



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN
ENTRE EL HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN
ADICIONADO CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA) Y
HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE
CAÑA DE AZÚCAR (CBC).”

AUTOR: CARLOS EDUARDO HARO MOLINA

TUTOR: ING. M.Sc. MARITZA ELIZABETH UREÑA AGUIRRE

Ambato – Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. M.Sc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre, Certifico que el presente trabajo bajo el tema “*ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN ENTRE EL HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN ADICIONADO CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA) Y HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC).*” es de autoría del Sr. Carlos Eduardo Haro Molina, el mismo que ha sido realizado bajo mi supervisión y tutoría.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, 25 de julio 2016

Ing. M.Sc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre

AUTORÍA

Yo, Carlos Eduardo Haro Molina con C.I: 050288626-0, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN ENTRE EL HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN ADICIONADO CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA) Y HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC)”, es de mi completa autoría y fue realizado en el período Octubre 2015 – Septiembre 2016.

Ambato, 25 de julio 2016

Carlos Eduardo Haro Molina

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución. Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 25 de julio 2016

Autor

Carlos Eduardo Haro Molina

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN ENTRE EL HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN ADICIONADO CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA) Y HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC)”, del egresado Carlos Eduardo Haro Molina, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, 25 de julio 2016

Para constancia firman.

Ing. M.Sc. Christian Medina

Ing. Mg. Diego Chérrez

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo en primer lugar a Dios por haberme dado la fuerza y voluntad de luchar por esta nueva meta cumplida, y en especial a mi madre Patricia que supo ser una madre y un padre a la vez demostrándome siempre con amor lo bueno y malo de la vida, quien ha dado todo por mí, quien supo ver en mí más de lo que yo mismo pude ver, quien con constancia y sacrificio velo por mí bienestar, a pesar de las adversidades pudimos salir adelante con pie firme y mirando siempre adelante, a quien amo con todas mis fuerzas y le debo todo lo que soy.

Carlos Haro Molina.

“Lo fácil ya lo hice, lo difícil lo estoy haciendo y lo imposible sé que con Dios lo voy lograr”

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por ser el guía espiritual en vida y llevarme a este importante momento de mi vida.

A mi querida MADRE quien me dio la vida e hizo posible que culminara mis estudios.

A mi ABUELITA Lilia que siempre estuvo ahí apoyándome y guiándome.

A mis Tíos Marcelo y Janeth que siempre pude contar con su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera.

A mi PADRE quien me apoyo cada vez que yo lo necesitaba.

A mi FAMILIA quienes me acompañaron apoyándome para seguir luchando por lo que quería ser.

Mi especial agradecimiento a la INGENIERA Maritza Ureña, mi tutora académica, por su profesionalismo, compromiso y por ser guía en el desarrollo de este trabajo.

A mi gran amigo SACERDOTE Luis Suntasig por ser el que me brindó su amistad y sus consejos en el momento más difícil de mi vida y por quien estudie esta maravillosa carrera.

A mis COMPAÑEROS Y AMIGOS que me brindaron su apoyo y por compartir conmigo muchos momentos de amistad verdadera, y en especial a Johana y su familia que fueron una parte fundamental para terminar mis estudios.

A mis AMIGOS de música, por ser unas excelentes personas y ser esa parte de locura que nunca se olvida en la vida.

Carlos Haro Molina.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	XIII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVI

B. TEXTO

CAPÍTULO I ANTECEDENTES

1.1. Tema del trabajo experimental.....	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General:.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	5

CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN

2.1. Fundamentación Teórica.....	6
2.1.1. Agregados o áridos.....	6
2.1.1.1. Tipología de los agregados	6
2.1.1.2. Agregados Gruesos o Gravas	6
2.1.1.3. Agregados Finos o Arenas	6
2.1.2. Propiedades Físicas de los Agregados	7
2.1.2.1. Granulometría	7

2.1.2.2.	Densidad y Absorción.....	8
2.1.2.3.	Contenido de Humedad.....	8
2.1.2.4.	Agua de amasado	8
2.1.2.5.	Agua de curado para el hormigón	8
2.1.3.	Cemento	8
2.1.4.	Hormigón	9
2.1.4.1.	Propiedades del Hormigón Fresco	11
2.1.4.2.	Propiedades del Hormigón Endurecido	13
2.1.5.	Método De Dosificación De Laboratorio De La Universidad Central (Densidad Óptima)	14
2.1.6.	Hormigones con Puzolanas	14
2.1.6.1.	Puzolanas	14
2.1.6.2.	Puzolanas Naturales	15
2.1.6.3.	Puzolanas Artificiales	15
2.1.7.	Puzolanas utilizadas en la investigación	15
2.1.7.1.	Ceniza de Cascarilla de Arroz (CCA).....	16
2.1.7.1.1.	Características (CCA)	16
2.1.7.2.	Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBC).....	17
2.1.7.2.1.	Características (CBC)	17
2.1.7.3.	Propiedades de la Pasta con CCA y CBC	18
2.1.7.4.	GEL C-S-H	18
2.1.7.5.	Sílice	19
2.1.7.6.	Alúmina	19
2.1.7.7.	Etringita.....	19
2.1.7.8.	Portlandita.....	19
2.1.8.	Resistencia a Flexión	20
2.1.10.	Método de Ensayo (NTE INEN 2554).....	20
2.1.11.	Costos Directos	22
2.1.12.	Costos de los Materiales	22
2.1.13.	Costos de Transporte.....	23
2.1.14.	Costos de Mano de Obra.....	23

2.1.15.	Costos Indirectos.....	23
2.2.	Hipótesis	24
2.3.	Señalamiento de variables de la hipótesis.....	24

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1.	Nivel o tipo de investigación	25
3.2.	Población y muestra.....	25
3.2.1.	Delimitación De La Muestra.....	26
3.3.	Operacionalización de variables	27
3.3.1.	Variable Independiente	27
3.3.2.	Variable Dependiente.....	29
3.4.	Plan de recolección de información	30
3.5.	Plan procesamiento y análisis	31

CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Recolección de datos.....	32
4.1.1.	Selección del material	32
4.1.2.	Ensayos Realizados a los Agregados	32
4.1.2.1.	Análisis Granulométrico Agregado Grueso	33
4.1.2.2.	Análisis Granulométrico Agregado Fino	34
4.1.2.3.	Densidad Aparente Compactada y Suelta Del Agregado Fino Y Grueso.....	35
4.1.2.4.	Densidad Aparente Compactada De La Mezcla	36
4.1.2.5.	Densidad Real Del Agregado Grueso	37
4.1.2.6.	Densidad Real Agregado Fino	38
4.1.2.7.	Densidad Real del Cemento.....	39
4.1.3.	Dosificación de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	40
4.1.4.	Ensayos preliminares	45
4.1.5.	Ensayos realizados CCA y CBC.....	46
4.1.5.1.	Contenido de Humedad y Capacidad de Absorción del CCA	46
4.1.5.2.	Contenido de Humedad y Capacidad de Absorción del CBC.....	47
4.1.6.	Calculo Típico Corrección por Humedad	47
4.1.7.	Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CCA 5 %	48

4.1.8.	Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CCA 10 %	49
4.1.9.	Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CCA 15 %	49
4.1.10.	Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CCA 20 %	50
4.1.11.	Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CBC 5 %	50
4.1.12.	Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CBC 10 %	51
4.1.13.	Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CBC 15 %	51
4.1.14.	Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CBC 20 %	52
4.1.15.	Descripción de las Probetas Tipo.....	52
4.1.15.	Detalle armaduras	53
4.1.16.	Acero de Refuerzo	53
4.1.17.	Análisis de Viga Tipo (Máquina Control´s – Flexión)	53
4.1.18.	Datos - Viga Promedio - Hormigón con (0%)	54
4.1.19.	Datos - Viga Promedio - Hormigones con CCA.....	55
4.1.16.	Datos - Viga Promedio - Hormigones con CBC.....	58
4.2.	Análisis de los resultados.....	63
4.2.1.	Comparación Viga Normal Promedio vs Vigas Promedio con cenizas de cascarilla de arroz CCA (5%, 10%, 15% y 20%)	63
4.2.1.1.	MÓDULO DE ROTURA	63
4.2.1.2.	CARGA vs DEFORMACIÓN.....	64
4.2.1.3.	Fotografías Fisuras CCA.....	65
4.2.2.	Comparación Viga Normal Promedio vs Vigas Promedio con cenizas de bagazo de caña de azúcar CBC (5%, 10%, 15%, 20%)	67
4.2.2.1.	MÓDULO DE ROTURA	67
4.2.2.2.	CARGA vs DEFORMACIÓN.....	68
4.2.2.3.	Fotografías Fisuras CBC.....	69
4.2.3.	Comparación Viga Normal Promedio vs Vigas Óptimas Promedio CCA y CBC	71
4.2.3.1.	MÓDULO DE ROTURA	71
4.2.3.2.	CARGA vs DEFORMACIÓN.....	72
4.3.	Análisis Económico	73
4.3.1.	Rubro Hormigón Tradicional.....	73
4.3.2.	Rubro Hormigón con cenizas de cascarilla de arroz CCA.....	74

4.3.3.	Rubro Hormigón con cenizas de cascarilla de arroz CBC	75
4.3.4.	Cuadro comparativo de Hormigón Tradicional vs Hormigón con CCA y CBC para 1m ³	76
4.4.	Verificación de hipótesis.....	77

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	78
5.2.	Recomendaciones	80

C. MATERIALES DE REFERENCIA

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1.- Ubicación Geográfica Ciudad de Quevedo.....</i>	<i>3</i>
<i>Ilustración 2.- Producción de Arroz.....</i>	<i>4</i>
<i>Ilustración 3.- Ubicación Geográfica Ciudad El Triunfo.....</i>	<i>4</i>
<i>Ilustración 4.- Producción de Caña de Azúcar.....</i>	<i>5</i>
<i>Ilustración 5.- Agregado Grueso y Agregado Fino</i>	<i>10</i>
<i>Ilustración 6.- Hidratación del Cemento</i>	<i>10</i>
<i>Ilustración 7.- Difracción de pasta (CCA y CBC)</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 8.- Método de Ensayo Flexión</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 9.- Viga - Carga - Fallas</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 10.- Ubicación Cantera Villacrés.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 11.- Armadura longitudinal y corte transversal (estribos).....</i>	<i>53</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.- Granulometría Agregado Grueso</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2.- Granulometría Agregado Fino</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 3.- Constitución del Hormigón.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 4.- Composición de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA).....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 5.- Composición de la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBC).....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 6.- Delimitación de la Muestra / Probetas (60 días de curado) / f'c= 240 kg/cm².....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 7.- Granulometría Agregado Grueso</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 8.- Granulometría del Agregado Fino.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9.- Densidad Aparente Compactada y Suelta Del Agregado Fino Y Grueso.....</i>	<i>35</i>

Tabla 10.- Densidad Aparente Compactada De La Mezcla	36
Tabla 11.- Densidad Real Del Agregado Grueso	37
Tabla 12.- Densidad Real Agregado Fino	38
Tabla 13.- Densidad Real del Cemento	39
Tabla 14.- Cantidad de pasta (CP)	41
Tabla 15.- Relación agua/cemento	42
Tabla 16.- Dosificación Hormigón $f'c=240\text{kg/cm}^2$	44
Tabla 17.- Resistencia Del Hormigón Adicionado CCA	45
Tabla 18.- Resistencia Del Hormigón Adicionado CBC	45
Tabla 19.- Contenido de humedad y Capacidad de Absorción CCA	46
Tabla 20.- Contenido de humedad y Capacidad de Absorción CBC	47
Tabla 21.- Dosificación al Peso CCA 5 %	48
Tabla 22.- Dosificación al Peso CCA 10 %	49
Tabla 23.- Dosificación al Peso CCA 15 %	49
Tabla 24.- Dosificación al Peso CCA 20 %	50
Tabla 25.- Dosificación al Peso CBC 5 %	50
Tabla 26.- Dosificación al Peso CBC 10 %	51
Tabla 27.- Dosificación al Peso CBC 15 %	51
Tabla 28.- Dosificación al Peso CBC 20 %	52
Tabla 29.- Planilla de Aceros	53
Tabla 30.- Carga vs Deformación - Hormigón con (0%)	54
Tabla 31.- Carga vs Deformación - Hormigón con (5% CCA)	55
Tabla 32.- Carga vs Deformación - Hormigón con (10% CCA)	56
Tabla 33.- Carga vs Deformación - Hormigón con (15% CCA)	57
Tabla 34.- Carga vs Deformación - Hormigón con (5% CBC)	58
Tabla 35.- Carga vs Deformación - Hormigón con (10% CBC)	59
Tabla 36.- Carga vs Deformación - Hormigón con (15% CBC)	60
Tabla 37.- Carga vs Deformación - Hormigón con (20% CBC)	61
Tabla 38.- Carga vs Deformación - Hormigón con (20% CCA)	62
Tabla 39.- Módulo de rotura (CCA) / 60 días de curado / $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$	63
Tabla 40.- Módulo de rotura (CBC) / 60 días de curado / $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$	67
Tabla 41.- Fisuras (CBC)	69
Tabla 42.- Módulo de rotura (CCA) y (CBC) vigas óptimas / 60 días de curado / $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$	71
Tabla 43.- Análisis Costo-Beneficio	76
Tabla 44.- Porcentaje de Diferencia (% dispersión)	77

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1.- Carga vs Deformación - Hormigón con (0%)	54
Gráfico 2.- Carga vs Deformación - Hormigón con (5% CCA)	55

Gráfico 3.- Carga vs Deformación - Hormigón con (10% CCA).....	56
Gráfico 4.- Carga vs Deformación - Hormigón con (15% CCA).....	57
Gráfico 5.- Carga vs Deformación - Hormigón con (5% CBC).....	58
Gráfico 6.- Carga vs Deformación - Hormigón con (10% CBC).....	59
Gráfico 7.- Carga vs Deformación - Hormigón con (15% CBC).....	60
Gráfico 8.- Carga vs Deformación - Hormigón con (20% CBC).....	61
Gráfico 9.- Carga vs Deformación - Hormigón con (20% CCA).....	62

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.- Materia Prima (Agregados).....	83
Fotografía 2.- Tamiz Agregado Fino	83
Fotografía 3.- Tamiz Agregado Grueso	83
Fotografía 4.- Ensayo Densidad Aparente (mezcla).....	83
Fotografía 5.- Ensayo Densidad Aparente (peso).....	83
Fotografía 6.- Ensayo Capacidad de Absorción.....	84
Fotografía 7.- Ensayo Densidad Real	84
Fotografía 8.- Ensayo Densidad Estado SSS	84
Fotografía 9.- Ensayo Densidad Real del Cemento	84
Fotografía 10.- Ensayo Cono de Abrams.....	84
Fotografía 11.- Mezcla de Agregados.....	84
Fotografía 12.- Preparación de Probetas de Hormigón.....	85
Fotografía 13.- Cilindros de Dosificación	85
Fotografía 14.- Materia Prima CCA.....	85
Fotografía 15.- Proceso de Quemado CCA	85
Fotografía 16.- Materia Prima CBC.....	85
Fotografía 17.- Proceso de Quemado CBC	85
Fotografía 18.- Máquina de los Ángeles.....	86
Fotografía 19.- Puzolanas CCA	86
Fotografía 20.- Puzolanas CBC	86
Fotografía 21.- CCA y CBC SSS	86
Fotografía 22.- Ensayo Densidad Estado SSS de CCA y CBC	86
Fotografía 23.- Muestras CCA y CBC	87
Fotografía 24.- Ensayo Densidad Real de CCA y CBC.....	87
Fotografía 25.- Cilindros $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$.....	87
Fotografía 26.- Curado de Cilindros	87
Fotografía 27.- Ensayo Cilindros 7, 14 y 28 días de edad de curado.....	87
Fotografía 28.- Encofrados Metálicos y Armaduras.....	87
Fotografía 29.- Mezcla en la Concretera.....	88
Fotografía 30.- Elaboración Probetas	88
Fotografía 31.- Vigas Armadas.....	88

<i>Fotografía 32.- Desencofrado</i>	<i>88</i>
<i>Fotografía 33.- Probeta Tipo (viga armada)</i>	<i>88</i>
<i>Fotografía 34.- Sistema de Curada para las Vigas.....</i>	<i>88</i>
<i>Fotografía 35.- Colocación de Instrumentos para el Ensayo</i>	<i>89</i>
<i>Fotografía 36.- Colocación de la Probeta en la Máquina</i>	<i>89</i>
<i>Fotografía 37.- Calibración Deformímetros.....</i>	<i>89</i>
<i>Fotografía 38.- Fisuras en el ensayo.....</i>	<i>89</i>
<i>Fotografía 39.- Deformación Permanente en Vigas</i>	<i>89</i>
<i>Fotografía 40.- Probetas Ensayadas.....</i>	<i>89</i>

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN ENTRE EL HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN ADICIONADO CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA) Y HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC).”

AUTOR: Carlos Eduardo Haro Molina

TUTOR: Ing. M.Sc. Maritza Ureña Aguirre

FECHA: Junio 2016

En el presente trabajo se investiga el efecto sobre la resistencia a flexión al añadir puzolanas artificiales (cenizas de cascarilla de arroz CCA y cenizas de bagazo de caña de azúcar CBC), con una resistencia de diseño $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo con un esfuerzo de fluencia $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, para lo cual se realizó un diseño, elaboración y curado de especímenes en laboratorio. Se elaboraron vigas de hormigón armado con incorporación de cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC) con el 5%, 10%, 15% y 20% de sustitución parcial del cemento.

Las vigas óptimas con el 10% CCA y CBC presenta una Resistencia a la flexión en un rango aproximado de 192 kg/cm^2 con una deformación del 4,2 mm, considerando así a estos porcentajes como los óptimos para la sustitución parcial con puzolanas artificiales.

La sustitución parcial del cemento con el 10% de cenizas de cascarilla de arroz (CCA) se consideró como una de las ideal, ya que el valor de resistencia a flexión fue de $192,22 \text{ kg/cm}^2$, mejorando así en un 15,41%, ensayadas a los 60 días de curado en comparación de una viga normal.

Esto indica que el Gel C-S-H proporcionó más resistencia y llenó los poros en la mezcla generando un hormigón y morteros más densos.

En conclusión, la sustitución parcial del cemento con el 10% de CCA y CBC se puede considerar como las ideales para mejorar la resistencia a flexión.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Tema del trabajo experimental

Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).

