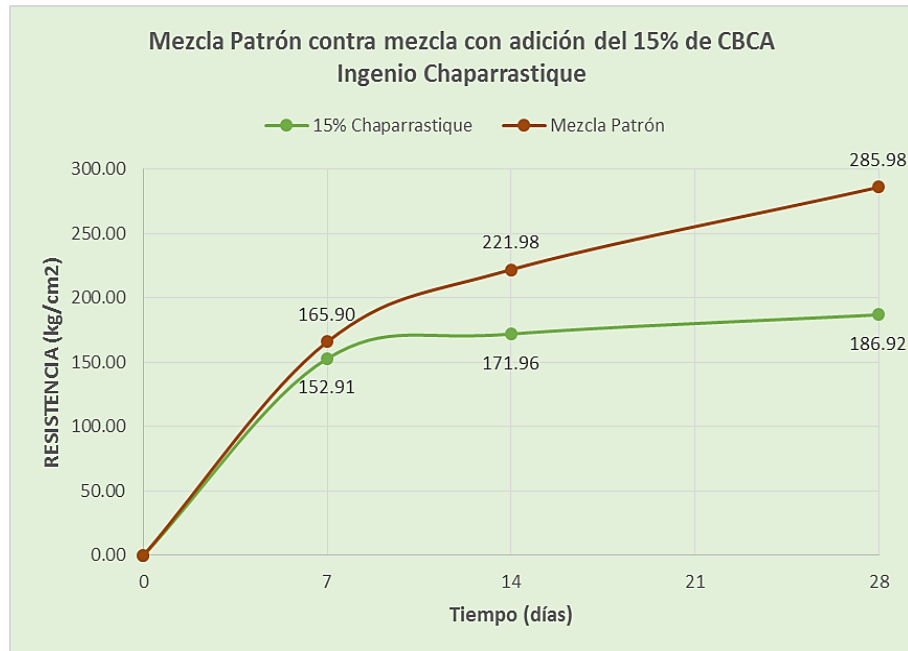


Gráfico 5-3 Curva de resistencia-tiempo del 15% de CBCA Ingenio Chaparrastique.

En la sección 5.2.1.1 se describe la aceptación de las resistencias del concreto convencional.

La tabla 5-14 y la gráfica 5-3 muestran que para el concreto con el porcentaje del 15% de ceniza Ingenio Chaparrastique, no logra alcanzar las resistencia especificada (210 kg/cm^2) para la relación agua cemento $a/c=0.56$. Quedando a 12.35% debajo de la resistencia especificada.

Se observa que el concreto con 15% de ceniza Ingenio Chaparrastique en ninguna edad supera al concreto convencional, se percibe una disminución en la resistencia a los 28 días del 53.0% de la mezcla con ceniza respecto a la patrón.



D. MEZCLA PATRÓN CONTRA MEZCLA DE 20% CBCA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE.

Los resultados a comparar de acuerdo a la tabla 5-15 son los promedios de las resistencias de los cilindros ensayados a los 7 días (No 1, 2, 3), a los 14 días (No 4, 5, 6) y a los 28 días (No 7, 8, 9, 10). De dichos valores se genera la gráfica 5-4 de la resistencia adquirida en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento de cada una de las mezclas.

Tabla 5-15 Resistencias del concreto patrón y 20% de CBCA Chaparrastique.

No. de cilindro	Mezcla Patrón	20% de CBCA Chaparrastique
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	170.83	163.06
2	169.71	160.05
3	157.16	147.48
PROM.	165.90	156.86
4	222.07	169.71
5	226.63	176.57
6	217.25	173.11
PROM.	221.98	173.13
7	271.77	184.65
8	289.67	182.34
9	290.07	180.04
10	292.41	170.81
PROM.	285.98	179.46

Fuente: Grupo de tesis.

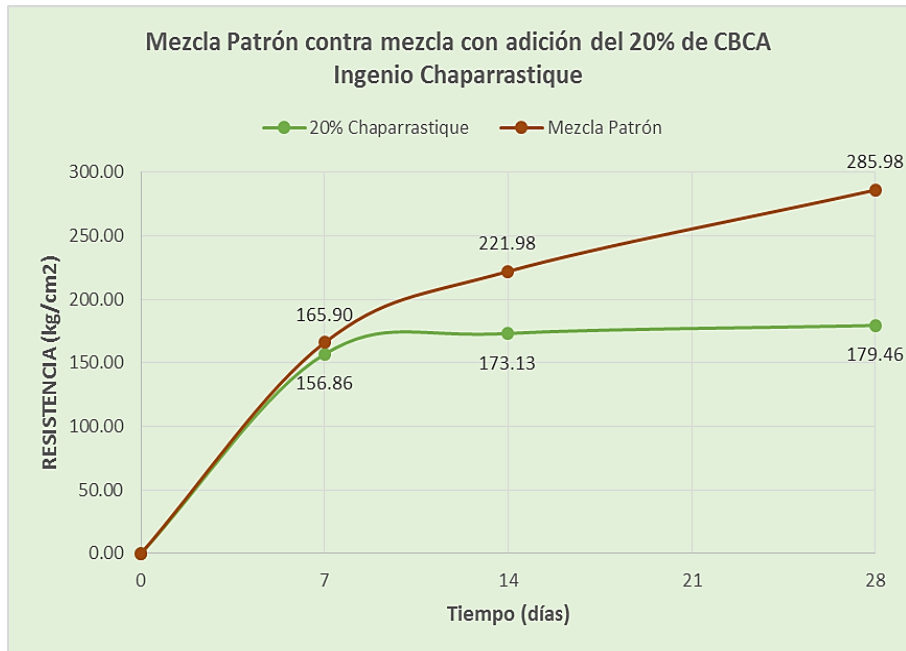


Gráfico 5-4 Curva de resistencia-tiempo del 20% de CBCA Ingenio Chaparrastique.

En la sección 5.2.1.1 se describe la aceptación de las resistencias del concreto convencional.

La tabla 5-15 y la gráfica 5-4 muestran que para el concreto con el porcentaje del 20% de ceniza Ingenio Chaparrastique, no logra alcanzar las resistencia especificada (210 kg/cm^2) para la relación agua cemento $a/c=0.56$. Quedando a 17.02% debajo de la resistencia especificada.

Se observa que el concreto con 20% de ceniza Ingenio Chaparrastique en ninguna edad supera al concreto convencional, se percibe una disminución en la resistencia a los 28 días del 59.36% de la mezcla con ceniza respecto a la patrón.

5.2.3 COMPARACIÓN ENTRE LA MEZCLA PATRÓN Y LAS MEZCLAS CON CENIZAS DEL INGENIO JIBOA

Teniendo como punto de referencia los objetivos y alcances de la investigación se realiza un análisis comparativo entre la mezcla patrón y las mezclas con



cenizas del Ingenio Jiboa de acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en la sección 5.1.4.

La mezcla patrón será comparada con las mezcla del 5% al 25% de cenizas del Ingenio Jiboa, dado que todas fueron hechas con las mismas condiciones de acuerdo a la relación agua- cemento ($a/c= 0.56$), siendo así que la mezcla del 30% de cenizas es excluida del análisis por ser elaborada con distinta relación a/c .

A. MEZCLA PATRÓN Y MEZCLA DE 5% CBCA DEL INGENIO JIBOA

Los resultados a comparar de acuerdo a la tabla 5-16 son los promedios de las resistencias de los cilindros ensayados a los 7 días (No 1, 2, 3), a los 14 días (No 4, 5, 6) y a los 28 días (No 7, 8, 9, 10). De dichos valores se genera la gráfica 5-5 de la resistencia adquirida en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento de cada una de las mezclas.

Tabla 5-16 Resistencias del concreto patrón y 5% de CBCA Jiboa

No. de cilindro	Mezcla Patrón	5% de CBCA Jiboa
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	170.83	170.83
2	169.71	173.10
3	157.16	167.34
PROM.	165.90	170.42
4	222.07	210.53
5	226.63	210.04
6	217.25	201.96
PROM.	221.98	207.51
7	271.77	244.09
8	289.67	232.55
9	290.07	252.64
10	292.41	233.70
PROM.	285.98	240.75

Fuente: Grupo de tesis.

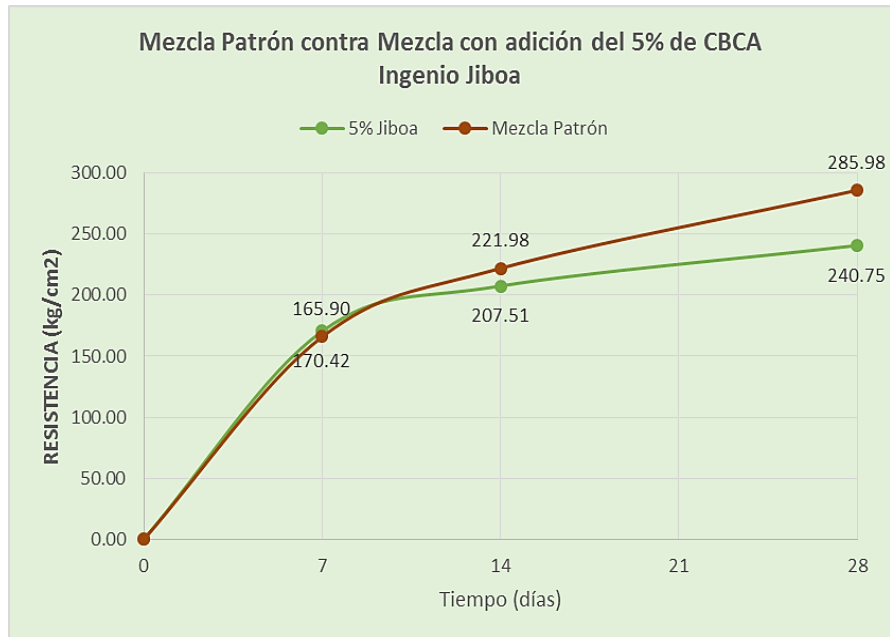


Gráfico 5-5 Curva de resistencia-tiempo del 5% de CBCA Ingenio Jiboa.

En la sección 5.2.1.1 se describe la aceptación de las resistencias del concreto convencional.

La tabla 5-16 y la gráfica 5-5 muestran que para el concreto con el porcentaje del 5% de ceniza del Ingenio Jiboa, una disminución de resistencia con respecto a la patrón, pero de igual manera se logra alcanzar las resistencia especificada (210 kg/cm^2) para la relación agua cemento $a/c=0.56$. Y ningún resultado de prueba individual de resistencia está por debajo de $f'c$ por más de 35.7 kg/cm^2 .

Se observa que el concreto con 5% de ceniza del Ingenio Jiboa, solo en la edad de 7 días supera al concreto convencional en un 2.72%, aunque los dos superen la resistencia especificada a los 28 días, se percibe una disminución en la resistencia del 18.79% de la mezcla con ceniza respecto a la patrón.

B. MEZCLA PATRÓN Y MEZCLA DE 10% CBCA DEL INGENIO JIBOA

Los resultados a comparar de acuerdo a la tabla 5-17 son los promedios de las resistencias de los cilindros ensayados a los 7 días (No 1, 2, 3), a los 14 días (No



4, 5, 6) y a los 28 días (No 7, 8, 9, 10). De dichos valores se genera la gráfica 5-6 de la resistencia adquirida en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento de cada una de las mezclas.

Tabla 5-17 Resistencias del concreto patrón y 10% de CBCA Jiboa.

No. de cilindro	Mezcla Patrón	10% de CBCA Jiboa
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	170.83	176.52
2	169.71	166.19
3	157.16	186.96
PROM.	165.90	176.56
4	222.07	175.44
5	226.63	195.99
6	217.25	194.12
PROM.	221.98	188.52
7	271.77	205.36
8	289.67	222.16
9	290.07	221.51
10	292.41	222.07
PROM.	285.98	217.78

Fuente: Grupo de tesis

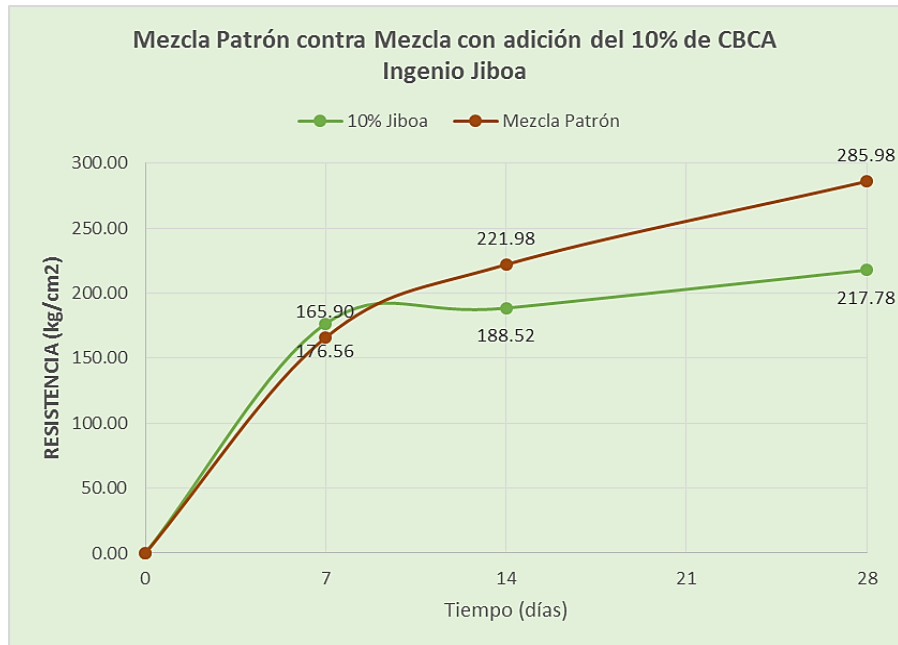


Gráfico 5-6 Curva de resistencia-tiempo del 10% de CBCA Ingenio Jiboa.

En la sección 5.2.1.1 se describe la aceptación de las resistencias del concreto convencional.

La tabla 5-17 y la gráfica 5-6 muestran que para el concreto con el porcentaje del 10% de ceniza del Ingenio Jiboa, una disminución de resistencia con respecto a la patrón, pero de igual manera se logra alcanzar las resistencia especificada (210 kg/cm^2) para la relación agua cemento $a/c=0.56$. Y ningún resultado de prueba individual de resistencia está por debajo de $f'c$ por más de 35.7 kg/cm^2 .

Se observa que el concreto con 10% de ceniza del Ingenio Jiboa, solo en la edad de 7 días supera al concreto convencional en un 6.42%, aunque los dos superen la resistencia especificada a los 28 días, se percibe una disminución en la resistencia del 31.32% de la mezcla con ceniza respecto a la patrón.

C. MEZCLA PATRÓN Y MEZCLA DE 15% CBCA DEL INGENIO JIBOA.

Los resultados a comparar de acuerdo a la tabla 5-18 son los promedios de las resistencias de los cilindros ensayados a los 7 días (No 1, 2, 3), a los 14 días (No



4, 5, 6) y a los 28 días (No 7, 8, 9, 10). De dichos valores se genera la gráfica 5-7 de la resistencia adquirida en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento de cada una de las mezclas.

Tabla 5-18 Resistencias del concreto patrón y 15% de CBCA Jiboa.

No. de cilindro	Mezcla Patrón	15% de CBCA Jiboa
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	170.83	152.05
2	169.71	126.95
3	157.16	146.20
PROM.	165.90	141.73
4	222.07	191.82
5	226.63	202.16
6	217.25	187.14
PROM.	221.98	193.71
7	271.77	209.47
8	289.67	215.80
9	290.07	220.50
10	292.41	206.00
PROM.	285.98	212.94

Fuente: Grupo de tesis

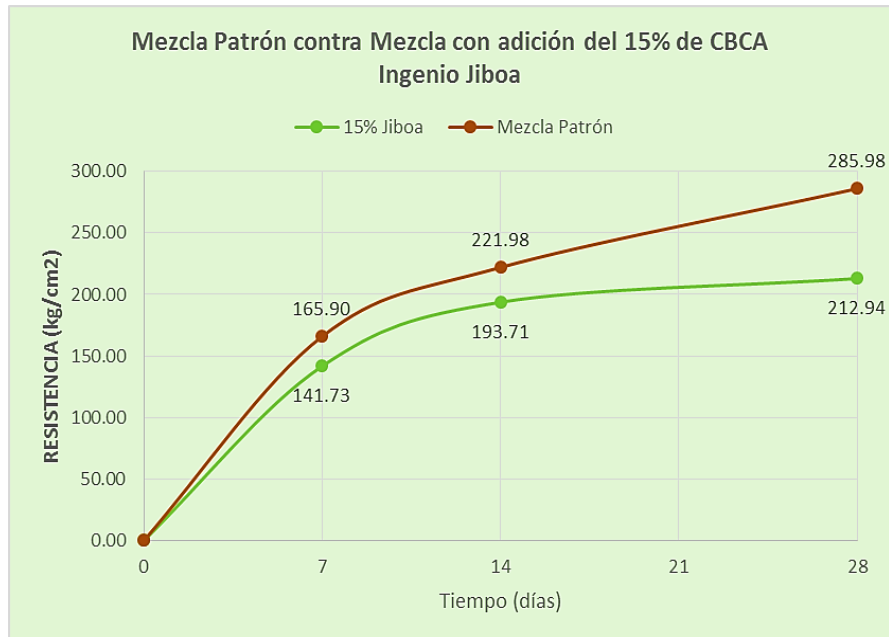


Gráfico 5-7 Curva de resistencia-tiempo del 15% de CBCA Ingenio Jiboa.

En la sección 5.2.1.1 se describe la aceptación de las resistencias del concreto convencional.

La tabla 5-18 y la gráfica 5-7 muestran que para el concreto con el porcentaje del 15% de ceniza del Ingenio Jiboa, una disminución de resistencia con respecto a la patrón, pero de igual manera se logra alcanzar las resistencia especificada (210 kg/cm^2) para la relación agua cemento $a/c=0.56$. Y ningún resultado de prueba individual de resistencia está por debajo de $f'c$ por más de 35.7 kg/cm^2 .

Se observa que el concreto con 15% de ceniza del Ingenio Jiboa en ninguna edad supera al concreto convencional, aunque los dos superen la resistencia especificada a los 28 días, se percibe una disminución en la resistencia del 34.30% de la mezcla con ceniza respecto a la patrón.

D. MEZCLA PATRÓN Y MEZCLA DE 20% CBCA DEL INGENIO JIBOA

Los resultados a comparar de acuerdo a la tabla 5-19 son los promedios de las resistencias de los cilindros ensayados a los 7 días (No 1, 2, 3), a los 14 días (No



4, 5, 6) y a los 28 días (No 7, 8, 9, 10). De dichos valores se genera la gráfica 5-8 de la resistencia adquirida en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento de cada una de las mezclas.

Tabla 5-19 Resistencia del concreto patrón y 20% de CBCA Jiboa.

No. de cilindro	Mezcla Patrón	20% de CBCA Jiboa
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	170.83	133.75
2	169.71	137.80
3	157.16	120.44
PROM.	165.90	130.66
4	222.07	151.97
5	226.63	153.29
6	217.25	165.61
PROM.	221.98	156.96
7	271.77	166.76
8	289.67	170.80
9	290.07	169.07
10	292.41	160.82
PROM.	285.98	166.86

Fuente: Grupo de tesis

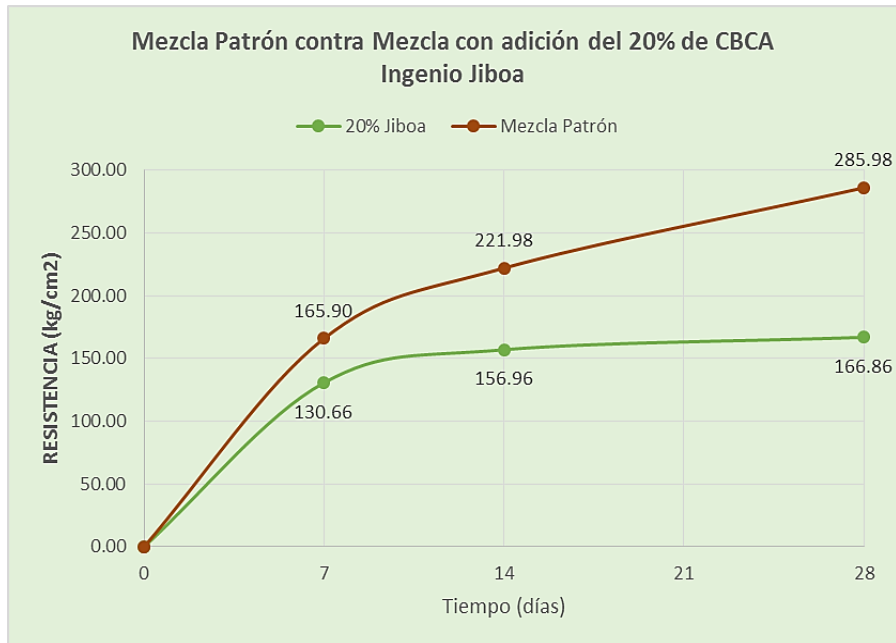


Gráfico 5-8 Curva de resistencia-tiempo del 20% de CBCA Ingenio Jiboa.

En la sección 5.2.1.1 se describe la aceptación de las resistencias del concreto convencional.

La tabla 5-19 y la gráfica 5-8 muestran que para el concreto con el porcentaje del 20% de ceniza del Ingenio Jiboa, no logra alcanzar las resistencia especificada (210 kg/cm^2) para la relación agua cemento $a/c=0.56$. Quedando a 25.85% debajo de la resistencia especificada.

Se observa que el concreto con 20% de ceniza del Ingenio Jiboa en ninguna edad supera al concreto convencional, se percibe una disminución en la resistencia a los 28 días del 71.39% de la mezcla con ceniza respecto a la patrón.

E. MEZCLA PATRÓN Y MEZCLA DE 25% CBCA DEL INGENIO JIBOA

Los resultados a comparar de acuerdo a la tabla 5-20 son los promedios de las resistencias de los cilindros ensayados a los 7 días (No 1, 2, 3), a los 14 días (No 4, 5, 6) y a los 28 días (No 7, 8, 9, 10). De dichos valores se genera la gráfica 5-



9 de la resistencia adquirida en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento de cada una de las mezclas.

