



unitec[®]
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES[®]

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**Comportamiento Mecánico Del Concreto Hidráulico Mezclado Con Ceniza De
Bagazo De Caña**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

FUAD NICOLAS HAWIT FERNANDEZ 21211258

HOLMAN ONIEL GUEVARA AYALA 21211389

CAMPUS SAN PEDRO SULA

Febrero 2018

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

PRESIDENTE EJECUTIVO

ROSALPINA RODRIGUEZ GUEVARA

VICERRECTORA DE OPERACIONES

ROSALPINA RODRIGUEZ GUEVARA

VICERRECTOR ACADÉMICO

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA CAMPUS SAN PEDRO SULA

CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA

COORDINADOR CARRERA INGENIERIA CIVIL

HÉCTOR WILFREDO PADILLA

TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS

EXIGIDOS PARA OPTAR AL TITULO

INGENIERO CIVIL

ASESOR METODOLÓGICO

MARIO HUMBERTO CARDENAS MURILLO

ASESOR TEMÁTICO

MICHAEL JOB PINEDA CANALES

MIEMBROS DE LA TERNA

DERECHOS DE AUTOR

© COPYRIGHT

FUAD NICOLAS HAWIT FERNANDEZ

HOLMAN ONIEL GUEVARA AYALA

Todos los derechos reservados

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)

San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Nosotros, Fuad Nicolas Hawit Fernández y Holman Oniel Guevara Ayala, de San Pedro Sula autores del trabajo de grado titulado: Comportamiento Mecánico Del Concreto Hidráulico Mezclado Con Ceniza De Bagazo De Caña, presentado y aprobado en el año 2017, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero Civil, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la sala de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los días del mes septiembre del dos mil diecisiete

Fuad Nicolas Hawit

21211258

Holman Oniel Guevara

21211389

HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y arquitectura y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

Ing. Mario Cárdenas
Asesor Metodológico

Ing. Michael Job
Asesor Temático

Ing. Coordinador de Terna

Ing. Miembro de Terna

Ing. Miembro de Terna

Ing. Héctor Padilla
Jefe Académico de la facultad
de Ingeniería Civil y Arquitectura | UNITEC

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, porque sin El nada de esto hubiese sido posible, por darme las fuerzas de seguir adelante y brindarme la sabiduría para poder superar con éxito esta primera etapa de mi vida profesional. A mis padres, Fuad Hawit y Martha Fernández por todo el apoyo brindado y por siempre confiar en mí. A mis hermanos, por apoyarme en todo el transcurso de mi carrera universitaria. A todos mis catedráticos por su apoyo, tiempo y conocimiento brindado en cada momento. A todas y cada una de las personas que de una u otra manera han estado en los momentos importantes y han logrado causar un impacto positivo en mi vida.

Fuad Nicolas Hawit

Agradezco a Dios en primer lugar por darme la vida y sabiduría necesaria para alcanzar esta meta de estudio en mi vida, por darme una familia maravillosa. A mis padres; Dolores Guevara y Odily Ayala por brindarme su apoyo incondicional en todo momento de mi vida y siempre apoyarme para poder obtener este título universitario, a mis hermanos que también pusieron su granito de arena para poder llegar hasta aquí. A mi esposa e hijo; Skarleth Contreras y Haniel Guevara que vinieron a ser un impulso más en mi vida para anhelar obtener mi título de Ingeniería Civil, por estar en cada uno de los momentos difíciles y de alegrías y motivarme a seguir siempre adelante. A cada uno de los catedráticos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura que me impartieron clases, por compartirnos cada uno de sus conocimientos y por el tiempo que se tomaron para aconsejarnos sobre lo que debemos hacer en nuestra vida profesional. A todos mis amigos y compañeros que estuvieron en cada momento que se les necesitaba en el transcurso de la carrera.

Holman Guevara

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo de tesis, nos gustaría primeramente agradecer a Dios por bendecirnos y darnos salud para poder lograr nuestros objetivos y alcanzar una nueva etapa de nuestras vidas.

Agradecemos de una manera muy especial al Ingeniero Mario Cárdenas quien ha sido nuestro asesor metodológico de esta investigación y que, gracias a él, hemos podido culminar con éxitos esta tesis de pregrado.

Deseamos darle un sincero agradecimiento al Ingeniero Michael Job, por aceptar ser nuestro asesor temático y brindarnos su importante apoyo en el desarrollo de este trabajo investigativo.

De igual forma, agradecemos profundamente a todas aquellas empresas que nos recibieron con puertas abiertas y que fueron de una gran ayuda para culminar con esta investigación. Agradecemos a la empresa William & Molina Constructores por el patrocinio de algunos materiales necesarios para la investigación. Así mismo nos gustaría agradecer a la empresa CENOSA quien siempre ha estado presente y apoyando incondicionalmente a estos trabajos investigativos.

Gracias a todos nuestros compañeros y amigos que nos brindaron su apoyo y tiempo para terminar con éxitos esta tesis investigativa, gracias por estar siempre con nosotros en todo momento y apoyarnos más cuando las cosas se ponían difíciles.

Mostramos un fuerte agradecimiento a todas y cada una de las personas que de una u otra manera estuvieron siempre pendientes y mostrando su apoyo e interés en esta investigación, sin ellos nada de esto hubiese sido posible.

RESUMEN EJECUTIVO

El concreto hidráulico es uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo, y el cemento Portland es su componente principal para elaborarlo, pero durante su producción hay un alto consumo energético y grandes volúmenes de emisiones de gases efecto invernadero como es el caso de dióxido de carbono.

La arquitectura sustentable es una de las alternativas que varios países han emprendido para disminuir el uso de recursos naturales y aprovechar los residuos producidos por el ser humano; muestra de ello es la utilización de algunos materiales de construcción menos dañinos para el medio ambiente.

Decenas de científicos y empresarios han desarrollado materiales ecológicos aprovechando desechos como botellas de plástico, vidrio, cartón reciclado y hasta fibras obtenidas de la mezclilla.

También se han creado opciones a partir del aprovechamiento de residuos agrícolas, de los desechos producidos por las industrias minera y azucarera, así como elementos totalmente naturales como el cáñamo y la leche.