1.2. Antecedentes

En primer lugar, se tiene que, en septiembre de 2014 fue presentado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, Maestría en Ciencias (Construcción), el trabajo de tesis **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETOS PUZOLÁNICOS PARA INCREMENTAR SU RESISTENCIA ANTE ATAQUES DE SULFATOS** por Ing. Gilberto Espinosa. Estos estudios se evaluaron para determinar distintos tipos de materiales en mezclas de hormigón realizando sustituciones parciales al cemento. Obteniendo como resultados favorables tales como resistencia, durabilidad y el costo que significa reemplazar el cemento por puzolanas con las cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC). [1]

El trabajo de Luis Allauca, Hugo Amen y Jessica Lung (2009) sobre el **USO DE SÍLICE EN HORMIGONES DE ALTO DESEMPEÑO**, como alternativa de fabricación de hormigones con la adición de cenizas de cascarilla de arroz (CCA) al cemento ya que por sus características físicas y químicas dan un hormigón de alto desempeño dándole un mejor uso a un desecho agrícola y protegiendo así el medio ambiente considerando que Ecuador es un gran productor de arroz. Estos estudios demostraron que se puede obtener incremento en su resistencia, menor relación agua – cemento dando un hormigón con mayor durabilidad y menor costo. [2]

El trabajo de Andrés Mafla B.(2009) sobre el **USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN**, como estudio de la adición del SiO₂, obtenido de la cascarilla de arroz, al Cemento Portland común y el efecto que esta materia prima tiene sobre el comportamiento mecánico del concreto,

indicando las características más importantes del SiO₂ que se obtuvo en el laboratorio de la Universidad del Cauca y las curvas de resistencia a la compresión de muestras de mortero. [3]

1.3. Justificación

En Latinoamérica la utilización de cenizas de cascarilla de arroz y Cenizas de bagazo de caña de azúcar ha empezado a tener un auge en los últimos años, esto se debe en parte a que la producción de materiales tradicionales genera un impacto ecológico negativo, llevando a buscar nuevas fuentes que pueden llegar a reemplazar o formar parte de ciertos materiales, avanzando así en el campo de la tecnología del hormigón. [1]

Mediante un proceso de incineración con temperaturas controladas entre los 400°C – 800°C y tamizadas a una finura de 200” – 350”, las cenizas de Cascarilla de Arroz y Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar se convierten en puzolanas artificiales, las cuales tiene propiedades como la sílice y la alúmina que al combinarse con el Hidróxido de Calcio del cemento dan propiedades cementantes. [1]

Especialistas en distintas partes del mundo, han notado el enorme potencial de este material como fuente alternativa en el campo de la construcción (Páez & Ahumada 2006), esto permite establecer que, para el hormigón de Colombia también se considere como un material de gran potencial ya que ofrece una alternativa de alta viabilidad para las construcciones de bajo costo. Entidades como la Universidad del Valle, específicamente el departamento de nuevos materiales, han desarrollado técnicas para industrialización del proceso de la cascarilla de arroz y el bagazo de caña de azúcar con el fin de colocar este material como una alternativa para mejorar la resistencia mecánica y contra los sulfatos que puede sufrir un concreto puesto en obra. [2]

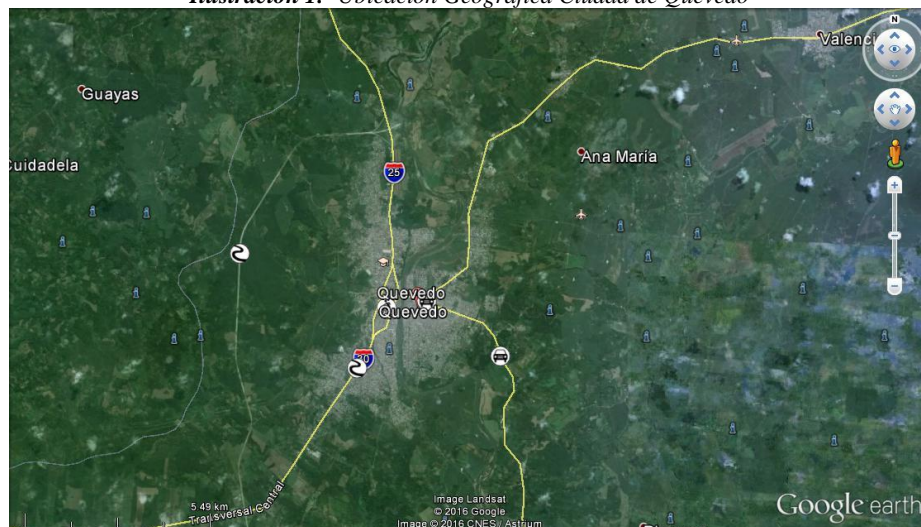
El objetivo 7 de las normas del Plan del Buen Vivir establece; “Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental, como aporte para el mejoramiento de la calidad de vida, continúa siendo sumamente importante para garantizar el derecho humano a vivir en un ambiente sano, pilar fundamental en la sociedad del Buen Vivir”, y considerando que Ecuador como país alto en la producción de arroz y caña de azúcar nos da una gran

vialidad al tratar de introducir como un nuevo componente como son las cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y las cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC) como alternativa para la fabricación de hormigones con puzolanas artificiales en sustitución parcial al cemento. [4]

En la Región de la Costa donde el producto de la cascarilla de arroz y el bagazo de caña de azúcar se obtiene en sus apiladoras se convierte en una gran oportunidad para desarrollar el proyecto. Una tonelada de arroz produce 200 kg de cascarilla que posteriormente origina 40 kg de ceniza que puede ser obtenida por combustión a campos abiertos o combustión controlada. [2]

Una de las principales ciudades productoras de arroz es Quevedo y San Carlos ubicada en la Provincia de Los Ríos, son grandes productores de banano, café y arroz. [5]

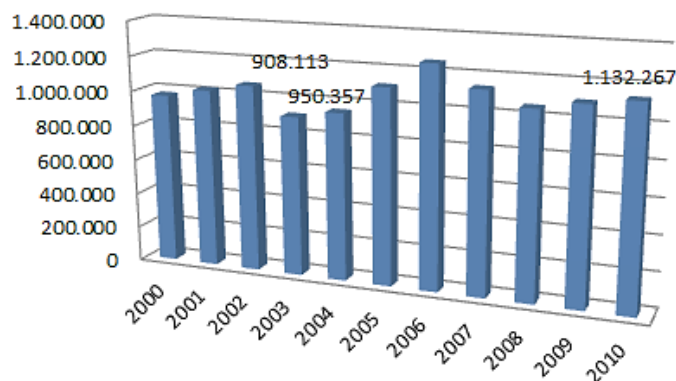
Ilustración 1.- Ubicación Geográfica Ciudad de Quevedo



Fuente: Google Earth

Datos del 2010 nos informan, que: el Ecuador produjo 1.132.267 toneladas (Tm.), ya que cuenta con una superficie sembrada de 382.230 hectáreas (Ha). [5]

Ilustración 2.- Producción de Arroz

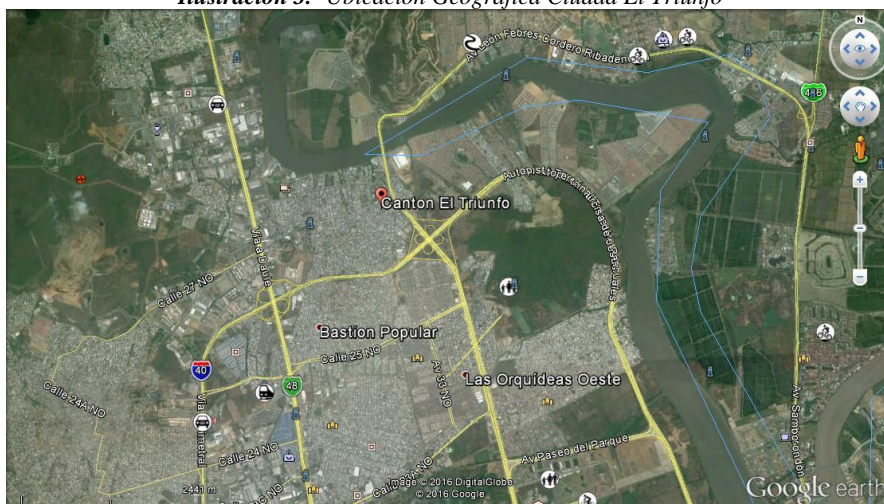


Fuente: FAO 2010

Anualmente en Ecuador cerca de 50,000 ha se destinan para la producción de panela y alcohol artesanal de la cual el bagazo se considera como un desecho potencial agrícola. Una tonelada de tallos de caña de azúcar equivale a 250 kg de bagazo que posteriormente equivale a 6 kg de ceniza. [6]

Una de las principales ciudades productoras de azúcar es El Triunfo ubicada en la Provincia del Guayas, es una ciudad agropecuaria, siendo su principal producto la caña de azúcar, que abastecen a los Ingenios La Troncal, San Carlos, Valdez y La Familiar.

Ilustración 3.- Ubicación Geográfica Ciudad El Triunfo

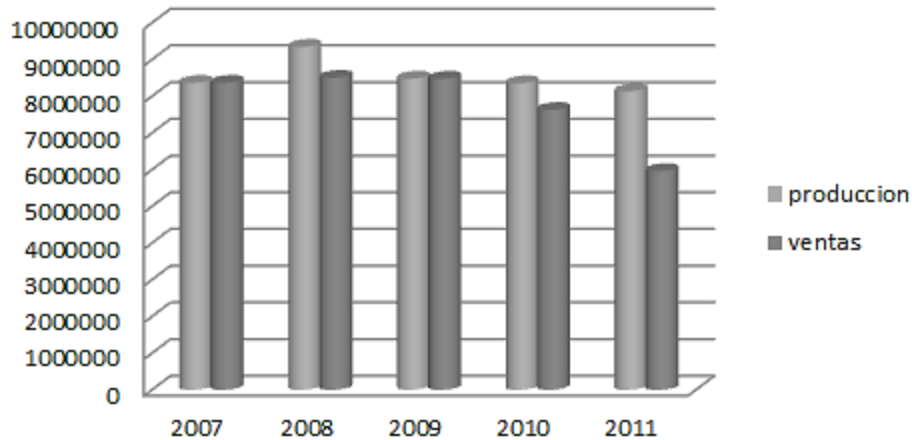


Fuente: Google Earth

La extracción se hace generalmente en un molino que pasa la caña entre tres o cuatro masas de acero, que exprimen los tallos y sacan todo el jugo. El residuo sólido fibroso se

llama bagazo y es usado para hacer papel y para quemar en la caldera utilizada para la panela. [5]

Ilustración 4.- Producción de Caña de Azúcar



Fuente: INEC 2011

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Analizar a flexión un hormigón agregando cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Evaluar el comportamiento del hormigón al realizar adiciones con cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC) a los 60 días de edad.
- Determinar cuál es la mejor relación de porcentajes entre el cemento y cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC) para su mejor resistencia a flexión.
- Realizar un análisis comparativo costo – beneficio del hormigón realizado con cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).

CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN

2.1. Fundamentación Teórica

2.1.1. Agregados o áridos

Los áridos o agregados constituyen más del 70% del hormigón por cada metro cubico. En combinación con la pasta y los áridos proporcionan las resistencias mecánicas, además de controlar los cambios volumétricos que se encuentran en el fraguado. [7]

2.1.1.1. Tipología de los agregados

Se denomina grava, ripio, agregado grueso o árido grueso a la fracción mayor de 4.76mm (Tamiz N°4) y arena, agregado fino o árido fino a la fracción menor que dicha medida. De 3” a 3/4” serán gravas gruesas y de 3/4” a N° 4, las gravas finas. Los tamices N°10 y N°40 limitan las arenas gruesas, medias y finas. Su calidad lo determina por su origen, distribución, granulometría, densidad, forma y tipo de superficie. [7] [8]

2.1.1.2. Agregados Gruesos o Gravas

Son materiales extraídos de rocas de canteras, triturados o procesados, piedra bola o canto rodado, su tamaño consiste desde 4.75mm hasta 6 pulgadas. Depende de su proceso para que brinde cualidades diferentes como puede ser hormigones más dóciles y trabajables. [7]

2.1.1.3. Agregados Finos o Arenas

Son materiales extraídos de los ríos, lagos, depósitos volcánicos o arenas artificiales. La arena extraída de los ríos se considera como una de las mejores en agregados finos porque son de cuarzo puro o de partículas muy duras, en cambio las arenas de minas suelen contener un exceso de arcilla o material muy fino que puede ser perjudicial, por lo que se recomienda lavarlas antes de su uso. [7]

2.1.2. Propiedades Físicas de los Agregados

2.1.2.1. Granulometría

Su determinación se lo realiza tamizando la muestra a través de un juego de tamices estandarizado, donde se obtiene la curva granulométrica que represente al material. [7]

- Tamaño Máximo de un árido, TM, es la apertura más pequeña de tamiz a través de la cual debe pasar la totalidad del árido. [7]
- Tamaño Máximo Nominal, TMN, es la apertura de tamiz más grande en la que se retiene alguna parte del material, entre 5% y 10%. [7]

El Módulo de Finura es la suma de los porcentajes retenidos aculados en los tamices. Este valor disminuye para agregados finos y aumenta para agregados gruesos. A partir de la curva granulométrica se obtiene los tamaños característicos tales como el D10, D30, D60. [7]

Tabla 1.- Granulometría Agregado Grueso

AGREGADOS GRUESOS		
3"	-----	76,2 mm
1 1/2"	-----	38,1 mm
3/4"	-----	19,1 mm
3/8"	-----	9,50 mm
N°4	-----	4,75 mm

Fuente: Estudio del Hormigón (EPN)

Tabla 2.- Granulometría Agregado Fino

AGREGADOS FINOS		
N°4	-----	4,75 mm
N°8	-----	2,36 mm
N°16	-----	1,18 mm
N°30	-----	0,60 mm
N°50	-----	0,30 mm
N°100	-----	0,15 mm

Fuente: Estudio del Hormigón (EPN)

2.1.2.2.Densidad y Absorción

La densidad de un material es el peso de las partículas dividido para el volumen que ocupan las mismas (condición: suelta y compactada). De igual manera la determinación del peso específico o densidad del material en la condición Dsss “superficie saturada seca” que es la relación entre masa total y el volumen total de los agregados saturados de agua. La absorción es la capacidad de los agregados de llenar de agua los vacíos permeables de su estructura. [7]

2.1.2.3.Contenido de Humedad

Es la relación entre el peso de agua contenido en una muestra y el peso seco de la muestra, expresada en porcentajes, según la NTE INEN 862. La determinación del contenido de humedad es fundamental en el momento de fabricar un hormigón, puesto que este determinara la variación en la cantidad de agua necesaria para el mezclado. [7] [9]

2.1.2.4.Agua de amasado

El agua tienes dos funciones importantes para el amasado que son: participa en la reacción de hidratación del cemento y conferir el grado de trabajabilidad del hormigón. [7]

2.1.2.5.Agua de curado para el hormigón

Su objetivo es evitar la desecación, mejora la hidratación del cemento y evita la retracción prematura, es decir es la etapa más importante del fraguado y primer endurecimiento. [7]

2.1.3. Cemento

Es el material que tiene las propiedades de adherir y cohesionar, logrando la unión entre partículas minerales para formar una masa compacta y resistente. [7]

El Cemento Portland proviene de un proceso industrial, constituido en su mayoría por minerales cristalinos artificiales en forma de polvo fino, de los cuales el aluminio y

silicatos son el 90%. La necesidad de que el cemento tenga ciertas características particulares, como baja temperatura de hidratación, resistencia a los sulfatos, etc. En Ecuador, según la INEN, se ha establecido 6 tipos de cementos: [7]

- **Tipo GU:** Para la construcción en general. Se lo debe utilizar cuando no se requieren uno o más de los tipos especiales.
- **Tipo HE:** Alta resistencia inicial.
- **Tipo MS:** Moderada resistencia a los sulfatos.
- **Tipo HS:** Alta resistencia a los sulfatos.
- **Tipo MH:** Moderado calor de hidratación.
- **Tipo LH:** Bajo calor de hidratación.

2.1.4. Hormigón

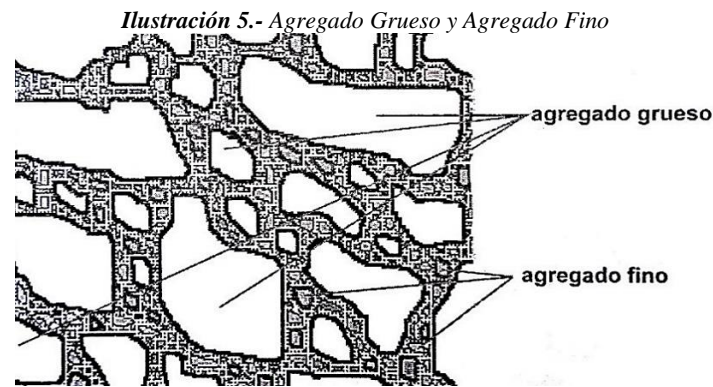
En su forma amplia el hormigón está constituido de un material inerte de relleno, de una parte, activa-cementante: la pasta, y de porosidades llenas de agua libre y aire. [7]

Tabla 3.- Constitución del Hormigón

POROS	SÓLIDOS	
AIRE Y AGUA LIBRE	PASTA	MATERIAL DE RELLENO
	CEMENTO HIDRATADO MÁS AGUA COMBINADA	AGREGADO FINO MÁS AGREGADO GRUESO

Fuente: Estudio del Hormigón (EPN)

Los agregados finos se intercalan con los agregados gruesos para lograr la menor cantidad de vacíos, proporcionando así una buena estructura interna. [7]

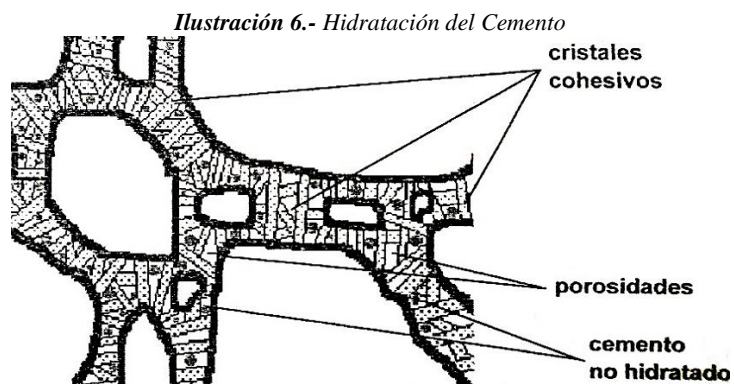


Fuente: Estudio del Hormigón (EPN)

Las funciones de los agregados en el hormigón es proveer de un material de relleno relativamente barato, proporcionar un elemento resistente a la aplicación de carga, abrasión, acción de agentes atmosféricos y disminuir por fraguado del hormigón en la relación agua - cemento. Teniendo en cuenta que la cantidad de agregados por unidad de volumen incide en el costo del hormigón. [7]

Las funciones de la pasta o material ligante (a/c) son el componente activo del hormigón donde llena los vacíos que dejan los agregados, actúa como “lubricante” dándole trabajabilidad, impermeabilizar la masa endurecida. [7]

La Hidratación es una reacción química que se produce entre el agua y cemento, todo esto depende de la temperatura, del tiempo, la cantidad de humedad del medio ambiente formando así cristales cohesivos. [7]



Fuente: Estudio del Hormigón (EPN)

El “curado” es el periodo durante en el cual, el hormigón cumple con la correcta hidratación de la pasta, la temperatura y la humedad a los 14 y 28 días según la INEN.

La propiedad de diseño más importante del hormigón es la resistencia mecánica y la propiedad constructiva más importante es la trabajabilidad o consistencia, todo esto dependerá esencialmente de su relación agua – cemento para que mantenga una adecuada trabajabilidad en el hormigón fresco dando un hormigón de mejor calidad y resistencia. [7]

La norma NTE INEN 1108 establece los requisitos a cumplirse para el agua con que se fabrique hormigón, tomando en cuenta todas las advertencias cuando existe presencia de minerales, cloruros o contenido orgánico, ya que puede afectar agresivamente al hormigón en el transcurso de su curado. [10]

El hormigón puede analizarse en tres estados:

- En estado Fresco
- En proceso de Fraguado
- En estado Endurecido

En estos estados presentan diferentes características que determinaran su comportamiento. Una de las propiedades importantes que se deben ser controlados es la resistencia a la compresión, por su garantía en el comportamiento estructural, además de satisfacer el diseño y fabricación con diversos grados de trabajabilidad, velocidad de fraguado, durabilidad, peso unitario, apariencia, etc. [7]

2.1.4.1. Propiedades del Hormigón Fresco

Se denomina estado fresco cuando la mezcla presenta características de manejabilidad en la cual podrá adquirir la forma que desee. La consistencia y una cierta docilidad que le permita manipular para que llenen apropiadamente los encofrados, así como recubrir debidamente los aceros de refuerzo. [7] [9]

Las características que se deben analizar son:

- Trabajabilidad
- Consistencia

- Segregación
- Exudación
- Peso unitario
- Homogeneidad

2.1.4.1.1. Trabajabilidad

Se relaciona con su deformabilidad (consistencia), homogeneidad, la trabazón de sus distintos componentes y la facilidad que la masa presenta para eliminar el aire ocluido.

Todo esto depende de:

- Cantidad de agua de amasado
- Contenido de árido fino
- Áridos redondeados
- Contenido y finura del cemento
- Uso de plastificante (opcional)

La relación de agua-cemento es la principal condición para tener una trabajabilidad, todo esto representara el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y la consistencia o movilidad de la masa. [7] [9]

2.1.4.1.2. Consistencia

Es la característica del hormigón para deformarse o adaptarse a una forma específica (moldes), también es la capacidad que tiene el hormigón de mantener la suspensión todas las partículas que lo componen. [9]

Los siguientes ensayos a mencionar son los más usados para determinar la consistencia:

- a) Cono de Abrams (INEN 1578 - ASTM C143)
- b) Mesa de sacudidos
- c) Consistómetro VEBE

2.1.4.1.3. Segregación

Es la descomposición mecánica del hormigón fresco, esto ocurre cuando los agregados gruesos tienden a separarse del mortero. [9]

2.1.4.1.4. Exudación

Esto ocurre cuando se presenta la sobre elevación o salida de una parte de agua de mezclado hacia la superficie del hormigón. Esto puede provocar cambios volumétricos en el hormigón endurecido. [9]

2.1.4.1.5. Peso unitario

Se utiliza para la determinación del rendimiento de la mezcla, esto establece que volumen de hormigón se puede fabricar con determinado peso de materiales, así como para tener una idea de la calidad del hormigón con base de los agregados. [9]

2.1.4.1.6. Homogeneidad

Es la cualidad donde los componentes del hormigón son regularmente distribuidos en toda la mezcla, esto quiere decir que de donde se tome la muestra debe resultar prácticamente iguales. [9]

2.1.4.2. Propiedades del Hormigón Endurecido

Dentro de estas propiedades podemos citar: peso unitario, apariencia, homogeneidad, comportamientos mecánicos, térmico, acústico o eléctrico. [9]

Pero en general, las propiedades mecánicas son las que rigen al hormigón endurecido: la resistencia o capacidad de soportar esfuerzos (compresión, tracción, flexión y corte). [7]

La resistencia a compresión simple ($f'c$) es la más importante del hormigón.