Tabla 5-20 Resistencias del concreto patrón y 25% de CBCA Jiboa

No. de cilindro	Mezcla Patrón	25% de CBCA Jiboa
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	170.83	150.88
2	169.71	150.03
3	157.16	138.49
PROM.	165.90	146.47
4	222.07	153.49
5	226.63	155.80
6	217.25	154.65
PROM.	221.98	154.65
7	271.77	160.82
8	289.67	160.42
9	290.07	157.53
10	292.41	165.03
PROM.	285.98	160.95

Fuente: Grupo de tesis.

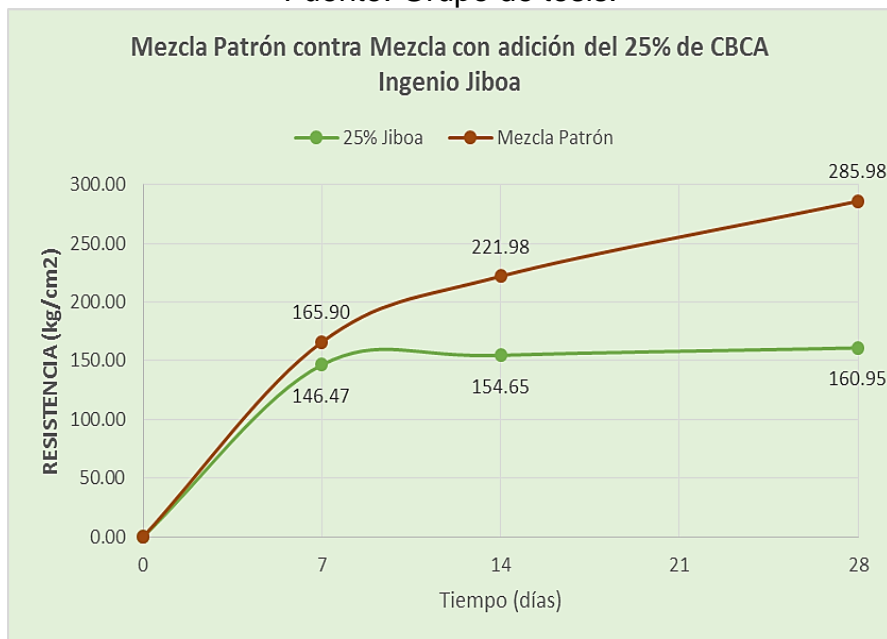


Gráfico 5-9 Curva de resistencia-tiempo del 25% de CBCA Ingenio Jiboa.



En la sección 5.2.1.1 se describe la aceptación de las resistencias del concreto convencional.

La tabla 5-20 y la gráfica 5-9 muestran que para el concreto con el porcentaje del 25% de ceniza del Ingenio Jiboa, no logra alcanzar la resistencia especificada (210 kg/cm^2) para la relación agua cemento $a/c=0.56$. Quedando a 30.48% debajo de la resistencia especificada.

Se observa que el concreto con 25% de ceniza del Ingenio Jiboa en ninguna edad supera al concreto convencional, se percibe una disminución en la resistencia a los 28 días del 77.68% de la mezcla con ceniza respecto a la patrón.

5.2.4 COMPARACIÓN ENTRE LAS MEZCLAS CON CENIZA INGENIO CHAPARRASTIQUE Y LAS MEZCLAS CON CENIZAS DEL INGENIO JIBOA

Teniendo como punto de referencia los objetivos y alcances de la investigación se realiza un análisis comparativo entre la mezclas con cenizas del Ingenio Chaparrastique y las del Ingenio Jiboa de acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en la sección 5.1.4.

Las mezclas con cenizas del Ingenio Chaparrastique y las del Ingenio Jiboa serán comparadas entre sí, con los mismos porcentajes de concentración de cenizas, la comparación se hará de los porcentajes del 5% al 20% dado que todas fueron hechas con las mismas condiciones de acuerdo a la relación agua- cemento ($a/c=0.56$), siendo así que las mezclas del 25% y 30% de cenizas son excluidas del análisis por ser elaboradas con distinta relación a/c .

A. MEZCLA 5% CBCA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE Y MEZCLA 5% CBCA DEL INGENIO JIBOA

En base a los promedios de resistencias de la tabla 5-21 se genera la gráfica comparativa de resistencias en las distintas edades, con el fin de ver el



comportamiento del concreto con sustitución del 5% de cemento por CBCA de ambos Ingenios en estudio.

Tabla 5-21 Resistencias del concreto 5% de CBCA Chaparrastique y Jiboa.

No. de cilindro	5% de CBCA Chaparrastique	5% de CBCA Jiboa
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	150.03	170.83
2	162.73	173.10
3	132.72	167.34
PROM.	148.49	170.42
4	220.94	210.53
5	182.22	210.04
6	208.89	201.96
PROM.	204.02	207.51
7	240.05	244.09
8	230.82	232.55
9	232.55	252.64
10	225.05	233.70
PROM.	232.12	240.75

Fuente: Grupo de tesis.

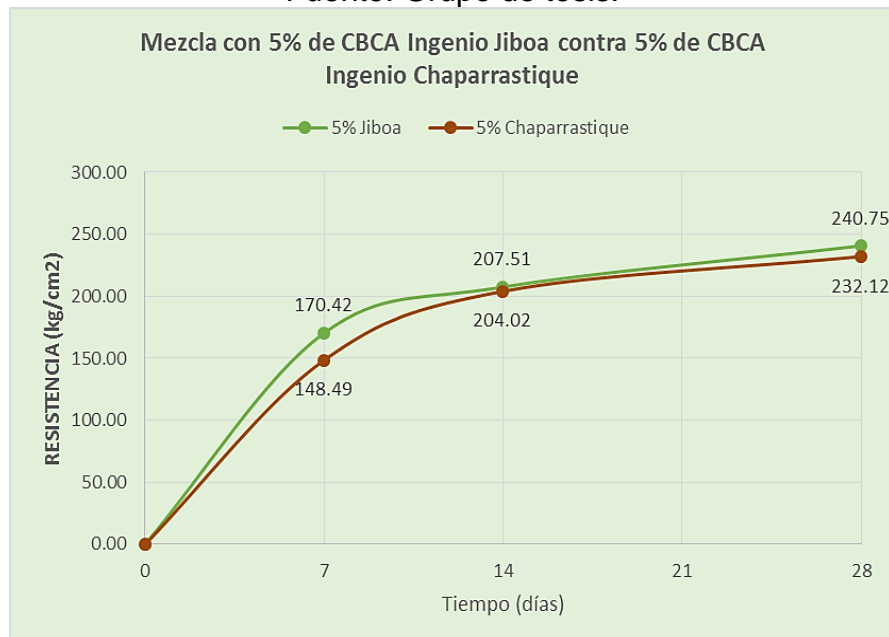


Gráfico 5-10 Curva de resistencia-tiempo del 5% de CBCA entre Ingenios.



Se observa que el concreto con cenizas del Ingenio Chaparrastique en ninguna edad supera al concreto con cenizas del Ingenio Jiboa, aunque los dos superen la resistencia especificada a los 28 días, se percibe mayor resistencia a los 28 días del concreto del Ingenio Jiboa con una diferencia del 3.72% del concreto del Ingenio Chaparrastique.

B. MEZCLA 10% CBCA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE Y MEZCLA 10% CBCA DEL INGENIO JIBOA

En base a los promedios de resistencias de la tabla 5-22 se genera la gráfica comparativa de resistencias en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento del concreto con sustitución del 10% de cemento por CBCA de ambos Ingenios en estudio.

Tabla 5-22 Resistencias del concreto 10% de CBCA Chaparrastique y Jiboa.

No. de cilindro	10% de CBCA Chaparrastique	10% de CBCA Jiboa
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	162.97	176.52
2	166.27	166.19
3	173.11	186.96
PROM.	167.45	176.56
4	212.98	175.44
5	202.30	195.99
6	207.73	194.12
PROM.	207.67	188.52
7	211.84	205.36
8	221.41	222.16
9	218.98	221.51
10	213.51	222.07
PROM.	216.44	217.78

Fuente: Grupo de tesis.

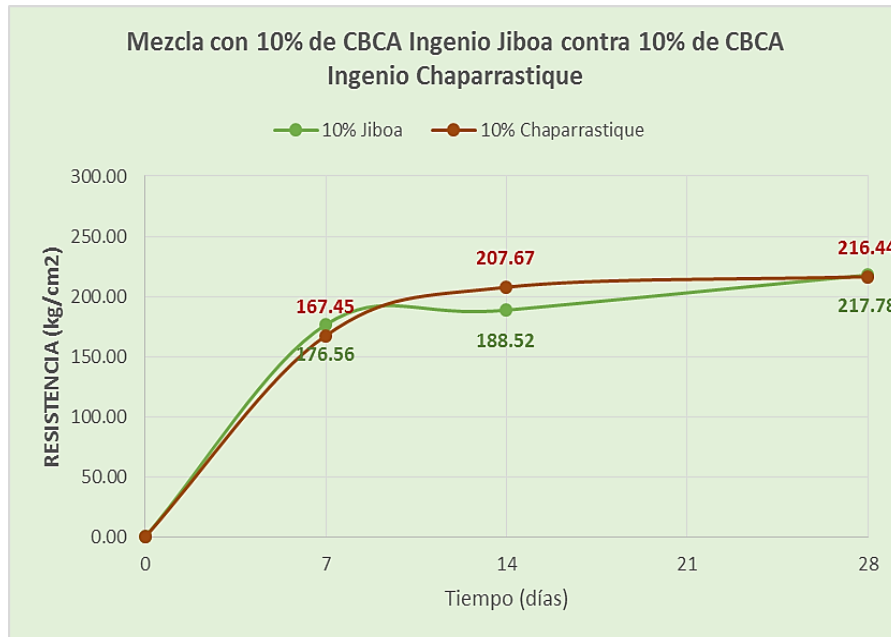


Gráfico 5-11 Curva de resistencia-tiempo del 10% de CBCA entre Ingenios.

Se observa que el concreto con cenizas del Ingenio Chaparrastique solo en la edad de 14 supera al concreto con cenizas del Ingenio Jiboa en un 10.16%, aunque los dos superen la resistencia especificada a los 28 días, se percibe mayor resistencia a los 28 días del concreto del Ingenio Jiboa con una diferencia del 0.62% del concreto del Ingenio Chaparrastique.

C. MEZCLA 15% CBCA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE Y MEZCLA 15% CBCA DEL INGENIO JIBOA

En base a los promedios de resistencias de la tabla 5-23 se genera la gráfica comparativa de resistencias en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento del concreto con sustitución del 15% de cemento por CBCA de ambos Ingenios en estudio.



Tabla 5-23 Resistencias del concreto 15% de CBCA Chaparrastique y Jiboa.

No. de cilindro	15% de CBCA Chaparrastique	15% de CBCA Jiboa
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	153.74	152.05
2	156.95	126.95
3	148.05	146.20
PROM.	152.91	141.73
4	171.96	191.82
5	178.80	202.16
6	165.13	187.14
PROM.	171.96	193.71
7	188.12	209.47
8	184.49	215.80
9	190.42	220.50
10	184.65	206.00
PROM.	186.92	212.94

Fuente: Grupo de tesis.

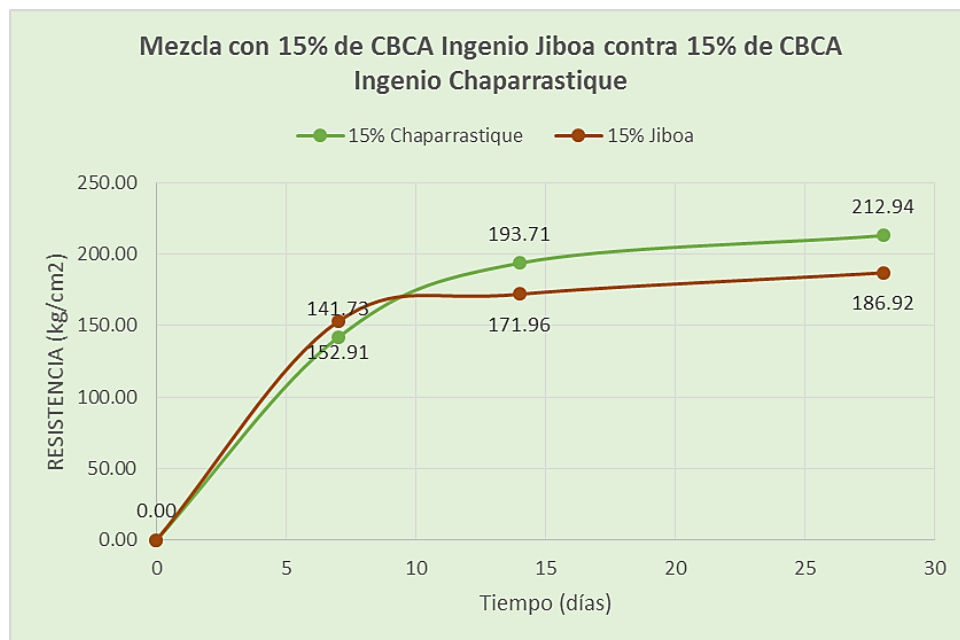


Gráfico 5-12 Curva de resistencia-tiempo del 15% de CBCA entre Ingenios.



Se observa que el concreto con cenizas del Ingenio Chaparrastique solo en la edad de 7 supera al concreto con cenizas del Ingenio Jiboa en un 7.31%, notándose que solo el concreto con ceniza del Ingenio Jiboa supera la resistencia especificada a los 28 días, se percibe una diferencia del 13.92% entre las resistencia a los 28 días del concreto del Ingenio Jiboa con el concreto del Ingenio Chaparrastique.

D. MEZCLA 20% CBCA DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE Y MEZCLA 20% CBCA DEL INGENIO JIBOA

En base a los promedios de resistencias de la tabla 5-24 se genera la gráfica comparativa de resistencias en las distintas edades, con el fin de ver el comportamiento del concreto con sustitución del 20% de cemento por CBCA de ambos Ingenios en estudio.

Tabla 5-24 Resistencias del concreto 20% de CBCA Chaparrastique y Jiboa.

No. de cilindro	20% de CBCA Chaparrastique	20% de CBCA Jiboa
	Resistencia(kg/cm ²)	
1	163.06	133.75
2	160.05	137.80
3	147.48	120.44
PROM.	156.86	130.66
4	169.71	151.97
5	176.57	153.29
6	173.11	165.61
PROM.	173.13	156.96
7	184.65	166.76
8	182.34	170.80
9	180.04	169.07
10	170.81	160.82
PROM.	179.46	166.86

Fuente: Grupo de tesis.

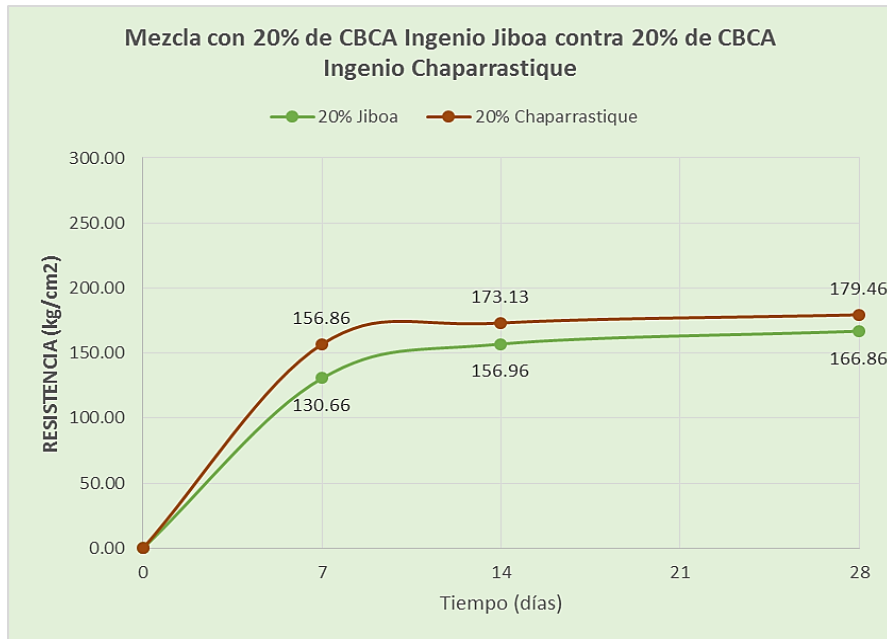


Gráfico 5-13 Curva de resistencia-tiempo del 20% de CBCA entre Ingenios.

Se observa que el concreto con cenizas del Ingenio Jiboa en ninguna edad supera al concreto con cenizas del Ingenio Chaparrastique, además ninguno de los dos superan la resistencia especificada a los 28 días, y se percibe mayor resistencia a los 28 días del concreto del Ingenio Chaparrastique con una diferencia del 7.55% del concreto del Ingenio Jiboa.



CAPÍTULO VI

6.0 PROPUESTA



6.0. PROPUESTA

A partir de los resultados de las resistencias obtenidas se procede a hacer una propuesta donde se determinará el costo directo del concreto convencional así como también el de las mezclas con cenizas (5% y 10% del Ingenio Chaparrastique; 5%, 10% y 15% del Ingenio Jiboa), además se detallará, al usar cenizas parcialmente por cemento, la disminución que hay en los gases de efecto invernadero que se producen en la fabricación de cemento, cabe mencionar que en dicho detalle no es incluido la emisión de CO_2 por no tener la contaminación de este por metro cúbico de cemento fabricado.

Las mezclas con cenizas acordes a sus resistencias se especifican para qué elementos constructivos puede ser usado, para así hacer una comparación entre los concretos que pueden ser usados estructuralmente, y con esto determinar el concreto con porcentaje de ceniza óptimo, tomando como base que el concreto iguale o mejore la resistencia especificada (210 kg/cm^2), además el costo del concreto y el que proporcione menor contaminación ambiental.

6.1 COSTO DIRECTO UNITARIO

6.1.1 CONCRETO CONVENCIONAL

Para obtener el costo directo del concreto convencional se tomará el precio de mercado actual del cemento, además el precio de los agregados acorde a lo establecido por la cantera en donde se adquirieron, con respecto al precio del agua se toma como parámetro la propuesta del estudio “Estudio técnico de la goma triturada como agregado en el diseño de mezclas de concreto y mortero tipo m y s para obras civiles”, para establecerlo. El costo de mano de obra y el costo por las herramientas y equipo utilizado se detallan en el anexo 13.



Tabla 6-1 Costo del metro cúbico del concreto convencional

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Cemento	Bolsas	8.61	\$8.50	\$73.22
Arena	m ³	0.30	\$20.00	\$5.92
Grava	m ³	0.37	\$25.00	\$9.16
Agua	m ³	0.23	\$12.50	\$2.92
PRECIO UNITARIO DE MATERIALES (A)				\$91.21
MANO DE OBRA				
Albañil	c/u	1	\$10.50	\$10.50
Auxiliar	c/u	1	\$8.50	\$8.50
PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA (B)				\$19.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPO				
Concretera	c/u	1	\$15.00	\$15.00
Pala	c/u	1	\$0.08	\$0.08
Cuchara de Albañil	c/u	1	\$0.19	\$0.19
Balde	c/u	1	\$0.04	\$0.04
Carretilla	c/u	1	\$0.44	\$0.44
PRECIO UNITARIO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO (C)				\$15.75
PRECIO UNITARIO (A+B+C)				\$125.96

Fuente: Grupo de tesis.

El costo directo de un metro cúbico de concreto convencional es de \$125.96, teniendo en cuenta que la resistencia promedio es de 285.98 kg/cm^2 para un diseño de mezcla con una resistencia especificada de 210 kg/cm^2 .

6.1.2 CONCRETO CON CENIZAS DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

El costo directo del concreto con sustitución de cemento por cenizas del Ingenio Chaparrastique, solo es válido para este estudio dado que en el costo de la ceniza es tomado en cuenta el acarreo de este material, donde es para una distancia de 14 km entre el Ingenio y el lugar de fabricación del concreto (Cantón San Antonio Silva, San Miguel). La determinación del costo directo de este tipo de concreto se hace con la finalidad de comprobar que hay un ahorro en la fabricación y utilización del mismo.



6.1.2.1 CONCRETO CON 5% CBCA

Para el costo directo del concreto con 5% de CBCA del Ingenio Chaparrastique, se toma el mismo precio de los materiales usados en el concreto convencional, en el caso de la ceniza se establece un precio de \$2.42 por saco (42.5 kg), el detalle de la determinación del precio de dicho material se presenta en el anexo 10.

Tabla 6-2 Costo del metro cúbico de concreto hidráulico con 5% CBCA del Ingenio Chaparrastique

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Cemento	Bolsas	8.18	\$8.50	\$69.56
Arena	m ³	0.30	\$20.00	\$5.92
Grava	m ³	0.37	\$25.00	\$9.16
Agua	m ³	0.23	\$12.50	\$2.92
Ceniza	Bolsas	0.43	\$2.42	\$1.04
PRECIO UNITARIO DE MATERIALES (A)				\$88.60
MANO DE OBRA				
Albañil	c/u	1	\$10.50	\$10.50
Auxiliar	c/u	1	\$8.50	\$8.50
PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA (B)				\$19.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPO				
Concreteira	c/u	1	\$15.00	\$15.00
Pala	c/u	1	\$0.08	\$0.08
Cuchara de Albañil	c/u	1	\$0.19	\$0.19
Balde	c/u	1	\$0.04	\$0.04
Carretilla	c/u	1	\$0.44	\$0.44
PRECIO UNITARIO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO (C)				\$15.75
PRECIO UNITARIO (A+B+C)				\$123.35

Fuente: Grupo de tesis.

El costo de un metro cúbico de concreto con 5% de ceniza del Ingenio Chaparrastique es de \$123.35, teniendo en cuenta que la resistencia promedio es de 232.12 kg/cm^2 para un diseño de mezcla con una resistencia especificada de 210 kg/cm^2 .



6.1.2.2 CONCRETO CON 10% CBCA

Para el costo del concreto con 10% de CBCA del Ingenio Chaparrastique, se toman los mismos precios de los materiales usados en el concreto con 5% de ceniza.