Científicos mexicanos de Veracruz, Hidalgo, Chihuahua y Nuevo León, sustituyeron el cemento Portland por cenizas de bagazo de caña de azúcar para hacer más fuerte al concreto. El concreto que contenía desechos de caña resultó ser más resistente a la corrosión.

Honduras produce más de cinco millones de toneladas anuales de caña de azúcar, destinando más de 80 mil manzanas de las cuales el 60 por ciento pertenece a la industria y el 40 por ciento restante a productores independientes.

Se plantea la utilización de cenizas de bagazo de caña en el concreto hidráulico, con el objetivo de determinar cuál es el comportamiento del concreto hidráulico a medida se le adiciona la cantidad de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de ceniza de bagazo de caña con respecto al cemento portland.

Los objetivos específicos son el de determinar el comportamiento del concreto con ceniza de bagazo de caña al ser sometido a compresión y flexión.

Se busca comprobar la hipótesis de investigación planteada mediante el método cuantitativo, por medio de un estudio experimental realizado durante 3 meses. Así logrando recabar la información necesaria durante este periodo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
2.4. OBJETIVOS.....	5
2.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2.5 JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	7
3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	7
3.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO.....	7
3.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO.....	14
3.2. TEORÍAS DE SUSTENTO	17
3.2.1 NORMA ASTM C 172 TOMA DE MUESTRAS DE CONCRETO	17
3.2.2 NORMA ASTM C 39 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGO CILÍNDRICOS.....	17
3.2.3 NORMA ASTM C 78 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ	18
3.2.4 NORMA ASTM C 136 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS.....	18
3.2.5 NORMA ASTM C 128 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS.....	19
3.3. MARCO CONCEPTUAL.....	21
3.4. MARCO LEGAL.....	24
3.5.1 LEY GENERAL DEL AMBIENTE.....	24
3.5.2 LEY Y REGLAMENTO DE MUNICIPALIDADES	27
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA / PROCESO.....	30
4.1. HIPÓTESIS.....	30
4.1.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN (H1).....	30

4.1.2 HIPÓTESIS NULA (H0)	30
4.2. OPERACIONALIZACIÓN	31
4.2.1 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN	32
4.3. ENFOQUE Y MÉTODOS	33
4.3.1 TIPO DE DISEÑO	33
4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	36
4.4.1 POBLACIÓN	36
4.4.2 MUESTRA	37
4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	37
4.5.1 TÉCNICAS APLICADAS	37
4.5.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS	45
4.6. UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA	47
4.6.1 UNIDAD DE ANÁLISIS	47
4.6.2 UNIDAD DE RESPUESTA	48
4.7. MATERIALES	48
4.8. FUENTES DE INFORMACIÓN	49
4.8.1 FUENTES PRIMARIAS	49
4.8.2 FUENTES SECUNDARIAS	49
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	50
5.1. GRANULOMETRÍA	50
5.1.1 ANÁLISIS AL AGREGADO GRUESO	50
5.1.2 ANÁLISIS AL AGREGADO FINO	52
5.2. PESO VOLUMÉTRICO	55
5.2.1 PESO VOLUMÉTRICO DE GRAVA	55
5.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA	56
5.3.1 GRAVEDAD ESPECÍFICA PARA GRAVA	56
5.3.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA PARA ARENA	57
5.4. DISEÑO DE MEZCLA	58
5.3.3 RESULTADOS DE PRUEBA A COMPRESIÓN A 7 DÍAS	61
5.3.4 RESULTADOS DE PRUEBA A COMPRESIÓN A 14 DÍAS	64

5.3.5 RESULTADOS DE PRUEBA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS	67
5.3.6 RESULTADOS DE PRUEBA A FLEXIÓN A 28 DÍAS	70
5.3.7 PRESUPUESTOS.....	74
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....	76
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES.....	77
CAPÍTULO VIII. BIBLIOGRAFÍAS	78
CAPÍTULO IX. ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TIPOS DE CEMENTOS PORTLAND.....	8
TABLA 2. COMPONENTES DEL CEMENTO PORTLAND.....	8
TABLA 3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	31
TABLA 4. POBLACIÓN	36
TABLA 5 . GRANULOMETRÍA DE GRAVA.....	50
TABLA 6. GRANULOMETRÍA DE ARENA.....	52
TABLA 7. TIPO DE ARENA SEGÚN MÓDULO DE FINURA.....	55
TABLA 8. CALIBRACIÓN DE RECIPIENTE	55
TABLA 9. GRAVEDAD ESPECIFICA DE GRAVA.....	56
TABLA 10. GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA ARENA	57
TABLA 11. PORCENTAJE Y PESOS DE CENIZA UTILIZADA.....	61
TABLA 12. PRUEBA A COMPRESIÓN LOS 7 DÍAS MEZCLA CONTROL.....	61
TABLA 13. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS CON 2 % DE CBC.....	62
TABLA 14. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS CON 4% CBC	62
TABLA 15. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS CON 6% CBC	62
TABLA 16. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS CON 8% CBC	63
TABLA 17. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS CON 10% CBC.....	63
TABLA 18. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS MEZCLA CONTROL.....	64
TABLA 19. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS CON 2% CBC	65
TABLA 20. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS CON 4% CBC.....	65
TABLA 21. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS CON 6% CBC	65
TABLA 22. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS CON 8% CBC	66
TABLA 23. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS CON 10% CBC.....	66
TABLA 24. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS MEZCLA CONTROL.....	67
TABLA 25. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CON 2% CBC	68
TABLA 26. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CON 4% CBC.....	68
TABLA 27. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CON 6% CBC	68