- Hormigones de baja resistencia, $f'c < 180 \text{ kg/cm}^2$
- Hormigones de resistencia normal, $180 \text{ kg/cm}^2 < f'c < 400 \text{ kg/cm}^2$
- Hormigones de alta resistencia, $400 \text{ kg/cm}^2 < f'c < 1000 \text{ kg/cm}^2$

- Hormigones de ultra alta resistencia, $f'c < 1000 \text{ kg/cm}^2$

Las condiciones del ambiente y temperatura durante el fraguado del hormigón afectaran a las resistencias finales. [7]

2.1.5. Método De Dosificación De Laboratorio De La Universidad Central (Densidad Óptima)

Se considera como crear una roca artificial, mediante el relleno de espacios vacíos que dejan los agregados, para ser llenados por la pasta de cemento y agua, considerando que:

- Un volumen aparente de agregado grueso que contiene un cierto porcentaje de vacíos entre partículas, que debe ser llenado por agregado fino. [7] [9]
- Una mezcla de agregado fino y grueso, correspondiente a su densidad optima, deja un porcentaje de vacíos que deben ser llenados por la pasta de cemento y agua, y a la vez esta pasta debe recubrir todas las partículas, constituyendo el nexo de unión entre partículas. [7] [9]

2.1.6. Hormigones con Puzolanas

Los hormigones puzolánicos se consideran al reemplazo parcial del cemento Portland por materiales de características puzolánicas. [11]

El uso de este genera una reacción entre el hidróxido de calcio producido por la hidratación del cemento y el SiO_2 amorfo del material puzolánico. Esto conduce a un incremento en el hidrato de silicato de calcio, formando así el Gel C-S-H que incrementa la resistencia y la densidad del hormigón. [1]

2.1.6.1. Puzolanas

Materia esencialmente silicosa que finamente dividida no posee ninguna propiedad hidráulica, pero posee constituyentes (sílice - alúmina) capaces, a la temperatura ordinaria, de fijar el hidróxido de cal para dar compuestos estables con propiedades hidráulicas. [1]

Se consideran generalmente como puzolanas los materiales que son carentes de propiedades cementales y de la actividad hidráulica por sí solos, contienen constituyentes que se combinan con cal a temperaturas ordinarias y en presencia de agua, dando lugar a compuestos permanentemente insolubles y estables que se comportan como conglomerantes hidráulicos. En tal sentido, las puzolanas dan propiedades cementantes a un conglomerante no hidráulico como es la cal. [11]

2.1.6.2.Puzolanas Naturales

Según la NTE INEN 0494 la define como un material que, en estado natural, manifiesta propiedades puzolánicas; por ejemplo: cenizas y tobas volcánicas, arcillas, esquistos, tierras de diatomeas, cascajo o piedra pómez que es hasta un 99% un producto silíceo (SiO_2). [12]

2.1.6.3.Puzolanas Artificiales

Según la NTE INEN 0494 la define como derivados industriales usados como puzolana, por ejemplo: esquisto de petróleo, arcilla cocida, cenizas de combustible pulverizado (pfa), escoria de altos hornos granulada y molina (ggfs) y cenizas de cascarilla de arroz(CCA) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC). [12]

2.1.7. Puzolanas utilizadas en la investigación

Para esta investigación partimos del Objetivo 7 de la constitución donde cita que debemos prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental [7], en este caso consideramos a Ecuador como gran productor de arroz y de caña de azúcar, por consecuencia de estos productos los desechos agrícolas es decir el material principal que es la cascarilla de arroz y el bagazo de caña de azúcar para dicha investigación son factibles. [3]

2.1.7.1.Ceniza de Cascarilla de Arroz (CCA)

La composición química de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA), se la puede establecer según la tabla N°1.

Tabla 4.- Composición de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA)

Componente	% en peso	Componente	% en peso
SiO ₂	91,39	S	0,14
K ₂ O	2,17	P ₂ O ₅	0,79
CaO	0,39	Na ₂ O	0,05
Al ₂ O ₃	0,13	Zn	0,02
Fe ₂ O ₃	0,37	Cl	0,04
MgO	0,33	Cr	0,01
MnO	0,17	H ₂ O	4,00

Fuente: Universidad del Valle, Cali, Colombia

2.1.7.1.1. Características (CCA)

Una de las ventajas de utilizar (CCA), es que puede conducir a la reducción de emisiones de dióxido de carbono causado por la producción del cemento y de manera ambiental la reducción del residuo de carbono en (CCA) que se libera hacia la atmosfera durante largos periodos queda atrapado en el hormigón. [1]

La (CCA) contiene aproximadamente un 85% a un 95% en peso de sílice amorfa, se puede considerar a la (CCA) tan buena como humo de sílice. [1]

Estas cenizas se recomienda producirlas bajo ciertas condiciones de quema controlada, con temperaturas de 400 a 800 °C, tiempos de quema, tipo de hornos y condiciones oxidantes. [11]

La (CCA) producida bajo condiciones no satisfactorias presenta altos contenidos de carbono lo cual puede comprometer su actividad puzolánica, en este caso se puede controlar mediante un molido ultra fino de la CCA donde se puede reducir este contenido de carbono. [11]

La ASTM C 618-08a especifica que el 70% de las puzolanas debe contener $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, en este caso a una temperatura de 500°C se obtiene un 88,54% de esta composición, cumpliendo así con la norma requerida. [10]

2.1.7.2. Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBC)

La composición química de la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBC) se la puede establecer según la tabla N°2.

Tabla 5.- Composición de la ceniza del bagazo de caña de azucar (CBC)

Óxido	Na₂O	MgO	Al₂O₃	SiO₂	P₂O₅	SO₃	Cl	K₂O	CaO	ZrO₂
%	0,25	2,03	1,49	79,9	4,04	0,38	0,05	5,14	3,41	trazas
Óxido	TiO₂	Cr₂O₃	MnO	Fe₂O₃	NiO	CuO	ZnO	Rb₂O	SrO	Y₂O₃
%	0,12	0,03	0,19	2,11	0,01	0,03	0,04	0,01	0,02	trazas

Fuente: Universidad del Valle, Cali, Colombia

2.1.7.2.1. Características (CBC)

Se considera utilizar al (CBC) como puzolana por las características similares con la composición de (CCA) además de ser también un desecho agrícola.

Posee un alto contenido de óxidos fundamentales como es: SiO_2 (silicio), Al_2O_3 (aluminio) y Fe_2O_3 (fierro) que en comparación de (CCA) es el 70% de la composición química. [1]

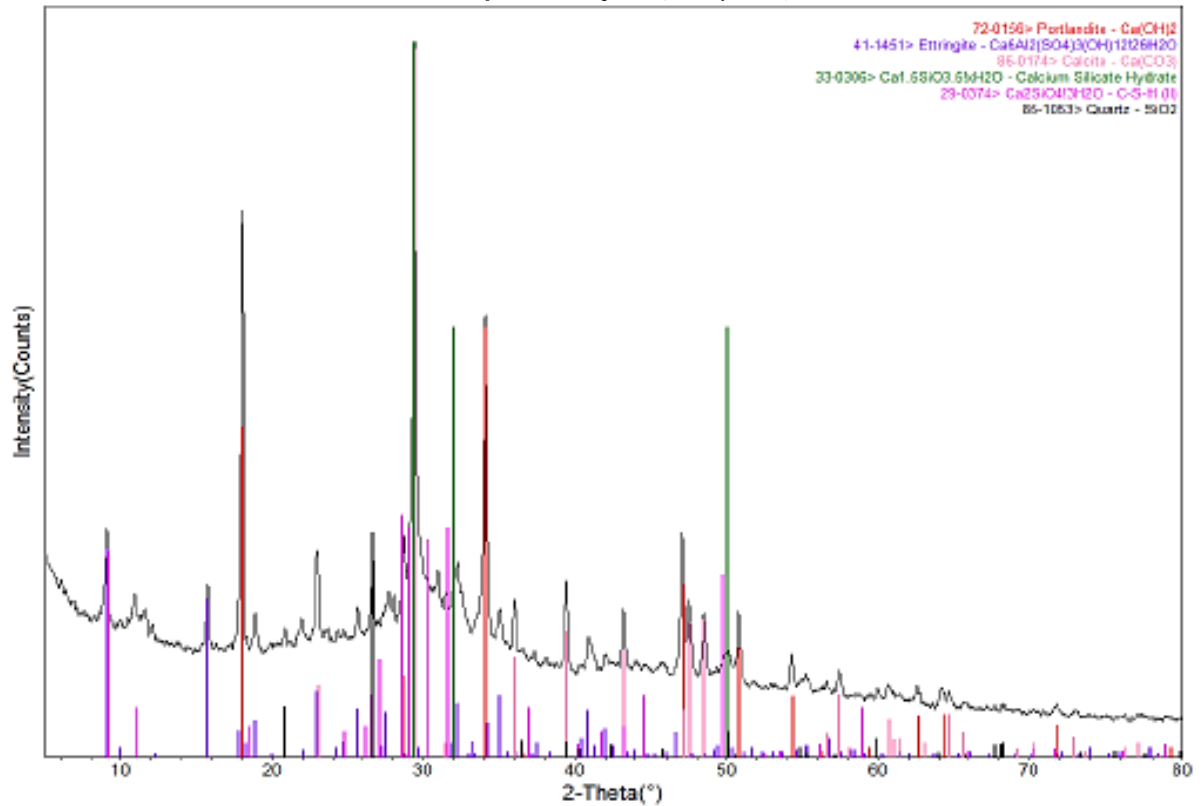
Aproximadamente una tonelada de caña es el 28% de bagazo y el 2% al 4% es ceniza según el estudio realizado en el año 2012 en México. El proceso para este material puzolánico es el mismo que la (CCA) controlando la quema del bagazo y pulverizando la ceniza con el propósito de eliminar los residuos de carbono. [1]

Estudios realizados comprueban que la composición de la ceniza puede variar según el tipo de caña y su edad, como también donde se cosecha por el tipo de fertilizantes que se pudo ocupar para su producción. [11]

2.1.7.3. Propiedades de la Pasta con CCA y CBC

Para determinar que propiedades tiene la pasta añadido puzolanas se realizó un análisis en los Laboratorios de Difracción de rayos X del centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la UNAM, a cargo del Dr. Eric Rivera Muños y de la Dra. Beatriz Millán. En la siguiente figura se muestra en el difractograma obtenido los minerales principales reconocidos. [1]

Ilustración 7.- Difracción de pasta (CCA y CBC)



Fuente: Universidad Autónoma de Querétaro

2.1.7.4. GEL C-S-H

Es el responsable de la resistencia mecánica de los conglomerados, es decir de la armazón interna de la pasta del cemento y de la adherencia de los áridos en los morteros y hormigones. [1]

2.1.7.5.Sílice

El óxido de silicio (IV) o dióxido de silicio (SiO_2) es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice. Este compuesto ordenado espacialmente en una red tridimensional (cristalizado) forma el cuarzo y todas sus variedades. Si se encuentra en estado amorfo constituye el ópalo, que suele incluir un porcentaje elevado de agua, y el sílex. Es uno de los componentes de la arena. [1]

2.1.7.6.Alúmina

La alúmina es el óxido de aluminio (Al_2O_3). Junto con la sílice, es el componente más importante en la constitución de las arcillas y los esmaltes, confiriéndoles resistencia y aumentando su temperatura de maduración. El óxido de aluminio existe en la naturaleza en forma de corindón y de esmeril. [1]

2.1.7.7.Etringita

El trisulfoaluminato de calcio o Etringita positiva es el responsable de dar al cemento mayor cohesión y se la encuentra en la grietas y fisuras del hormigón en edades superiores a los 28 días. [1]

2.1.7.8.Portlandita

Llamado también Hidróxido de calcio es el encargado de mantener el pH de la pasta en valores altos ya que actúa como reserva de alcalina manteniendo así al hormigón armado protegido contra la corrosión electroquímica. [1]

2.1.7.9.Hidrato de silicato de calcio

Es una reacción entre el hidróxido de calcio producido en la hidratación del cemento y el SiO_2 amorfo del material puzolánicos, formando así el Gel C-S-H, todo esto producto de la unión de puzolanas y el cemento portland. [1]

2.1.8. Resistencia a Flexión

En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas. [1]

El rasgo más destacado es que un objeto sometido a flexión presenta una superficie de puntos llamada fibra neutra tal que la distancia a lo largo de cualquier curva contenida en ella no varía con respecto al valor antes de la deformación. El esfuerzo que provoca la flexión se denomina momento flector. [1]

2.1.9. Fisuras por Flexión

Las fisuras suelen ser perpendiculares a la dirección del refuerzo longitudinal y la existencia de armadura transversal (estribos) puede hacer que las fisuras se alineen con ella e incluso favorezca el inicio o la propagación de las mismas fisuras. [13]

Existen dos tipos en el plano de falla de flexión:

- Grietas de flexión que originalmente son fisuras de tracción. [13]
- Grietas por tracción que emergen como una manifestación del aumento de la deformación. Se localizan entre las grietas de flexión y se extienden por encima de las barras de refuerzo. [13]

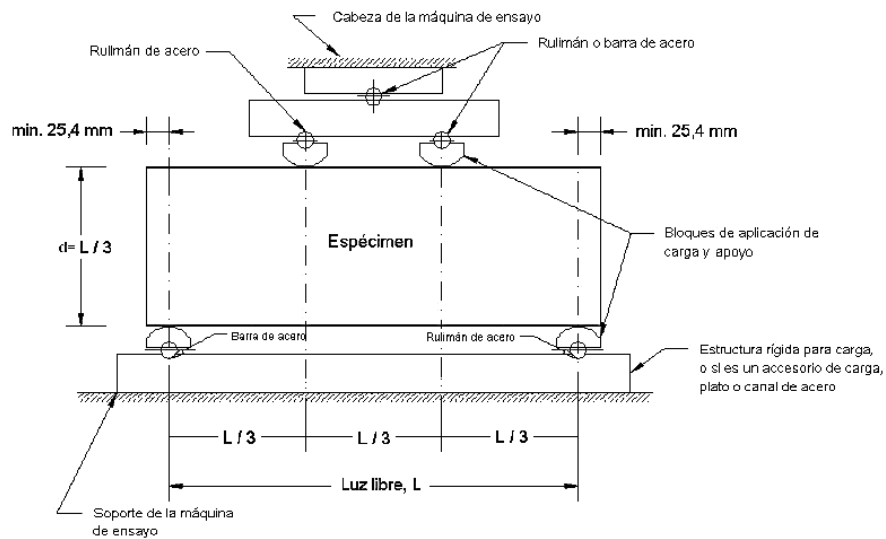
2.1.10. Método de Ensayo (NTE INEN 2554)

Los especímenes se conservan en lugares húmedos o en este caso en cámaras de curado, y se ensayan de modo que la carga se aplique perpendicularmente a las caras de la probeta que quedaron en contacto con las paredes del encofrado. [14]

Se asentarán las probetas en las cuchillas de apoyo en forma bien centrada posicionadas a los tercios de la luz entre apoyos inferiores. [14]

Se aplica la carga a una velocidad no mayor de $0,2\text{N/mm}^2$ por segundo.

Ilustración 8.- Método de Ensayo Flexión



Fuente: NTE INEN 2554

Cuando la ruptura total se ha desarrollado dentro del tercio central de la luz, se calcula el módulo de rotura según la expresión siguiente:

$$Mr = \frac{P*L}{b*d^2} [14]$$

Cuando la ruptura total se ha desarrollado hasta $1/20L$ fuera del tercio central de la luz, se calcula el módulo de rotura según la expresión siguiente:

$$Mr = \frac{3*P*L1}{b*d^2} [14]$$

Siendo:

Mr= Módulo de rotura a tensión, en N/mm^2

P= Carga máxima de rotura, en N

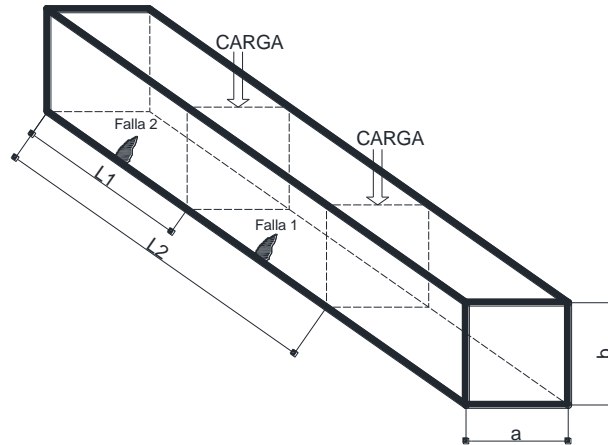
L= Longitud de la probeta, en mm

b= Ancho promedio de la probeta, en mm

d= Espesor promedio de la probeta, en mm

L1= Distancia entre la línea de la rotura y el soporte más cercano, medida en la línea central de la cara inferior de la probeta.

Ilustración 9.- Viga - Carga - Fallas



Fuente: Estudio de Hormigón

2.1.11. Costos Directos

Los costos Directos de obra, son el punto medular de un presupuesto, ya que representan la mayoría de los casos importes equivalentes al 70% del precio de venta, y es en ellos donde la capacidad de análisis de la empresa determina su nivel de competitividad. Es en los costos directos, donde durante el proceso de obra, se debe de tener mayor control, uno de los principales elementos de control resulta de obtener la explosión de insumos que requerirá la obra, ya que ofrecen en forma acumulada, los volúmenes e importes de materiales, mano de obra, y equipo. [8]

2.1.12. Costos de los Materiales

El costo de materiales, se determina en base a un estudio de mercado, donde se considera la cantidad de materiales, la ubicación de la obra, los descuentos a aplicar en función de las condiciones de pago y la capacidad de respaldo del proveedor, un buen estudio de mercado significara un buen análisis de costos. [8]

2.1.13. Costos de Transporte

Es el costo que genera un equipo por unidad de tiempo (hora), y se determina en función de gastos fijos y gastos de operación. En los gastos fijos se considera la amortización del equipo, la tasa de interés por inversión, valor de recuperación, vida útil, seguros, reparaciones, almacenaje y gastos anuales. En los gastos de operación se consideran todos los gastos generados por la operación del equipo, como salario del operador, combustibles, lubricantes, llantas, filtros, bandas, etc. [8]

2.1.14. Costos de Mano de Obra

Uno de los principales elementos que define el costo directo, calidad y eficiencia en la ejecución de una obra, es la de administrar, capacitar y dirigir en forma correcta el recurso más importante y a la vez más difícil de controlar que es la mano de obra. [8]

Al efectuar un análisis de precio unitario es necesario que el analista tenga conocimiento claro y experiencia en el procedimiento constructivo, mano de obra capacitada o disponible en la región, efectos del medio ambiente en el rendimiento del trabajador que ejecutará tal o cual concepto, con estos elementos el analista puede proceder a hacer un análisis de precio considerando los salarios típicos que pagan en la región para actividades del ramo, dificultad, grado de riesgo, y todas las demás variables que afectan participación de la mano de obra en la ejecución de un concepto de obra. [8]

2.1.15. Costos Indirectos

Los costos indirectos relativos a la industria de la construcción, son todos aquellos costos que, sin intervenir directamente en el costo directo de ejecución de un concepto de obra, son erogados por las empresas para poder ejecutar una obra en función del tiempo estimado de ejecución, condiciones contractuales, tamaño de la empresa, grado de dificultad de la obra y cualquier otro tipo de costo que no sea aplicable dentro del análisis de precios. [8]

A diferencia de los costos directos (cemento, acero, mano de obra, equipo, etc.), que son medibles en un concepto de obra, los costos indirectos (gastos de administración, depreciaciones, consumos, etc.), son gastos que se originan sin que se puedan determinar en forma medible dentro de un análisis de precio. [8]

Los costos indirectos se representan en los precios unitarios en forma del porcentaje que resulta de la suma de todos y cada uno de ellos dividida entre el importe total del costo directo de la obra. [8]

2.2.Hipótesis

La Adición de cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y de cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC) incide a la resistencia a Flexión del Hormigón Armado.