Tabla 6-3 Costo del metro cúbico de concreto hidráulico con 10% CBCA del Ingenio Chaparrastique

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Cemento	Bolsas	7.75	\$8.50	\$65.90
Arena	m ³	0.30	\$20.00	\$5.92
Grava	m ³	0.37	\$25.00	\$9.16
Agua	m ³	0.23	\$12.50	\$2.92
Ceniza	Bolsas	0.86	\$2.42	\$2.08
PRECIO UNITARIO DE MATERIALES (A)				\$85.98
MANO DE OBRA				
Albañil	c/u	1	\$10.50	\$10.50
Auxiliar	c/u	1	\$8.50	\$8.50
PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA (B)				\$19.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPO				
Concreteira	c/u	1	\$15.00	\$15.00
Pala	c/u	1	\$0.08	\$0.08
Cuchara de Albañil	c/u	1	\$0.19	\$0.19
Balde	c/u	1	\$0.04	\$0.04
Carretilla	c/u	1	\$0.44	\$0.44
PRECIO UNITARIO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO (C)				\$15.75
PRECIO UNITARIO (A+B+C)				\$120.73

Fuente: Grupo de tesis.

El costo de un metro cúbico de concreto con 10% de ceniza del Ingenio Chaparrastique es de \$120.73, teniendo en cuenta que la resistencia promedio es de 216.44 kg/cm^2 para un diseño de mezcla con una resistencia especificada de 210 kg/cm^2 .



6.1.3 CONCRETO CON CENIZAS DEL INGENIO JIBOA

El costo directo del concreto con sustitución de cemento por cenizas del Ingenio Jiboa, solo es válido para este estudio dado que en el costo de la ceniza es tomado en cuenta el acarreo de este material, donde es para una distancia de 84 km entre el Ingenio y el lugar de fabricación del concreto (Cantón San Antonio Silva, San Miguel).

6.1.3.1 CONCRETO CON 5% CBCA

Para el costo del concreto con 5% de CBCA del Ingenio Jiboa, se toma el mismo precio de los materiales usados en el concreto convencional, en el caso de la ceniza se establece un precio de \$2.75 por saco (42.5 kg).

Tabla 6-4 Costo del metro cúbico de concreto con 5% CBCA del Ingenio Jiboa

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Cemento	Bolsas	8.18	\$8.50	\$69.56
Arena	m ³	0.30	\$20.00	\$5.92
Grava	m ³	0.37	\$25.00	\$9.16
Agua	m ³	0.23	\$12.50	\$2.92
Ceniza	Bolsas	0.43	\$2.75	\$1.18
PRECIO UNITARIO DE MATERIALES (A)				\$88.74
MANO DE OBRA				
Albañil	c/u	1	\$10.50	\$10.50
Auxiliar	c/u	1	\$8.50	\$8.50
PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA (B)				\$19.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPO				
Concreteira	c/u	1	\$15.00	\$15.00
Pala	c/u	1	\$0.08	\$0.08
Cuchara de Albañil	c/u	1	\$0.19	\$0.19
Balde	c/u	1	\$0.04	\$0.04
Carretilla	c/u	1	\$0.44	\$0.44
PRECIO UNITARIO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO (C)				\$15.75
PRECIO UNITARIO (A+B+C)				\$123.49

Fuente: Grupo de tesis.



El costo de un metro cúbico de concreto con 5% de ceniza del Ingenio Jiboa es de \$123.49, teniendo en cuenta que la resistencia promedio es de 240.75 kg/cm^2 para un diseño de mezcla con una resistencia especificada de 210 kg/cm^2 .

6.1.3.2 CONCRETO CON 10% CBCA

Para el costo del concreto con 10% de CBCA del Ingenio Jiboa, se toman los mismos precios de los materiales usados en el concreto con 5% de ceniza.

Tabla 6-5 Costo del metro cúbico de concreto con 10% CBCA del Ingenio Jiboa

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Cemento	Bolsas	7.75	\$8.50	\$65.90
Arena	m ³	0.30	\$20.00	\$5.92
Grava	m ³	0.37	\$25.00	\$9.16
Agua	m ³	0.23	\$12.50	\$2.92
Ceniza	Bolsas	0.86	\$2.75	\$2.37
PRECIO UNITARIO DE MATERIALES (A)				\$86.26
MANO DE OBRA				
Albañil	c/u	1	\$10.50	\$10.50
Auxiliar	c/u	1	\$8.50	\$8.50
PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA (B)				\$19.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPO				
Concreteira	c/u	1	\$15.00	\$15.00
Pala	c/u	1	\$0.08	\$0.08
Cuchara de Albañil	c/u	1	\$0.19	\$0.19
Balde	c/u	1	\$0.04	\$0.04
Carretilla	c/u	1	\$0.44	\$0.44
PRECIO UNITARIO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO (C)				\$15.75
PRECIO UNITARIO (A+B+C)				\$121.01

Fuente: Grupo de tesis.

El costo de un metro cúbico de concreto con 10% de ceniza del Ingenio Jiboa es de \$121.01, teniendo en cuenta que la resistencia promedio es de 217.78 kg/cm^2 para un diseño de mezcla con una resistencia especificada de 210 kg/cm^2 .



6.1.3.3 CONCRETO CON 15% CBCA

Para el costo del concreto con 15% de CBCA del Ingenio Jiboa, se toman los mismos precios de los materiales usados en el concreto con 5% de ceniza.

Tabla 6-6 Costo del metro cúbico de concreto con 15% CBCA Ingenio Jiboa

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Cemento	bolsas	7.32	\$8.50	\$62.24
Arena	m ³	0.30	\$20.00	\$5.92
Grava	m ³	0.37	\$25.00	\$9.16
Agua	m ³	0.23	\$12.50	\$2.92
Ceniza	bolsas	1.29	\$2.75	\$3.55
PRECIO UNITARIO DE MATERIALES (A)				\$83.78
MANO DE OBRA				
Albañil	c/u	1	\$10.50	\$10.50
Auxiliar	c/u	1	\$8.50	\$8.50
PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA (B)				\$19.00
HERRAMIENTAS Y EQUIPO				
Concreteira	c/u	1	\$15.00	\$15.00
Pala	c/u	1	\$0.08	\$0.08
Cuchara de Albañil	c/u	1	\$0.19	\$0.19
Balde	c/u	1	\$0.04	\$0.04
Carretilla	c/u	1	\$0.44	\$0.44
PRECIO UNITARIO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO (C)				\$15.75
PRECIO UNITARIO (A+B+C)				\$118.53

Fuente: Grupo de tesis.

El costo de un metro cúbico de concreto con 15% de ceniza del Ingenio Jiboa es de \$118.53, teniendo en cuenta que la resistencia promedio es de 212.94 kg/cm^2 para un diseño de mezcla con una resistencia especificada de 210 kg/cm^2 .



6.2 GASES EMITIDOS EN LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO

En base al informe social de Holcim presentado en el 2014, se logran conocer unos gases de efecto invernadero, como el óxido de azufre de anhídrido sulfuroso (SO_2) y el óxido de nitrógeno NO_x .

Los datos de la emisión de dichos gases por metro cúbico de cemento producido son presentados en el anexo 11.

En la tabla 6-7 se presentan las cantidades de gases emanados para el cemento necesario para hacer un metro cúbico de concreto, sabiendo que la emisión de óxido de nitrógeno es de 10.62 mg/Nbolsa y la del óxido de azufre es de 0.12 mg/Nbolsa (el cálculo de dichos datos se presentan en el anexo 12).

Tabla 6-7 Emisión de óxido de azufre y óxido de nitrógeno por el cemento utilizado en cada proporción

Mezcla	Cemento (Bolsas)	Emisión de gases (mg/Nbolsa)		Total de emisión de gases (mg)	
		Óxido de azufre (SO_2)	Óxido de nitrógeno NO_x	Óxido de azufre (SO_2)	Óxido de nitrógeno NO_x
Patrón	8.61	0.12	10.62	1.03	91.44
5% CBCA	8.18	0.12	10.62	0.98	86.87
10% CBCA	7.75	0.12	10.62	0.93	82.30
15% CBCA	7.32	0.12	10.62	0.88	77.74

Fuente: Grupo de tesis.

6.3 APLICACIONES DEL CONCRETO CON CBCA

6.3.1 INGENIO CHAPARRASTIQUE

El concreto con 5% y 10% de ceniza del Ingenio Chaparrastique pueden tener usos estructurales acorde a sus resistencias adquiridas, pudiendo así ser usado en cimientos, zapatas, columnas, losas de entre piso, vigas, muros de contención, escaleras y techos.



Por otra parte el concreto con 15%, 20%, 25% y 30% puede ser usado en elementos no estructurales (aceras, cunetas, cordones cunetas) o para usos arquitectónicos debido a que sus resistencias son bastantes bajas a la resistencia especificada.

6.3.2 INGENIO JIBOA

El concreto con 5%, 10% y 15% de ceniza del Ingenio Jiboa pueden tener usos estructurales acorde a sus resistencias adquiridas, pudiendo así ser usado en cimientos, zapatas, columnas, losas de entre piso, vigas, muros de contención, escaleras y techos.

Por otra parte el concreto con 20%, 25% y 30% puede ser usado en elementos no estructurales (aceras, cunetas, cordones cunetas) o para usos arquitectónicos debido a que sus resistencias son bastantes bajas a la resistencia especificada.

6.4 COMPARACIÓN ENTRE CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON CBCA.

6.4.1 INGENIO CHAPARRASTIQUE

6.4.1.1 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 5% DE CBCA.

Tabla 6-8 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 5% de CBCA

Concreto.	Resistencia (kg/cm ²)	Costo (\$)	Ambiental	
			Óxido de azufre SO ₂ (mg)	Óxido de nitrógeno NO _x (mg)
Convencional	285.98	125.96	1.03	91.44
5 % CBCA	232.12	123.35	0.98	86.87

Fuente: Grupo de tesis.

- Resistencia

En ambos concretos se alcanza la resistencias especificas por lo que pueden ser usados estructuralmente, se aprecia una diferencia de 23.20% entre las resistencias.



- Costo

Con sustitución del 5% de cemento por cenizas del Ingenio Chaparrastique se aprecia una disminución del 2.12% en el costo por metro cúbico de concreto.

- Ambiental

Usando concreto con 5% de ceniza del Ingenio Chaparrastique se disminuye la emisión de gases al ambiente en un 5.10% de Óxido de Azufre y un 5.26% en el Óxido de Nitrógeno por el cemento usado en un metro cúbico de concreto.

6.4.1.2 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 10% DE CBCA.

Tabla 6-9 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 10% de CBCA

Concreto.	Resistencia (kg/cm ²)	Costo (\$)	Ambiental	
			Óxido de azufre SO ₂ (mg)	Óxido de nitrógeno NO _x (mg)
Convencional	285.98	125.96	1.03	91.44
10 % CBCA	216.44	120.73	0.93	82.30

Fuente: Grupo de tesis.

- Resistencia

En ambos concretos se alcanza la resistencias específicas por lo que pueden ser usados estructuralmente, se aprecia una diferencia de 32.13% entre las resistencias.

- Costo

Con sustitución del 10% de cemento por cenizas del Ingenio Chaparrastique se aprecia una disminución del 4.33% en el costo por metro cúbico de concreto.



- Ambiental

Usando concreto con 10% de ceniza del Ingenio Chaparrastique se disminuye la emisión de gases al ambiente en un 10.75% de Óxido de Azufre y un 11.11% en el Óxido de Nitrógeno por el cemento usado en un metro cúbico de concreto.

6.4.2 INGENIO JIBOA

6.4.2.1 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 5% DE CBCA.

Tabla 6-10 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 5% de CBCA

Concreto.	Resistencia (kg/cm^2)	Costo (\$)	Ambiental	
			Óxido de azufre SO_2 (mg)	Óxido de nitrógeno NO_x (mg)
Convencional	285.98	125.96	1.03	91.44
5 % CBCA	240.75	123.49	0.98	86.87

Fuente: Grupo de tesis.

- Resistencia

En ambos concretos se alcanza la resistencias especificas por lo que pueden ser usados estructuralmente, se aprecia una diferencia de 18.79% entre las resistencias.

- Costo

Con sustitución del 5% de cemento por cenizas del Ingenio Jiboa se aprecia una disminución del 2.00% en el costo por metro cúbico de concreto.



- Ambiental

Usando concreto con 5% de ceniza del Ingenio Jiboa se disminuye la emisión de gases al ambiente en un 5.10% de Óxido de Azufre y un 5.26% en el Óxido de Nitrógeno por el cemento usado en un metro cúbico de concreto.

6.4.2.2 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 10% DE CBCA.

Tabla 6-11 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 10% de CBCA

Concreto.	Resistencia (kg/cm ²)	Costo (\$)	Ambiental	
			Óxido de azufre SO ₂ (mg)	Óxido de nitrógeno NO _x (mg)
Convencional	285.98	125.96	1.03	91.44
10 % CBCA	217.78	121.01	0.93	82.30

Fuente: Grupo de tesis.

- Resistencia

En ambos concretos se alcanza la resistencias específicas por lo que pueden ser usados estructuralmente, se aprecia una diferencia de 31.32% entre las resistencias.

- Costo

Con sustitución del 10% de cemento por cenizas del Ingenio Jiboa se aprecia una disminución del 4.09% en el costo por metro cúbico de concreto.

- Ambiental

Usando concreto con 10% de ceniza del Ingenio Jiboa se disminuye la emisión de gases al ambiente en un 10.75% de Óxido de Azufre y un 11.11% en el Óxido de Nitrógeno por el cemento usado en un metro cúbico de concreto.



6.4.2.3 CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO CON 15% DE CBCA.

Tabla 6-12 Comparativo entre concreto convencional y concreto con 15% de CBCA

Concreto.	Resistencia (kg/cm^2)	Costo (\$)	Ambiental	
			Óxido de azufre SO_2 (mg)	Óxido de nitrógeno NO_x (mg)
Convencional	285.98	125.96	1.03	91.44
15 % CBCA	212.94	118.53	0.88	77.74

Fuente: Grupo de tesis.

- Resistencia

En ambos concretos se alcanza la resistencias especificas por lo que pueden ser usados estructuralmente, se aprecia una diferencia de 34.30% entre las resistencias.

- Costo

Con sustitución del 10% de cemento por cenizas del Ingenio Jiboa se aprecia una disminución del 6.27% en el costo por metro cúbico de concreto.

- Ambiental

Usando concreto con 10% de ceniza del Ingenio Jiboa se disminuye la emisión de gases al ambiente en un 17.05% de Óxido de Azufre y un 17.62% en el Óxido de Nitrógeno por el cemento usado en un metro cúbico de concreto.



CAPÍTULO VII

7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



7.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

El interés en la investigación era determinar si el material de desperdicio agroindustrial podía ser adicionado a la elaboración del concreto, siendo capaz de igualar o mejorar las propiedades que brinda el concreto convencional.

Se realizaron una serie de pruebas a las diferentes mezclas de concreto para determinar si es factible considerar el uso en elementos estructurales del nuevo concreto ecológico creado, elaborado a base de desperdicio industrial. Los ensayos estándar para registrar sus propiedades físicas y mecánicas fueron la de resistencia a la compresión, trabajabilidad y temperatura. Y acorde a los resultados obtenidos se puede afirmar lo siguiente:

- En base al método estadístico *modelo unifactorial de efectos fijos equilibrados*, se logra cumplir el objetivo general y comprobar la hipótesis de investigación a través del coeficiente de determinación R^2 . En el caso del Ingenio Chaparrastique, se determina que el sustituir el cemento parcialmente por CBCA en el concreto, influye en un 98.02% en la variabilidad de la resistencia del concreto a los 28 días; y en el Ingenio Jiboa se determina por el mismo coeficiente que la influencia de la CBCA en la variabilidad de la resistencia es del 97.42%, siendo así la ceniza la principal causa de las diferencias entre las resistencias en los tratamientos del estudio.
- Mediante el método estadístico Dunnett se logra rechazar la hipótesis alternativa, ya que ninguna mezcla con adición de cenizas de ambos ingenios azucareros logra superar la resistencia del concreto convencional, aceptando así la hipótesis nula en base que la mezcla patrón es la que presenta mejor resistencia que todas.



- Con la validación de resultados de las resistencias a los 28 días, con el método estadístico Dunnett, se logra determinar que el concreto con 5% y 10 % de ceniza del Ingenio Chaparrastique y el concreto con 5%, 10% y 15% de ceniza del Ingenio Jiboa puede ser usado estructuralmente en base a que la resistencia adquirida es mayor a la resistencia especificada.
- En mezclas realizadas con sustituciones parciales de cemento por cenizas de ingenios azucareros, a medida se aumenta el porcentaje de ceniza la trabajabilidad del concreto disminuye, siendo así que en las mezclas del 25% y 30% de cenizas del Ingenio Chaparrastique y la mezcla del 30% de cenizas del Ingenio Jiboa, de acuerdo al ensayo de revenimiento, no se observaba asentamiento en la mezcla de concreto, teniendo así la necesidad de aumentar la cantidad agua en la mezcla para alcanzar una mejor consistencia y una fluidez óptima.
- Para la mezcla del concreto convencional se obtiene una temperatura de 31°C, que se ubica dentro de los rangos de temperatura para nuestro clima (23°C a los 32°C), mientras que para las mezclas con contenido de ceniza de ingenios azucareros se obtienen temperaturas que oscilan entre los 33°C y los 38°C.
- Se sabe que en la composición química del cemento, los elementos que contribuyen a la resistencia en el concreto son el óxido de calcio y el dióxido de silicio, elementos también contenidos en la composición química de las cenizas, siendo así que la ceniza del ingenio azucarero que proporcione más contenido de dichos elementos presentará mejor desempeño en la resistencia del concreto. En el caso del Ingenio Jiboa de acuerdo a su composición química hace un aporte del 67.96% de dióxido de silicio y un 4.29% de óxido de calcio al peso de la ceniza, mientras que



la ceniza del Ingenio Chaparrastique por su composición química aporta 67.33% de dióxido de silicio y un 3.80% de óxido de calcio a su peso. La ceniza del Ingenio Jiboa cuyo porcentaje de peso aportado es mayor en dichos elementos, presenta un mejor desempeño en las resistencias de las mezclas en comparación a las cenizas del Ingenio Chaparrastique.

- El 10% es el porcentaje óptimo de sustitución de cemento por cenizas del Ingenio Chaparrastique, teniendo una ganancia de resistencia a la compresión del 3.07% a los 28 días, sobre el 100% del $f'c$ en estudio.
- El 15% es el porcentaje óptimo de sustitución de cemento por cenizas del Ingenio Jiboa, teniendo una ganancia de resistencia a la compresión del 1.4% a los 28 días, sobre el 100% del $f'c$ en estudio.



7.2 RECOMENDACIONES

- Se propone utilizar concreto con sustitución del 10% de cemento por ceniza del Ingenio Chaparrastique, sabiendo que tiene un 3.07% de resistencia más que la especificada, además teniéndose un ahorro en el costo directo por metro cúbico de concreto y disminuyendo la contaminación de emisiones de gases en la fabricación del cemento en un 10.75% de Óxido de Azufre y un 11.11% en el Óxido de Nitrógeno por el cemento usado en un metro cúbico de concreto.
- Se propone utilizar concreto con sustitución del 15% de cemento por ceniza del Ingenio Jiboa, sabiendo que tiene un 1.40% de resistencia más que la especificada, además teniéndose un ahorro en el costo directo por metro cúbico de concreto y disminuyendo la contaminación de emisiones de gases en la fabricación del cemento en un 17.05% de Óxido de Azufre y un 17.62% en el Óxido de Nitrógeno por el cemento usado en un metro cúbico de concreto.
- Se recomienda durante el proceso de tamizado de la ceniza utilizar gafas y mascarillas que no dejen pasar el polvo fino que se genera en la reducción de la misma.
- Se sugiere el uso de aditivos superplastificante para así optimizar la baja trabajabilidad que presentan las mezclas con 25% y 30% de cenizas del Ingenio Chaparrastique y con 30% de cenizas del Ingenio Jiboa.
- Hacer una investigación con estas mismas variables, pero con agregados y cementos diferentes y establecer las similitudes/diferencias entre los resultados de cada investigación.



- Desarrollar una investigación para la evaluación, bajo criterios de durabilidad, de este tipo de concreto, sometiendo a ensayos acelerados por ataque de sulfatos cada diseño de mezcla (validado en este estudio), para así determinar la durabilidad de los mismos.
- Realizar una investigación donde la ceniza del Ingenio Jiboa se utilice como sustituto parcial del agregado fino en el concreto, por las condiciones en que se obtiene el material
- Se recomienda seguir investigando el uso de nuevos materiales, pudiendo ser cualquier aglomerante o material de desecho industrial que pueda ser reutilizado, como sustituto del cemento y así disminuir el contenido de cemento y reducir la contaminación ambiental que origina la producción del mismo.
- Realizar una investigación de la caracterización electroquímica de concretos modificados, para determinar si la mezcla es favorable o desfavorable a la corrosión del acero.
- Se recomienda realizar la misma investigación con diferentes resistencias especificada para determinar si los porcentajes óptimos obtenidos en esta investigación se mantienen o difieren.
- Se recomienda que en estudios posteriores iguales a la presente investigación, tomar en cuenta la temperatura de quema de la ceniza, para determinar cómo afecta a la composición química y así proponer una temperatura óptima de quema.



- Realizar una investigación del uso parcial o total de ceniza por cemento en mortero, con el fin que el desecho agroindustrial sea aprovechado en la industria de la construcción.
- En estudios posteriores iguales a la presente investigación, realizar el ensayo para determinar el tiempo de fraguado del concreto, con el fin de determinar cómo afecta el calor de hidratación al concreto.



FUENTES DE CONSULTA



8.0. BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- JACK C. McCORMAC – RUSSELL H. BROWN, Concreto Reforzado, 8ª edición, México, Alfaomega, 2011
- TEODORO E. HARMSEN, Diseño de Estructura de Concreto Armado, 3ª edición, Perú, Pontificia Universidad Católica, 2002
- RICARDO CAO, MARIO FRANCISCO, SALVADOR NAYA, MANUEL PRESEDO, MARGARITA VÁZQUEZ, JOSÉ A. VILAR Y JUAN M. VILAR, *Estadística básica aplicada*, Tórculo Edición, 1998.