TABLA 28. PRUEBA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CON 8% CBC.....	69
TABLA 29. PRUEBA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS CON 10% DE CBC.....	69
TABLA 30. PRUEBA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE MEZCLA CONTROL	71
TABLA 31. PRUEBA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS CON 2% DE CBC.....	71
TABLA 32. PRUEBA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS CON 4% DE CBC.....	71
TABLA 33. PRUEBA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS CON 6% DE CBC	72
TABLA 34. PRUEBA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS CON 8% DE CBC	72
TABLA 35. PRUEBA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS CON 10% DE CBC.....	73
TABLA 36. MÓDULO DE RUPTURA SEGÚN TIPO DE PAVIMENTO	74
TABLA 37. TABLA COMPARATIVA DE COSTOS	75
TABLA 38. FICHA DE COSTO PARA UN M3 DE CONCRETO.....	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR.....	10
ILUSTRACIÓN 2. ACTIVIDAD PUZOLÁNICA DE LAS CBC PARA 7 Y 28 DÍAS.	12
ILUSTRACIÓN 3. ESTADÍSTICA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR.....	15
ILUSTRACIÓN 4. DISTRIBUCIÓN DE EXPORTACIONES.....	16
ILUSTRACIÓN 5. DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN	32
ILUSTRACIÓN 6. TIPO DE DISEÑO.....	33
ILUSTRACIÓN 7. GRÁFICO COMPARATIVO DE COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS.....	64
ILUSTRACIÓN 8. GRÁFICO COMPARATIVO DE COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS	67
ILUSTRACIÓN 9. GRÁFICO COMPARATIVO DE COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS	70
ILUSTRACIÓN 10. GRÁFICO COMPARATIVO DE MÓDULOS DE RUPTURA	73
ILUSTRACIÓN 11. ELABORACIÓN DE PROBETAS.....	88
ILUSTRACIÓN 12. ALMACENAMIENTO DE VIGAS Y CILINDROS	89
ILUSTRACIÓN 13. RESULTADOS DE CILINDRO CON 4% DE CBC	90
ILUSTRACIÓN 14. CILINDRO SOMETIDO EN MAQUINA UNIVERSAL DE COMPRESIÓN.....	91

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. MÓDULO DE FINURA	38
ECUACIÓN 2. PORCENTAJE DE VACÍOS.....	39
ECUACIÓN 3. PESO ESPECÍFICO BULK.....	40
ECUACIÓN 4. PESO ESPECÍFICO BULK SATURADO CON SUPERFICIE SECA.....	41
ECUACIÓN 5. PESO ESPECÍFICO APARENTE	41
ECUACIÓN 6. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	41
ECUACIÓN 7. PESO ESPECÍFICO BULK.....	41
ECUACIÓN 8. PESO ESPECÍFICO BULK (SSD)	41
ECUACIÓN 9. PESO ESPECÍFICO APARENTE	41
ECUACIÓN 10. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	41
ECUACIÓN 11. PESO DE AGREGADO GRUESO	42
ECUACIÓN 12. PESO DE CEMENTO	43
ECUACIÓN 13. VOLUMEN DE GRAVA	43

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Desde muchos años atrás, los humanos han ido buscando la forma de ir avanzando en la tecnología y en la ciencia. El hombre busca la forma de protegerse del ambiente y es así como surgen nuevos materiales para la construcción que son revolucionarios e innovadores para cada época, un gran ejemplo de estos materiales es el cemento Portland, que a partir de su invención se le da paso al inicio de una era industrial muy grande en la construcción para crear diferentes tipos de cemento o aglutinantes.

El aprovechamiento de todos los desechos de las industrias motiva a las investigaciones para conocer las características propias del desperdicio y utilizarlas para materiales de construcción alternativos a los convencionales para diversas aplicaciones.

La Ceniza de Bagazo de Caña (CBC) es un subproducto de la industria azucarera el cual se ha utilizado a lo largo de los años en diferentes campos de la ciencia, como: la ingeniería, la biología, la agricultura, etc. En la construcción, son múltiples los usos donde se puede utilizar la CBC, desde diferentes tipos de concreto hasta morteros.

En la actualidad, existe la necesidad de crear nuevos materiales que sean lo más ecológicos, económicos y saludables, para la construcción posible. Ante esta problemática ha venido a tomar posición la ceniza de bagazo de caña que se presenta como un material con características puzolánicas que pueden modificar las propiedades del cemento convencional Portland.

En el capítulo 1, se da a conocer un breve resumen histórico de los materiales de construcción y los avances que se ha tenido en ellos, se muestran los motivos por los cuales se busca mejorar los materiales de construcción continuamente.

En el capítulo 2, se define el planteamiento del problema con respecto al concreto hidráulico, los cuales son la reducción de costos y contaminación ambiental, para ello se plantea utilizar ceniza de bagazo de caña reduciendo la cantidad de cemento.

En el capítulo 3, se plantea la situación actual con respecto al tema de investigación sobre el comportamiento de la ceniza de bagazo de caña en el concreto tanto en el macroentorno como en el microentorno, además se define los estudios que se le realizaron a los materiales que se utilizaron en la mezcla.

En el capítulo 4, se muestra la metodología que se utilizó para el proyecto de investigación junto con las hipótesis o los resultados que se espera lograr en el proyecto.

En el capítulo 5, se detalla los cálculos realizados para obtener todos los valores necesarios para la elaboración del proyecto.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES

Los estudios más recientes, indican que los materiales cementantes suplementarios crean cementos más resistentes a ambientes agresivos, aunque se cambian sus propiedades mecánicas. El uso de la CBC en cemento ha sido un material orgánico con potencial para algunas aplicaciones, comprobado por investigadores de los diferentes países, como Alemania, Cuba, Brasil, etc.

J.F Martinera Hernández (1998) se centró en la influencia de la sustitución parcial de la CBC en el cemento, con el interés de utilizarlas como materia prima en la producción de aglomerantes para el mismo. También en México, se realizaron estudios de la CBC con el Ing. Héctor E. Hernández Martínez (2007) que demostró que si es posible utilizar la CBC como un sustituto parcial del cemento portland debido a sus características puzolánicas.

En nuestro país, es muy escasa la investigación en torno a la utilización de las CBC. La ceniza es una alternativa más para ver los alcances que se pueden lograr mediante los concretos mezclados con fibras para la construcción.

En la actualidad los elevados costos de los materiales tradicionales para la elaboración del concreto de uso general ha impedido que la comunidad más vulnerable de nuestra sociedad pueda llegar a adquirir su propia vivienda; por esto, las aplicaciones en el campo de la Ingeniería Civil dirigidas hacia la construcción de viviendas de interés social se está dirigiendo hacia la búsqueda de nuevos materiales con similares calidades a las comúnmente empleadas con el fin de que puedan sustituirse reduciendo los costos.