2.3.Señalamiento de variables de la hipótesis

Las variables son en sí características que se encargan de identificar una realidad, son medibles y controlables además existen diversos tipos de variables y a su vez están llenas información decreciente lo que significa que las variables continuas contienen mayor información en referencia a las discretas y las mismas en relación a las nominales y estas poseen poca información en comparación a lo antes mencionado, en la siguiente investigación las variables dependientes e independientes son:

Variable Independiente

- Ceniza de la cascarilla de arroz.
- Ceniza del bagazo de la caña de azúcar.

Variable Dependiente

- Resistencia a flexión.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Nivel o tipo de investigación

Los niveles de investigación a ser utilizados en este proyecto serán: exploratorio y descriptivo.

Será exploratorio porque no se tiene una idea precisa de los resultados que va producir el análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC), además porque este tipo de investigación ayudara al planteamiento del problema, la formulación de hipótesis de la investigación de mayor rigor científico. [15]

Será descriptiva considerando que va a detallar las características más importantes de la adición de cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y la adición de cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC), tanto en su origen y desarrollo describiendo una circunstancia temporo-espacial, es decir detallando como es y cómo se manifiesta el comportamiento en el hormigón con el chequeo a flexión. [15]

3.2. Población y muestra

Se considera como universo a los Hormigones con aditivos puzolánicos naturales y artificiales. El presente estudio posee como población a Hormigones con aditivos puzolánicos artificiales llamados así a las cenizas de residuos agrícolas en este caso cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC) por su alto contenido de sílice amorfo.

3.2.1. Delimitación De La Muestra

Para la delimitación de la muestra se considera el estudio realizado del Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Concretos Puzolánicos para Incrementar su Resistencia ante Ataques de Sulfatos donde se puede concluir que entre más días de curado de un hormigón mayor es el aumento del Hidrato de Silicato de Calcio que es el encargado de formar el Gel C-S-H. [1]

En el ítem 4.1.4 se constata los ensayos preliminares para de esta manera poder justificar los 60 días de curado para mejorar su resistencia a flexión en vigas de hormigón armado.

Se considera el número de probetas en los siguientes cuadros de resumen:

Tabla 6.- Delimitación de la Muestra / Probetas (60 días de curado) / $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$

IDENTIFICACIÓN	SUSTITUCIÓN PARCIAL	NÚMERO DE MUESTRAS NORMALIZADAS
Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA)	0%	3 c/u
	5%	
	10%	
	15%	
	20%	
Hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC)	0%	3 c/u
	5%	
	10%	
	15%	
	20%	
$\Sigma=$		30

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

NÚMERO TOTAL DE PROBETAS= 30 (vigas)

3.3.Operacionalización de variables

3.3.1. Variable Independiente

CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ (CCA)

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>Son consideradas puzolanas artificiales que mediante un proceso de quema sus componentes químicos resultantes son altos en $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (84,54%). Esto conduce a un incremento en el hidrato de silicato de calcio, formando el gel C-S-H y por lo tanto incrementa la resistencia y la densidad.</p>	Puzolana Artificial	Propiedades Físico-Químicas	¿Cuáles son las propiedades Físico-Químicas?	Investigación Bibliográfica Investigación de laboratorio y experimental
		Resistencia y densidad	¿Qué parámetros afectan a la resistencia y densidad del hormigón?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM Investigación de laboratorio y experimental
	Componentes Químicos	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	¿Qué propiedades afecta el $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ al Hormigón?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM Investigación de laboratorio y experimental
		Gel C-S-H	¿Qué propiedades afecta el Gel C-S-H a la resistencia del Hormigón?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM Investigación de laboratorio y experimental

CENIZA DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (CBC)

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>Son consideradas puzolanas artificiales que mediante un proceso de quema sus componentes químicos resultantes son altos en $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (70%). Esto conduce a un incremento en el hidrato de silicato de calcio, formando el gel C-S-H y por lo tanto incrementa la resistencia y la densidad.</p>	Puzolana Artificial	Propiedades Físico-Químicas	¿Cuáles son las propiedades Físico-Químicas?	Investigación Bibliográfica Investigación de laboratorio y experimental
		Resistencia Y Densidad	¿Qué parámetros afectan a la resistencia y densidad del hormigón?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM Investigación de laboratorio y experimental
	Componentes Químicos	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	¿Qué propiedades afecta el $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ al Hormigón?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM Investigación de laboratorio y experimental
		Gel C-S-H	¿Qué propiedades afecta el Gel C-S-H a la resistencia del Hormigón?	Investigación Bibliográfica Normas INEN, ASTM Investigación de laboratorio y experimental

3.3.2. Variable Dependiente

RESISTENCIA A FLEXIÓN

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumento
Se denomina resistencia a flexión al ensayo de un elemento estructural (viga) ante la aplicación de carga, determinando así tanto la resistencia de los materiales como las deformaciones del espécimen.	Acero de refuerzo	Resistencia a la tensión.	¿Cómo afecta la disminución de la resistencia a tensión del acero en el concreto?	Investigación de laboratorio y experimental
		Módulo de fluencia	¿Cómo se determina el módulo de fluencia del acero?	Normas INEN, ASTM Investigación de laboratorio y experimental
	Módulo de rotura	Carga Máxima	¿Qué tipo de carga se aplica en la viga a ensayar?	Normas INEN, ASTM Investigación de laboratorio y experimental

3.4. Plan de recolección de información

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para investigar el comportamiento del hormigón estructural adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).
2. ¿De qué personas u objetos?	De probetas normalizadas realizadas en laboratorio que han adquirido su resistencia final.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Influencia de las cenizas en la resistencia a flexión de un hormigón de $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$
4. ¿Quién?	Carlos Haro Molina.
5. ¿Dónde?	Laboratorio de ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6. ¿Cómo?	Investigación bibliográfica Normas INEN, ASTM Ensayos de laboratorio

Técnicas e Instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Ensayos de laboratorio	Herramienta Menor Concretera Máquina de Flexión - Control's Encofrado Metálico Cámara de Curado

3.5. Plan procesamiento y análisis

Se seguirá un plan de procesamiento y análisis de la información estructurado de la siguiente manera:

- Revisión de la investigación bibliográfica.
- Interpretación de resultados obtenidos en laboratorio.
- Análisis y comparación entre resultados de laboratorio e hipótesis.
- Planteamiento de conclusiones y recomendaciones.

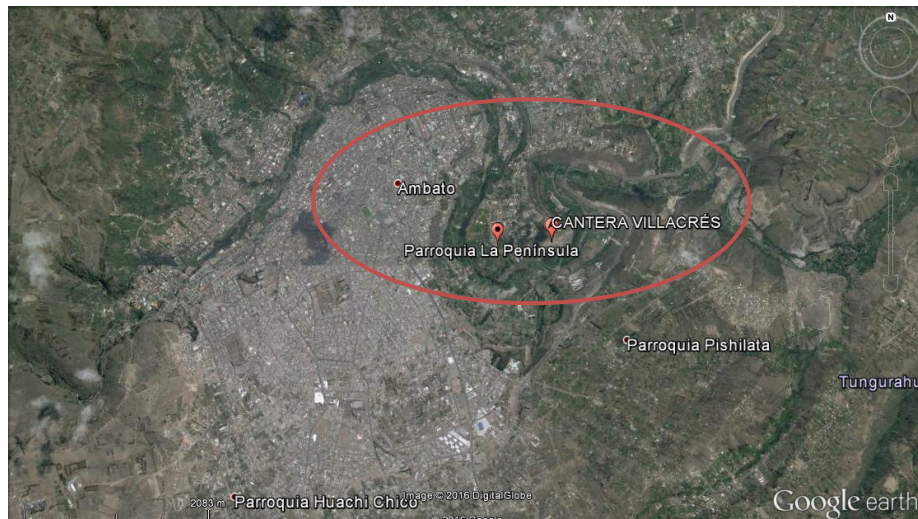
CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Recolección de datos

4.1.1. Selección del material

Para el desarrollo de esta investigación se realizó los ensayos pertinentes a los agregados que van a ser empleados de la Cantera Villacrés ubicada en la parroquia de la Península de la ciudad de Ambato (Coordenadas; -1.246818–78.600486) por su excelente material y facilidad de transporte hacia los laboratorios.

Ilustración 10.- Ubicación Cantera Villacrés



Fuente: *Google Earth*

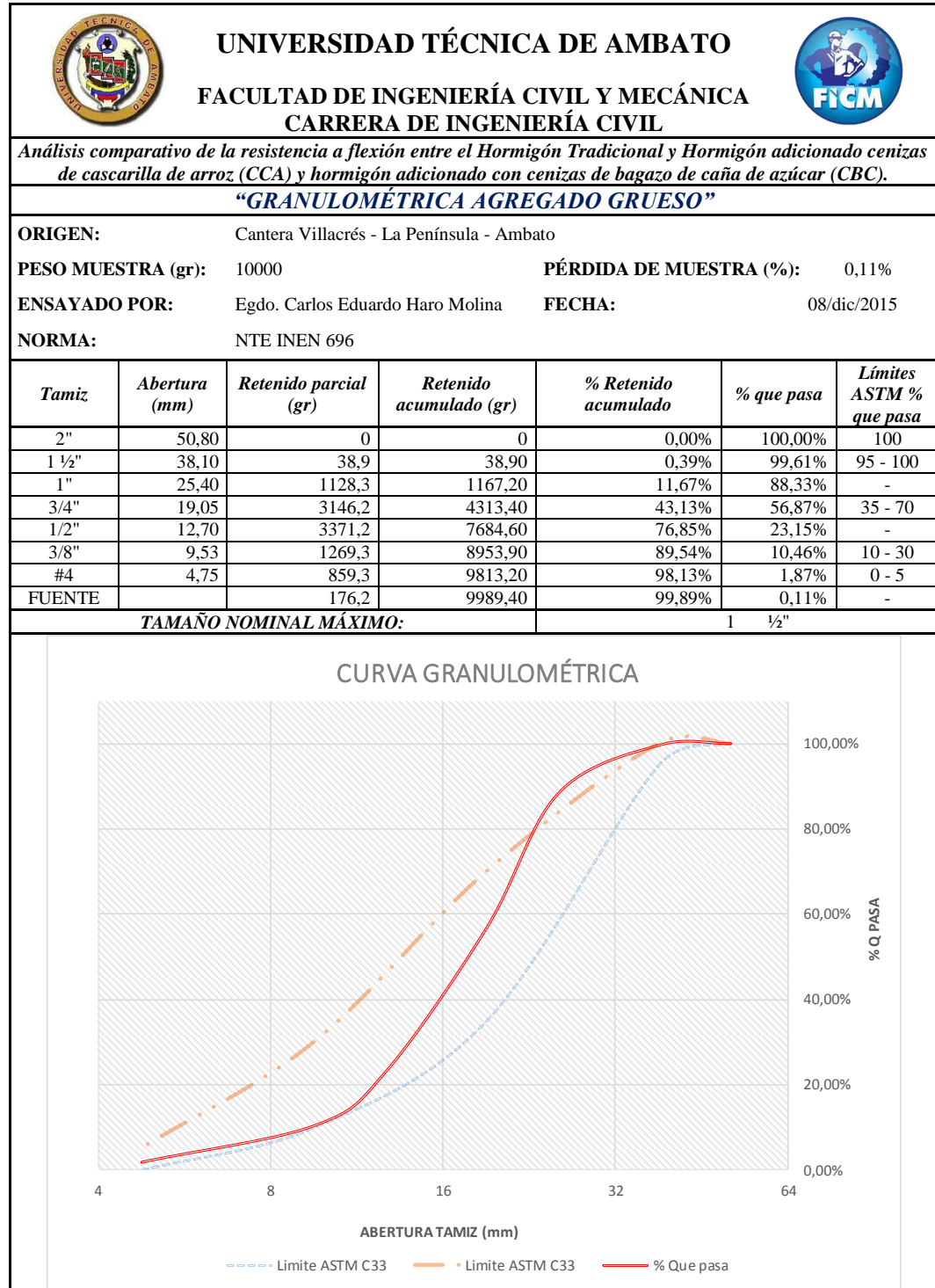
4.1.2. Ensayos Realizados a los Agregados

Para realizar la dosificación del hormigón se realiza ensayos previos a los agregados gruesos y agregados finos:

- Análisis Granulométrico
- Densidad Aparente Suelta
- Densidad Aparente Compactada
- Densidad Real
- Capacidad de Absorción

4.1.2.1. Análisis Granulométrico Agregado Grueso



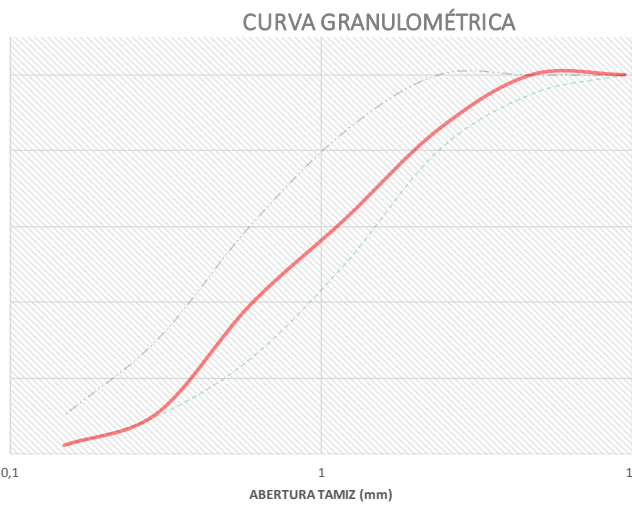
Tabla 7.- Granulometría Agregado Grueso



Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.2.2. Análisis Granulométrico Agregado Fino



Tabla 8.- Granulometría del Agregado Fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO 						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>						
“GRANULOMÉTRICA AGREGADO FINO”						
ORIGEN:	Cantera Villacrés - La Península - Ambato					
PESO MUESTRA (gr):	900					
ENSAYADO POR:	Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina					
NORMA:	NTE INEN 696					
	PÉRDIDA DE MUESTRA (%): 1,21					
	FECHA: 08/dic/2015					
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites ASTM % que pasa
3/8	9,50	0	0	0,00%	100,00%	100
#4	4,76	0	0	0,00%	100,00%	95-100
#8	2,38	130,50	130,50	14,50%	85,50%	80-100
#16	1,19	213,10	343,60	38,18%	61,82%	50-85
#30	0,59	203,50	547,10	60,79%	39,21%	25-60
#50	0,29	256,20	803,30	89,26%	10,74%	10-30
#100	0,14	76,10	879,40	97,71%	2,29%	2-10
#200	0,07	6,90	886,30	98,48%	1,52%	-
FUENTE		2,80	889,10	98,79%	-	-
MÓDULO DE FINURA				3,00		
<p style="text-align: center;">CURVA GRANULOMÉTRICA</p>  <p style="text-align: center;">----- Limite ASTM C33 - - - - Limite ASTM C33 ——— % PASA</p>						

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.2.3. Densidad Aparente Compactada y Suelta Del Agregado Fino Y Grueso

Tabla 9-. Densidad Aparente Compactada y Suelta Del Agregado Fino Y Grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>				
"DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO"				
ORIGEN:		Cantera Villacrés - La Península - Ambato		
MASA RECIPIENTE (Kg):		9,9		
ENSAYADO POR:		Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA:	08/dic/2015
VOLUMEN RECIPIENTE (dm³):		20,24		
NORMA:		NTE INEN 858:2010		
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm³)</i>	<i>Peso Unitario Promedio (kg/dm³)</i>
GRUESO	38,90	29,00	1,43	1,44
	39,10	29,20	1,44	
FINO	41,70	31,80	1,57	1,57
	41,80	31,90	1,58	
"DENSIDAD APARENTE SUelta DEL AGREGADO FINO Y GRUESO"				
ORIGEN:		Cantera Villacrés - La Península - Ambato		
MASA RECIPIENTE (Kg):		9,9		
ENSAYADO POR:		Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA:	08/dic/2015
VOLUMEN RECIPIENTE (dm³):		20,24		
NORMA:		NTE INEN 858:2010		
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm³)</i>	<i>Peso Unitario Promedio (kg/dm³)</i>
GRUESO	36,90	27,00	1,33	1,33
	36,80	26,90	1,33	
FINO	39,80	29,90	1,48	1,47
	39,50	29,60	1,46	

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.2.4. Densidad Aparente Compactada De La Mezcla

Tabla 10.- Densidad Aparente Compactada De La Mezcla

% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm ³)	Peso unitario promedio
100,00%	0,00%	40,00	0,00	0,00	38,90	29,00	1,43	1,44
					39,10	29,20	1,44	
90,00%	10,00%	40,00	4,44	4,44	41,40	31,50	1,56	1,56
					41,60	31,70	1,57	
80,00%	20,00%	40,00	10,00	5,56	44,60	34,70	1,71	1,72
					44,70	34,80	1,72	
70,00%	30,00%	40,00	17,14	7,14	46,90	37,00	1,83	1,83
					47,00	37,10	1,83	
60,00%	40,00%	40,00	26,67	9,53	47,50	37,60	1,86	1,86
					47,40	37,50	1,85	
50,00%	50,00%	40,00	40,00	13,33	46,80	36,90	1,82	1,83
					46,90	37,00	1,83	
40,00%	60,00%	40,00	60,00	20,00	46,20	36,30	1,79	1,80
					46,30	36,40	1,80	

Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente



El gráfico muestra la densidad aparente promedio (kg/cm³) en el eje Y (rango de 1,40 a 1,90) frente al porcentaje óptimo de la mezcla (%) en el eje X (rango de -10,00% a 60,00%). La curva principal (Series1) representa la densidad aparente promedio, que aumenta desde aproximadamente 1,43 kg/cm³ al 0% de agregado fino hasta un máximo de 1,86 kg/cm³ al 36% de agregado fino, y luego disminuye a 1,80 kg/cm³ al 60% de agregado fino. Se indican líneas horizontales para el porcentaje máximo (60%) y el porcentaje óptimo (36%).