REGLAMENTOS

- ACI 318. (2005). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.
- ACI 211 (1991). Práctica Estándar para Seleccionar proporciones para concreto normal, pesada y masiva.
- Norma ASTM C 39: Resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto.
- Norma ASTM C 143: Ensayo de revenimiento en concreto fresco.
- Norma ASTM C 136: Granulometría de agregados.
- Norma ASTM C 29: Peso volumétrico de agregados.
- Norma ASTM C 127: Gravedad específica y absorción de los agregados.
- Norma ASTM C 1064: Ensayo de temperatura en concreto fresco.
- Norma ASTM C 618: Especificaciones para materiales puzolánicos.

TESIS

- Aparicio Villacorta, Alberto; Rivera, Gilberto; Rodríguez, Magdiel. (2009). Estudio exploratorio de diseño de mezclas de concreto de peso normal y mortero tipo M y S usando vidrio reciclado como agregado. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, San Miguel, El Salvador.



- García Melgar, Wilbert Fernando; Hernández Maldonado, Juan Salomón; Menéndez Alvarenga, Marjory Cristabel. (2011). Estudio técnico de la goma triturada como agregado en el diseño de mezclas de concreto y mortero tipo M y S para obras civiles. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, San Miguel, El Salvador.
- Ríos González, Eduardo. (2011). Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de concreto Hidráulico. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad Veracruzana Facultad de Ingeniería Civil Región Xalapa, México.
- Arq. Hernández Jaén, Uriel. (2011). Comportamiento Mecánico y Físico del Mortero a Base de CBCA como Árido en Aplanado en Muros. Tesis para optar al Grado de Especialidad en Construcción, Universidad Veracruzana Facultad de Ingeniería Civil Región Xalapa, México.
- Rugamas Dinarte, Jorge Alberto. (2012). Influencia de la Arena Triturada, como Agregado Fino, en las Propiedades en Estado Fresco y Endurecido, de Mezclas de Concreto Hidráulico. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Ma-Tay Pinel, Daniel Ernesto. (2014). Valorización de Ceniza de Bagazo Procedente de Honduras: Posibilidades de Uso en Matrices de Cemento Portland. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad Politécnica de Valencia, Honduras.
- Benítez Andrade, Willians Omar; Paiz Urrutia, Kathya Seneyda; Salmerón Vigil, Lilian Marcela. (2015). Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidas a ensayos acelerados por ataque de sulfatos. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, San Miguel, El Salvador.




ANEXOS



9.0. ANEXOS

ANEXO 1: FICHA TECNICA DE CEMENTO TIPO GU



Cemento Holcim Fuerte
CESSA Portland para uso general

Holcim Fuerte - CESSA Portland es el cemento de mayor uso y tradición en la construcción de El Salvador.

Por sus componentes, se utiliza para la elaboración de mezclas de concreto estructural en zapatas, soleras de fundación, columnas, vigas, entrepisos, nervios, etc. Además, pueden elaborarse mezclas para mortero, suelo cemento convencional y suelo cemento fluido, entre otros.



Presentación del producto:
Cemento empaquetado en bolsas de 42.5 kg y a granel.



Holcim El Salvador S.A. de CV.
Calle Holcim y Av. El Espino, Madreseva,
Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.
Tel.: (503) 2507-8888 Fax: (503) 2505-0070
www.holcim.com.sv



Cemento Holcim Fuerte

Holcim

Fuerte

CESSA Portland uso general
Norma ASTM C1157 Tipo GU

Nuestro Cemento... Calidad Mundial

42.5 kg

Cemento para uso general



Nuestro Cemento... Calidad Mundial





Características:

Holcim Fuerte es un cemento hidráulico para uso general, el cual posee la misma composición del cemento tipo I, pero con la adición de **puzolona y caliza activada** en proporciones específicas en la molienda final.

Este cemento alcanza resistencias mayores a los 4200 psi a los 28 días, por lo que es recomendado para cualquier tipo de uso en las construcciones en general.

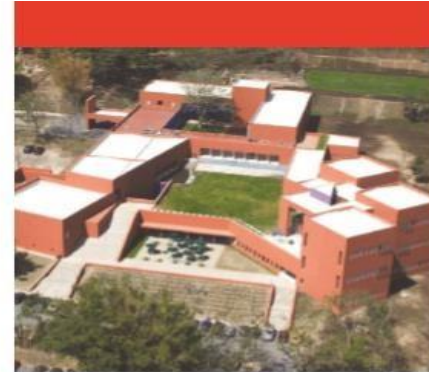
Fabricado con base en la norma ASTM C 1157 tipo GU (GU=uso general). Disponible en bolsas de 42.5 kg y a granel.

Usos:

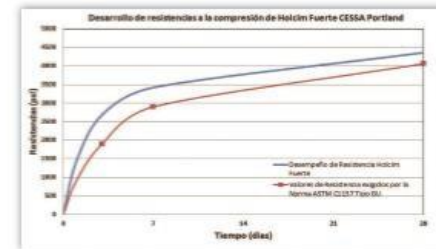
Puede ser utilizado para la fabricación de concretos estructurales en zapatas, soleras de fundación, columnas, vigas, losas, nervios, etc. También en la elaboración de morteros, suelo cemento convencional y suelo cemento fluido, entre otros.

Otros usos especiales:

Este es un cemento puzolánico con características de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.



Cemento para uso general





ANEXO 2: RESULTADOS DEL AGREGADO FINO

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



PESO VOLUMETRICO ASTM C-29

AGREGADO FINO

PROYECTO : "Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidos a ensayos acelerados por ataque de sulfatos."

UBICACIÓN CANTERA : Rio Jiboa

TIPO DE MUESTRA : Arena

FECHA DE MUESTREO : 04 de junio de 2015

FECHA DE ENSAYO : 10 de junio de 2015

LABORATORISTAS: Benítez Andrade Willians Omar

Paiz Urrutia Kathya Seneyda

Salmeron Vigil Lilian Marcela

HOJA DE LABORATORIO

PESO VARILLADO		PESO SUELTO	
A. MASA RECIPIENTE VACIO (kg)	1.735	A. MASA RECIPIENTE VACIO (kg)	1.735
B. VOLUMEN RECIPIENTE (M3)	0.0028	B. VOLUMEN RECIPIENTE (M3)	0.0028
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1	6.16	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1	5.68
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2	6.18	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2	5.70
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3	6.20	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3	5.70
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO	6.18	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO	5.69
C. MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO	4.31	C. MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO	3.96
PESO VOLUMETRICO (kg/m3)	1,540.48	PESO VOLUMETRICO (kg/m3)	1,412.62



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



GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION ASTM C-127

AGRAGADO FINO

PROYECTO : "Evaluación de mezclas de concreto hidráulico bajo criterios de durabilidad, sometidos a ensayos acelerados por ataque de sulfatos."

UBICACIÓN CANTERA : Rio Jiboa

TIPO DE MUESTRA : Arena

FECHA DE MUESTREO : 04 de junio de 2015

FECHA DE ENSAYO : 09 de junio de 2015

LABORATORISTAS: Benitez Andrade Willians Omar

Paiz Urrutia Kathy Seneida

Salmeron Vigil Lilian Marcela

HOJA DE LABORATORIO

MUESTRA No 1	
MASA PICNOMETRO + AGUA (Kg)	1.169
MASA SATURADA, W _{sss} (kg)	0.500
MASA PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA (kg)	1.469
MASA PICNOMETRO (kg)	
MASA TARA (kg)	0.096
MASA SECA (W _{seco}) (kg)	0.479
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	21
ABSORCION (%)	4.38
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	2.40
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS	2.50



ANEXO 3: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS QUIMICAS PROPORCIONADA POR LOS INGENIOS AZUCAREROS

INGENIO CHAPARRASTIQUE



May 21, 2012

Intertek El Salvador
Col. Rasa #2 Casa #39
Acajutla, El Salvador
ATTN: Roman Chu

REPORT OF ANALYSIS

File Number: US150-0028669
Lab Number: 001
Sample Description: Submitted Sample - Cane Bagasse
Sample Identification: Ceniza-CH090412
Sampled By: Unknown
Date Received: 5/3/2012
Date Analyzed: 5/10/2012

<u>Test Method</u>	<u>Parameter</u>	<u>UOM</u>	<u>Dry Basis</u>
ASTM D6357	Chromium, Cr	ppm	45
ASTM D4208	Chlorine, Cl	% wt	0.11

<u>Test Method</u>	<u>Parameter</u>	<u>UOM</u>	<u>Ignited Basis</u>
ASTM D6349	SiO ₂	% wt	67.33
ASTM D6349	Al ₂ O ₃	% wt	14.14
ASTM D6349	TiO ₂	% wt	0.49
ASTM D6349	Fe ₂ O ₃	% wt	4.95
ASTM D6349	CaO	% wt	3.80
ASTM D6349	MgO	% wt	1.65
ASTM D6349	K ₂ O	% wt	4.15
ASTM D6349	Na ₂ O	% wt	2.12
ASTM D6349	SO ₃	% wt	0.24
ASTM D6349	P ₂ O ₅	% wt	0.88
ASTM D6349	SrO	% wt	0.02
ASTM D6349	BaO	% wt	0.07
ASTM D6349	MnO	% wt	0.15
	% Undetermined		0.01
ASTM D6349	ZnO	ppm	154

Respectfully Submitted,

Melanie McMahon
Intertek

725 Oakridge Drive - Romeoville, IL 60446
Telephone: 815-221-5002 Fax: 815-221-5008



INGENIO JIBOA

Intertek

June 11, 2015

Intertek El Salvador
Col. Rasa #2 Casa #39
Acajutla, Sonsonate
ATTN: Yolanda Cordova

REPORT OF ANALYSIS

File Number: US150-0043085
Lab Number: 001
Sample Description: Submitted Sample - Ash
Sample Identification: Ash
Sampled By: Unknown
Date Received: 6/5/2015
Date Analyzed: 6/11/2015

<u>Parameter</u>	<u>Test Method</u>	<u>UOM</u>	<u>Ignited Basis</u>
Silicon dioxide, SiO ₂	ASTM D6349	% wt	67.96
Aluminum oxide, Al ₂ O ₃	ASTM D6349	% wt	12.59
Titanium dioxide, TiO ₂	ASTM D6349	% wt	0.46
Iron oxide, Fe ₂ O ₃	ASTM D6349	% wt	5.03
Calcium oxide, CaO	ASTM D6349	% wt	4.28
Magnesium oxide, MgO	ASTM D6349	% wt	1.87
Potassium oxide, K ₂ O	ASTM D6349	% wt	4.27
Sodium oxide, Na ₂ O	ASTM D6349	% wt	1.93
Sulfur trioxide, SO ₃	ASTM D6349	% wt	0.24
Phosphorus pentoxide, P ₂ O ₅	ASTM D6349	% wt	1.14
Strontium oxide, SrO	ASTM D6349	% wt	0.05
Barium oxide, BaO	ASTM D6349	% wt	0.08
Manganese oxide, MnO	ASTM D6349	% wt	0.10
% Undetermined			0.00
% Alkalies			3.45
Base-to-Acid Ratio			0.21
Silica Value (%)			85.87
T250 °F			2941

Respectfully Submitted,

Millie Combs
Intertek





ANEXO 4: RESULTADOS DE LAS CARGAS DEL ENSAYO A COMPRESION

RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Descripción	Edad de Ensayo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Carga (KN)	Tipo de Falla según ASTM C-39
06/05/2016	13/05/2016	Patrón #1	7	15.1	30.2	12.206	300	5
06/05/2016	13/05/2016	Patrón #2	7	15.2	30.7	12.58	302	3
06/05/2016	13/05/2016	Patrón #3	7	15.1	30.2	12.10	276	5
09/05/2016	16/05/2016	5% Ceniza Chaparrastique #1	7	15.0	30.0	11.875	260	5
09/05/2016	16/05/2016	5% Ceniza Chaparrastique #2	7	15.0	30.2	12.117	282	5
09/05/2016	16/05/2016	5% Ceniza Chaparrastique #3	7	15.0	30.0	12.153	230	3
09/05/2016	16/05/2016	10% Ceniza Chaparrastique #1	7	15.2	30.5	12.689	290	3
09/05/2016	16/05/2016	10% Ceniza Chaparrastique #2	7	15.1	30.5	12.448	292	5
09/05/2016	16/05/2016	10% Ceniza Chaparrastique #3	7	15.0	30.5	12.453	300	5
11/05/2016	18/05/2016	15% Ceniza Chaparrastique #1	7	15.1	30.1	11.790	270	5
11/05/2016	18/05/2016	15% Ceniza Chaparrastique #2	7	15.0	30.0	11.856	272	3
11/05/2016	18/05/2016	15% Ceniza Chaparrastique #3	7	15.1	30.1	11.830	260	5
11/05/2016	18/05/2016	20% Ceniza Chaparrastique #1	7	15.3	30.5	12.325	294	5
11/05/2016	18/05/2016	20% Ceniza Chaparrastique #2	7	15.6	30.2	12.731	300	5
11/05/2016	18/05/2016	20% Ceniza Chaparrastique #3	7	15.7	30.3	12.707	280	3
13/05/2016	20/05/2016	25% Ceniza Chaparrastique #1	7	15.0	30.0	11.640	130	3
13/05/2016	20/05/2016	25% Ceniza Chaparrastique #2	7	15.0	30.1	11.534	106	5
13/05/2016	20/05/2016	25% Ceniza Chaparrastique #3	7	15.0	30.0	11.440	100	5

Especímenes ensayados por:



 Oscar Rene Chicas
 Laboratorista



RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Descripción	Edad de Ensayo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Carga (KN)	Tipo de Falla según ASTM C-39
13/05/2016	20/05/2016	30% Ceniza Chaparrastique #1	7	15.4	30.5	12.294	120	5
13/05/2016	20/05/2016	30% Ceniza Chaparrastique #2	7	15.1	29.5	11.379	100	3
13/05/2016	20/05/2016	30% Ceniza Chaparrastique #3	7	15.1	29.5	11.421	110	5
06/05/2016	20/05/2016	Patrón #4	14	15.1	30.0	12.030	390	5
06/05/2016	20/05/2016	Patrón #5	14	15.1	30.1	12.039	398	5
06/05/2016	20/05/2016	Patrón #6	14	15.5	30.6	12.952	402	5
09/05/2016	23/05/2016	5% Ceniza Chaparrastique #4	14	15.1	30.0	11.860	388	4
09/05/2016	23/05/2016	5% Ceniza Chaparrastique #5	14	15.1	30.2	12.060	320	5
09/05/2016	23/05/2016	5% Ceniza Chaparrastique #6	14	15.0	30.0	11.900	362	6
09/05/2016	23/05/2016	10% Ceniza Chaparrastique #4	14	15.2	30.3	12.320	384	5
09/05/2016	23/05/2016	10% Ceniza Chaparrastique #5	14	15.0	30.0	11.860	360	3
09/05/2016	23/05/2016	10% Ceniza Chaparrastique #6	14	15.3	30.2	12.520	360	5
16/05/2016	23/05/2016	5% Ceniza Jiboa #1	7	15.1	30.1	11.680	300	5
16/05/2016	23/05/2016	5% Ceniza Jiboa #2	7	15.1	30.0	11.880	304	5
16/05/2016	23/05/2016	5% Ceniza Jiboa #3	7	15.0	29.9	11.800	290	5
16/05/2016	23/05/2016	10% Ceniza Jiboa #1	7	15.1	29.7	11.500	310	5
16/05/2016	23/05/2016	10% Ceniza Jiboa #2	7	15.0	30.0	11.720	288	5
16/05/2016	23/05/2016	10% Ceniza Jiboa #3	7	15.0	29.8	11.700	324	5

Especímenes ensayados por:


 Oscar Rene Chicas
 Laboratorista


 SMZ Consultores S.A de C.V.
 LABORATORIO DE BULBOS • DISEÑO • SUPERVISIÓN



RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Descripción	Edad de Ensayo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Carga (KN)	Tipo de Falla según ASTM C-39
11/05/2016	25/05/2016	15% Ceniza Chaparrastique #4	14	15.0	30.1	11.80	298	5
11/05/2016	25/05/2016	15% Ceniza Chaparrastique #5	14	15.1	30.0	11.86	314	5
11/05/2016	25/05/2016	15% Ceniza Chaparrastique #6	14	15.1	30.0	11.88	290	5
11/05/2016	25/05/2016	20% Ceniza Chaparrastique #4	14	15.4	30.6	12.70	310	3
11/05/2016	25/05/2016	20% Ceniza Chaparrastique #5	14	15.0	30.3	12.28	306	5
11/05/2016	25/05/2016	20% Ceniza Chaparrastique #6	14	15.0	30.0	11.72	300	5
13/05/2016	27/05/2016	25% Ceniza Chaparrastique #4	14	15.0	30.1	11.74	180	5
13/05/2016	27/05/2016	25% Ceniza Chaparrastique #5	14	14.9	29.8	11.38	170	5
13/05/2016	27/05/2016	25% Ceniza Chaparrastique #6	14	14.9	30.1	11.74	178	5
13/05/2016	27/05/2016	30% Ceniza Chaparrastique #4	14	14.9	30.0	11.52	176	3
13/05/2016	27/05/2016	30% Ceniza Chaparrastique #5	14	15.5	30.5	12.66	200	5
13/05/2016	27/05/2016	30% Ceniza Chaparrastique #6	14	15.2	30.7	12.18	205	5
20/05/2016	27/05/2016	15% Ceniza Jiboa #1	7	14.9	30.1	11.86	260	6
20/05/2016	27/05/2016	15% Ceniza Jiboa #2	7	15.0	29.9	11.72	220	4
20/05/2016	27/05/2016	15% Ceniza Jiboa #3	7	14.9	30.1	11.85	250	5
20/05/2016	27/05/2016	20% Ceniza Jiboa #1	7	15.2	30.4	12.32	238	6
20/05/2016	27/05/2016	20% Ceniza Jiboa #2	7	15.1	30.4	12.32	242	3
20/05/2016	27/05/2016	20% Ceniza Jiboa #3	7	15.4	30.3	12.80	220	5

Especímenes ensayados por:


SMZ Consultores S.A de C.V
LABORATORIO DE MEJORA Y SUPERVISIÓN
 Oscar Rene Chicas
 Laboratorista



RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Descripción	Edad de Ensayo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Carga (KN)	Tipo de Falla según ASTM C-39
16/05/2016	30/05/2016	5% Ceniza Jiboa #4	14	14.9	29.9	11.86	360	3
16/05/2016	30/05/2016	5% Ceniza Jiboa #5	14	15.0	30.1	11.96	364	3
16/05/2016	30/05/2016	5% Ceniza Jiboa #6	14	15.0	30.1	11.98	350	3
16/05/2016	30/05/2016	10% Ceniza Jiboa #4	14	14.9	30.0	12.92	300	5
16/05/2016	30/05/2016	10% Ceniza Jiboa #5	14	15.4	30.1	12.68	358	5
16/05/2016	30/05/2016	10% Ceniza Jiboa #6	14	15.3	30.4	12.60	350	5
23/05/2016	30/05/2016	25% Ceniza Jiboa #1	7	14.9	30.1	11.96	258	3
23/05/2016	30/05/2016	25% Ceniza Jiboa #2	7	15.0	30.1	12.12	260	5
23/05/2016	30/05/2016	25% Ceniza Jiboa #3	7	15.0	30.0	11.98	240	4
23/05/2016	30/05/2016	30% Ceniza Jiboa #1	7	15.1	30.2	12.16	178	3
23/05/2016	30/05/2016	30% Ceniza Jiboa #2	7	15.1	30.3	12.32	190	6
23/05/2016	30/05/2016	30% Ceniza Jiboa #3	7	15.5	30.2	12.58	200	3
06/05/2016	03/06/2016	Patrón #7	28	15.3	30.4	13.10	490	3
06/05/2016	03/06/2016	Patrón #8	28	15.0	30.2	12.16	502	3
06/05/2016	03/06/2016	Patrón #9	28	14.9	30.2	12.20	496	3
06/05/2016	03/06/2016	Patrón #10	28	14.9	30.3	12.18	500	5

Especímenes ensayados por:


SMZ Consultores S.A de C.V.
INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE BUELOS - DISEÑO - SUPERVISION
 Oscar Rene Chicas
 Laboratorista



RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Descripción	Edad de Ensayo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Carga (KN)	Tipo de Falla según ASTM C-39
20/05/2016	03/06/2016	15% Ceniza Jiboa #4	14	14.9	30.0	11.94	328	3
20/05/2016	03/06/2016	15% Ceniza Jiboa #5	14	14.95	30.0	11.76	348	3
20/05/2016	03/06/2016	15% Ceniza Jiboa #6	14	14.9	29.9	11.82	320	5
20/05/2016	03/06/2016	20% Ceniza Jiboa #4	14	15.3	30.3	12.70	274	5
20/05/2016	03/06/2016	20% Ceniza Jiboa #5	14	15.4	30.5	12.58	280	5
20/05/2016	03/06/2016	20% Ceniza Jiboa #6	14	15.0	30.0	11.76	287	3
09/05/2016	06/06/2016	5% Ceniza Chaparrastique #7	28	15.0	30.0	11.96	416	3
09/05/2016	06/06/2016	5% Ceniza Chaparrastique #8	28	15.0	30.1	11.98	400	5
09/05/2016	06/06/2016	5% Ceniza Chaparrastique #9	28	15.0	30.1	11.90	403	6
09/05/2016	06/06/2016	5% Ceniza Chaparrastique #10	28	15.0	30.0	11.96	390	5
09/05/2016	06/06/2016	10% Ceniza Chaparrastique #7	28	15.5	30.2	12.86	392	3
09/05/2016	06/06/2016	10% Ceniza Chaparrastique #8	28	15.2	30.6	12.34	394	5
09/05/2016	06/06/2016	10% Ceniza Chaparrastique #9	28	15.4	30.3	12.92	400	6
09/05/2016	06/06/2016	10% Ceniza Chaparrastique #10	28	15.4	30.5	12.70	390	5
23/05/2016	06/06/2016	25% Ceniza Jiboa #4	14	15.0	30.1	11.92	266	5
23/05/2016	06/06/2016	25% Ceniza Jiboa #5	14	15.0	30.2	12.02	270	5
23/05/2016	06/06/2016	25% Ceniza Jiboa #6	14	15.0	30.3	11.96	268	5
23/05/2016	06/06/2016	30% Ceniza Jiboa #4	14	15.3	30.5	12.50	210	6
23/05/2016	06/06/2016	30% Ceniza Jiboa #5	14	15.5	30.4	12.76	215	5
23/05/2016	06/06/2016	30% Ceniza Jiboa #6	14	15.3	30.2	12.32	224	5