En esta búsqueda de materiales, se propone utilizar la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en elaboración del concreto.

2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La industria azucarera genera anualmente enormes cantidades de residuos. Entre estos se encuentra la denominada ceniza de bagazo de caña (CBC) que resulta de la combustión de este subproducto y cuya dispersión en el ambiente contamina el aire y afecta la salud humana. En Honduras hay varios ingenios que satisfacen la demanda nacional de azúcar, pero no mitigan la problemática ambiental asociada con sus residuos, por lo que se hace necesario buscar alternativas. En varios estudios se ha demostrado que la CBC presenta un elevado contenido de sílice (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3), que le dan una buena actividad puzolánica como sustituto parcial del cemento portland y constituye una valiosa alternativa que representa un doble beneficio, por un lado, valoriza un desecho y por otro, contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero liberados durante la manufactura de cemento (0.85-1 kg CO_2 /kg cemento). Esta es una propuesta interesante, si se considera la enorme proporción de contaminación generada por la industria cementera, que según datos del International Cement Review, su producción mundial para el 2010 alcanzó los 3.3 mil millones de toneladas (Inter cement, 2010). En muchos estudios se ha evaluado el uso de la CBC como reemplazo parcial del cemento Portland para la elaboración de elementos de construcción.

2.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál será el comportamiento del concreto hidráulico reforzado con cenizas de bagazo de caña al ser sometidos a esfuerzos de tensión en relación con una mezcla control?

Al aplicarse un esfuerzo a compresión, ¿Cuál será el comportamiento del concreto hidráulico con ceniza de bagazo de caña al ser comparada a una mezcla control?

¿Cuál es la cantidad óptima de ceniza de bagazo de caña que se le debe agregar al concreto para alcanzar el rendimiento máximo?

¿Se reducirán los costos del concreto al sustituir el cemento por la ceniza de bagazo de caña?

2.4. OBJETIVOS

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el comportamiento mecánico y físico en el concreto incorporando ceniza de bagazo de caña de azúcar mediante la creación de cilindros según norma ASTM C-39 y la elaboración de vigas para medir su resistencia a flexión según norma ASTM C-78

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar el comportamiento mecánico a compresión de cilindros de concreto mezclado con ceniza de bagazo de caña con un $f'c$ de 3,000 psi.
- 2) Determinar resistencia a flexión de una viga de concreto con un $f'c$ de 3,000 psi.
- 3) Evaluar la cantidad optima de ceniza de bagazo de caña para agregar a una mezcla mediante una curva de porcentaje de ceniza de bagazo de caña contra resistencia a compresión a los 28 días.
- 4) Comparar los precios entre concreto normal de control contra el concreto mezclado con ceniza de bagazo de caña.

2.5 JUSTIFICACIÓN

Es un tema muy interesante y que en nuestro país hay muy poca participación investigativa, así como también es muy importante que la recolección y utilización de CBC como material orgánico con características puzolanicas se introduzca y sea empleado como un sustituto del cemento Portland para crear una mezcla de concreto eficaz, resistente, económica y ecológica.

Es una importancia ecológica porque se logra reducir la emisión del dióxido de carbono a la atmosfera el cual es provocado mediante la creación de cemento portland. Es decir, disminuir gases invernaderos que provocan el efecto invernadero durante la fabricación del cemento, mediante una proporción adecuada para la mezcla de concreto. Para la elaboración de la parte

investigativa de esta tesis se utilizará la CBC en la mezcla de un 2%, 4%, 6%, 8% y 10% como sustituto, rebajando significativamente el consumo del cemento Portland.

Existe un beneficio económico en el uso de CBC que decrecerá el costo del presupuesto de una obra en construcción. Ya que esta ceniza es obtenida de los desechos de un proceso como es la obtención de azúcar y sus subproductos.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hace mención a la situación existente actual en el tema de investigación, se hace un análisis primeramente de Macro Entorno que refiere a lo que está sucediendo en el mundo, seguidamente de un análisis de las investigaciones actuales en referencia a Honduras, o sea un análisis del Micro Entorno y por último se hace un análisis actual internamente de los que está pasando en la ciudad donde se lleva a cabo esta investigación, San Pedro Sula.

Con el fin de poder establecer la comprensión que se ha adquirido sobre el problema que se pretende intimar, se hará una prestación de las bases teóricas de la investigación y algunos conceptos claves que se estarán utilizando para un mayor entendimiento del tema.

3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Un residuo del procesamiento de la caña, poco explorado es la ceniza de bagazo de caña, la razón por la cual se lleva a cabo esta investigación. El bagazo de caña una vez es utilizado en las calderas industriales, da lugar a la CBC, este material al igual que los residuos del carbón o cenizas volcánicas es considerado un material con carácter puzolánico por algunos investigadores.

A continuación, se presenta un análisis teórico de lo que está sucediendo en el mundo y en los contornos de Honduras y específicamente en la actual ciudad de San Pedro Sula que es donde se está generando esta investigación

3.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO

Los egipcios, griegos y romanos comenzaron a experimentar con diversos materiales como el yeso, y la piedra caliza, calcinadas las puzolanas. En Egipto Antiguo usaron material cementante entre los bloques de piedra en la construcción de las grandes pirámides de Giza. En la Antigua Grecia, usaban materiales a base de cal calcinada como aglomerantes de piedra y ladrillos.

La palabra concreto se deriva del latín "concretus", que significa crecido junto o compuesto. Los romanos perfeccionaron el uso de puzolanas como material cementante.

El cemento Portland es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón. Es el más usual en la construcción y es utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón (en Hispanoamérica concreto). Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes (Tórrez-Rivas, Gaitán-Arévalo, Espinoza-Pérez, & Escalante-García, 2014)

En la siguiente tabla se indican los tipos de cemento Portland:

Tabla 1. Tipos de cementos Portland

TIPO	Ámbito de empleo usual
I	No son requeridas características especiales
II	Se requiere una moderada resistencia a los sulfatos
III	Se desea una alta resistencia inicial
IV	Se requiere bajo calor de hidratación, particularmente en concretos para pavimentos
V	Se desea una alta resistencia a los sulfatos

Fuente: Norma ASTM C150-99^a

En la tabla. 1 se muestra la tipología de cómo están identificados los cementos, así como también algunas características requeridas para su uso

La invención del cemento Portland se atribuye a Joseph Aspdin, un albañil inglés. En 1824, obtuvo la patente para este producto, al cual denominó cemento Portland pues producía un concreto con color semejante a la caliza natural que se explotaba en la isla de Portland en el Canal de la Mancha.