Porcentaje máximo de agregado fino (%)	40,00
Porcentaje máximo de agregado grueso (%)	60,00
Porcentaje óptimo de agregado fino (%)	36,00
Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)	64,00
Peso unitario máximo (gr/cm³)	1,860
Peso unitario óptimo (gr/cm³)	1,850

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.2.5. Densidad Real Del Agregado Grueso



Tabla 11.- Densidad Real Del Agregado Grueso

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL 			
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>			
ORIGEN:	Cantera la Península - Ambato		
ENSAYADO POR:	Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA:	03/mar/2016
NORMA:	NTE INEN 857		
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1239,00
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1079,00
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	5354,00
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3628,00
DA	Densidad real del agua	gr/cm ³	1,00
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	4115,00
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2549,00
VR=(M5-M6) / DA	Volumen real de la muestra	cm ³	1566,00
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm ³	2,63
"CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO"			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M7	Masa del recipiente	gr	24,70
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	133,40
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	108,70
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	131,30
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	106,60
CA=(M9-M11) / (M11) * 100	Capacidad de absorción	%	1,97
P2=(CA1+CA2) / 2	Capacidad de absorción promedio	%	1,72

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.2.6.Densidad Real Agregado Fino

Tabla 12.- Densidad Real Agregado Fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERÍA CIVIL				
Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).				
"DENSIDAD REAL AGREGADO FINO"				
ORIGEN:	Cantera Villacrés - La Península - Ambato			
ENSAYADO POR:	Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA:	09/dic/2015	
NORMA:	NTE INEN 856			
"CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL"				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	146,40	
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	367,80	
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	779,10	
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	411,30	
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	642,90	
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	496,50	
DA=M6/500cm ³	Densidad del agua	gr/cm ³	0,99	
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	85,20	
Msss=M2-M1	Masa del agregado	gr	221,40	
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm ³	85,80	
DRA=Msss / Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm ³	2,58	
"CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO"				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	24,80	25,20
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	158,10	169,90
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	133,30	144,70
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	156,50	166,20
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	131,70	141,00
CA=((M9-M11) / (M11)) *100	Capacidad de absorción	%	1,21	2,62
P2=(CA1+CA2) / 2	Capacidad de absorción promedio	%	1,92	

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.2.7.Densidad Real del Cemento



Tabla 13.- Densidad Real del Cemento

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
<p><i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i></p>				
<p>"DENSIDAD REAL DEL CEMENTO"</p>				
ORIGEN:	Cemento HOLCIM Rocafuerte			
ENSAYADO POR:	Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA:	10/dic/2015	
NORMA:	NTE INEN 156			
<p>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</p>				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	152,70	156,90
M2	Masa del picnómetro + muestra	gr	301,60	305,80
M3	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	gr	631,00	635,20
M4=M3-M2	Masa gasolina añadida	gr	329,40	329,40
M5	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	gr	519,70	524,10
M6=M5-M1	Masa de 500cc de gasolina	gr	367,00	367,20
DG=M6/500cm ³	Densidad de la gasolina	gr/cm ³	0,73	0,73
M7=M6-M4	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	gr	37,60	37,80
M _C =M2-M1	Masa del cemento	gr	148,90	148,90
V _G =M7/DG	Volumen de la gasolina desalojada	cm ³	51,23	51,47
DRC=M _C /V _G	Densidad real del cemento	gr/cm ³	2,91	2,89
	Densidad real promedio	gr/cm ³	2,90	

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.3. Dosificación de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$

A continuación, realizamos una tabla resumen de los datos principales que necesitamos para realizar el cálculo tipo de la Densidad Óptima elaborado por la Universidad Central del Ecuador:

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DATOS DE DISEÑO DE HORMIGÓN $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ 		
ORIGEN: Cantera Villacrés - La Península - Ambato		FECHA: 16/dic/2015
REALIZADO: Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina		
DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA		
PARÁMETROS	VALORES	UNIDADES
Volumen Del Hormigón	1	m^3
f_c	240	Kg/cm^2
Asentamiento	6 - 9	cm
Densidad Real Del Cemento (DRC)	2,900	gr/cm^3
Densidad Real De La Arena (DRA)	2,580	gr/cm^3
Densidad Real Del Ripio (DRR)	2,630	gr/cm^3
Densidad Suelta De La Arena (DSA)	1,470	gr/cm^3
Densidad Suelta Del Ripio (DSR)	1,330	gr/cm^3
Porcentaje Óptimo De Arena (POA)	36,00	%
Porcentaje Óptimo De Ripio (POR)	64,00	%
Densidad Óptima De La Mezcla (DOM)	1,850	gr/cm^3

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

- **Densidad real de la mezcla**

$$DRM = \frac{(DRA * POA) + (DRR * POR)}{100} \quad (1)$$

$$DRM = \frac{(2,58 * 36) + (2,63 * 64)}{100} \quad (1)$$

$$DRM = 2,612 \text{ kg/dm}^3 \quad (1)$$

- **Porcentaje óptimo de vacíos**

$$POV\% = \frac{(DRM - DOM)}{DRM} * 100 \quad (2)$$

$$POV\% = \frac{(2,612 - 1,85)}{2,612} * 100 \quad (2)$$

$$POV\% = 29,17\% \quad (2)$$

Tabla 14.- Cantidad de pasta (CP)

Asentamiento (cm)	Cantidad de Pasta (%)
0 – 3	POV + 2% + 3%(POV)
3 – 6	POV + 2% + 6%(POV)
<u>6 – 9</u>	<u>POV + 2% + 8%(POV)</u>
9 – 12	POV + 2% + 11%(POV)
12 – 15	POV + 2% + 13%(POV)

Fuente: Estudio del Hormigón (EPN)

$$CP = POV + 2\% + 8\%(POV) \quad (3)$$

$$CP = 29,17 + 2 + 0,08(29,17) \quad (3)$$

$$CP = 33,507\% * 1000 \text{ dm}^3 \quad (3)$$

$$CP = 335.07 \text{ dm}^3 \quad (3)$$

Tabla 15.- Relación agua/cemento

f'c (kg/cm²)	w/c
210	0,58
<u>240</u>	<u>0,56</u>
280	0,52
350	0,46

Fuente: Estudio del Hormigón (EPN)

- **Cálculo cantidad de materiales**

- a) **Cantidad de cemento**

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}} \quad (4)$$

$$C = \frac{335,07}{0,56 + \frac{1}{2,90}} \quad (4)$$

$$C = 370,31 \text{ kg} \quad (4)$$

- b) **Cantidad de agua (W)**

$$W = \frac{W}{C} * C \quad (5)$$

$$W = 0,56 * 370,31 \quad (5)$$

$$W = 207,37 \text{ lts} \quad (5)$$

c) Cantidad de arena (A)

$$A = (1000 - CP) * DRA * \frac{POA}{100} \quad (6)$$

$$A = (1000 - 335,07) * 2,58 * \frac{36}{100} \quad (6)$$

$$A = 617,59 \text{ kg} \quad (6)$$

d) Cantidad de ripio (R)

$$R = (1000 - CP) * DRR * \frac{POR}{100} \quad (7)$$

$$R = (1000 - 335,07) * 2,63 * \frac{64}{100} \quad (7)$$

$$R = 1119,21 \text{ kg} \quad (7)$$

Tabla 16.- Dosificación Hormigón $f'c=240\text{kg/cm}^2$

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>					
ORIGEN: Cantera Villacrés - La Península - Ambato			FECHA: 16/dic/2015		
REALIZADO: Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina					
DOSIFICACIÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA					
DATOS DE ENSAYOS			DATOS DE TABLAS		
f'c	240	Kg/cm²	W/C	0,56	
Asentamiento	6 - 9	cm	CP (%)	POV + 2% + 8%(POV)	
			CÁLCULOS		
DRC	2,900	gr/cm ³	DRM	2,612	kg/dm ³
DRA	2,580	gr/cm ³	POV	29,17	%
DRR	2,630	gr/cm ³	CP	335,07	dm ³
DSA	1,470	gr/cm ³	C	370,31	Kg
DSR	1,330	gr/cm ³	W	207,37	Its
POA	36	%	A	617,59	kg
POR	64	%	R	1119,21	kg
DOM	1,850	gr/cm ³			
DOSIFICACIÓN AL PESO					
MATERIAL	CANTIDAD EN kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN		DOSIFICACIÓN AL PESO		
W	207,37		0,56		
C	370,31		1,00		
A	617,59		1,67		
R	1119,21		3,02		
TOTAL	2314,49		Kg/m³ Densidad del Hormigón.		
NOMENCLATURA:					
DRC	Densidad Real del Cemento	CP (%)	Cantidad de Pasta en %		
DRA	Densidad Real de la Arena	DRM	Densidad Real de la Mezcla		
DRR	Densidad Real del Ripio	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos		
DSA	Densidad Suelta de la Arena	CP	Cantidad de Pasta		
DSR	Densidad Suelta del Ripio	C	Cantidad de Cemento		
POA	Porcentaje Óptimo de Arena	W	Cantidad de Agua		
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio	A	Cantidad de Arena		
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla	R	Cantidad de Ripio		
W/C	Relación Agua Cemento				

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.4. Ensayos preliminares

Entonces bajo estos estudios previos se consideró realizar ensayos preliminares de cilindros comprobando así los resultados de dicha investigación y obteniendo así los siguientes resultados a compresión justificando de esta manera los 60 días de curado.

Tabla 17.- Resistencia Del Hormigón Adicionado CCA

% Días	5% kg/cm ²	Promedio kg/cm ²	10% kg/cm ²	Promedio kg/cm ²	15% kg/cm ²	Promedio kg/cm ²	20% kg/cm ²	Promedio kg/cm ²
7 Días	157,42	158,67	157,62	160,94	164,35	166,36	158,99	160,26
	163,24		164,87		170,52		164,87	
	155,36		160,33		164,22		156,91	
14 Días	208,70	208,33	216,05	214,94	223,40	221,53	177,80	187,60
	205,90		216,24		219,20		189,70	
	210,40		212,55		222,00		195,30	
28 Días	245,50	248,06	250,30	251,56	267,80	262,30	243,00	245,03
	250,60		251,15		253,10		247,80	
	248,10		253,25		266,00		244,30	

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

NOTA: 7 días (65% - 75%) de la resistencia especificada
 14 días (80% -90%) de la resistencia especificada
 28 días (90% - 100%) de la resistencia especificada

Tabla 18.- Resistencia Del Hormigón Adicionado CBC

% Días	5% kg/cm ²	Promedio kg/cm ²	10% kg/cm ²	Promedio kg/cm ²	15% kg/cm ²	Promedio kg/cm ²	20% kg/cm ²	Promedio kg/cm ²
7 Días	158,21	159,47	158,56	161,90	186,30	188,58	178,23	179,65
	164,06		165,86		193,29		184,82	
	156,14		161,29		186,15		175,90	
14 Días	210,11	209,74	217,34	216,23	243,70	248,23	199,31	210,30
	207,29		217,53		247,20		212,65	
	211,82		213,82		253,80		218,93	
28 Días	248,30	248,83	256,90	256,15	303,90	304,30	232,30	233,60
	246,76		253,46		310,10		236,60	
	251,45		258,10		298,90		231,90	

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

NOTA: 7 días (65% - 75%) de la resistencia especificada
 14 días (80% -90%) de la resistencia especificada
 28 días (90% - 100%) de la resistencia especificada

4.1.5. Ensayos realizados CCA y CBC

Para realizar la corrección por humedad a las cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC), puesto que estas cenizas tienen propiedades puzolánicas y dado que no existe una norma que contenga los ensayos pertinentes para este tipo de material se lo realizara como en el ensayo de la densidad Real del Cemento.

- Densidad Real
- Capacidad de Absorción

4.1.5.1. Contenido de Humedad y Capacidad de Absorción del CCA

Tabla 19.- Contenido de humedad y Capacidad de Absorción CCA

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>			
"CONTENIDO DE HUMEDAD Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL CCA"			
ENSAYADO POR:	Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA:	15/dic/2015
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
<u>DATOS</u>	<u>DESIGNACIÓN</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>VALOR</u>
H1	Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	gr	71,10 72,70
H2	Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	gr	69,90 71,60
H3	Peso del recipiente Wr	gr	32,30 33,10
H4= H1-H2	Peso de Agua Ww	gr	1,20 1,10
H5= H2-H3	Peso muestra seca Ws	gr	37,60 38,50
CH= (H4/H5) * 100	Contenido de humedad w%=100 Ww/Ws	gr	3,19 2,86
P1= (CH1+CH2) / 2	Promedio W%	%	3,02
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN			
<u>DATOS</u>	<u>DESIGNACIÓN</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>VALOR</u>
M1	Masa del recipiente	gr	33,00 32,50
M2	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	86,30 82,80
M3=M2-M1	Masa de la muestra SSS	gr	53,30 50,30
M4	Masa del recipiente + muestra seca	gr	71,50 68,00
M5=M4-M1	Masa de la muestra seca	gr	38,50 35,50
CA=((M3-M5) / (M5)) * 100	Capacidad de absorción	%	38,44 41,69
P2=(CA1+CA2) / 2	Capacidad de absorción promedio	%	40,07

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.5.2. Contenido de Humedad y Capacidad de Absorción del CBC

Tabla 20.- Contenido de humedad y Capacidad de Absorción CBC

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>				
"CONTENIDO DE HUMEDAD Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL CBC"				
ENSAYADO POR:		Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA:	15/dic/2015
<i>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</i>				
<u>DATOS</u>	<u>DESIGNACIÓN</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>VALOR</u>	
H1	Peso suelo húmedo + recipiente Wm+Wr	gr	82,40	75,70
H2	Peso suelo seco + recipiente Ws +Wr	gr	77,60	71,40
H3	Peso del recipiente Wr	gr	22,80	23,80
H4= H1-H2	Peso de Agua Ww	gr	4,80	4,30
H5= H2-H3	Peso muestra seca Ws	gr	54,80	47,60
CH= (H4/H5) * 100	Contenido de humedad w%=100 Ww/Ws	gr	8,76	9,03
P1= (CH1+CH2) / 2	Promedio W%	%	8,90	
<i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</i>				
<u>DATOS</u>	<u>DESIGNACIÓN</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>VALOR</u>	
M1	Masa del recipiente	gr	24,40	24,80
M2	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	90,10	81,60
M3=M2-M1	Masa de la muestra SSS	gr	65,70	56,80
M4	Masa del recipiente + muestra seca	gr	75,60	69,30
M5=M4-M1	Masa de la muestra seca	gr	51,20	44,50
CA=((M3-M5) / (M5)) * 100	Capacidad de absorción	%	28,32	27,64
P2=(CA1+CA2) / 2	Capacidad de absorción promedio	%	27,98	

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.6. Cálculo Típico Corrección por Humedad

- ΔCCA

$$\Delta CCA = CA\% - CH\%$$

$$\Delta CCA = 40,07\% - 3,02\%$$

$$\Delta CCA = 37,05\%$$

- $\Delta CCA5\%$

$$\Delta CCA 5\% = \Delta CCA \times CCA$$

$$\Delta CCA 5\% = \frac{37,05\%}{100} \times 0,94$$

$$\Delta CCA 5\% = 0,35$$

- Corrección agua CCA5%

$$\Delta W = W + \Delta CCA 5\%$$

$$\Delta W = 10,49\text{lbs} + 0,35$$

$$\Delta W = 10,84\text{lbs}$$

4.1.7. Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CCA 5 %

Considerando que las cenizas es un material que absorbe mayor cantidad de agua se considera para la dosificación su corrección por humedad de la siguiente manera:



Tabla 21.- Dosificación al Peso CCA 5 %

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>				
REALIZADO:		Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA:	29/feb/2016
DOSIFICACIÓN AL PESO CCA 5 %				
MATERIAL		DOSIFICACIÓN AL PESO PARA 3 PROBETAS (VIGA: 15cm X 15cm X 75cm) VOLUMEN TOTAL = 0,050623m ³	UNIDAD	
Agua=	ΔW	10,84	lbs	
Cemento=	C	18,40	kg	
Arena=	A	31,26	kg	
Ripio=	R	56,66	kg	
Ceniza Cascarilla de Arroz=	CCA	0,94	kg	

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.8. Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CCA 10 %



Tabla 22.- Dosificación al Peso CCA 10 %

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>			
REALIZADO:		Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA: 29/feb/2016
DOSIFICACIÓN AL PESO CCA 10 %			
MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO PARA 3 PROBETAS (VIGA: 15cm X 15cm X 75cm) VOLUMEN TOTAL = 0,050623m ³	UNIDAD	
Agua= ΔW	11,19	lts	
Cemento= C	17,99	kg	
Arena= A	31,26	kg	
Ripio= R	56,66	kg	
Ceniza Cascarilla de Arroz= CCA	1,87	kg	

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.9. Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CCA 15 %


Tabla 23.- Dosificación al Peso CCA 15 %

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>			
REALIZADO:		Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA: 29/feb/2016
DOSIFICACIÓN AL PESO CCA 15 %			
MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO PARA 3 PROBETAS (VIGA: 15cm X 15cm X 75cm) VOLUMEN TOTAL = 0,050623m ³	UNIDAD	
Agua= ΔW	11,54	lts	
Cemento= C	17,52	kg	
Arena= A	31,26	kg	
Ripio= R	56,66	kg	
Ceniza Cascarilla de Arroz= CCA	2,81	kg	

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.10. Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CCA 20 %



Tabla 24.- Dosificación al Peso CCA 20 %

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>			
REALIZADO:		Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA: 21/ene/2016
DOSIFICACIÓN AL PESO CCA 20 %			
MATERIAL		DOSIFICACIÓN AL PESO PARA 3 PROBETAS (VIGA: 15cm X 15cm X 75cm) VOLUMEN TOTAL = 0,050623m ³	UNIDAD
Agua=	ΔW	11,89	lts
Cemento=	C	16,98	kg
Arena=	A	31,26	kg
Ripio=	R	56,66	kg
Ceniza Cascarilla de Arroz=	CCA	3,75	kg

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.11. Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CBC 5 %


Tabla 25.- Dosificación al Peso CBC 5 %

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>			
REALIZADO:		Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA: 21/ene/2016
DOSIFICACIÓN AL PESO CBC 5 %			
MATERIAL		DOSIFICACIÓN AL PESO PARA 3 PROBETAS (VIGA: 15cm X 15cm X 75cm) VOLUMEN TOTAL = 0,050623m ³	UNIDAD
Agua=	ΔW	10,68	lts
Cemento=	C	18,11	kg
Arena=	A	31,26	kg
Ripio=	R	56,66	kg
Ceniza Cascarilla de Arroz=	CCA	0,94	kg

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.12. Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CBC 10 %


Tabla 26.- Dosificación al Peso CBC 10 %

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>		
REALIZADO:	Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA: 21/ene/2016
DOSIFICACIÓN AL PESO CCA 10 %		
MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO PARA 3 PROBETAS (VIGA: 15cm X 15cm X 75cm) VOLUMEN TOTAL = 0,050623m³	UNIDAD
Agua= ΔW	10,86	lts
Cemento= C	17,45	kg
Arena= A	31,26	kg
Ripio= R	56,66	kg
Ceniza Cascarilla de Arroz= CCA	1,87	kg

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.13. Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CBC 15 %



Tabla 27.- Dosificación al Peso CBC 15 %

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>		
REALIZADO:	Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina	FECHA: 21/ene/2016
DOSIFICACIÓN AL PESO CCA 15 %		
MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO PARA 3 PROBETAS (VIGA: 15cm X 15cm X 75cm) VOLUMEN TOTAL = 0,050623m³	UNIDAD
Agua= ΔW	11,03	lts
Cemento= C	16,75	kg
Arena= A	31,26	kg
Ripio= R	56,66	kg
Ceniza Cascarilla de Arroz= CCA	2,81	kg

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.14. Dosificación al Peso de un Hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ con CBC 20 %

Tabla 28.- Dosificación al Peso CBC 20 %

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>	
REALIZADO:	Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina
FECHA: 21/ene/2016	
DOSIFICACIÓN AL PESO CCA 20 %	
MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO PARA 3 PROBETAS (VIGA: 15cm X 15cm X 75cm) VOLUMEN TOTAL = 0,050623m³
	UNIDAD
Agua= ΔW	11,21
Cemento= C	16,02
Arena= A	31,26
Ripio= R	56,66
Ceniza Cascarilla de Arroz= CCA	3,75

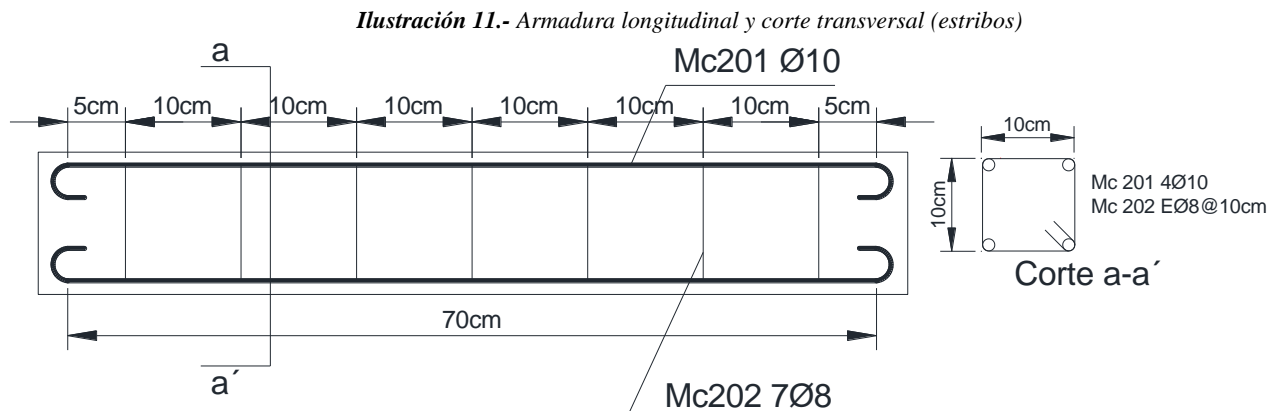
Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.15. Descripción de las Probetas Tipo

Con los ensayos previos se realizó 30 probetas de hormigón armado con las siguientes especificaciones:

- Hormigón
 - $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$
 - Recubrimiento, $e= 2,5\text{cm}$
- Acero
 - $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$
 - Acero transversal: $7\phi 8\text{mm}@10\text{cm}$
 - Acero longitudinal: $2\phi 10\text{mm}$ (superior)
 $2\phi 10\text{mm}$ (inferior)
- Dimensiones de la Viga:
 - $L= 75\text{cm}$; $a= 15\text{cm}$; $b= 15\text{cm}$

4.1.15. Detalle armaduras



Se realizó las armaduras con aceros mínimos; $\phi 10$ y $\phi 8$ por el motivo de que son corrugados y son los ideales para fabricar hormigones armados, ya que, al tener un área de acero menor en el mercado no existen ϕ menores que sean corrugados.