Especímenes ensayados por:



 Oscar Rene Chicas
 Laboratorista



RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Descripción	Edad de Ensayo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Carga (KN)	Tipo de Falla según ASTM C-39
11/05/2016	08/06/2016	15% Ceniza Chaparrastique #7	28	15.0	30.0	11.86	326	5
11/05/2016	08/06/2016	15% Ceniza Chaparrastique #8	28	15.1	30.0	12.00	324	3
11/05/2016	08/06/2016	15% Ceniza Chaparrastique #9	28	15.0	30.1	11.80	330	3
11/05/2016	08/06/2016	15% Ceniza Chaparrastique #10	28	15.0	30.0	11.76	320	5
11/05/2016	08/06/2016	20% Ceniza Chaparrastique #7	28	15.0	29.9	11.88	320	5
11/05/2016	08/06/2016	20% Ceniza Chaparrastique #8	28	15.0	30.0	11.60	316	5
11/05/2016	08/06/2016	20% Ceniza Chaparrastique #9	28	15.0	29.8	11.90	312	3
11/05/2016	08/06/2016	20% Ceniza Chaparrastique #10	28	15.4	30.4	12.78	320	3
13/05//2016	10/06/2016	25% Ceniza Chaparrastique #7	28	15.0	30.0	11.64	230	6
13/05//2016	10/06/2016	25% Ceniza Chaparrastique #8	28	14.9	30.0	11.54	250	3
13/05//2016	10/06/2016	25% Ceniza Chaparrastique #9	28	15.0	30.1	11.62	210	5
13/05//2016	10/06/2016	25% Ceniza Chaparrastique #10	28	15.0	30.0	11.50	230	3
13/05//2016	10/06/2016	30% Ceniza Chaparrastique #7	28	15.1	30.4	12.12	250	3
13/05//2016	10/06/2016	30% Ceniza Chaparrastique #8	28	15.5	30.5	12.62	290	3
13/05//2016	10/06/2016	30% Ceniza Chaparrastique #9	28	15.0	29.8	11.48	220	3
13/05//2016	10/06/2016	30% Ceniza Chaparrastique #10	28	15.0	29.9	11.42	210	5

Especímenes ensayados por:



 Oscar Rene Chicas
 Laboratorista



RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Descripción	Edad de Ensayo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Carga (KN)	Tipo de Falla según ASTM C-39
16/05/2016	13/06/2016	5% Ceniza Jiboa #7	28	15.0	29.7	11.80	423	3
16/05/2016	13/06/2016	5% Ceniza Jiboa #8	28	15.0	30.0	11.96	403	3
16/05/2016	13/06/2016	5% Ceniza Jiboa #9	28	14.9	30.0	11.92	432	3
16/05/2016	13/06/2016	5% Ceniza Jiboa #10	28	15.0	30.0	11.90	405	3
16/05/2016	13/06/2016	10% Ceniza Jiboa #7	28	15.5	30.5	12.90	380	3
16/05/2016	13/06/2016	10% Ceniza Jiboa #8	28	15.0	30.0	11.84	385	3
16/05/2016	13/06/2016	10% Ceniza Jiboa #9	28	15.1	30.4	12.40	389	3
16/05/2016	13/06/2016	10% Ceniza Jiboa #10	28	15.1	30.4	12.40	390	3
20/05/2016	17/06/2016	15% Ceniza Jiboa #7	28	15.0	29.8	11.68	363	3
20/05/2016	17/06/2016	15% Ceniza Jiboa #8	28	14.9	30.0	11.78	369	3
20/05/2016	17/06/2016	15% Ceniza Jiboa #9	28	14.8	30.0	11.88	372	3
20/05/2016	17/06/2016	15% Ceniza Jiboa #10	28	15.0	30.1	11.86	357	5
20/05/2016	17/06/2016	20% Ceniza Jiboa #7	28	15.0	30.0	11.62	289	3
20/05/2016	17/06/2016	20% Ceniza Jiboa #8	28	15.0	30.0	11.88	296	3
20/05/2016	17/06/2016	20% Ceniza Jiboa #9	28	15.0	29.8	11.68	293	5
20/05/2016	17/06/2016	20% Ceniza Jiboa #10	28	14.9	29.9	11.70	275	3

Especímenes ensayados por:

SMZ Consultores S.A de C.V.
LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y SUPERVISIÓN

Oscar Rene Chicas
Laboratorista



RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Descripción	Edad de Ensayo (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Carga (KN)	Tipo de Falla según ASTM C-39
23/05/2016	20/06/2016	25% Ceniza Jiboa #7	28	14.9	30.0	11.94	275	3
23/05/2016	20/06/2016	25% Ceniza Jiboa #8	28	15.0	30.0	11.90	278	3
23/05/2016	20/06/2016	25% Ceniza Jiboa #9	28	15.0	30.0	11.90	273	3
23/05/2016	20/06/2016	25% Ceniza Jiboa #10	28	15.0	30.0	11.82	286	3
23/05/2016	20/06/2016	30% Ceniza Jiboa #7	28	15.0	29.9	11.76	238	3
23/05/2016	20/06/2016	30% Ceniza Jiboa #8	28	15.0	30.0	11.66	240	3
23/05/2016	20/06/2016	30% Ceniza Jiboa #9	28	14.9	30.0	11.66	244	3
23/05/2016	20/06/2016	30% Ceniza Jiboa #10	28	14.9	30.0	11.72	246	5

Especímenes ensayados por:



 Oscar Rene Chicas
 Laboratorista



ANEXO 5: FORMATOS DE RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESION A LOS 7 DIAS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO ASTM C-39			
PROYECTO:	"ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"		
UBICACIÓN CANTERA:	RIO JIBOA, SINAI		
LABORATORISTAS:	ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ		
TEMPERATURA:	31°C	INGENIO:	-
REVENIMIENTO:	9.5 cm	% CENIZA:	0%
TIPO DE CEMENTO:	GU ASTM C-1157	RELACION A/C:	0.56
HOJA DE LABORATORIO			
Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	06/05/2016	06/05/2016	06/05/2016
Fecha de ensayo	13/05/2016	13/05/2016	13/05/2016
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.1	15.2	15.1
Altura (cm)	30.2	30.7	30.2
Lectura dial	30591.49	30795.43	28144.17
Área (cm2)	179.08	181.45	179.08
Volumen (cm3)	5408.21	5570.51	5408.21
Peso (kg)	12.206	12.58	12.10
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm2)	170.83	169.71	157.16
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	16.75	16.64	15.41
% de ganancia según diseño	81.35	80.81	74.84
TIPO DE FALLA	5	3	5
Esquema de fractura de cilindro			
TIPO DE CURADO:	NORMAL		



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ




TEMPERATURA: **33°C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **8.5 cm** % CENIZA: **5%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	09/05/2016	09/05/2016	09/05/2016
Fecha de ensayo	16/05/2016	16/05/2016	16/05/2016
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.0	15.0	15.0
Altura (cm)	30.0	30.2	30.0
Lectura dial	26512.62	28756.00	23453.47
Área (cm ²)	176.71	176.71	176.71
Volumen (cm ³)	5301.44	5336.64	5301.44
Peso (kg)	11.875	12.117	12.153
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	150.03	162.73	132.72
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	14.71	15.96	13.02
% de ganancia según diseño	71.44	77.49	63.20

TIPO DE FALLA	5	5	3
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

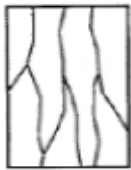


TEMPERATURA: **36°C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **3.0 cm** % CENIZA: **10%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	09/05/2016	09/05/2016	09/05/2016
Fecha de ensayo	16/05/2016	16/05/2016	16/05/2016
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.2	15.1	15.0
Altura (cm)	30.5	30.5	30.5
Lectura dial	29571.77	29775.71	30591.49
Área (cm ²)	181.46	179.08	176.71
Volumen (cm ³)	5534.49	5461.91	5389.81
Peso (kg)	12.689	12.448	12.453
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	162.97	166.27	173.11
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	15.98	16.31	16.98
% de ganancia según diseño	77.60	79.18	82.43

TIPO DE FALLA	3	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ


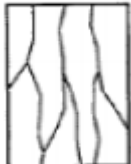

TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **3.5 cm** % CENIZA: **15%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	11/05/2016	11/05/2016	11/05/2016
Fecha de ensayo	18/05/2016	18/05/2016	18/05/2016
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.10	15.00	15.10
Altura (cm)	30.10	30.00	30.10
Lectura dial	27532.34	27736.28	26512.62
Área (cm ²)	179.08	176.72	179.08
Volumen (cm ³)	5390.28	5301.45	5390.28
Peso (kg)	11.790	11.856	11.830
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	153.74	156.95	148.05
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	15.08	15.39	14.52
% de ganancia según diseño	73.21	74.74	70.50

TIPO DE FALLA	5	3	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ




TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **2.5 cm** % CENIZA: **20%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	11/05/2016	11/05/2016	11/05/2016
Fecha de ensayo	18/05/2016	18/05/2016	18/05/2016
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.30	15.60	15.70
Altura (cm)	30.50	30.20	30.30
Lectura dial	29979.66	30591.49	28552.05
Área (cm ²)	183.85	191.13	193.59
Volumen (cm ³)	5607.56	5772.28	5865.88
Peso (kg)	12.325	12.731	12.707
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	163.06	160.05	147.48
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	15.99	15.70	14.46
% de ganancia según diseño	77.65	76.22	70.23

TIPO DE FALLA	5	5	3
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ




TEMPERATURA: **38° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **6.5 cm** % CENIZA: **25%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.68**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	13/05/2016	13/05/2016	13/05/2016
Fecha de ensayo	20/05/2016	20/05/2016	20/05/2016
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	143	143	143
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.10	30.00
Lectura dial	13256.31	10808.99	10197.16
Área (cm ²)	176.72	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5301.45	5319.12	5301.45
Peso (kg)	11.640	11.534	11.440
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	75.02	61.17	57.70
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	7.36	6.00	5.66
% de ganancia según diseño	52.46	42.77	40.35

TIPO DE FALLA	3	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
 ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
 ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
 HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

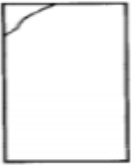

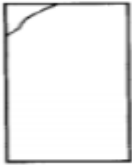
TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **6.5 cm** % CENIZA: **30%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.64**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	13/05/2016	13/05/2016	13/05/2016
Fecha de ensayo	20/05/2016	20/05/2016	20/05/2016
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	168	168	168
Diámetro (cm)	15.40	15.10	15.10
Altura (cm)	30.50	29.50	29.70
Lectura dial	12236.59	10197.16	11216.88
Área (cm ²)	186.27	179.08	179.08
Volumen (cm ³)	5681.10	5282.83	5318.65
Peso (kg)	12.294	11.379	11.421
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	65.69	56.94	62.64
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	6.44	5.58	6.14
% de ganancia según diseño	39.10	33.89	32.06

TIPO DE FALLA	5	3	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ




TEMPERATURA: 35° C INGENIO: JIBOA

REVENIMIENTO: 5.5 cm % CENIZA: 5%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	16/05/2016	16/05/2016	16/05/2016
Fecha de ensayo	23/05/2016	23/05/2016	23/05/2016
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.10	15.10	15.00
Altura (cm)	30.10	30.00	29.90
Lectura dial	30591.49	30999.37	29571.77
Área (cm ²)	179.08	179.08	176.72
Volumen (cm ³)	5390.28	5372.37	5283.78
Peso (kg)	11.68	11.88	11.80
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	170.83	173.10	167.34
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	16.75	16.98	16.41
% de ganancia según diseño	81.35	82.43	79.69

TIPO DE FALLA	5	3	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 35° C INGENIO: JIBOA

REVENIMIENTO: 4.5 cm % CENIZA: 10%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	16/05/2016	16/05/2016	16/05/2016
Fecha de ensayo	23/05/2016	23/05/2016	23/05/2016
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.10	15.00	15.00
Altura (cm)	29.70	30.00	29.80
Lectura dial	31611.20	29367.83	33038.81
Área (cm2)	179.08	176.72	176.72
Volumen (cm3)	5318.65	5301.45	5266.11
Peso (kg)	11.50	11.72	11.70
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm2)	176.52	166.19	186.96
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	17.31	16.30	18.33
% de ganancia según diseño	84.06	79.14	89.03

TIPO DE FALLA	5	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: **34° C** INGENIO: **JIBOA**

REVENIMIENTO: **5.0 cm** % CENIZA: **15%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	20/05/16	20/05/16	20/05/16
Fecha de ensayo	27/05/16	27/05/16	27/05/16
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	14.90	15.00	14.90
Altura (cm)	30.10	29.90	30.10
Lectura dial	26512.62	22433.76	25492.91
Área (cm ²)	174.37	176.72	174.37
Volumen (cm ³)	5248.44	5283.78	5248.44
Peso (kg)	11.86	11.72	11.85
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	152.05	126.95	146.20
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	14.91	12.45	14.34
% de ganancia según diseño	72.41	60.45	69.62

TIPO DE FALLA	6	4	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **JIBOA**

REVENIMIENTO: **4.0 cm** % CENIZA: **20%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	20/05/16	20/05/16	20/05/16
Fecha de ensayo	27/05/16	27/05/16	27/05/16
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.20	15.10	15.40
Altura (cm)	30.40	30.40	30.30
Lectura dial	24269.25	24677.13	22433.76
Área (cm2)	181.46	179.08	186.27
Volumen (cm3)	5516.35	5444.00	5643.84
Peso (kg)	12.32	12.32	12.80
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm2)	133.75	137.80	120.44
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	13.12	13.51	11.81
% de ganancia según diseño	63.69	65.62	57.35

TIPO DE FALLA	6	3	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

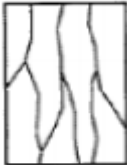


TEMPERATURA: 37° C INGENIO: JIBOA

REVENIMIENTO: 2.5 cm % CENIZA: 25%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	23/05/16	23/05/16	23/05/16
Fecha de ensayo	30/05/16	30/05/16	30/05/16
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	14.90	15.00	15.00
Altura (cm)	30.10	30.10	30.00
Lectura dial	26308.68	26512.62	24473.19
Área (cm ²)	174.37	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5248.44	5319.12	5301.45
Peso (kg)	11.96	12.12	11.98
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	150.88	150.03	138.49
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	14.80	14.71	13.58
% de ganancia según diseño	71.85	71.44	65.95

TIPO DE FALLA	3	5	4
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **JIBOA**

REVENIMIENTO: **4.5 cm** % CENIZA: **30%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.60**

HOJA DE LABORATORIO

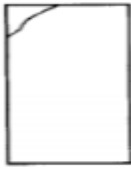
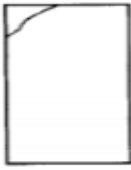
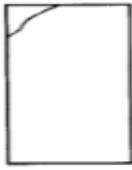
Cilindro No.	1	2	3
Fecha de elaboración	23/05/16	23/05/16	23/05/16
Fecha de ensayo	30/05/16	30/05/16	30/05/16
Edad de cilindro en días	7 días	7 días	7 días
F'c de diseño en kg/cm2	195	195	195
Diámetro (cm)	15.10	15.10	15.50
Altura (cm)	30.20	30.30	30.20
Lectura dial	18150.95	19374.61	20394.32
Área (cm2)	179.08	179.08	188.69
Volumen (cm3)	5408.19	5426.10	5698.51
Peso (kg)	12.16	12.32	12.58
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm2)	101.36	108.19	108.08
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	9.94	10.61	10.60
% de ganancia según diseño	51.98	55.48	55.43

TIPO DE FALLA	3	6	3
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



FORMATOS DE RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESION A LOS 14 DIAS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO ASTM C-39			
PROYECTO:	"ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"		
UBICACIÓN CANTERA:	RIO JIBOA, SINAI		
LABORATORISTAS:	ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ		
TEMPERATURA:	31°C	INGENIO:	-
REVENIMIENTO:	9.5 cm	% CENIZA:	0%
TIPO DE CEMENTO:	GU ASTM C-1157	RELACION A/C:	0.56
HOJA DE LABORATORIO			
Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	06/05/2016	06/05/2016	06/05/2016
Fecha de ensayo	20/05/2016	20/05/2016	20/05/2016
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.1	15.1	15.5
Altura (cm)	30.0	30.1	30.6
Lectura dial	39768.93	40584.71	40992.59
Área (cm2)	179.08	179.08	188.69
Volumen (cm3)	5372.37	5390.28	5773.99
Peso (kg)	12.030	12.039	12.952
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm2)	222.07	226.63	217.25
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	21.78	22.22	21.30
% de ganancia según diseño	105.75	107.92	103.45
TIPO DE FALLA	5	5	5
Esquema de fractura de cilindro			
TIPO DE CURADO:	NORMAL		



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ


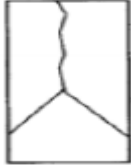

TEMPERATURA: **33°C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **8.5 cm** % CENIZA: **5%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	09/05/2016	09/05/2016	09/05/2016
Fecha de ensayo	23/05/2016	23/05/2016	23/05/2016
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.1	15.1	15.0
Altura (cm)	30.0	30.2	30.0
Lectura dial	39564.99	32630.92	36913.73
Área (cm ²)	179.08	179.08	176.72
Volumen (cm ³)	5372.37	5408.19	5301.45
Peso (kg)	11.86	12.06	11.90
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	220.94	182.22	208.89
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	21.67	17.87	20.48
% de ganancia según diseño	105.21	86.77	99.47

TIPO DE FALLA	5	2	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

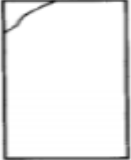
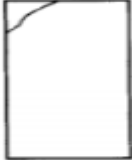

TEMPERATURA: **36°C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **3.0 cm** % CENIZA: **10%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	09/05/2016	09/05/2016	09/05/2016
Fecha de ensayo	23/05/2016	23/05/2016	23/05/2016
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.30	15.20	15.00
Altura (cm)	30.20	30.30	30.00
Lectura dial	39157.10	36709.78	36709.78
Área (cm ²)	183.85	181.46	176.72
Volumen (cm ³)	5552.40	5498.20	5301.45
Peso (kg)	12.52	12.32	11.86
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	212.98	202.30	207.73
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	20.89	19.84	20.37
% de ganancia según diseño	101.42	96.34	98.92

TIPO DE FALLA	5	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ


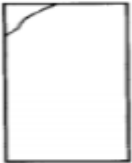
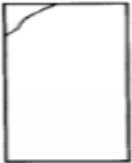
TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **3.5 cm** % CENIZA: **15%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	11/05/2016	11/05/2016	11/05/2016
Fecha de ensayo	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.0	15.1	15.1
Altura (cm)	30.1	30.0	30.0
Lectura dial	30387.54	32019.09	29571.77
Área (cm ²)	176.72	179.08	179.08
Volumen (cm ³)	5319.12	5372.37	5372.37
Peso (kg)	11.80	11.86	11.88
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	171.96	178.80	165.13
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	16.86	17.53	16.19
% de ganancia según diseño	81.88	85.14	78.63

TIPO DE FALLA	5	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ




TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **2.5 cm** % CENIZA: **20%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	11/05/2016	11/05/2016	11/05/2016
Fecha de ensayo	25/05/2016	25/05/2016	25/05/2016
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.40	15.00	15.00
Altura (cm)	30.60	30.30	30.00
Lectura dial	31611.20	31203.32	30591.49
Área (cm ²)	186.27	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5699.72	5354.46	5301.45
Peso (kg)	12.70	12.28	11.72
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	169.71	176.57	173.11
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	16.64	17.32	16.98
% de ganancia según diseño	80.81	84.08	82.43

TIPO DE FALLA	3	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ




TEMPERATURA: **38° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **6.5 cm** % CENIZA: **25%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.68**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	13/05/2016	13/05/2016	13/05/2016
Fecha de ensayo	27/05/2016	27/05/2016	27/05/2016
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	143	143	143
Diámetro (cm)	15.00	14.90	14.90
Altura (cm)	30.10	29.80	30.10
Lectura dial	18354.89	17335.18	18150.95
Área (cm ²)	176.72	174.37	174.37
Volumen (cm ³)	5319.12	5196.13	5248.44
Peso (kg)	11.74	11.38	11.74
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	103.87	99.42	104.10
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	10.19	9.75	10.21
% de ganancia según diseño	72.63	69.52	72.79

TIPO DE FALLA	5	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

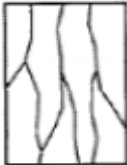


TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **6.5 cm** % CENIZA: **30%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.64**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	13/05/2016	13/05/2016	13/05/2016
Fecha de ensayo	27/05/2016	27/05/2016	27/05/2016
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	168	168	168
Diámetro (cm)	14.95	15.5	15.2
Altura (cm)	30.0	30.5	30.7
Lectura dial	17947.01	20394.32	20904.18
Área (cm ²)	175.54	188.69	181.46
Volumen (cm ³)	5266.17	5755.12	5461.91
Peso (kg)	11.52	12.66	12.18
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	102.24	108.08	115.20
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	10.03	10.60	11.30
% de ganancia según diseño	60.86	64.33	68.17

TIPO DE FALLA	3	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

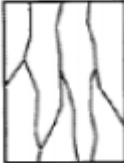
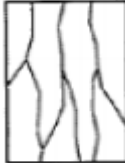
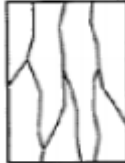
TEMPERATURA: 35° C INGENIO: JIBOA