A continuación, se podrá observar los compuestos químicos que forman el cemento:

Tabla 2. Componentes del cemento Portland

NOMBRE	FÓRMULA	FÓRMULA DE ÓXIDOS	PORCENTAJE
Silicato dicálcico	Ca_2SiO_4	$\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$	32 %
Silicato tricálcico	Ca_3SiO_5	$\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$	40 %

Aluminato tricálcico	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$	10 %
Ferroaluminato tetracálcico	$\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO}$	9 %
Sulfato de calcio	CaSO_4		2-3 %

Fuente: (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2000)

En la tabla 2. Se hace mención a los diferentes compuestos que forman el cemento tipo Portland, además se enlistan su nomenclatura y su porcentaje en el que está formado el cemento,

Las cenizas de bagazo de caña de azúcar es un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Se utiliza como combustible que sirve para calentar las calderas para obtener el azúcar.

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

La forma para obtener la caña de azúcar de la industria al campo es muy variada, existen mecanismos mecánicos y automáticos. La caña de azúcar tarda de 12 a 14 meses, desde su siembra hasta su cosecha. El medio utilizado para el corte de caña de azúcar es a través de maquinaria o a mano.

Este producto se transporta a través de camiones llenos de caña de azúcar al ingenio más cercano de la plantación. Se almacena en el patio de los ingenios para su transformación en azúcar. Es lavada la caña de azúcar en unas mesas, para pasar a una banda transportadora que las conduce a unas cuchillas, para su picado en fibras. Así, a los molinos hacen mucho más fácil extraer el jugo de las fibras a base de presión para dejar solo el bagazo. La sacarosa es el jugo del producto de la extracción de la caña de azúcar. Se le agrega agua para aprovechar al máximo la extracción del jugo de la caña de azúcar. (Rivera, 2010)

El bagazo es el material fibroso de la caña de azúcar, posteriormente se aprovecha para el calentamiento de las calderas, que produce electricidad con máquinas a vapor y mueve toda la maquinaria en todo el ingenio.

En México la caña de azúcar es el principal cultivo, su cosecha se lleva a cabo en 665,000 hectáreas que dan trabajo a 2.5 millones de personas, existen 57 ingenios azucareros localizados en 15 estados de la república. La industria ha cambiado drásticamente desde su introducción en el año

1523 por los españoles y su situación actual es el reflejo de su metamorfosis y de intereses económicos y políticos. (Rivera, 2010)

A continuación, se presenta una ilustración donde se podrá observar el proceso de fabricación del azúcar.

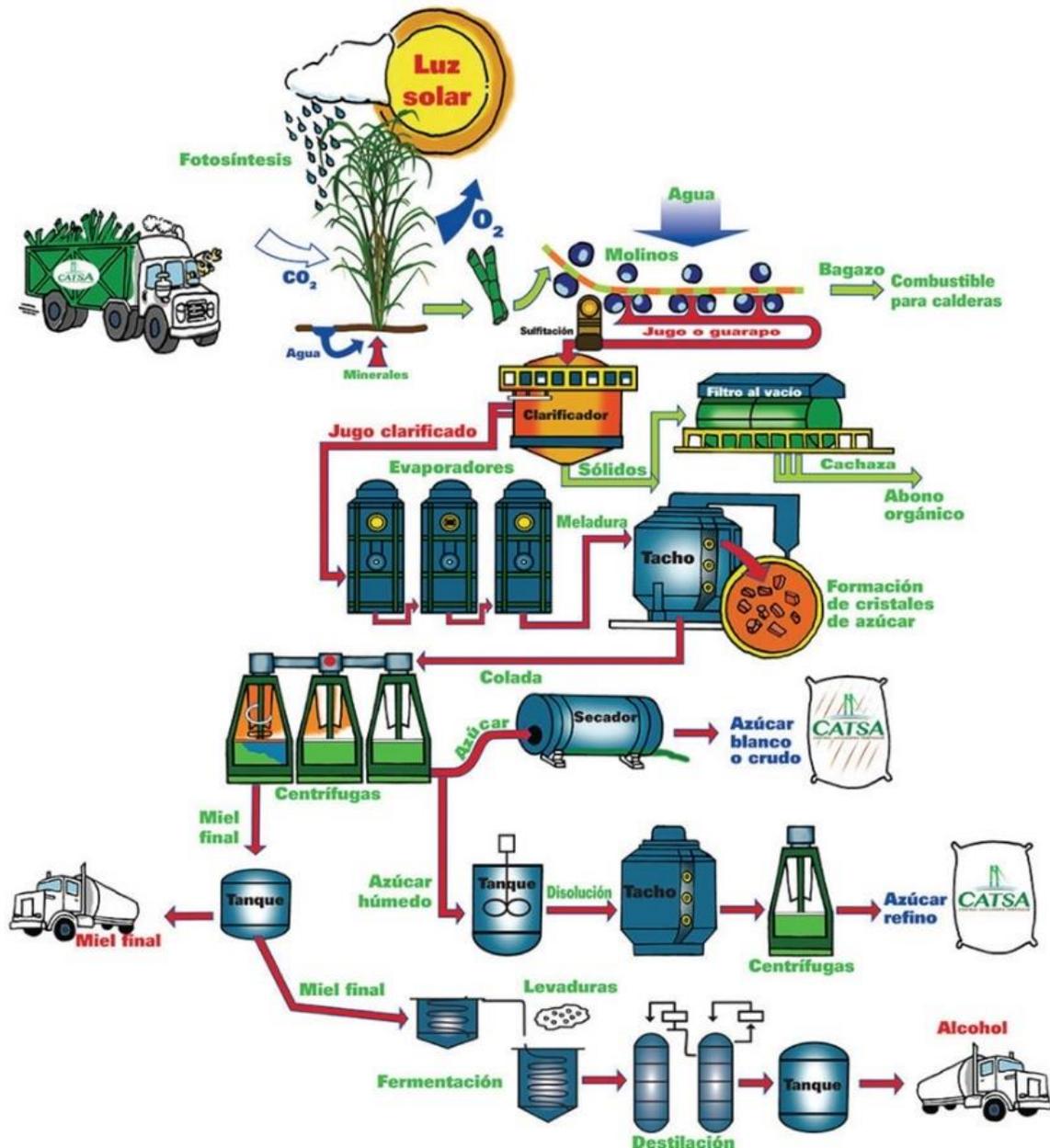


Ilustración 1. Proceso de fabricación de azúcar

Fuente: (Rivera,2010)

En la ilustración 1. Se muestra un diagrama donde se puede observar el proceso de fabricación del azúcar desde su cosecha hasta su empaque y seguidamente su distribución.