4.1.16. Acero de Refuerzo

Tabla 29.- Planilla de Aceros

PLANILLA DE ACERO													
MC	ϕ	TIPO	DIMENSIONES (m)					LONG. DE CORTE (m)	Nº	LONG. TOTAL (m)	PESO	PESO	Nº DE VARILLA L=12m
			a	b	c	d	g					TOTAL	
201	10	C	0,65	0,05	0,05			0,75	120	90,00	0,62	55,80	8
202	8	O	0,20	0,20			0,10	0,50	210	105,00	0,4	42,00	9

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.1.17. Análisis de Viga Tipo (Máquina Control's – Flexión)

El siguiente análisis de vigas a flexión se realizará con la siguiente máquina que trabaja con programa RTM el cual nos proporciona amplios datos de la viga de los cuales consideraremos para este estudio los valores de CARGA vs DEFORMACION.

Se considera al análisis de las tres probetas (vigas armadas) y se determina como Viga Promedio a la probeta que mejor comportamiento tuvo para tener un mejor manejo de los análisis.

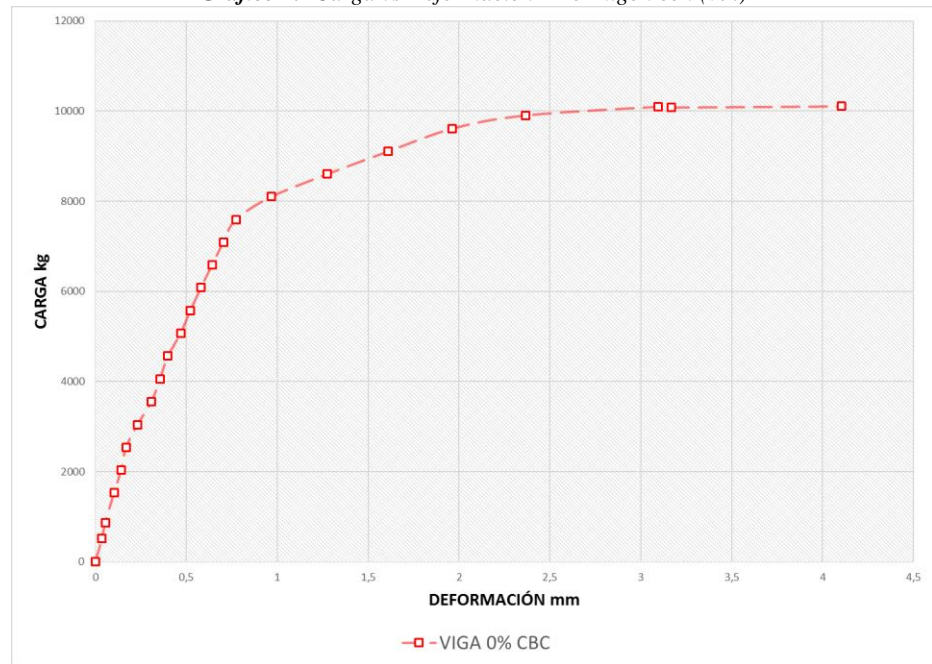
4.1.18. Datos - Viga Promedio - Hormigón con (0%)

Tabla 30.- Carga vs Deformación - Hormigón con (0%)

Carga (kg)	Deformación (mm)
0,051	0,000
518,824	0,037
869,463	0,055
1530,887	0,103
2035,338	0,142
2540,401	0,169
3044,955	0,232
3551,547	0,308
4056,406	0,356
4564,323	0,399
5071,731	0,469
5577,100	0,523
6085,017	0,581
6588,857	0,643
7092,595	0,704
7596,435	0,774
8102,518	0,968
8604,523	1,276
9107,853	1,610
9614,547	1,964
9906,984	2,366
10099,428	3,095
10084,037	3,166
10107,990	4,103

Fuente: Máquina Control's (RTM)

Gráfico 1.- Carga vs Deformación - Hormigón con (0%)



Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

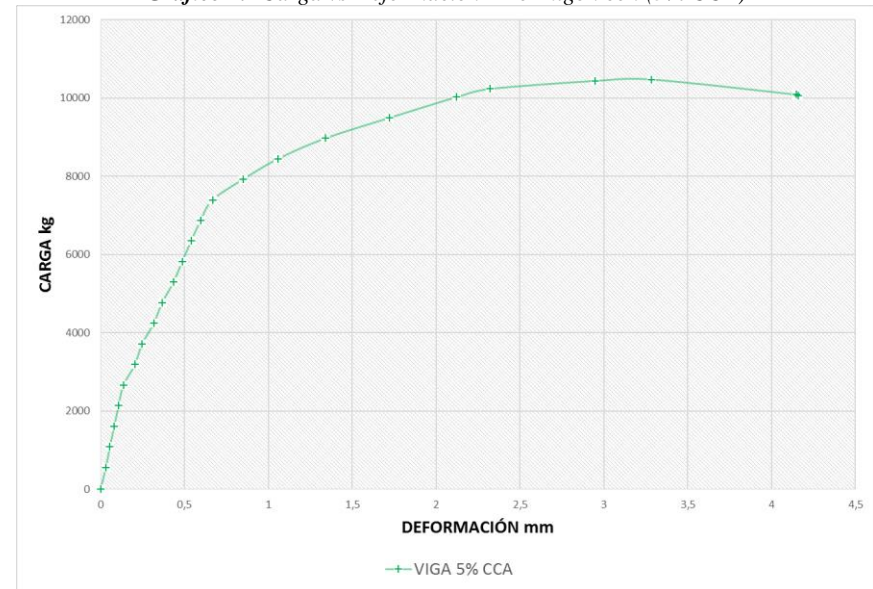
4.1.19. Datos - Viga Promedio - Hormigones con CCA

Tabla 31.- Carga vs Deformación - Hormigón con (5% CCA)

Carga (kg)	Deformación (mm)
0,043	0,000
556,130	0,031
1082,191	0,055
1608,965	0,081
2135,535	0,107
2660,373	0,136
3187,249	0,204
3711,781	0,247
4243,346	0,317
4767,878	0,367
5293,938	0,434
5821,936	0,487
6346,977	0,540
6873,242	0,596
7396,754	0,667
7923,019	0,849
8447,041	1,058
8972,592	1,341
9496,410	1,723
10022,675	2,122
10233,670	2,320
10438,753	2,946
10475,040	3,284
10089,031	4,147
10064,059	4,158

Fuente: Máquina Control's (RTM)

Gráfico 2.- Carga vs Deformación - Hormigón con (5% CCA)



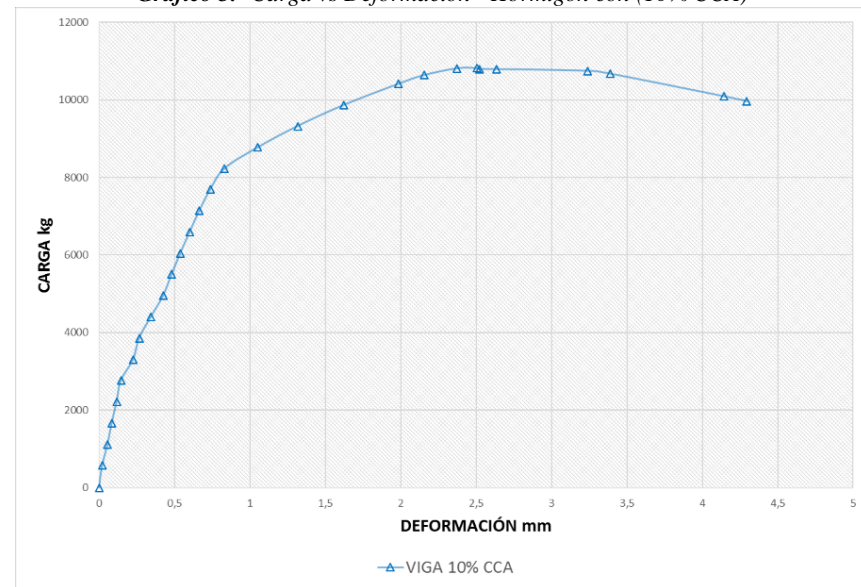
Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Tabla 32.- Carga vs Deformación - Hormigón con (10% CCA)

Carga (kg)	Deformación (mm)
0,046	0,000
575,191	0,021
1122,657	0,056
1669,206	0,084
2217,283	0,117
2763,934	0,145
3308,852	0,226
3857,031	0,266
4407,963	0,344
4951,759	0,425
5500,245	0,481
6047,405	0,539
6594,565	0,602
7139,687	0,664
7685,216	0,737
8229,319	0,832
8774,644	1,053
9320,581	1,316
9864,582	1,623
10410,926	1,986
10635,478	2,156
10808,555	2,374
10793,979	2,523
10786,742	2,634
10745,220	3,240
10669,625	3,391
10087,677	4,144
9964,779	4,295

Fuente: Máquina Control's (RTM)

Gráfico 3.- Carga vs Deformación - Hormigón con (10% CCA)



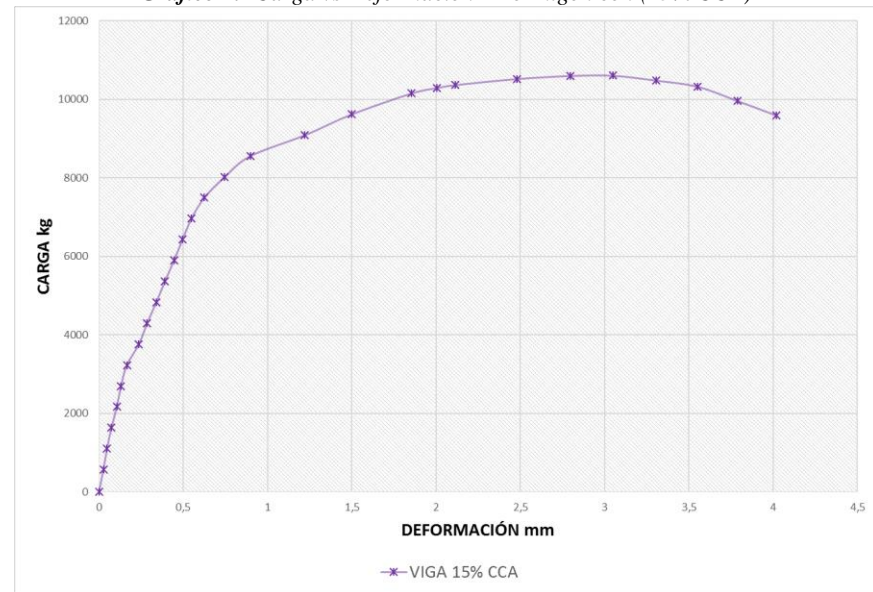
Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Tabla 33.- Carga vs Deformación - Hormigón con (15% CCA)

Carga (kg)	Deformación (mm)
0,061	0,000
562,144	0,026
1098,398	0,048
1631,695	0,074
2164,280	0,105
2697,985	0,131
3228,531	0,165
3763,765	0,236
4297,777	0,286
4833,521	0,340
5365,493	0,391
5896,549	0,445
6433,720	0,496
6962,023	0,548
7497,257	0,625
8026,886	0,746
8558,858	0,898
9091,646	1,221
9623,517	1,500
10154,369	1,853
10293,299	2,003
10368,523	2,115
10523,457	2,479
10606,224	3,050
10483,501	3,305
10326,528	3,551
9590,390	4,020
9590,390	4,020

Fuente: Máquina Control's (RTM)

Gráfico 4.- Carga vs Deformación - Hormigón con (15% CCA)



Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

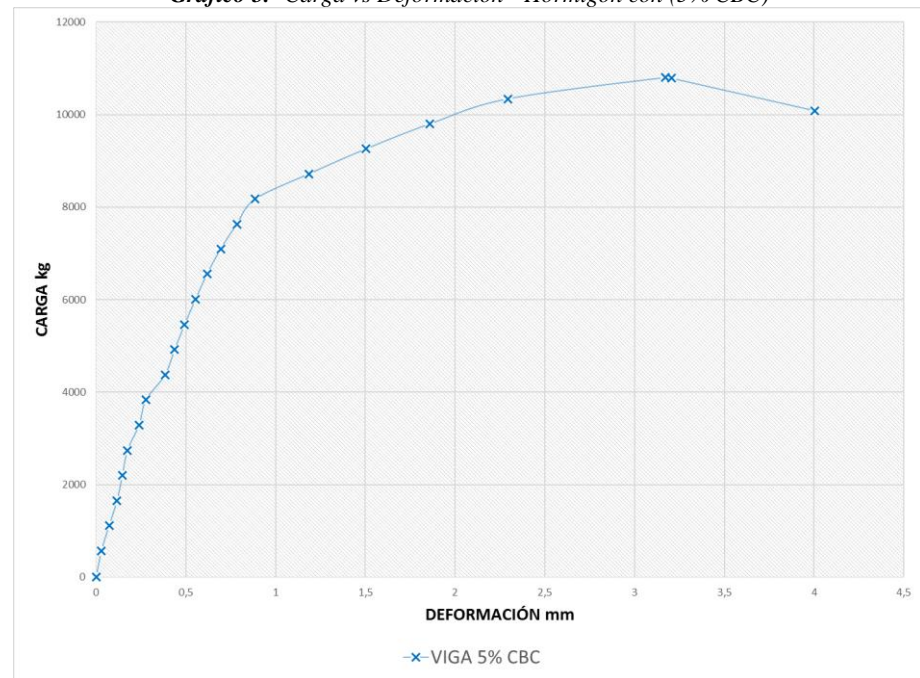
4.1.16. Datos - Viga Promedio - Hormigones con CBC

Tabla 34.- Carga vs Deformación - Hormigón con (5% CBC)

Carga (kg)	Deformación (mm)
0,065	0,000
570,298	0,030
1116,134	0,073
1658,503	0,117
2199,242	0,146
2744,873	0,175
3290,402	0,239
3832,466	0,278
4375,855	0,384
4922,200	0,438
5464,467	0,493
6008,977	0,554
6552,876	0,618
7097,896	0,694
7633,130	0,784
8174,786	0,886
8718,786	1,185
9259,831	1,504
9801,691	1,861
10341,818	2,295
10802,134	3,171
10785,213	3,208
10086,450	4,004

Fuente: Máquina Control's (RTM)

Gráfico 5.- Carga vs Deformación - Hormigón con (5% CBC)



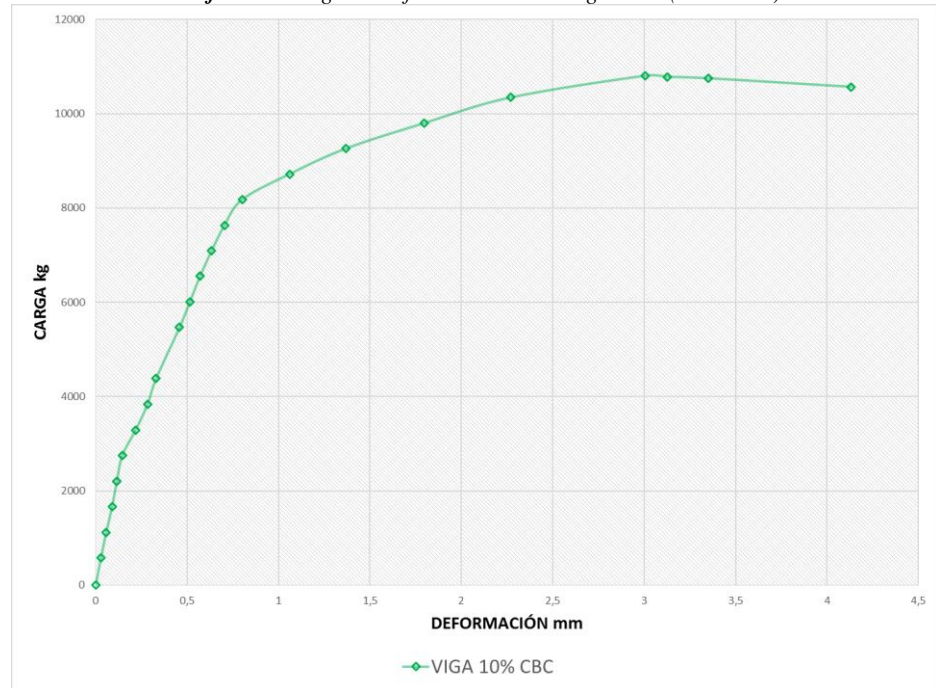
Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Tabla 35.- Carga vs Deformación - Hormigón con (10% CBC)

Carga (kg)	Deformación (mm)
0,065	0,000
575,293	0,029
1119,905	0,058
1662,784	0,090
2205,663	0,116
2749,154	0,145
3294,174	0,219
3836,136	0,283
4380,849	0,331
5466,404	0,459
6007,346	0,515
6557,870	0,571
7098,711	0,635
7633,742	0,705
8178,455	0,801
8719,296	1,060
9260,137	1,369
9799,550	1,797
10342,429	2,270
10803,357	3,004
10780,321	3,127
10749,232	3,353
10568,178	4,132

Fuente: Máquina Control's (RTM)

Gráfico 6.- Carga vs Deformación - Hormigón con (10% CBC)



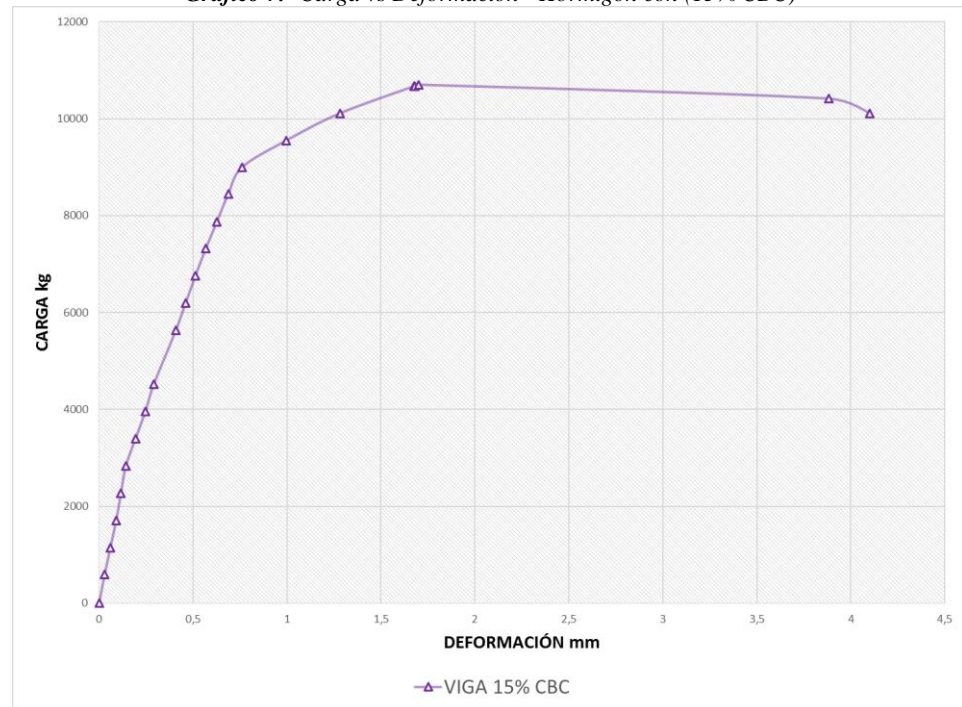
Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Tabla 36.- Carga vs Deformación - Hormigón con (15% CBC)

Carga (kg)	Deformación (mm)
0,052	0,000
590,480	0,030
1150,688	0,060
1708,958	0,091
2272,835	0,117
2832,431	0,143
3392,536	0,194
3953,151	0,247
4514,785	0,291
5633,671	0,409
6197,752	0,461
6757,959	0,513
7321,632	0,568
7873,073	0,627
8440,314	0,687
8995,221	0,762
9546,560	0,996
10106,767	1,282
10668,300	1,678
10671,663	1,680
10696,636	1,700
10409,907	3,884
10105,952	4,101

Fuente: Máquina Control's (RTM)

Gráfico 7.- Carga vs Deformación - Hormigón con (15% CBC)