REVENIMIENTO: 5.5 cm % CENIZA: 5%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	16/05/2016	16/05/2016	16/05/2016
Fecha de ensayo	30/05/2016	30/05/2016	30/05/2016
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	14.9	15.0	15.0
Altura (cm)	29.9	30.1	30.1
Lectura dial	36709.78	37117.67	35690.07
Área (cm ²)	174.37	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5213.56	5319.12	5319.12
Peso (kg)	12.86	12.96	12.98
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	210.53	210.04	201.96
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	20.65	20.60	19.81
% de ganancia según diseño	100.25	100.02	96.17

TIPO DE FALLA	3	3	3
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

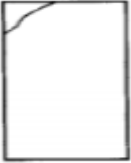
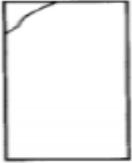

TEMPERATURA: **35° C** INGENIO: **JIBOA**

REVENIMIENTO: **4.5 cm** % CENIZA: **10%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	16/05/2016	16/05/2016	16/05/2016
Fecha de ensayo	30/05/2016	30/05/2016	30/05/2016
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	14.9	15.4	15.3
Altura (cm)	30.0	30.1	30.4
Lectura dial	30591.49	36505.84	35690.07
Área (cm ²)	174.37	186.27	183.85
Volumen (cm ³)	5231.00	5606.59	5589.17
Peso (kg)	11.92	12.68	12.60
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	175.44	195.99	194.12
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	17.21	19.22	19.04
% de ganancia según diseño	83.54	93.33	92.44

TIPO DE FALLA	5	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ




TEMPERATURA: **34° C** INGENIO: **JIBOA**

REVENIMIENTO: **5.0 cm** % CENIZA: **15%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	20/05/16	20/05/16	20/05/16
Fecha de ensayo	03/06/16	03/06/16	03/06/16
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	14.90	14.95	14.90
Altura (cm)	30.00	30.00	29.90
Lectura dial	33446.69	35486.12	32630.92
Área (cm ²)	174.37	175.54	174.37
Volumen (cm ³)	5231.00	5266.17	5213.56
Peso (kg)	11.94	11.76	11.82
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	191.82	202.16	187.14
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	18.81	19.82	18.35
% de ganancia según diseño	91.34	96.26	89.11

TIPO DE FALLA	3	3	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **JIBOA**

REVENIMIENTO: **4.0 cm** % CENIZA: **20%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	20/05/16	20/05/16	20/05/16
Fecha de ensayo	03/06/16	03/06/16	03/06/16
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.30	15.40	15.00
Altura (cm)	30.30	30.50	30.00
Lectura dial	27940.22	28552.05	29265.86
Área (cm ²)	183.85	186.27	176.72
Volumen (cm ³)	5570.78	5681.10	5301.45
Peso (kg)	12.70	12.58	11.76
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	151.97	153.29	165.61
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	14.90	15.03	16.24
% de ganancia según diseño	72.37	72.99	78.86

TIPO DE FALLA	5	5	3
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ




TEMPERATURA: **37° C** INGENIO: **JIBOA**

REVENIMIENTO: **2.5 cm** % CENIZA: **25%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	23/05/16	23/05/16	23/05/16
Fecha de ensayo	06/06/16	06/06/16	06/06/16
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00
Altura (cm)	30.10	30.20	30.30
Lectura dial	27124.45	27532.34	27328.39
Área (cm ²)	176.72	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5319.12	5336.79	5354.46
Peso (kg)	11.92	12.02	11.96
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	153.49	155.80	154.65
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	15.05	15.28	15.17
% de ganancia según diseño	73.09	74.19	73.64

TIPO DE FALLA	5	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **JIBOA**

REVENIMIENTO: **4.5 cm** % CENIZA: **30%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.60**

HOJA DE LABORATORIO




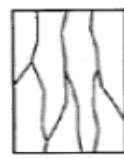

Cilindro No.	4	5	6
Fecha de elaboración	23/05/16	23/05/16	23/05/16
Fecha de ensayo	06/06/16	06/06/16	06/06/16
Edad de cilindro en días	14 días	14 días	14 días
F'c de diseño en kg/cm2	195	195	195
Diámetro (cm)	15.30	15.50	15.30
Altura (cm)	30.50	30.40	30.20
Lectura dial	21414.04	21923.90	22841.64
Área (cm2)	183.85	188.69	183.85
Volumen (cm3)	5607.56	5736.25	5552.40
Peso (kg)	12.50	12.76	12.32
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm2)	116.47	116.19	124.24
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	11.42	11.39	12.18
% de ganancia según diseño	59.73	59.58	63.71

TIPO DE FALLA	6	5	5
Esquema de fractura de cilindro			

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



FORMATOS DE RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESION A LOS 28 DIAS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO ASTM C-39				
PROYECTO:	"ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"			
UBICACIÓN CANTERA:	RIO JIBOA, SINAI			
LABORATORISTAS:	ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ			
TEMPERATURA:	31°C	INGENIO:	-	
REVENIMIENTO:	9.5 cm	% CENIZA:	0%	
TIPO DE CEMENTO:	GU ASTM C-1157	RELACION A/C:	0.56	
HOJA DE LABORATORIO				
Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	06/05/16	06/05/16	06/05/16	06/05/16
Fecha de ensayo	03/06/16	03/06/16	03/06/16	03/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.30	15.00	14.90	14.90
Altura (cm)	30.40	30.20	30.20	30.30
Lectura dial	49966.09	51189.75	50577.92	50985.81
Área (cm ²)	183.85	176.72	174.37	174.37
Volumen (cm ³)	5589.17	5336.79	5265.87	5283.31
Peso (kg)	13.10	12.16	12.20	12.18
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	271.77	289.67	290.07	292.41
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	26.65	28.41	28.45	28.68
% de ganancia según diseño	129.41	137.94	138.13	139.24
TIPO DE FALLA	3	3	3	5
Esquema de fractura de cilindro				
TIPO DE CURADO:	NORMAL			



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 33°C INGENIO: CHAPARRASTIQUE

REVENIMIENTO: 8.5 cm % CENIZA: 5%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	09/05/16	09/05/16	09/05/16	09/05/16
Fecha de ensayo	06/06/16	06/06/16	06/06/16	06/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.10	30.10	30.00
Lectura dial	42420.19	40788.65	41094.56	39768.93
Área (cm ²)	176.72	176.72	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5301.45	5319.12	5319.12	5301.45
Peso (kg)	11.96	11.98	11.90	11.96
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	240.05	230.82	232.55	225.05
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	23.54	22.64	22.81	22.07
% de ganancia según diseño	114.31	109.91	110.74	107.16

TIPO DE FALLA	3	5	6	5
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
 ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
 ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
 HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 36°C INGENIO: CHAPARRASTIQUE

REVENIMIENTO: 3.0 cm % CENIZA: 10%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	09/05/16	09/05/16	09/05/16	09/05/16
Fecha de ensayo	06/06/16	06/06/16	06/06/16	06/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.50	15.20	15.40	15.40
Altura (cm)	30.20	30.60	30.30	30.50
Lectura dial	39972.88	40176.82	40788.65	39768.93
Área (cm ²)	188.69	181.46	186.27	186.27
Volumen (cm ³)	5698.51	5552.64	5643.84	5681.10
Peso (kg)	12.86	12.34	12.92	12.70
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	211.84	221.41	218.98	213.51
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	20.77	21.71	21.47	20.94
% de ganancia según diseño	100.88	105.43	104.28	101.67

TIPO DE FALLA	3	5	6	5
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 36° C INGENIO: CHAPARRASTIQUE

REVENIMIENTO: 3.5 cm % CENIZA: 15%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	11/05/16	11/05/16	11/05/16	11/05/16
Fecha de ensayo	08/05/16	08/05/16	08/05/16	08/05/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.00	15.10	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.00	30.10	30.00
Lectura dial	33242.75	33038.81	33650.64	32630.92
Área (cm ²)	176.72	179.08	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5301.45	5372.37	5319.12	5301.45
Peso (kg)	11.86	12.00	11.80	11.76
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	188.12	184.49	190.42	184.65
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	18.45	18.09	18.67	18.11
% de ganancia según diseño	89.58	87.85	90.68	87.93

TIPO DE FALLA	5	3	3	5
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 36° C INGENIO: CHAPARRASTIQUE

REVENIMIENTO: 2.5 cm % CENIZA: 20%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	11/05/16	11/05/16	11/05/16	11/05/16
Fecha de ensayo	08/05/16	08/05/16	08/05/16	08/05/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00	15.40
Altura (cm)	29.90	30.00	29.80	30.40
Lectura dial	32630.92	32223.03	31815.15	31815.15
Área (cm ²)	176.72	176.72	176.72	186.27
Volumen (cm ³)	5283.78	5301.45	5266.11	5662.47
Peso (kg)	11.88	11.60	11.90	12.78
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	184.65	182.34	180.04	170.81
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	18.11	17.88	17.66	16.75
% de ganancia según diseño	87.93	86.83	85.73	81.34

TIPO DE FALLA	5	5	3	3
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: **38° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **6.5 cm** % CENIZA: **25%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.68**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	13/05/16	13/05/16	13/05/16	13/05/16
Fecha de ensayo	10/06/16	10/06/16	10/06/16	10/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	143	143	143	143
Diámetro (cm)	15.00	14.90	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.00	30.10	30.00
Lectura dial	23453.47	25492.91	21414.04	23453.47
Área (cm ²)	176.72	174.37	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5301.45	5231.00	5319.12	5301.45
Peso (kg)	11.64	11.54	11.62	11.50
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	132.72	146.20	121.18	132.72
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	13.02	14.34	11.88	13.02
% de ganancia según diseño	92.81	102.24	84.74	92.81

TIPO DE FALLA	6	3	5	3
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: **36° C** INGENIO: **CHAPARRASTIQUE**

REVENIMIENTO: **6.5 cm** % CENIZA: **30%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.64**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	13/05/16	13/05/16	13/05/16	13/05/16
Fecha de ensayo	10/06/16	10/06/16	10/06/16	10/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	168	168	168	168
Diámetro (cm)	15.10	15.50	15.00	15.00
Altura (cm)	30.40	30.50	29.80	29.90
Lectura dial	25492.91	29571.77	22433.76	21414.04
Área (cm ²)	179.08	188.69	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5444.00	5755.12	5266.11	5283.78
Peso (kg)	12.12	12.62	11.48	12.42
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	142.36	156.72	126.95	121.18
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	13.96	15.37	12.45	11.88
% de ganancia según diseño	84.74	74.63	60.45	72.13

TIPO DE FALLA	3	3	3	5
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 35° C INGENIO: JIBOA

REVENIMIENTO: 5.5 cm % CENIZA: 5%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	16/05/16	16/05/16	16/05/16	16/05/16
Fecha de ensayo	13/06/16	13/06/16	13/06/16	13/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.00	15.00	14.90	15.00
Altura (cm)	29.70	30.00	30.00	30.00
Lectura dial	43134.00	41094.56	44051.74	41298.51
Área (cm ²)	176.72	176.72	174.37	176.72
Volumen (cm ³)	5248.44	5301.45	5231.00	5301.45
Peso (kg)	11.80	11.96	11.92	11.90
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	244.09	232.55	252.64	233.70
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	23.94	22.81	24.78	22.92
% de ganancia según diseño	116.23	110.74	120.30	111.29

TIPO DE FALLA	3	3	3	3
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 35° C INGENIO: JIBOA

REVENIMIENTO: 4.5 cm % CENIZA: 10%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	16/05/16	16/05/16	16/05/16	16/05/16
Fecha de ensayo	13/06/16	13/06/16	13/06/16	13/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.50	15.00	15.10	15.10
Altura (cm)	30.50	30.00	30.40	30.40
Lectura dial	38749.22	39259.07	39666.96	39768.93
Área (cm ²)	188.69	176.72	179.08	179.08
Volumen (cm ³)	5755.12	5301.45	5444.00	5444.00
Peso (kg)	12.90	11.84	12.40	12.40
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	205.36	222.16	221.51	222.07
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	20.14	21.79	21.72	21.78
% de ganancia según diseño	97.79	105.79	105.48	105.75

TIPO DE FALLA	3	3	3	3
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: **34° C** INGENIO: **JIBOA**

REVENIMIENTO: **5.0 cm** % CENIZA: **15%**

TIPO DE CEMENTO: **GU ASTM C-1157** RELACION A/C: **0.56**

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	20/05/16	20/05/16	20/05/16	20/05/16
Fecha de ensayo	17/06/16	17/06/16	17/06/16	17/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.00	14.90	14.80	15.00
Altura (cm)	29.80	30.00	30.00	30.10
Lectura dial	37015.70	37627.53	37933.44	36403.87
Área (cm ²)	176.72	174.37	172.03	176.72
Volumen (cm ³)	5266.11	5231.00	5161.02	5319.12
Peso (kg)	11.68	11.78	11.88	11.86
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	209.47	215.80	220.50	206.00
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	20.54	21.16	21.62	20.20
% de ganancia según diseño	99.75	102.76	105.00	98.10

TIPO DE FALLA	3	3	3	5
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: **NORMAL**



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 36° C INGENIO: JIBOA

REVENIMIENTO: 4.0 cm % CENIZA: 20%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	20/05/16	20/05/16	20/05/16	20/05/16
Fecha de ensayo	17/06/16	17/06/16	17/06/16	17/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00	14.90
Altura (cm)	30.00	30.00	29.80	29.90
Lectura dial	29469.80	30183.60	29877.69	28042.20
Área (cm2)	176.72	176.72	176.72	174.37
Volumen (cm3)	5301.45	5301.45	5266.11	5213.56
Peso (kg)	11.62	11.88	11.68	11.70
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm2)	166.76	170.80	169.07	160.82
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	16.35	16.75	16.58	15.77
% de ganancia según diseño	79.41	81.34	80.51	76.58

TIPO DE FALLA	3	3	5	3
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 37° C INGENIO: JIBOA

REVENIMIENTO: 2.5 cm % CENIZA: 25%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.56

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	23/05/16	23/05/16	23/05/16	23/05/16
Fecha de ensayo	20/06/16	20/06/16	20/06/16	20/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00
Diámetro (cm)	14.90	15.00	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	30.00
Lectura dial	28042.20	28348.11	27838.25	29163.88
Área (cm ²)	174.37	176.72	176.72	176.72
Volumen (cm ³)	5231.00	5301.45	5301.45	5301.45
Peso (kg)	11.94	11.90	11.90	11.82
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm ²)	160.82	160.42	157.53	165.03
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	15.77	15.73	15.45	16.18
% de ganancia según diseño	76.58	76.39	75.02	78.59

TIPO DE FALLA	3	3	3	3
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: NORMAL



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



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA ESPECÍMENES CILINDROS DE CONCRETO
ASTM C-39

PROYECTO: "ESTUDIO DEL EMPLEO DE CENIZAS PRODUCIDAS EN INGENIOS AZUCAREROS COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO"

UBICACIÓN CANTERA: RIO JIBOA, SINAI

LABORATORISTAS: ALVARADO ARÉVALO, JOSÉ NELSON
ANDRADE PORTILLO, JUAN ANTONIO
HERNÁNDEZ ZELAYA, HERSON NOÉ

TEMPERATURA: 36° C INGENIO: JIBOA

REVENIMIENTO: 4.5 cm % CENIZA: 30%

TIPO DE CEMENTO: GU ASTM C-1157 RELACION A/C: 0.64

HOJA DE LABORATORIO

Cilindro No.	7	8	9	10
Fecha de elaboración	23/05/16	23/05/16	23/05/16	23/05/16
Fecha de ensayo	20/06/16	20/06/16	20/06/16	20/06/16
Edad de cilindro en días	28 días	28 días	28 días	28 días
F'c de diseño en kg/cm2	168	168	168	168
Diámetro (cm)	15.00	15.00	14.90	14.90
Altura (cm)	29.90	30.00	30.00	30.00
Lectura dial	24269.25	24473.19	24881.08	25085.02
Área (cm2)	176.72	176.72	174.37	174.37
Volumen (cm3)	5283.78	5301.45	5231.00	5231.00
Peso (kg)	11.76	11.66	11.66	11.72
Esfuerzo de ruptura (kgf/cm2)	137.34	138.49	142.69	143.86
Esfuerzo de ruptura (Mpa)	13.47	13.58	13.99	14.11
% de ganancia según diseño	70.43	71.02	73.18	73.78

TIPO DE FALLA	3	3	3	5
Esquema de fractura de cilindro				

TIPO DE CURADO: NORMAL



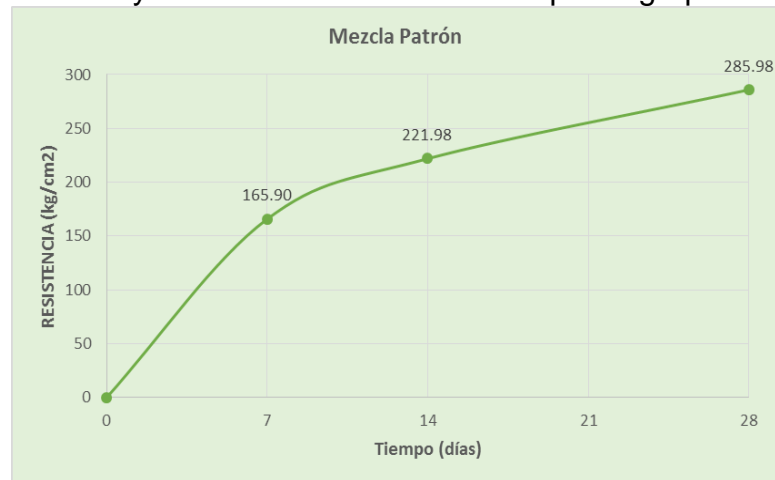
ANEXO 6: RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

A. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA PATRÓN

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla patrón

PATRÓN							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	06/05/2016	0%	13/05/2016	30591.49	16.75	170.83	81.35
2	06/05/2016	0%	13/05/2016	30795.43	16.64	169.71	80.81
3	06/05/2016	0%	13/05/2016	28144.17	15.41	157.16	74.84
PROMEDIO				29843.70	16.27	165.90	79.00
4	06/05/2016	0%	20/05/2016	39768.93	21.78	222.07	105.75
5	06/05/2016	0%	20/05/2016	40584.71	22.22	226.63	107.92
6	06/05/2016	0%	20/05/2016	40992.59	21.30	217.25	103.45
PROMEDIO				40448.74	21.77	221.98	105.71
7	06/05/2016	0%	03/06/2016	49966.09	26.65	271.77	129.41
8	06/05/2016	0%	03/06/2016	51189.75	28.41	289.67	137.94
9	06/05/2016	0%	03/06/2016	50577.92	28.45	290.07	138.13
10	06/05/2016	0%	03/06/2016	50985.81	28.45	292.41	139.24
PROMEDIO				50679.89	27.99	285.98	136.18

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo

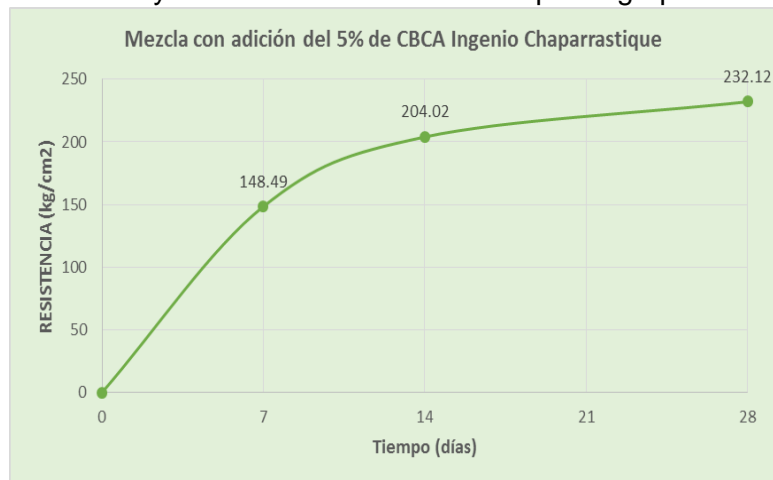


B. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 5% DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 5% del Ingenio Chaparrastique

INGENIO CHAPARRASTIQUE							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	09/05/2016	5%	16/05/2016	26512.62	14.71	150.03	71.44
2	09/05/2016	5%	16/05/2016	28756.00	15.96	162.73	77.49
3	09/05/2016	5%	16/05/2016	23453.47	13.02	132.72	63.20
PROMEDIO				26240.70	14.56	148.49	70.71
4	09/05/2016	5%	23/05/2016	39564.99	21.67	220.94	105.21
5	09/05/2016	5%	23/05/2016	32630.92	17.87	182.22	86.77
6	09/05/2016	5%	23/05/2016	36913.73	20.48	208.89	99.47
PROMEDIO				36369.88	20.01	204.02	97.15
7	09/05/2016	5%	06/06/2016	42420.19	23.54	240.05	114.31
8	09/05/2016	5%	06/06/2016	40788.65	22.64	230.82	109.91
9	09/05/2016	5%	06/06/2016	41094.56	22.81	232.55	110.74
10	09/05/2016	5%	06/06/2016	39768.93	22.07	225.05	107.16
PROMEDIO				41018.08	22.77	232.12	110.53

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo

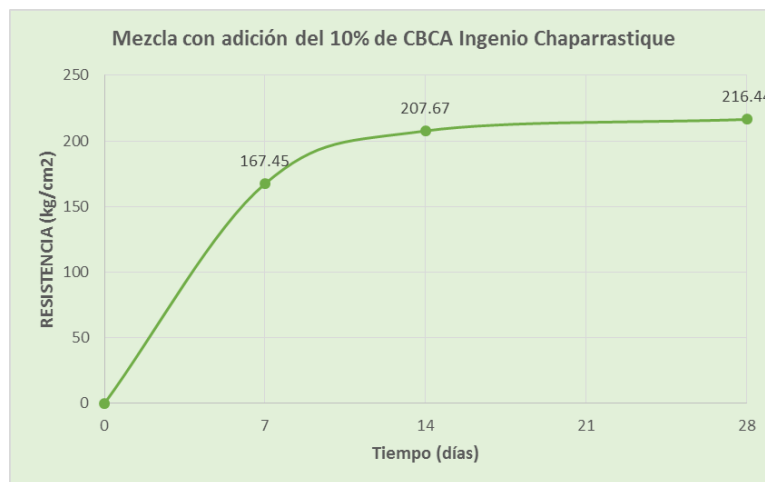


C. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 10% DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 10% del Ingenio Chaparrastique