En Nicaragua se han hecho estudios de valorización de la ceniza de bagazo de caña de la industria azucarera nicaragüense como sustituto parcial al cemento Portland. (Tórrez-Rivas, Gaitán-Arévalo, Espinoza-Pérez, & Escalante-García, 2014)

En ese estudio, se presenta la valorización del uso de las cenizas de bagazo de caña proveniente del Ingenio Monte Rosa (Nicaragua), como material alternativo al cemento portland mediante estudios de caracterización avanzada y propiedades mecánicas de esta fibra en pastas endurecidas de cemento portland sustituidas en 15 y 45 % por CBC; además se utilizaron pastas de referencia, en otras palabras una muestra control creada a partir de 100% cemento Portland sobre las cuales se evaluaron las resistencias mecánicas, el consumo de hidróxido de calcio y el desarrollo de los productos de reacción. Los resultados revelaron que los valores más altos de resistencia mecánica reportados fueron por el sistema de mezcla control y sustituto parcial del 15%. A partir de esos resultados se puede concluir que las CBC son un material puzolánico con una mejor reactividad frente al Ca(OH)_2 con el 15 % de sustitución. (Vicente, 2008)

Ciertos autores como (Carmona, 2011) han encontrado que son muchos los beneficios que la adición de la puzolana le confiere al cemento. Algunos de estos mejoramientos podemos encontrar ejemplos como: mejoramiento de la trabajabilidad, menor calor de hidratación, mayor resistencia a los sulfatos, mejores resistencias mecánicas, costos de producción más bajos lo que significa menores precios para el consumidor, requerimiento de menos tecnología y equipos ya que en el caso de las cenizas de bagazo de caña se requiere que ya sea molida o pasada por un tamizado para su implementación.

Estudios realizados con diferentes residuos agrícolas de la industria azucarera tales como: ceniza de cascarilla de arroz, ceniza de paja de caña y cenizas de bagazo de caña demuestran su potencial uso por las propiedades puzolánicas que poseen originadas debido a la calcinación de estas, formándose óxidos de ácidos principalmente de dióxido de silicio. (Payá. 2012)

Valle del Cauca, Colombia

Estudio comparativo de cenizas de bagazo de caña como adiciones puzolánicas.

En el estudio realizado en Colombia, se analizaron dos tipos de ceniza de bagazo de caña procedentes de un ingenio productor de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia. Se hizo una caracterización de las muestras a través de las técnicas de Fluorescencia de Rayos X y Difracción de Rayos X, así mismo se aplicó la técnica de granulometría laser para determinar el tamaño de las partículas de CBC. (Vidal, Torres, de, & González, 2014)

La actividad puzolánicas se evaluó a través de la resistencia a la compresión, según la norma ASTM C311, esta actividad se realizo a la CBC normal y a la tratada térmicamente. Para el análisis de dicha actividad se debe tener en cuenta que la norma ASTM c618 establece un valor mínimo de índice de actividad puzolánicas del 75% a 28 días de curado, para poder considerar a un material como puzolánico.

A continuación, se presenta una figura con los resultados a los 7 y 28 días de curado para las muestras de CBC.

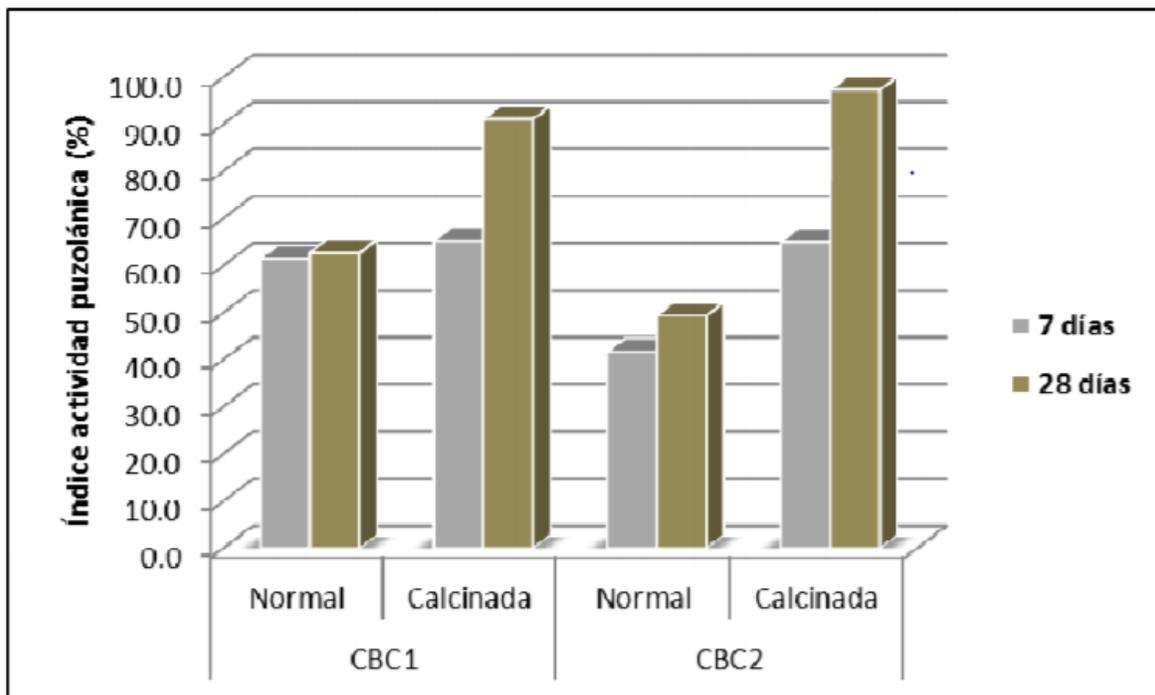


Ilustración 2. Actividad puzolánica de las CBC para 7 y 28 días.