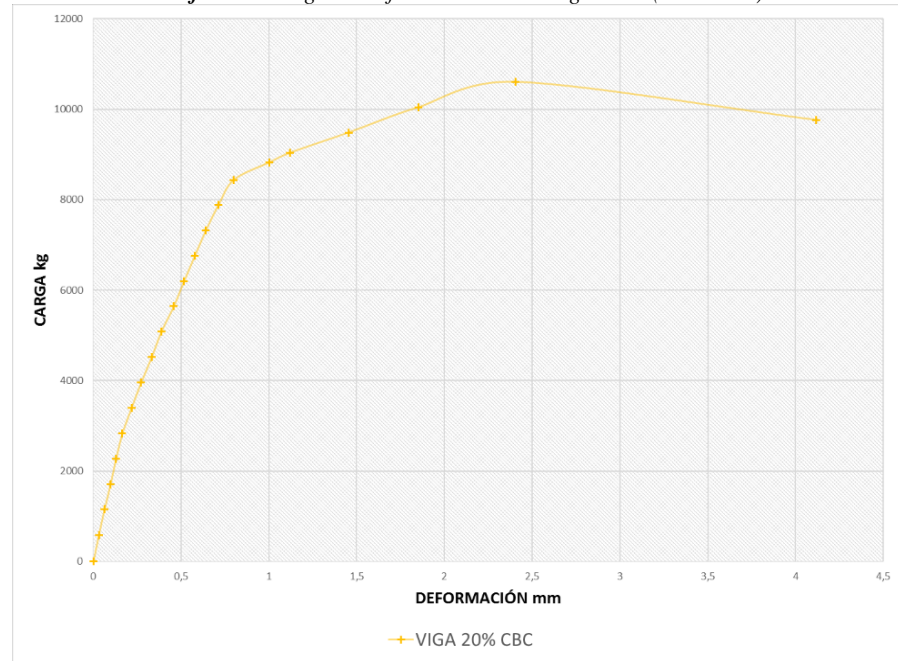
Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Tabla 37.- Carga vs Deformación - Hormigón con (20% CBC)

Carga (kg)	Deformación (mm)
0,075	0,000
588,340	0,031
1151,401	0,063
1712,832	0,098
2272,835	0,129
2833,756	0,165
3394,065	0,217
3955,496	0,272
4518,761	0,332
5079,580	0,387
5640,297	0,458
6199,994	0,517
6761,730	0,578
7317,962	0,640
7879,801	0,712
8436,746	0,800
8821,226	1,002
9034,260	1,120
9484,179	1,455
10041,838	1,852
10601,841	2,404
9759,594	4,118

Fuente: Máquina Control's (RTM)

Gráfico 8.- Carga vs Deformación - Hormigón con (20% CBC)



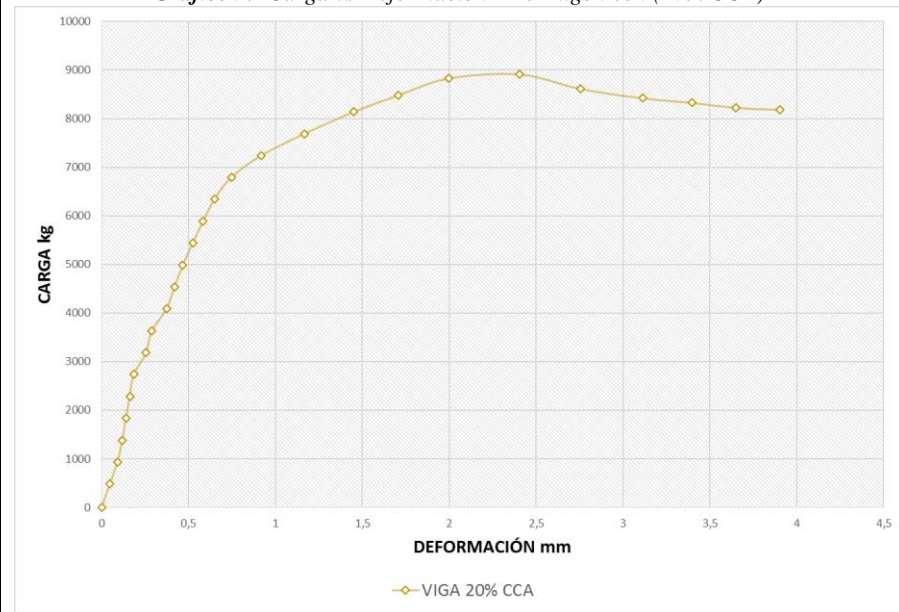
Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Tabla 38.- Carga vs Deformación - Hormigón con (20% CCA)

Carga (kg)	Deformación (mm)
0,060	0,000
480,702	0,046
931,844	0,090
1381,967	0,119
1832,498	0,139
2282,620	0,161
2735,088	0,185
3184,293	0,255
3635,945	0,289
4088,820	0,373
4539,147	0,419
4989,168	0,467
5439,596	0,524
5887,477	0,583
6343,614	0,649
6791,698	0,746
7241,413	0,917
7688,988	1,166
8137,582	1,449
8481,595	1,708
8826,934	1,997
8912,657	2,405
8612,371	2,755
8421,253	3,114
8325,642	3,397
8223,610	3,651
8183,348	3,901

Fuente: Máquina Control's (RTM)

Gráfico 9.- Carga vs Deformación - Hormigón con (20% CCA)





Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.2. Análisis de los resultados

4.2.1. Comparación Viga Normal Promedio vs Vigas Promedio con cenizas de cascarilla de arroz CCA (5%, 10%, 15% y 20%)

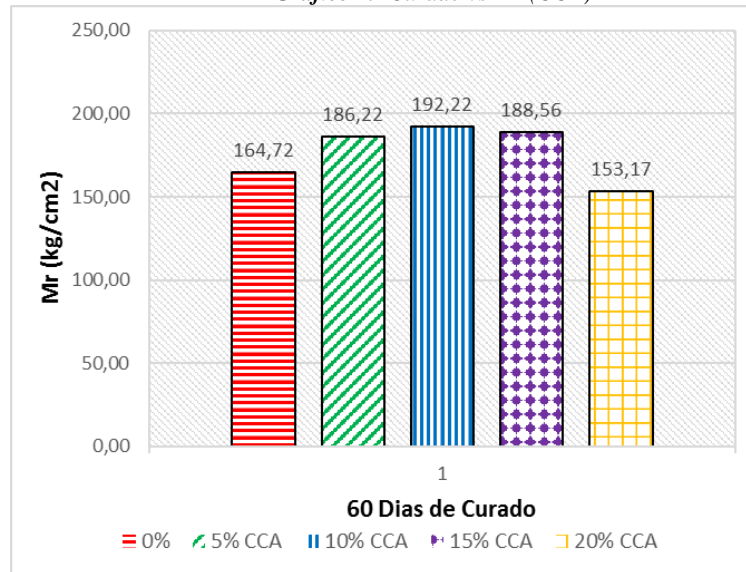
4.2.1.1. MÓDULO DE ROTURA

Tabla 39.- Módulo de rotura (CCA) / 60 días de curado / $f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>				
Nº	IDENTIFICACIÓN VIGAS PROMEDIO	DEFORMACIÓN mm	CARGA MAX. (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN Mr (kg/cm ²)
1	0%	4,103	10107,99	164,72
2	5%	4,158	10475,04	186,22
3	10%	4,295	10812,22	192,22
4	15%	4,020	10606,22	188,56
5	20%	3,901	8912,66	153,17

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Grafico 1.- Curado vs Mr (CCA)



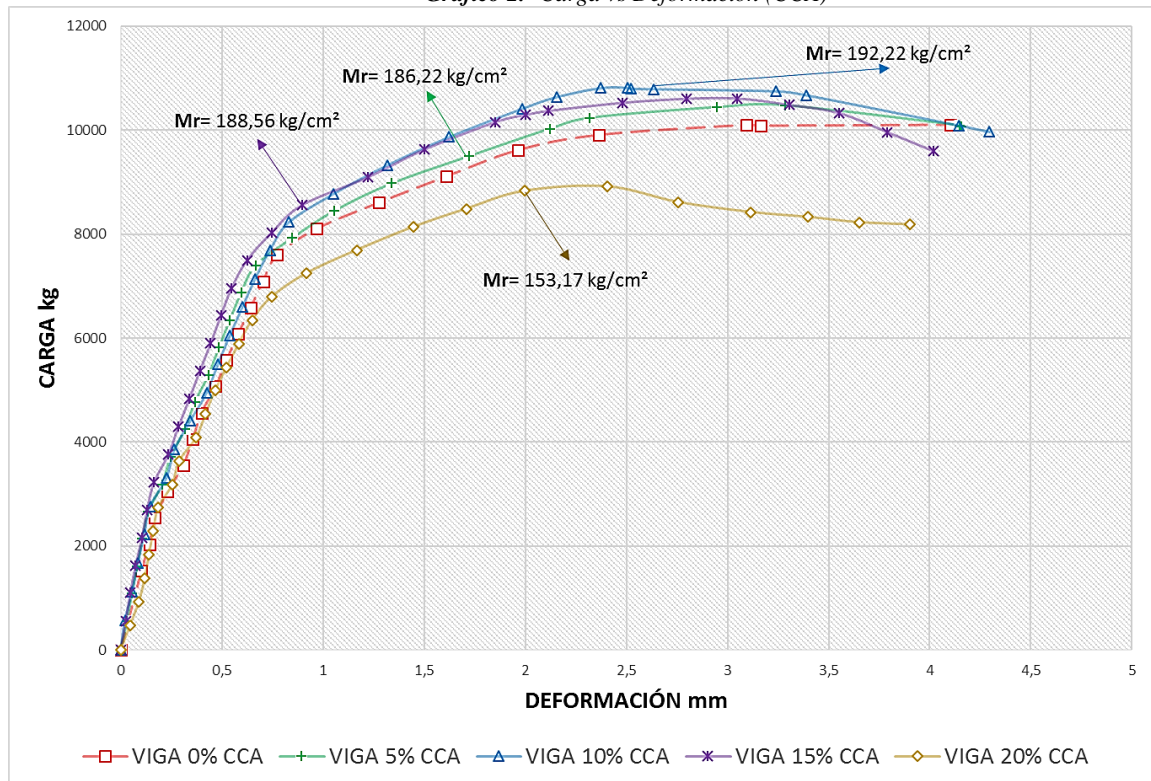
Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Interpretación de Resultados:

La Viga Promedio con el 10% de CCA presenta una mayor resistencia en comparación con los demás porcentajes considerándole, así como la Viga Óptima en la resistencia a flexión en comparación con una Viga Normal con el 0% de CCA.

4.2.1.2.CARGA vs DEFORMACIÓN

Grafico 2.- Carga vs Deformación (CCA)



Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.









Interpretación de Resultados:

La viga promedio con el 10% CCA presenta una Resistencia a la flexión de $192,22 \text{ kg/cm}^2$ con una deformación de 4,295 mm, sobresaliendo ante los demás porcentajes analizados, considerándola así, como la viga óptima en la sustitución con ceniza de cascarilla de arroz (CCA).

Las vigas promedio con el 5% y 15% de CCA presentan una Resistencia a la flexión en un rango aproximado de 188 kg/cm^2 con una deformación de 4,1 mm, mientras que la viga promedio con el 20% de CCA baja su Resistencia a la flexión de $153,17 \text{ kg/cm}^2$ con una deformación promedio de 3,9 mm.

4.2.1.3. Fotografías Fisuras CCA

Grafico 3.- Fisuras (CCA)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>	
VIGA PROMEDIO 0%	
	
VIGA PROMEDIO 5% CCA	
	
VIGA PROMEDIO 10% CCA	
	

VIGA PROMEDIO 15% CCA



VIGA PROMEDIO 20% CCA





Las vigas promedio con el 0%, 5%, 10% y 15% de CCA presentan una fisuración central típico comportamiento a flexión, donde las fisuras se extienden verticalmente hasta llegar a su eje neutro y empieza a inclinarse hacia el centro, mientras que la viga promedio del 20% de CCA presenta el mismo comportamiento la diferencia está en que sus fisuras presentadas tienen mayor espesor.

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.2.2. Comparación Viga Normal Promedio vs Vigas Promedio con cenizas de bagazo de caña de azúcar CBC (5%, 10%, 15%, 20%)

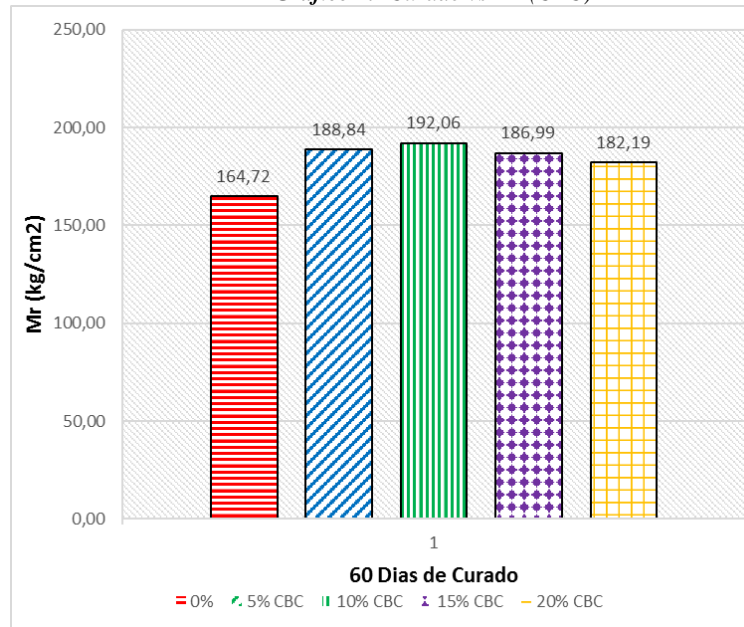
4.2.2.1.MÓDULO DE ROTURA

Tabla 40.- Módulo de rotura (CBC) / 60 días de curado / $f_c = 240 \text{ kg/cm}^2$

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>				
N°	IDENTIFICACIÓN VIGAS PROMEDIO	DEFORMACIÓN mm	CARGA MAX. (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN Mr (kg/cm ²)
1	0%	4,103	10107,99	164,72
2	5%	4,004	10802,13	188,84
3	10%	4,132	10803,36	192,06
4	15%	4,101	10696,64	186,99
5	20%	4,118	10601,84	182,19

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Grafico 4.- Curado vs Mr (CBC)



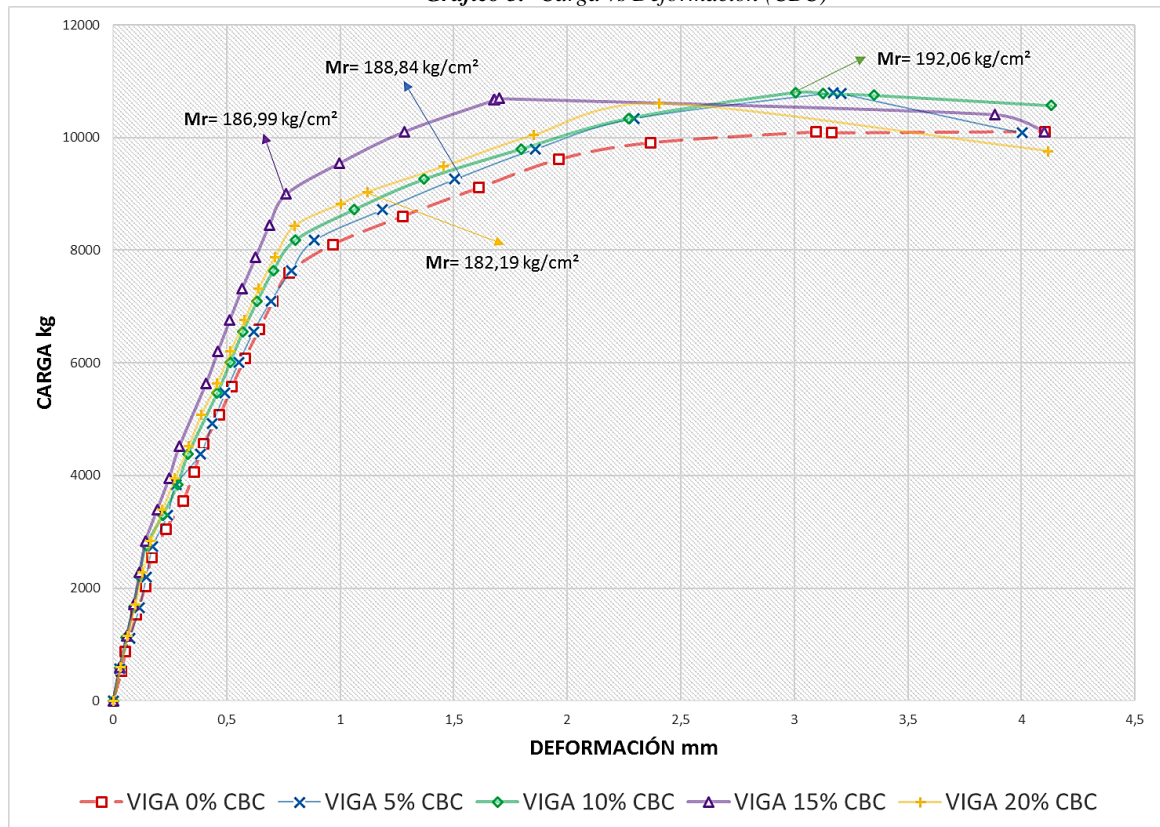
Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Interpretación de Resultados:

La Viga Promedio con el 10% de CBC presenta una mayor resistencia en comparación con los demás porcentajes considerándole, así como la Viga Óptima en la resistencia a flexión en comparación con una Viga Normal con el 0% de CBC.

4.2.2.2.CARGA vs DEFORMACIÓN

Grafico 5.- Carga vs Deformación (CBC)



Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Interpretación del gráfico:









La viga promedio con el 10% CBC presenta una Resistencia a la flexión de 192,06 kg/cm² con una deformación de 4,132 mm, sobresaliendo ante los demás porcentajes analizados, considerándole así, como la viga óptima en la sustitución con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).

Las vigas promedio con el 5%, y 20% de CBC presenta una Resistencia a la flexión en un rango aproximado de 186 kg/cm² con una deformación de 4,1 mm.

La viga promedio con el 15% de CBC tiene una Resistencia a la flexión de 186,99 kg/cm², donde presenta al inicio una mayor carga en una deformación dada, sin embargo, presenta en su comportamiento una tendencia a reducir su resistencia a flexión la cual se evidencia en su curva de Carga vs Deformación.

4.2.2.3. Fotografías Fisuras CBC

Tabla 41.- Fisuras (CBC)

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p><i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i></p>			
<p>VIGA PROMEDIO 0%</p>			
			
<p>VIGA PROMEDIO 5% CBC</p>			
			
<p>VIGA PROMEDIO 10% CBC</p>			
			

VIGA PROMEDIO 15% CBC



VIGA PROMEDIO 20% CBC



Las vigas promedio con el 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de CCA presenta una fisuración central típico comportamiento a flexión, donde las fisuras se extienden verticalmente hasta llegar a su eje neutro y empieza a inclinarse hacia el centro.



Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

4.2.3. Comparación Viga Normal Promedio vs Vigas Promedio Óptimas CCA y CBC

Se considera al análisis de las Vigas Promedio como Viga Óptima a la probeta que tiene el mejor comportamiento ante su Resistencia a Flexión ante su comparación con todos sus porcentajes previamente analizados.