INGENIO CHAPARRASTIQUE							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm2)	% de la Resistencia
1	09/05/2016	10%	16/05/2016	29571.77	15.98	162.97	77.60
2	09/05/2016	10%	16/05/2016	29775.71	16.31	166.27	79.18
3	09/05/2016	10%	16/05/2016	30591.49	16.98	173.11	82.43
PROMEDIO				29979.66	16.42	167.45	79.74
4	09/05/2016	10%	23/05/2016	39157.10	20.89	212.98	101.42
5	09/05/2016	10%	23/05/2016	36709.78	19.84	202.30	96.34
6	09/05/2016	10%	23/05/2016	36709.78	20.37	207.73	98.92
PROMEDIO				37525.55	20.37	207.67	98.89
7	09/05/2016	10%	06/06/2016	39972.88	20.77	211.84	100.88
8	09/05/2016	10%	06/06/2016	40176.82	21.71	221.41	105.43
9	09/05/2016	10%	06/06/2016	40788.65	21.47	218.98	104.28
10	09/05/2016	10%	06/06/2016	39768.93	20.94	213.51	101.67
PROMEDIO				40176.82	21.22	216.44	103.07

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo

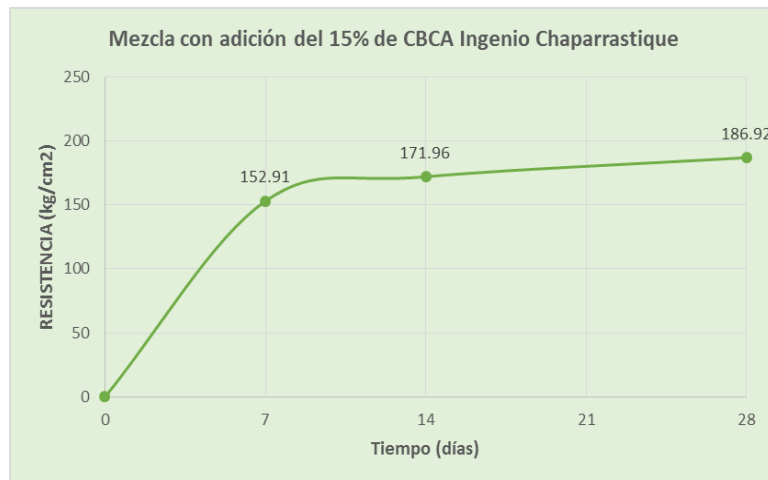


D. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 15% DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 15% del Ingenio Chaparrastique

INGENIO CHAPARRASTIQUE							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm2)	% de la Resistencia
1	11/05/2016	15%	18/05/2016	27532.34	15.08	153.74	73.21
2	11/05/2016	15%	18/05/2016	27736.28	15.39	156.95	74.74
3	11/05/2016	15%	18/05/2016	26512.62	14.52	148.05	70.50
PROMEDIO				27260.41	15.00	152.91	72.82
4	11/05/2016	15%	25/05/2016	30387.54	16.86	171.96	81.88
5	11/05/2016	15%	25/05/2016	32019.09	17.53	178.80	85.14
6	11/05/2016	15%	25/05/2016	29571.77	16.19	165.13	78.63
PROMEDIO				30659.47	16.86	171.96	81.88
7	11/05/2016	15%	08/05/2016	33242.75	18.45	188.12	89.58
8	11/05/2016	15%	08/05/2016	33038.81	18.09	184.49	87.85
9	11/05/2016	15%	08/05/2016	33650.64	18.67	190.42	90.68
10	11/05/2016	15%	08/05/2016	32630.92	18.11	184.65	87.93
PROMEDIO				33140.78	18.33	186.92	89.01

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo

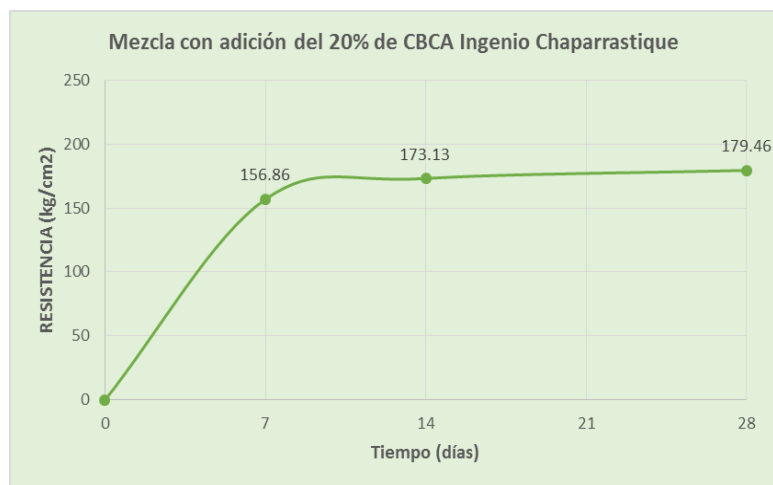


E. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 20% DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 20% del Ingenio Chaparrastique

INGENIO CHAPARRASTIQUE							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm2)	% de la Resistencia
1	11/05/2016	20%	18/05/2016	29979.66	15.99	163.06	77.65
2	11/05/2016	20%	18/05/2016	30591.49	15.70	160.05	76.22
3	11/05/2016	20%	18/05/2016	28552.05	14.46	147.48	70.23
PROMEDIO				29707.73	15.38	156.86	74.70
4	11/05/2016	20%	25/05/2016	31611.20	16.64	169.71	80.81
5	11/05/2016	20%	25/05/2016	31203.32	17.32	176.57	84.08
6	11/05/2016	20%	25/05/2016	30591.49	16.98	173.11	82.43
PROMEDIO				31135.34	16.98	173.13	82.44
7	11/05/2016	20%	08/05/2016	32630.92	18.11	184.65	87.93
8	11/05/2016	20%	08/05/2016	32223.03	17.88	182.34	86.83
9	11/05/2016	20%	08/05/2016	31815.15	17.66	180.04	85.73
10	11/05/2016	20%	08/05/2016	31815.15	16.75	170.81	81.34
PROMEDIO				32121.06	17.60	179.46	85.46

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo

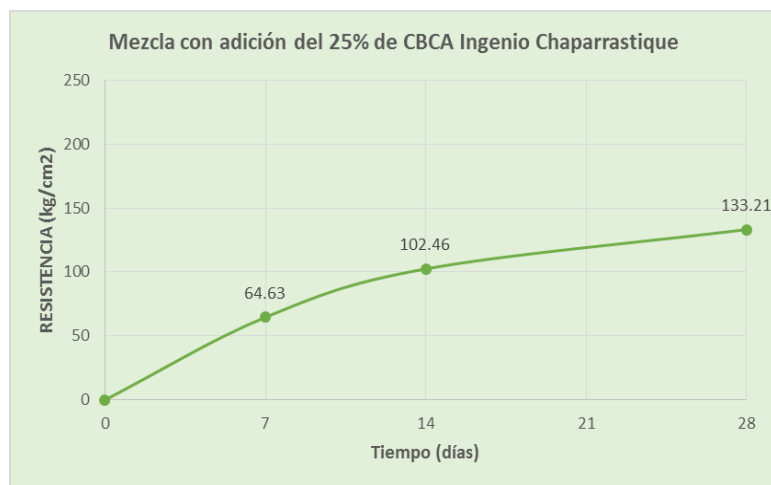


F. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 25% DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 25% del Ingenio Chaparrastique

INGENIO CHAPARRASTIQUE							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	13/05/2016	25%	20/05/2016	5301.45	7.36	75.02	52.46
2	13/05/2016	25%	20/05/2016	5319.12	6.00	61.17	42.77
3	13/05/2016	25%	20/05/2016	5301.45	5.66	57.70	40.35
PROMEDIO				5307.34	6.34	64.63	45.19
4	13/05/2016	25%	27/05/2016	18354.89	10.19	103.87	72.63
5	13/05/2016	25%	27/05/2016	17335.18	9.75	99.42	69.52
6	13/05/2016	25%	27/05/2016	18150.95	10.21	104.10	72.79
PROMEDIO				17947.01	10.05	102.46	71.65
7	13/05/2016	25%	10/06/2016	23453.47	13.02	132.72	92.81
8	13/05/2016	25%	10/06/2016	25492.91	14.34	146.20	102.24
9	13/05/2016	25%	10/06/2016	21414.04	11.88	121.18	84.74
10	13/05/2016	25%	10/06/2016	23453.47	13.02	132.72	92.81
PROMEDIO				23453.47	13.07	133.21	93.15

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo

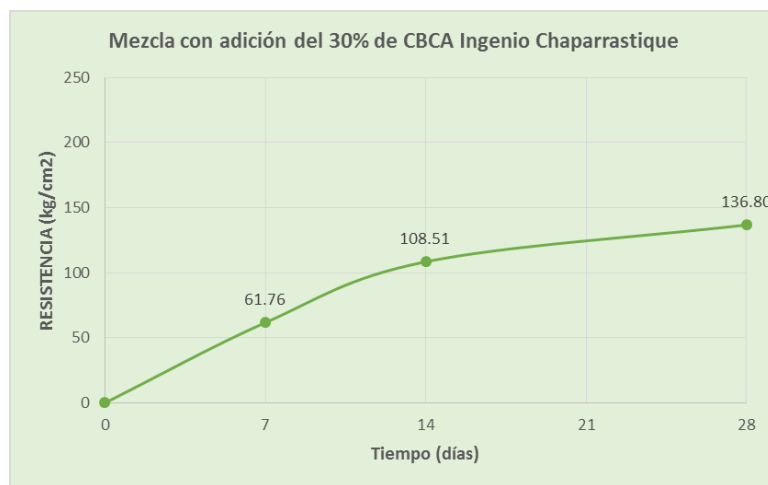


G. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 30% DEL INGENIO CHAPARRASTIQUE

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 30% del Ingenio Chaparrastique

INGENIO CHAPARRASTIQUE							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	13/05/2016	30%	20/05/2016	5681.10	6.44	65.69	39.10
2	13/05/2016	30%	20/05/2016	5282.83	5.58	56.94	33.89
3	13/05/2016	30%	20/05/2016	5318.65	6.14	62.64	37.06
PROMEDIO				5427.53	6.05	61.76	36.68
4	13/05/2016	30%	27/05/2016	17947.01	10.03	102.24	60.86
5	13/05/2016	30%	27/05/2016	20394.32	10.60	108.08	64.33
6	13/05/2016	30%	27/05/2016	20904.18	11.30	115.20	68.17
PROMEDIO				19748.50	10.64	108.51	64.45
7	13/05/2016	30%	10/06/2016	25492.91	13.96	142.36	84.74
8	13/05/2016	30%	10/06/2016	29571.77	15.37	156.72	74.63
9	13/05/2016	30%	10/06/2016	22433.76	12.45	126.95	60.45
10	13/05/2016	30%	10/06/2016	21414.04	11.88	121.18	72.13
PROMEDIO				24728.12	13.42	136.80	72.99

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo



H. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 5% DEL INGENIO JIBOA

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 5% del Ingenio Jiboa

INGENIO JIBOA							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	16/05/2016	5%	23/05/2016	30591.49	16.75	170.83	81.35
2	16/05/2016	5%	23/05/2016	30999.37	16.98	173.10	82.43
3	16/05/2016	5%	23/05/2016	29571.77	16.41	167.34	79.69
PROMEDIO				30387.54	16.71	170.42	81.16
4	16/05/2016	5%	30/05/2016	36709.78	20.65	210.53	100.25
5	16/05/2016	5%	30/05/2016	37117.67	20.60	210.04	100.02
6	16/05/2016	5%	30/05/2016	35690.07	19.81	201.96	96.17
PROMEDIO				36505.84	20.35	207.51	98.81
7	16/05/2016	5%	13/06/2016	43134.00	23.94	244.09	116.23
8	16/05/2016	5%	13/06/2016	41094.56	22.81	232.55	110.74
9	16/05/2016	5%	13/06/2016	44051.74	24.78	252.64	120.30
10	16/05/2016	5%	13/06/2016	41298.51	22.92	233.70	111.29
PROMEDIO				42394.70	23.61	240.75	114.64

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo



I. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 10% DEL INGENIO JIBOA

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 10% del Ingenio Jiboa

INGENIO JIBOA							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	16/05/2016	10%	23/05/2016	31611.20	17.31	176.52	84.06
2	16/05/2016	10%	23/05/2016	29367.83	16.30	166.19	79.14
3	16/05/2016	10%	23/05/2016	33038.81	18.33	186.96	89.03
PROMEDIO				31339.28	17.31	176.56	84.08
4	16/05/2016	10%	30/05/2016	30591.49	17.21	175.44	83.54
5	16/05/2016	10%	30/05/2016	36505.84	19.22	195.99	93.33
6	16/05/2016	10%	30/05/2016	35690.07	19.04	194.12	92.44
PROMEDIO				34262.47	18.49	188.52	89.77
7	16/05/2016	10%	13/06/2016	38749.22	20.14	205.36	97.79
8	16/05/2016	10%	13/06/2016	39259.07	21.79	222.16	105.79
9	16/05/2016	10%	13/06/2016	39666.96	21.72	221.51	105.48
10	16/05/2016	10%	13/06/2016	39768.93	21.78	222.07	105.75
PROMEDIO				39361.05	21.36	217.78	103.70

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo



J. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 15% DEL INGENIO JIBOA

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 15% del Ingenio Jiboa

INGENIO JIBOA							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	20/05/2016	15%	27/05/2016	26512.62	14.91	152.05	72.41
2	20/05/2016	15%	27/05/2016	22433.76	12.45	126.95	60.45
3	20/05/2016	15%	27/05/2016	25492.91	14.34	146.20	69.62
PROMEDIO				24813.10	13.90	141.73	67.49
4	20/05/2016	15%	03/06/2016	33446.69	18.81	191.82	91.34
5	20/05/2016	15%	03/06/2016	35486.12	19.82	202.16	96.26
6	20/05/2016	15%	03/06/2016	32630.92	18.35	187.14	89.11
PROMEDIO				33854.58	18.99	193.71	92.24
7	20/05/2016	15%	17/06/2016	37015.70	20.54	209.47	99.75
8	20/05/2016	15%	17/06/2016	37627.53	21.16	215.80	102.76
9	20/05/2016	15%	17/06/2016	37933.44	21.62	220.50	105.00
10	20/05/2016	15%	17/06/2016	36403.87	20.20	206.00	98.10
PROMEDIO				37245.14	20.88	212.94	101.40

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo



K. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 20% DEL INGENIO JIBOA

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 20% del Ingenio Jiboa

INGENIO JIBOA							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	20/05/2016	20%	27/05/2016	24269.25	13.12	133.75	63.69
2	20/05/2016	20%	27/05/2016	24677.13	13.51	137.80	65.62
3	20/05/2016	20%	27/05/2016	22433.76	11.81	120.44	57.35
PROMEDIO				23793.38	12.81	130.66	62.22
4	20/05/2016	20%	03/06/2016	27940.22	14.90	151.97	72.37
5	20/05/2016	20%	03/06/2016	28552.05	15.03	153.29	72.99
6	20/05/2016	20%	03/06/2016	29265.86	16.24	165.61	78.86
PROMEDIO				28586.04	15.39	156.96	74.74
7	20/05/2016	20%	17/06/2016	29469.80	16.35	166.76	79.41
8	20/05/2016	20%	17/06/2016	30183.60	16.75	170.80	81.34
9	20/05/2016	20%	17/06/2016	29877.69	16.58	169.07	80.51
10	20/05/2016	20%	17/06/2016	28042.20	15.77	160.82	76.58
PROMEDIO				29393.32	16.36	166.86	79.46

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo

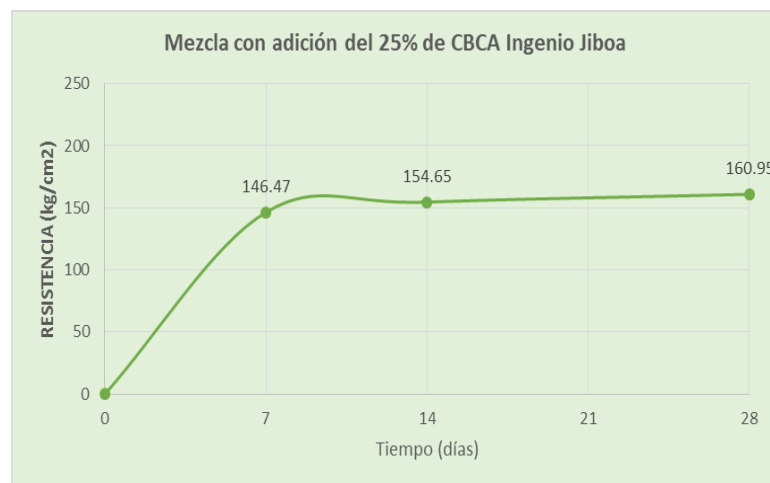


L. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 25% DEL INGENIO JIBOA

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 25% del Ingenio Jiboa

INGENIO JIBOA							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	23/05/2016	25%	30/05/2016	26308.68	14.80	150.88	71.85
2	23/05/2016	25%	30/05/2016	26512.62	14.71	150.03	71.44
3	23/05/2016	25%	30/05/2016	24473.19	13.58	138.49	65.95
PROMEDIO				25764.83	14.36	146.47	69.75
4	23/05/2016	25%	06/06/2016	27124.45	15.05	153.49	73.09
5	23/05/2016	25%	06/06/2016	27532.34	15.28	155.80	74.19
6	23/05/2016	25%	06/06/2016	27328.39	15.17	154.65	73.64
PROMEDIO				27328.39	15.17	154.65	73.64
7	23/05/2016	25%	20/06/2016	28042.20	15.77	160.82	76.58
8	23/05/2016	25%	20/06/2016	28348.11	15.73	160.42	76.39
9	23/05/2016	25%	20/06/2016	27838.25	15.45	157.53	75.02
10	23/05/2016	25%	20/06/2016	29163.88	16.18	165.03	78.59
PROMEDIO				28348.11	15.78	160.95	76.65

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo

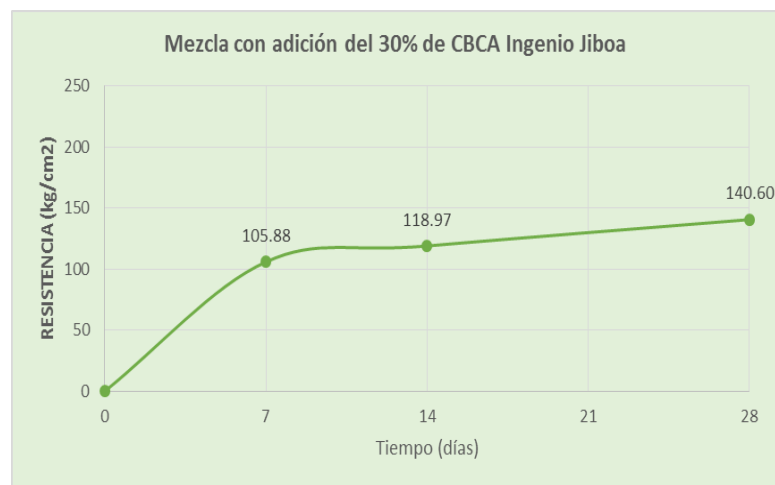


M. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MEZLCA 30% DEL INGENIO JIBOA

Resultados del ensayo a la compresión de la mezcla 30% del Ingenio Jiboa

INGENIO JIBOA							
No. de cilindro	Fecha	Adición de ceniza	Resistencia a la compresión				
			A 7, 14 y 28 días				
			Fecha	Carga (kgf)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (kg/cm ²)	% de la Resistencia
1	23/05/2016	30%	30/05/2016	18150.95	9.94	101.36	51.98
2	23/05/2016	30%	30/05/2016	19374.61	10.61	108.19	55.48
3	23/05/2016	30%	30/05/2016	20394.32	10.60	108.08	55.43
PROMEDIO				19306.63	10.38	105.88	54.30
4	23/05/2016	30%	06/06/2016	21414.04	11.42	116.47	59.73
5	23/05/2016	30%	06/06/2016	21923.90	11.39	116.19	59.58
6	23/05/2016	30%	06/06/2016	22841.64	12.18	124.24	63.71
PROMEDIO				22059.86	11.66	118.97	61.01
7	23/05/2016	30%	20/06/2016	24269.25	13.47	137.34	70.43
8	23/05/2016	30%	20/06/2016	24473.19	13.58	138.49	71.02
9	23/05/2016	30%	20/06/2016	24881.08	13.99	142.69	73.18
10	23/05/2016	30%	20/06/2016	25085.02	14.11	143.86	73.78
PROMEDIO				24677.14	13.79	140.60	72.10

Fuente: Ensayos de laboratorio realizados por el grupo de tesis.



Curva de la resistencia del concreto con el tiempo



ANEXO 7: CORRECCION EN EL CALCULO DE CUADRADOS MEDIOS (MCE) PARA LA VALIDACION DE RESISTENCIAS

CALCULO DE LA SUMA DE CUADRADOS MEDIOS DEL ERROR (MCE).

Ingenio Chaparrastique.