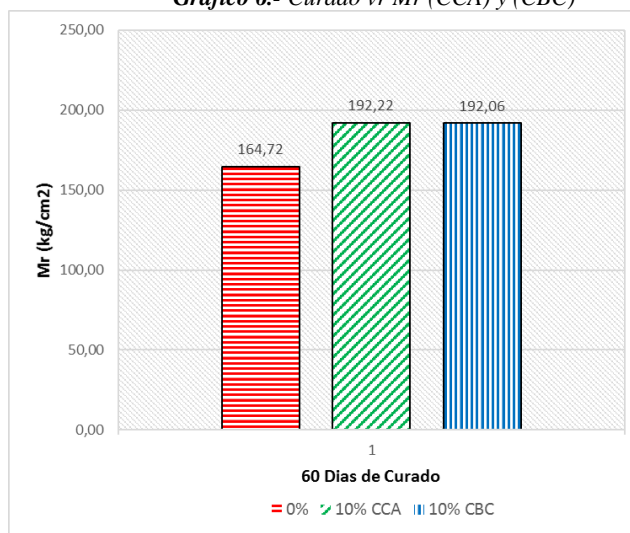
4.2.3.1. MÓDULO DE ROTURA

Tabla 42.- Módulo de rotura (CCA) y (CBC) vigas óptimas / 60 días de curado / $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>				
Nº	IDENTIFICACIÓN VIGAS ÓPTIMAS	DEFORMACIÓN mm	CARGA MAX. (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN Mr (kg/cm ²)
1	0%	4,103	10107,99	164,72
2	10% CCA	4,295	10812,22	192,22
3	10% CBC	4,132	10803,36	192,06

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Grafico 6.- Curado vr Mr (CCA) y (CBC)

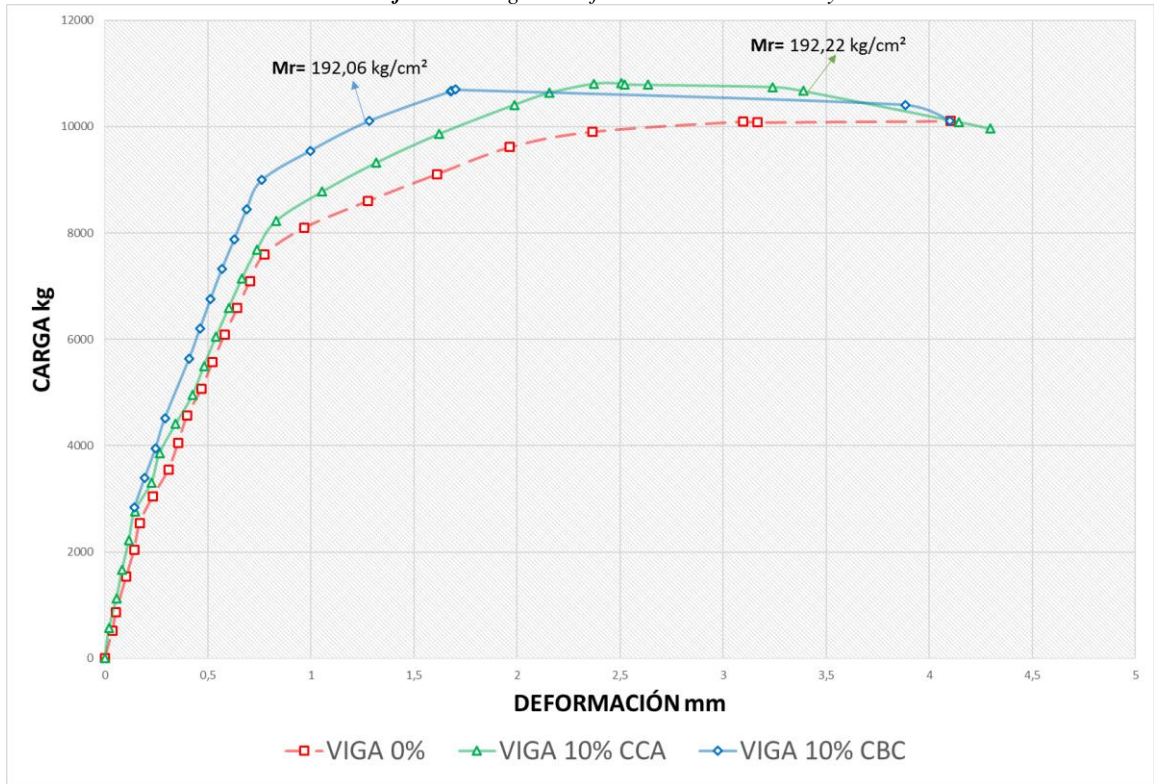


Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

La Viga Óptima con el 10% de CCA presenta una mayor resistencia en comparación con la Viga Óptima con el 10% de CBC considerándole, así como la Viga Óptima en la resistencia a flexión en comparación con una Viga Normal con el 0% de CCA y CBC.

4.2.3.2.CARGA vs DEFORMACIÓN

Grafico 7.- Carga vs Deformación 10% de CCA y CBC



Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.



Interpretación del gráfico:

La viga óptima con el 10% CCA y CBC presenta una Resistencia a la flexión en un rango aproximado de 192 kg/cm² con una deformación del 4,2 mm, considerando así a estos porcentajes como los óptimos para la sustitución parcial con puzolanas artificiales.



4.3. Análisis Económico

Este análisis consiste en comparar un Hormigón Tradicional con Hormigones añadidos Puzolanas Artificiales (10% CCA y 10% CBC) para saber que ahorro se podría obtener en una construcción si se realiza una sustitución con dicho material.



4.3.1. Rubro Hormigón Tradicional

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL					
CÓDIGO RUBRO:							
RUBRO:		Hormigón f'c=240 Kg/cm2					
ELABORADO POR:		Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina		UNIDAD:		m3	
EQUIPOS							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=AxB	R	D=CxR		
Herramienta menor	1,00	0,36	0,36	1,10	0,40		
Baldes Plásticos	2,00	0,01	0,02	1,10	0,02		
Carretilla	4,00	0,12	0,48	1,10	0,53		
Pala Cuadrada	8,00	0,04	0,32	1,10	0,35		
Parihuelas Metálicas (0,30x0,30x0,30)	4,00	0,01	0,04	1,10	0,04		
Concretera a diésel	1,00	2,42	2,42	1,10	2,66		
SUBTOTAL M					4,00		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL / HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
	A	B	C=AxB	R	D=CxR		
Peón-Estruc.Ocup. E2	4,00	3,26	13,04	1,10	14,34		
Albañil-Estruc.Ocup. D2	1,00	3,30	3,30	1,10	3,63		
Maestro Mayor de Obras Civiles-Estruc.Ocup. C1	1,00	3,66	3,66	1,10	4,03		
SUBTOTAL N					22,00		
MATERIALES							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO			
		A	B	C= AxB			
Cemento Portland	Saco	8,00	7,80	62,40			
Ripio Triturado	m3	0,95	15,38	14,61			
Arena	m3	0,65	10,25	6,66			
Agua	m3	0,22	0,85	0,19			
SUBTOTAL O					83,86		
TRANSPORTE							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
			A	B	C=AxB		
SUBTOTAL P							
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					109,86		
COSTOS INDIRECTOS					0,00		
COSTO TOTAL DE RUBRO					109,86		
IVA 12%					13,18		
VALOR OFERTADO					123,05		

4.3.2. Rubro Hormigón con cenizas de cascarilla de arroz CCA



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
CÓDIGO RUBRO:					
RUBRO: Hormigón f'c=240 Kg/cm2					
ELABORADO POR: Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina				UNIDAD: m3	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Herramienta menor	1,00	0,36	0,36	1,10	0,40
Baldes Plásticos	2,00	0,01	0,02	1,10	0,02
Carretilla	4,00	0,12	0,48	1,10	0,53
Pala Cuadrada	8,00	0,04	0,32	1,10	0,35
Parihuelas Metálicas (0,30x0,30x0,30)	4,00	0,01	0,04	1,10	0,04
Concretera a diésel	1,00	2,42	2,42	1,10	2,66
SUBTOTAL M					4,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL / HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=AxB	R	D=CxR
Peón-Estruc.Ocup. E2	4,00	3,26	13,04	1,10	14,34
Albañil-Estruc.Ocup. D2	1,00	3,30	3,30	1,10	3,63
Maestro Mayor de Obras Civiles-Estruc.Ocup. C1	1,00	3,66	3,66	1,10	4,03
SUBTOTAL N					22,00
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C= AxB	
Cemento Portland 90%	Saco	7,20	7,80	56,16	
Ripio Triturado	m3	0,95	15,38	14,61	
Arena	m3	0,65	10,25	6,66	
Agua	m3	0,22	0,85	0,19	
Ceniza de Cascarilla de Arroz 10%	m3	1,20	0,75	0,90	
SUBTOTAL O					78,52
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C=AxB
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					104,52
COSTOS INDIRECTOS					0,00
COSTO TOTAL DE RUBRO					104,52
IVA 12%					12,54
VALOR OFERTADO					117,07

4.3.3. Rubro Hormigón con cenizas de cascarilla de arroz CBC

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
CÓDIGO RUBRO:						
RUBRO:		Hormigón f _c =240 Kg/cm ²				
ELABORADO POR: Egdo. Carlos Eduardo Haro Molina						UNIDAD: m ³
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=AxB	R	D=CxR	
Herramienta menor	1,00	0,36	0,36	1,10	0,40	
Baldes Plásticos	2,00	0,01	0,02	1,10	0,02	
Carretilla	4,00	0,12	0,48	1,10	0,53	
Pala Cuadrada	8,00	0,04	0,32	1,10	0,35	
Parihuelas Metálicas (0,30x0,30x0,30)	4,00	0,01	0,04	1,10	0,04	
Concretera a diésel	1,00	2,42	2,42	1,10	2,66	
SUBTOTAL M					4,00	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL / HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=AxB	R	D=CxR	
Peón-Estruc.Ocup. E2	4,00	3,26	13,04	1,10	14,34	
Albañil-Estruc.Ocup. D2	1,00	3,30	3,30	1,10	3,63	
Maestro Mayor de Obras Civiles-Estruc.Ocup. C1	1,00	3,66	3,66	1,10	4,03	
SUBTOTAL N					22,00	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
		A	B	C= AxB		
Cemento Portland 90%	Saco	7,20	7,80	56,16		
Ripio Triturado	m ³	0,95	15,38	14,61		
Arena	m ³	0,65	10,25	6,66		
Agua	m ³	0,22	0,85	0,19		
Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar 10%	m ³	1,20	0,90	1,08		
SUBTOTAL O					78,70	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
			A	B	C=AxB	
SUBTOTAL P						
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					104,70	
COSTOS INDIRECTOS					0,00	
COSTO TOTAL DE RUBRO					104,70	
IVA 12%					12,56	
VALOR OFERTADO					117,27	

4.3.4. Cuadro comparativo de Hormigón Tradicional vs Hormigón con CCA y CBC para 1m³

Tabla 43.- Análisis Costo-Beneficio

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>		
	COSTO	% DE AHORRO
HORMIGÓN TRADICIONAL	\$ 123,86	0,00
HORMIGÓN 10% CCA	\$ 117,07	5,48
HORMIGÓN 10% CBC	\$ 117,27	5,32



Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Se considera un análisis para 1m³ con el 12% de IVA y se evidencia que hay un ahorro del 5% en su costo final. Cabe resaltar que el presupuesto se realizó en base a los porcentajes óptimos de las cenizas, en este caso representa los valores de sustitución parcial del cemento de 10% de CCA y la sustitución parcial del cemento de 10% de CBC para el cálculo del precio unitario.

4.4.Verificación de hipótesis

De acuerdo a la hipótesis planteada previamente en la investigación “La Adición de cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y de cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC) incide en la Resistencia a Flexión de Hormigones Armados”, así, se pudo determinar que los porcentajes óptimos de sustitución parcial fueron los del 10% CCA y 10% CBC, dando como resultados:

Tabla 44.- Porcentaje de Diferencia (% dispersión)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
<i>Análisis comparativo de la resistencia a flexión entre el Hormigón Tradicional y Hormigón adicionado cenizas de cascarilla de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).</i>		
IDENTIFICACIÓN	RESISTENCIA ENSAYADA Mr	% INCREMENTO DE Mr
0% CCA y CBC	164,72	0,000
10% CCA	192,22	15,406
10% CBC	192,06	15,324

Elaborado por: Egdo. Carlos E. Haro M.

Tenemos como resultado que con el 10% de CCA y CBC incrementa la resistencia a flexión en un 15% con relación a una Viga Normal Óptima.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En esta investigación, se determinó que la sustitución parcial del cemento con el 10% de cenizas de cascarilla de arroz (CCA) es la ideal, ya que el valor de resistencia a flexión fue de $192,22 \text{ kg/cm}^2$ a los 60 días de curado, mejorando así en un 15,41% en comparación de una viga normal con el 0% de puzolanas.
- Al sustituir parcialmente el cemento con el 10% CBC presenta una resistencia a la flexión de $192,06 \text{ kg/cm}^2$ a los 60 días de edad, mejorando así la resistencia a flexión en un 15,32% en comparación con una viga normal con el 0% de puzolanas.
- Las dos primeras conclusiones fortalecen la afirmación de que el Gel C-S-H proporcionó más resistencia y llenó los poros en la mezcla generando un hormigón y morteros más densos.
- En conclusión, la sustitución parcial del cemento con el 10% de CCA y CBC se puede considerar como las ideales para mejorar la resistencia a flexión ya que las dos proporcionan un 15% más de resistencia a una normal de una viga con el 0% de puzolanas.
- La sustitución parcial del cemento con el 20% de CCA presenta una resistencia a la flexión de $153,17 \text{ kg/cm}^2$ a los 60 días de edad, disminuyendo así en un 7,27% en comparación con una viga normal con el 0% de Puzolanas. Por esto se establece al 15% como valor referencial máximo de adición de puzolana en el hormigón, ya que al sustituir más de este porcentaje tiende a bajar su resistencia a flexión.

- Al reemplazar con el 20% de CBC presenta una resistencia a la flexión de 182,19 kg/cm² a los 60 días de edad, mejorando así en un 10,07% en comparación con una viga normal con el 0% de Puzolanas. Por esto se establece que sustituir el 20% en puzolanas de CBC puede considerarse como material de sustitución del cemento, pero como indica la Tabla 32 de Módulo de rotura de CBC su tendencia de resistencia empieza a bajar, al igual que la Grafica 8 de Carga vs Deformación del CBC, su comportamiento baja y no se puede reemplazar más de un 20% de CBC.
- Se observó que cada una de las probetas ensayadas a flexión (vigas armadas), presentaron una falla central (falla flexión) en la cuales se evidenció una tendencia similar en sus fisuras, donde las fisuras se extienden verticalmente hasta llegar a su eje neutro y empieza a inclinarse hacia el centro, concluyendo así que las vigas tienen un comportamiento propio a flexión.
- En su relación costo - beneficio de un hormigón armado tradicional con el 0% de puzolanas vs un hormigón armado adicionado puzolanas con el 10% CCA y 10% CBC presentó una disminución en un 5% en su costo, presentando un ahorro en el momento de construir con este tipo de material.
- En los hormigones propuestos no se utilizó ningún tipo de aditivo por lo que resulta viable la adición parcial de este material como sustituto del cemento.

5.2.Recomendaciones

- Verificar que los agregados a utilizar, no posean desechos orgánicos, ya que puede afectar en el momento de la dosificación y perjudicar su resistencia.
- Para producir la materia prima de las cenizas controlar su temperatura (400°C - 800°C), para obtener óptimas puzolanas para un mejor rendimiento en la investigación.
- Tener en cuenta que, al ser cenizas o también llamadas puzolanas, una corrección por humedad es primordial, ya que su capacidad de absorción como material es alto y afecta en su dosificación.
- En el momento de la fabricación de las probetas, controlar la disposición de la armadura respetando su recubrimiento.
- Las puzolanas al no tener una norma que especifique sus ensayos para obtener datos de contenido de humedad se recomienda realizar los ensayos con la norma de ensayo del cemento.
- En el momento de análisis de las vigas se recomienda manejar unidades de medida conocidas por el investigador para mayor facilidad en su interpretación y manejo de datos.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. Cadena, «Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas de Concretos Puzolánicos para Incrementar su Resistencia ante Ataques de Sulfatos». Universidad Autónoma de Querétaro 25 Septiembre 2014.
- [2] H. A. J. L. Luis Allauca, «Uso de Sílice en Hormigones de Alto Desempeño». Escuela Superior Politécnica del Litoral 2009.
- [3] A. Mafla, «Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en las construcción». Facultad de Ingeniería Uniminuto 2009.
- [4] S. N. d. P. y. Desarrollo, Plan Nacional del Buen Vivir, Quito, Ecuador: El Telégrafo, 2013.
- [5] W. B. Ruiz, «Educándonos en el Ámbito Económico,» 2012. [En línea]. Available: <http://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/10/la-produccion-de-arroz-en-el-ecuador.html>.
- [6] Y. C. Cecilia Madrid, «Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos,» 2010. [En línea]. Available: <http://sve.net.ve/venesuelos.org.ve/index.php/venesuelos/article/view/53/53>. [Último acceso: 16 Diciembre 2015].
- [7] G. Luna, Estudio del Hormigón, Quito: Edicumbre, 2014.
- [8] U. C. d. Ecuador, ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE HORMIGÓN CONVENCIONAL Y HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD PARA EMPLEARLO EN ESTRUCTURAS, Quito, 2015.
- [9] S. Medina, HORMIGÓN, AMABATO, 2012.
- [10] A. C618-08a, Compositor, *Historical Standard: Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Puzolana Natural en Crudo o Calcinada para Uso en Concreto*. [Grabación de sonido]. ASTM INTERNATIONAL.

- [11] A. Salazar, «¿QUE ES UNA PUZOLANA?,» *Materiales de Construcción*, nº 190-191 (1983), 2011. [En línea]. Available: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/974/1027>.
- [12] *NTE INEN 0496 Puzolanas Determinación Del Índice De Actividad Puzolanica. Método Del Cemento.*
- [13] U. N. E. P. D. L. F. ARMADA, «ESTRUCTURAS DE CONCRETO,» REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, 2010.
- [14] *NTE INEN 2554 Determinación De La Resistencia A La Flexión Del Hormigón. (Utilizando Una Viga Simple Con Carga En Los Tercios).*
- [15] C. A. UNIVERSITARIO, «ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA EXTERNA DEL INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN,» DICOMPU, 2009.
- [16] G. Cadena Espinosa, Enero 2015. [En línea]. Available: <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/2398>.

ANEXOS

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS



Fotografía 1.- Materia Prima (Agregados)



Fotografía 2.- Tamiz Agregado Fino



Fotografía 3.- Tamiz Agregado Grueso



Fotografía 4.- Ensayo Densidad Aparente (mezcla)



Fotografía 5.- Ensayo Densidad Aparente (peso)



Fotografía 6.- Ensayo Capacidad de Absorción



Fotografía 7.- Ensayo Densidad Real



Fotografía 8.- Ensayo Densidad Estado SSS



Fotografía 9.- Ensayo Densidad Real del Cemento

DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO Y CORRECCIÓN DE LA DOSIFICACIÓN



Fotografía 10.- Ensayo Cono de Abrams



Fotografía 11.- Mezcla de Agregados



Fotografía 12.- Preparación de Probetas de Hormigón



Fotografía 13.- Cilindros de Dosificación

PROCESO DE LA CASCARILLA DEL ARROZ (CCA).



Fotografía 14.- Materia Prima CCA



Fotografía 15.- Proceso de Quemado CCA

PROCESO DE LA BAGAZO DE LA CAÑA DE AZUCAR (CBC).



Fotografía 16.- Materia Prima CBC



Fotografía 17.- Proceso de Quemado CBC

PROCESO DE CCA Y CBC EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES



Fotografía 18.- Máquina de los Ángeles



Fotografía 19.- Puzolanas CCA



Fotografía 20.- Puzolanas CBC

ENSAYOS DE CCA Y CBC PARA DETERMINAR LA CORRECIÓN POR HUMEDAD



Fotografía 21.- CCA y CBC SSS



Fotografía 22.- Ensayo Densidad Estado SSS de CCA y CBC



Fotografía 23.- Muestras CCA y CBC



Fotografía 24.- Ensayo Densidad Real de CCA y CBC

ENSAYOS PREVIOS DE CILINDROS DE CCA Y CBC



Fotografía 25.- Cilindros $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$



Fotografía 26.- Curado de Cilindros



Fotografía 27.- Ensayo Cilindros 7, 14 y 28 días de edad de curado

PROCESO DE ELABORACIÓN DE PROBETAS (VIGAS ARMADAS)



Fotografía 28.- Encofrados Metálicos y Armaduras



Fotografía 29.- Mezcla en la Concretera



Fotografía 30.- Elaboración Probetas



Fotografía 31.- Vigas Armadas



Fotografía 32.- Desencofrado



Fotografía 33.- Probeta Tipo (viga armada)



Fotografía 34.- Sistema de Curada para las Vigas

**PROCESO DE ENSAYO PARA LAS PROBETAS DE CCA Y CBC
MÁQUINA CONTROL´S
60 DÍAS DE CURADO**



Fotografía 35.- Colocación de Instrumentos para el Ensayo



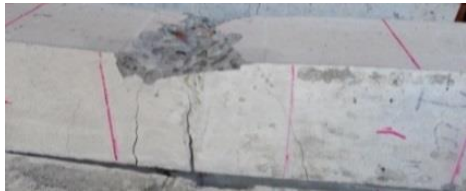
Fotografía 36.- Colocación de la Probeta en la Máquina



Fotografía 37.- Calibración Deformímetros



Fotografía 38.- Fisuras en el ensayo



Fotografía 39.- Deformación Permanente en Vigas



Fotografía 40.- Probetas Ensayadas