- Calculo de la suma y la media de las resistencias

Mezcla	Resistencia (28 días)				n	Suma (Yi)	Media (kg/cm2)	EYi2	Yi2
0%	210,00	210,00	210,00	210,00	4	840.00	210.00	176,400.00	705,600.00
0%	271,77	289,67	290,07	292,41	4	1,143.92	285.98	327,411.85	1,308,552.97
5%	240,05	230,82	232,55	225,05	4	928.47	232.12	215,628.88	862,056.54
10%	211,84	221,41	218,98	213,51	4	865.74	216.44	187,437.33	749,505.75
15%	188,12	184,49	190,42	184,65	4	747.68	186.92	139,781.09	559,025.38
20%	184,65	182,34	180,04	170,81	4	717.84	179.46	128,933.96	515,294.27
					24	5,243.65	1,310.91	1,175,593.12	4,700,034.90

- Calculo de la media de los tratamientos

$$\mu = \frac{\sum Y_i}{a}$$

$$\mu = \frac{1,310.91}{6}$$

$$\mu = 218,49$$

- Suma total de cuadrados (SCT)

$$SCT = \sum \sum Y_{ij}^2 - N\bar{y}^2$$

$$SCT = 1.175.593,12 - 24(218,49)^2$$

$$SCT = 29,932.06$$

- Suma de cuadrados entre tratamientos (SCTra)

$$SCTra = \sum n_i \bar{y}_i^2 - N\bar{y}^2$$

$$SCTra = 4(210.00^2 + 285.98^2 + 232.12^2 + 216.44^2 + 186.92^2 + 179.46^2) - 24(218,49)^2$$

$$SCTra = 29,347.67$$

- Suma de cuadrados del error experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCTra$$



$$SCE = 29,932.06 - 29,347.67$$

$$SCE = 584.39$$

- Cuadrados medios (MCE)

$$MCE = \frac{SCE}{N - a}$$

$$MCE = \frac{584.39}{24 - 6}$$

$$MCE = 32.47$$

Ingenio Jiboa.

- Calculo de la suma y la media de las resistencias

Mezcla	Resistencia (28 días)				n	Suma (Yi)	Media (kg/cm2)	EYi2	Yi2
0%	210,00	210,00	210,00	210,00	4	840.00	210.00	176,400.00	705,600.00
0%	271,77	289,67	290,07	292,41	4	1,143.92	285.98	327,411.85	1,308,552.97
5%	244,09	232,55	252,64	233,70	4	962.98	240.75	232,102.09	927,330.48
10%	205,36	222,16	221,51	222,07	4	871.10	217.78	189,909.56	758,815.21
15%	209,47	215,80	220,50	206,00	4	851.77	212.94	181,503.57	725,512.13
20%	176,76	170,80	169,07	160,82	4	677.45	169.36	114,864.47	458,938.50
25%	170,82	160,42	157,53	165,03	4	653.80	163.45	106,964.65	427,454.44
					28	6,001.2	1,500.26	1,329,156.20	5,312,203.73

- Calculo de la media de los tratamientos

$$\mu = \frac{\Sigma Y_i}{a}$$

$$\mu = \frac{1,500.26}{7}$$

$$\mu = 214.32$$

- Suma total de cuadrados (SCT)

$$SCT = \Sigma \Sigma Y_{ij}^2 - N\bar{Y}^2$$

$$SCT = 1,329,156.20 - 28(214.32)^2$$

$$SCT = 43,004.4$$

- Suma de cuadrados entre tratamientos (SCTra)

$$SCTra = \Sigma \frac{Y_i^2}{n} - \frac{Y^2}{N}$$



$$SCTra = \frac{5,312,203.73}{4} - \frac{(6,001.2)^2}{28}$$

$$SCTra = 41,899.47$$

- Suma de cuadrados del error experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCTra$$

$$SCE = 43,004,4 - 41,899.47$$

$$SCE = 1,105.27$$

- Cuadrados medios *MCE*

$$MCE = \frac{SCE}{N - a}$$

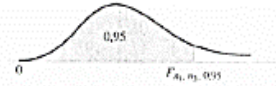
$$MCE = \frac{1,105.27}{28 - 7}$$

$$MCE = 52.63$$



ANEXO 8: TABLA DE FUNCION DE DISTRIBUCION “F” DE SNEDECOR (CONTINUACION)

$$P(X \leq F_{n_1, n_2, 0.95}) = 0.95$$



$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	40	60	80	100	120
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,9	246,0	248,0	249,3	250,1	251,1	252,2	252,7	253,0	253,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,41	19,43	19,45	19,46	19,46	19,47	19,48	19,48	19,49	19,49
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,70	8,66	8,63	8,62	8,59	8,57	8,56	8,55	8,55
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,67	5,66	5,66
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,56	4,52	4,50	4,46	4,43	4,41	4,41	4,40
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,94	3,87	3,83	3,81	3,77	3,74	3,72	3,71	3,70
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44	3,40	3,38	3,34	3,30	3,29	3,27	3,27
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15	3,11	3,08	3,04	3,01	2,99	2,97	2,97
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94	2,89	2,86	2,83	2,79	2,77	2,76	2,75
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91	2,85	2,77	2,73	2,70	2,66	2,62	2,60	2,59	2,58
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79	2,72	2,65	2,60	2,57	2,53	2,49	2,47	2,46	2,45
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69	2,62	2,54	2,50	2,47	2,43	2,38	2,36	2,35	2,34
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60	2,53	2,46	2,41	2,38	2,34	2,30	2,27	2,26	2,25
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53	2,46	2,39	2,34	2,31	2,27	2,22	2,20	2,19	2,18
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,40	2,33	2,28	2,25	2,20	2,16	2,14	2,12	2,11
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28	2,23	2,19	2,15	2,11	2,08	2,07	2,06
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23	2,18	2,15	2,10	2,06	2,03	2,02	2,01
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19	2,14	2,11	2,06	2,02	1,99	1,98	1,97
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,96	1,94	1,93
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,20	2,12	2,07	2,04	1,99	1,95	1,92	1,91	1,90
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,89	1,88	1,87
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,23	2,15	2,07	2,02	1,98	1,94	1,89	1,86	1,85	1,84
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,20	2,13	2,05	2,00	1,96	1,91	1,86	1,84	1,82	1,81
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,18	2,11	2,03	1,97	1,94	1,89	1,84	1,82	1,80	1,79
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,80	1,78	1,77
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	2,07	1,99	1,94	1,90	1,85	1,80	1,78	1,76	1,75
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,13	2,06	1,97	1,92	1,88	1,84	1,79	1,76	1,74	1,73
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,74	1,73	1,71
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,10	2,03	1,94	1,89	1,85	1,81	1,75	1,73	1,71	1,70
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	2,01	1,93	1,88	1,84	1,79	1,74	1,71	1,70	1,68
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00	1,92	1,84	1,78	1,74	1,69	1,64	1,61	1,59	1,58
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,03	1,95	1,87	1,78	1,73	1,69	1,63	1,58	1,54	1,52	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92	1,84	1,75	1,69	1,65	1,59	1,53	1,50	1,48	1,47
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,14	2,07	2,02	1,97	1,89	1,81	1,72	1,66	1,62	1,57	1,50	1,47	1,45	1,44
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,13	2,06	2,00	1,95	1,88	1,79	1,70	1,64	1,60	1,54	1,48	1,45	1,43	1,41
90	3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	2,20	2,11	2,04	1,99	1,94	1,86	1,78	1,69	1,63	1,59	1,53	1,46	1,43	1,41	1,39
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	2,19	2,10	2,03	1,97	1,93	1,85	1,77	1,68	1,62	1,57	1,52	1,45	1,41	1,39	1,38
110	3,93	3,08	2,69	2,45	2,30	2,18	2,09	2,02	1,97	1,92	1,84	1,76	1,67	1,61	1,56	1,50	1,44	1,40	1,38	1,36
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,18	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83	1,75	1,66	1,60	1,55	1,50	1,43	1,39	1,37	1,35



ANEXO 9: TABLA DE VALORES CRITICOS DE LA PRUEBA DUNNETT

PRUEBA DE DUNNETT

$g_{\text{crítico}}$	α	Número de condiciones de la variable independiente								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0,050	2,57	3,03	3,29	3,48	3,62	3,73	3,82	3,900	3,970
	0,010	4,03	4,63	4,98	5,22	5,41	5,56	5,69	5,800	5,890
6	0,050	2,45	2,86	3,10	3,26	3,39	3,49	3,57	3,640	3,710
	0,010	3,71	4,21	4,51	4,71	4,87	5,00	5,10	5,200	5,280
7	0,050	2,36	2,75	2,97	3,12	3,24	3,33	3,41	3,470	3,530
	0,010	3,50	3,95	4,21	4,39	4,53	4,64	4,74	4,820	4,890
8	0,050	2,31	2,67	2,88	3,02	3,13	3,22	3,29	3,350	3,410
	0,010	3,36	3,77	4,00	4,17	4,29	4,40	4,48	4,560	4,620
9	0,050	2,26	2,61	2,81	2,95	3,05	3,14	3,20	3,260	3,320
	0,010	3,25	3,63	3,85	4,01	4,12	4,22	4,30	4,370	4,430
10	0,050	2,23	2,57	2,76	2,89	2,99	3,07	3,14	3,190	3,240
	0,010	3,17	3,53	3,74	3,88	3,99	4,08	4,16	4,220	4,280
11	0,050	2,20	2,53	2,72	2,84	2,94	3,02	3,08	3,140	3,190
	0,010	3,11	3,45	3,65	3,79	3,89	3,98	4,05	4,110	4,160
12	0,050	2,18	2,50	2,68	2,81	2,90	2,98	3,04	3,090	3,140
	0,010	3,05	3,39	3,58	3,71	3,81	3,89	3,96	4,020	4,070
13	0,050	2,16	2,48	2,65	2,78	2,87	2,94	3,00	3,060	3,100
	0,010	3,01	3,33	3,52	3,65	3,74	3,82	3,89	3,940	3,990
14	0,050	2,14	2,46	2,63	2,75	2,84	2,91	2,97	3,020	3,070
	0,010	2,98	3,29	3,47	3,59	3,69	3,76	3,83	3,880	3,930
15	0,050	2,13	2,44	2,61	2,73	2,82	2,89	2,95	3,000	3,040
	0,010	2,95	3,25	3,43	3,55	3,64	3,71	3,78	3,830	3,880
16	0,050	2,12	2,42	2,59	2,71	2,80	2,87	2,92	2,970	3,020
	0,010	2,92	3,22	3,39	3,51	3,60	3,67	3,73	3,780	3,830
17	0,050	2,11	2,41	2,58	2,69	2,78	2,85	2,90	2,950	3,000
	0,010	2,90	3,19	3,36	3,47	3,56	3,63	3,69	3,740	3,790
18	0,050	2,10	2,40	2,56	2,68	2,76	2,83	2,89	2,940	2,980
	0,010	2,88	3,17	3,33	3,44	3,53	3,60	3,66	3,710	3,750
19	0,050	2,09	2,39	2,55	2,66	2,75	2,81	2,87	2,920	2,960
	0,010	2,86	3,15	3,31	3,42	3,50	3,57	3,63	3,680	3,720
20	0,050	2,09	2,38	2,54	2,65	2,73	2,80	2,86	2,900	2,950
	0,010	2,85	3,13	3,29	3,40	3,48	3,55	3,60	3,650	3,690
24	0,050	2,06	2,35	2,51	2,61	2,70	2,76	2,81	2,860	2,900
	0,010	2,80	3,07	3,22	3,32	3,40	3,47	3,52	3,570	3,610
30	0,050	2,04	2,32	2,47	2,58	2,66	2,72	2,77	2,820	2,860
	0,010	2,75	3,01	3,15	3,25	3,33	3,39	3,44	3,490	3,520
40	0,050	2,02	2,29	2,44	2,54	2,62	2,68	2,73	2,770	2,810
	0,010	2,70	2,95	3,09	3,19	3,26	3,32	3,37	3,410	3,440
60	0,050	2,00	2,27	2,41	2,51	2,58	2,64	2,69	2,730	2,770
	0,010	2,66	2,90	3,03	3,12	3,19	3,25	3,29	3,330	3,370
120	0,050	1,98	2,24	2,38	2,47	2,55	2,60	2,65	2,690	2,730
	0,010	2,62	2,85	2,97	3,06	3,12	3,18	3,22	3,260	3,290
∞	0,050	1,96	2,21	2,35	2,44	2,51	2,57	2,61	2,650	2,690
	0,010	2,58	2,79	2,92	3,00	3,06	3,11	3,15	3,190	3,220



ANEXO 10: COSTO DE LA CENIZA

DETERMINACIÓN DE COSTO UNITARIO DE BOLSA DE CBCA

- Transporte

Se cotizo el precio del transporte de cenizas del Ingenio Chaparrastique al lugar donde se realizaron los especímenes de concreto, teniendo un precio de \$100 para un camión de volteo de $10m^3$. De igual manera para la Ingenio Jiboa con un valor de \$170

$$\text{Transporte Chaparrastique} = \$100/10m^3$$

$$\text{Transporte Jiboa} = \$170/10m^3$$

- Obtención del peso transportado en el camión de volteo

Con la densidad teórica de la ceniza se determina el peso del material transportado por el camión de volteo

$$w = (0.89 \text{ Ton}/m^3)(10m^3)$$

$$w = 8.9 \text{ Ton.}$$

$$w = 8,900 \text{ kg.}$$

- Precio por kilogramo de ceniza transportado

Para determinar el costo del transporte por kilogramo transportado de ceniza, se divide el precio del transporte entre el peso transportado en el camión de volteo.

Ingenio Chaparrastique

$$\text{Costo } \$/kg = 100/8,900$$

$$\text{Costo} = \$1/89kg$$

Ingenio Jiboa

$$\text{Costo } \$/kg = 170/8,900$$

$$\text{Costo} = \$17/890kg$$



- Mano de obra

Se toma en cuenta la mano de obra para empacar y tamizar la ceniza, el rendimiento para empacado se obtiene del “estudio sobre la producción de fertilizantes a partir de los derivados de la caña de azúcar” realizado por APRAINORES, y el rendimiento del tamizado se toma un aproximado de los kilogramos colados de ceniza para el estudio.

1. Precio por mano de obra por empaque

$$\text{Costo diario por hombre} = \$9.00$$

2. Precio unitario por empacado de CBCA

$$\text{Rendimiento} = (12 \text{ sacos/hora})(8 \text{ horas})$$

$$R = 96 \text{ sacos/día}$$

$$\text{Costo unitario} = \$9.00 / 96 \text{ sacos}$$

$$\text{Costo unitario} = \$0.09/\text{saco}$$

3. Precio unitario por colado de CBCA

$$\text{Rendimiento} = 30 \text{ kg/horas}$$

$$R = (30 \text{ kg/hora})(8 \text{ horas})$$

$$R = 240 \text{ kg/día}$$

$$\text{Costo unitario} = \$9.00 / 240 \text{ kg}$$

$$\text{Costo unitario} = \$0.04/\text{kg}$$

- Material de empaque.

Se toma el costo de las bolsas de polipropileno de segunda mano como \$0.25

$$\text{Costo bolsa de saco} = \$0.25$$

Costo de Bolsa de CBCA empacado (42.5kg) Ingenio Chaparrastique.



PRECIO UNITARIO SACO DE CBCA INGENIO CHAPARRASTIQUE				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Transporte	Kg	42.50	\$0.01	\$0.48
SUB TOTAL				\$0.48

MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Empaque	unidad	1.00	\$0.09	\$0.09
Colado	Kg	42.50	\$0.04	\$1.59
SUB TOTAL				\$1.69

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Saco	unidad	1.00	\$0.25	\$0.25
SUB TOTAL				\$0.25

PRECIO UNITARIO	\$2.42
------------------------	---------------



Costo de Bolsa de CBCA empacado (42.5kg) Ingenio Jiboa

PRECIO UNITARIO SACO DE CBCA INGENIO JIBOA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Transporte	kg	42.50	\$0.02	\$0.81
SUB TOTAL				\$0.81

MANO DE OBRA				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Empaque	unidad	1.00	\$0.09	\$0.09
Colado	kg	42.50	\$0.04	\$1.59
SUB TOTAL				\$1.69

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Subtotal
Saco	unidad	1.00	\$0.25	\$0.25
SUB TOTAL				\$0.25

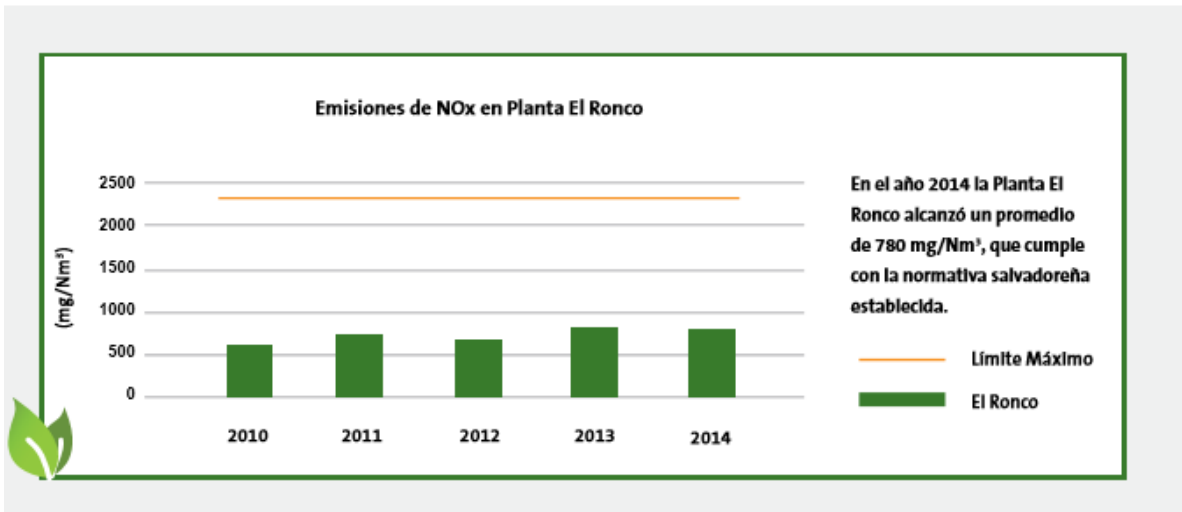
PRECIO UNITARIO	\$2.75
------------------------	---------------



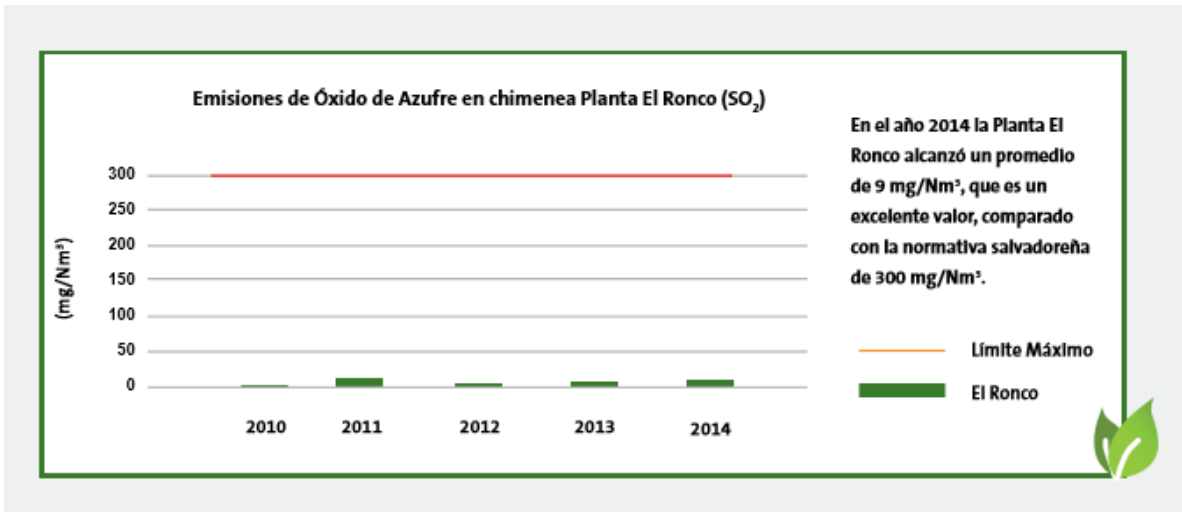
ANEXO 11: GRAFICAS DE EMISIONES DE GASES EN LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO.

En el informe social de Holcim del 2014, se presentan los siguientes indicadores de contaminación por la emisión de Óxido Nitrógeno y el Óxido de Azufre.

Grafica de emisión de Óxido Nitrógeno de la Plata el Ronco



Grafica de emisión de Óxido de azufre de la Plata el Ronco





ANEXO 12: CALCULO DE EMISIONES DE GASES POR BOLSA DE CEMENTO.

De acuerdo al anexo anterior se procede a calcular la cantidad de gases que son enmonados por bolsa de cemento fabricada.

- El peso del cemento

Con la densidad teórica del cemento $3,150 \frac{kg}{m^3}$ se puede decir que un $1m^3$ de cemento pesa 3,150 kg

- Emisiones de Óxido Nitrógeno NO_x por kilogramo

Sabiendo que un $1m^3$ de cemento pesa 3,150 kg se procede a calcular la emisión del gas por kilogramo fabricado.

$$780 \frac{mg}{Nm^3} \times \frac{1m^3}{3,150kg} = 0.25 \frac{mg}{Nkg}$$

- Para una bolsa de cemento

$$0.25 \frac{mg}{Nkg} \times \frac{42.5kg}{1 \text{ bolsa}} = 10.62 \frac{mg}{Nbol.}$$

- Emisiones de Óxido de Azufre SO_2 por kilogramo

Sabiendo que un $1m^3$ de cemento pesa 3,150 kg se procede a calcular la emisión del gas por kilogramo fabricado.

$$9 \frac{mg}{Nm^3} \times \frac{1m^3}{3,150kg} = 2.86 \times 10^{-3} \frac{mg}{Nkg}$$

- Para una bolsa de cemento

$$2.86 \times 10^{-3} \frac{mg}{Nkg} \times \frac{42.5 \text{ kg}}{1 \text{ bolsa}} = 0.12 \frac{mg}{Nbolsa}$$



ANEXO 13: Costo de Herramientas y Equipo

Para la determinación del costo de las herramientas utilizadas en el la fabricación del concreto, se toma en cuenta el precio del mismo así como también su vida útil, para así determinar su depreciación la cual multiplicada por las horas de uso en la hechura del concreto, permite la determinación del costo de las herramientas.

El rendimiento para mano de obra para hacer concreto es de $R = 1 m^3/d - h$ por lo que el uso de herramientas será por 7 horas.

Tabla: Costo de herramientas y Equipo

Herramienta y Equipo	Precio (\$)	Vida Útil	Depreciación (\$/hrs)	Tiempo de uso	Costo (\$)
Pala	6.55	575	0.0114	7	0.08
Cuchara	15.75	575	0.0274	7	0.19
Balde	1.99	375	0.0053	7	0.04
Carretilla	47.00	750	0.0623	7	0.44