Fuente: (Vidal, Torres, de, & González, 2014)

En la imagen anterior se aprecia que ambas cenizas sin tratamiento térmico reportaron un índice de actividad puzolánica inferior al 75 % para 28 días de curado. Por el contrario, para las muestras tratadas térmicamente el índice de actividad puzolánica se incrementó alcanzando valores por encima del 90%, estos valores son superiores a los reportados en otros ensayos en otras partes del mundo.

Nuevo León, México.

Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto

Esta investigación se llevó a cabo con el propósito de encontrar nuevos materiales de construcción que sean más económicos, durables y amigables ambientalmente. Algunas de las fibras utilizadas para refuerzo del concreto son acero, vidrio o poliméricas. Estas alternativas son viables y aportan gran resistencia al concreto, pero son alternativas muy costosas. (Alvarado, López, Villarreal, & Roth, 2004)

La implementación de fibras naturales en el concreto puede ser una alternativa real y económica para países todavía en desarrollo, ya que estas fibras las podemos encontrar en grandes cantidades y representan una fuente renovable continua a un precio económico. Para esta investigación realizada en Nuevo León, México. Se ha tomado en cuenta que la fibra natural de lechuguilla es afectada principalmente por la alcalinidad. (Alvarado, López, Villarreal, & Roth, 2004)

Algunos materiales reforzados con fibras naturales se pueden obtener en cualquier país a un bajo costo, utilizando la mano de obra local disponible en el país y con las técnicas adecuadas para la obtención. A finales de los años 60s, se llevó a cabo en otros países una evaluación de las propiedades de ingeniería en las fibras naturales y de los compuestos formados por estas fibras con el cemento. Los resultados de las investigaciones indican que las fibras pueden ser usadas con éxito para fabricar materiales de construcción. Posteriormente se desarrollaron procesos de manufactura apropiados para la producción comercial en varios países de América Central , África y Asia. (Barrios & Junior, 2012)

Esta investigación concluye que las fibras de lechuguilla tienen algunas propiedades físicas mecánicas tal como su capacidad de resistencia a tracción, que le permite ser consideradas como un posible refuerzo en el concreto hidráulico. Así como también una conducta dúctil después de que la masa de concreto se empieza a agrietar. (Alvarado, López, Villarreal, & Roth, 2004)

3.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO

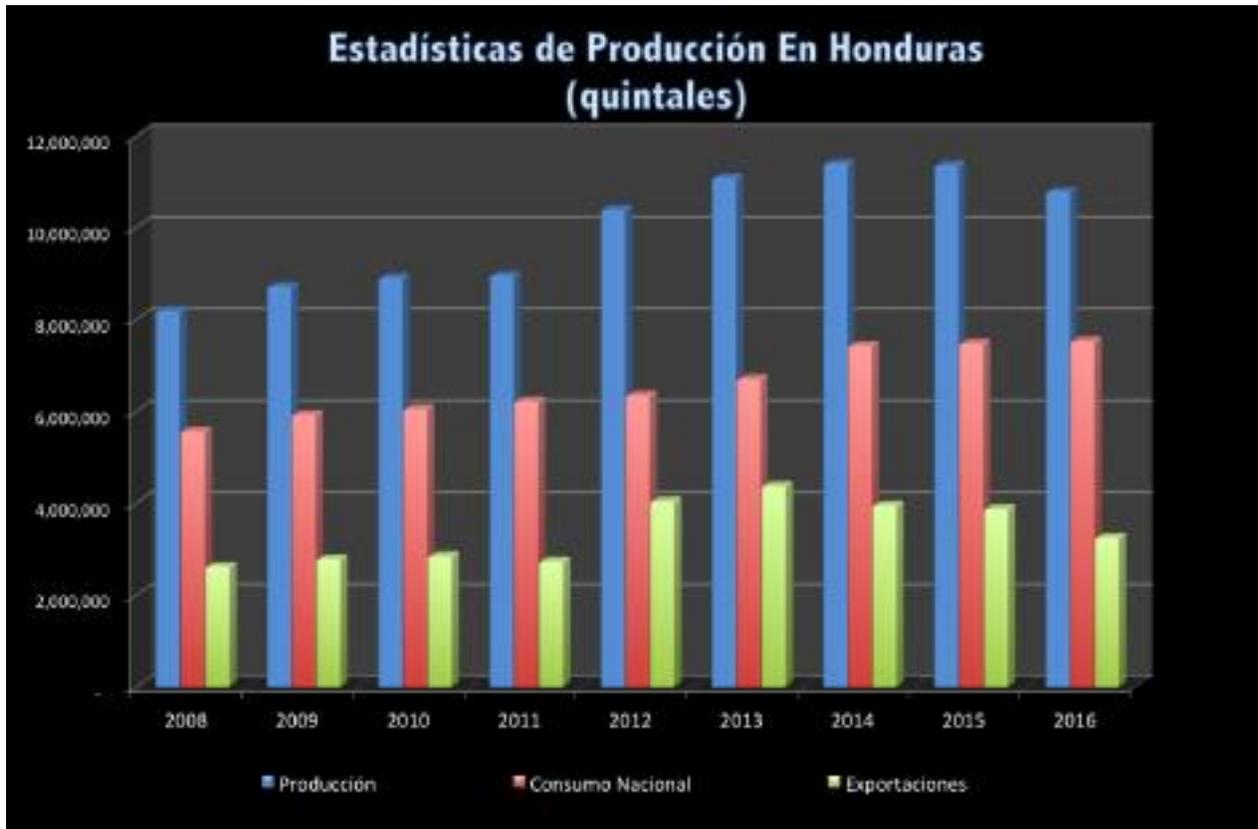
Al hacer un análisis del micro entorno nos podemos dar cuenta que Honduras se ha quedado un poco atrás en los análisis investigativos profesionales en cuanto a estudios sobre fibras naturales para refuerzo de concreto hidráulico. Uno de los cultivos más importantes en la industria agrícola del país es la caña de azúcar.

La organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura (Unesco), considera la caña de azúcar el cultivo agrícola más importante del planeta. (Barrios & Junior, 2012)

En Honduras se producen más de cinco millones de toneladas todos los años de caña de azúcar, de las ochenta mil manzanas cultivadas, el 60 por ciento pertenece a la industria azucarera y un 40 por ciento pertenece a agricultores particulares. (Rodríguez, 2012).

El cultivo de caña de azúcar representa, además, un cultivo amigable con el medio ambiente por su elevada eficiencia fotosintética en comparación con otros cultivos comerciales, que le permite una mayor utilización de la energía solar y consecuentemente, un mayor coeficiente de absorción del CO₂ atmosférico. Esto ayuda a eliminar los gases que producen el efecto invernadero. Es importante destacar que los ingenios azucareros de Honduras generan energía limpia, utilizando el bagazo de la caña producida después del procesamiento de la caña para alimentar sus plantas de biomasa.

Cabe destacar que, para fines de esta investigación, se estará utilizando ceniza de bagazo de caña proveniente del Ingenio No. 39 de Azunosa, ubicado en Santa Rita en el departamento de Yoro, Honduras. La ceniza obtenida es directamente recogida desde las calderas y así evitar cualquier tipo de contaminación ya sea orgánica o inorgánica.



A continuación, se muestran algunas estadísticas de producción en quintales de Honduras por año zafra que consta de noviembre hasta mayo.

Ilustración 3. Estadística de producción de azúcar

Fuente: (Asociación de Productores de Azúcar de Honduras)

Según la ilustración 3. los datos estadísticos obtenidos por la asociación de productores de azúcar de honduras, existe un incremento en la producción en los últimos años, pero ha existido un declive en las exportaciones.

En la siguiente ilustración se puede apreciar cómo están distribuidas las exportaciones del cultivo de caña de azúcar.



Ilustración 4. Distribución de exportaciones

Fuente: Asociación de Productores de Azúcar de Honduras

Según la ilustración 4. Al menos un 70% de la producción nacional de azúcar es consumida en Honduras mientras que el 30 % restante está distribuido principalmente en Estados Unidos de América y en la Unión Europea.

3.2. TEORÍAS DE SUSTENTO

3.2.1 NORMA ASTM C 172 TOMA DE MUESTRAS DE CONCRETO

ASTM Designación: C172 – 04

Práctica Normalizada para el Muestreo de la Mezcla de Hormigón Fresco

En esta norma se presenta el procedimiento adecuado para tomar muestras representativas de concreto fresco, cuando este es entregado en el proyecto o donde se realizarán los ensayos necesarios. Con el fin de determinar que se cumpla con los requisitos de calidad necesarios bajo los cuales se está suministrando dicho concreto.

Menciona especificaciones para la toma de muestras que se necesitan para realizar ensayos como descenso de cono, temperatura, contenido de aire las cuales menciona que se tienen que realizar durante los 5 minutos siguientes a la obtención de la muestra; para el moldeo de las probetas para realizar ensayos de resistencia se debe hacer dentro de los 15 minutos siguientes.

Se debe utilizar el menor tiempo posible para obtener y manipular la muestra, ya que se tiene que proteger del sol, viento y otras fuentes que provocan la evaporación rápida y la contaminación.

3.2.2 NORMA ASTM C 39 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGO CILÍNDRICOS.

La presente norma tiene como objetivo determinar la resistencia a compresión de testigos cilíndricos de concreto, para concretos con pesos unitarios superiores a 800 kg/m^3 (50 lb/pies^3).

Se presenta el procedimiento a seguir para realizar el ensayo, el cual radica en aplicar una carga axial de compresión a los testigos con una velocidad determinada con el fin de hacer fallar el cilindro. El resultado obtenido es la resistencia a la compresión que se puede conocer al dividir la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste. El valor de la resistencia a la compresión sirve como control de calidad de la mezcla de concreto, su proceso y colocación, también para verificar el cumplimiento de especificaciones y para evaluar la efectividad de la mezcla con aditivos y sus usos similares.

Para conocer dicho valor es necesario contar con la máquina de ensayo, que tenga la suficiente capacidad de carga y reúna con las condiciones de velocidad descritas. Además de estar debidamente calibrada de acuerdo con la norma que corresponde.

3.2.3 NORMA ASTM C 78 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ

Tiene como objetivo establecer el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión del concreto mediante el uso de la viga simple cargada en los tercios de la luz.

El procedimiento sugerido explica que se debe colocar la muestra y centrar sobre los bloques de carga, poner los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen, en los puntos tercios, entre los soportes. A continuación, aplíquese la carga de forma continua a modo que aumente constantemente el esfuerzo, hasta que ocurra la rotura.

El valor del módulo de ruptura indicado en $\text{Mpa}(\text{lb}/\text{pulg}^2)$ se considerará como el normalizado. Este valor se calcula multiplicando la carga máxima aplicada por la longitud libre entre apoyos, dividiendo este valor por el ancho multiplicado por la altura al cuadrado.

La máquina de ensayos utilizada debe cumplir con los requerimientos. El método de carga en los tercios deberá utilizarse en la realización de ensayos de flexión, empleando bloques de carga los cuales aseguren que las fuerzas aplicadas a la viga son perpendiculares a la carga del espécimen y sin excentricidad (v. Anexo 3).

3.2.4 NORMA ASTM C 136 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS.

El objetivo de esta norma es determinar cuantitativamente los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material por medio de tamices de abertura cuadrada.

El procedimiento sugerido para realizar dicho ensayo es tomar una muestra del agregado mediante el cuarteo manual o mecánico, se presentan también los valores mínimos de muestras

para los diferentes agregados finos y gruesos para así tomar una muestra representativa al analizar.

Posteriormente a la toma de muestras se prepara secándolas a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener un peso constante.

Después de realizado el tamizado de forma mecánica o manual se procede a determinar los pesos retenidos en cada tamiz con una balanza. Los datos obtenidos de este ensayo son la curva granulométrica del agregado de estudio y los valores como tamaño máximo de árido y módulo de finura.

Dentro del equipo a utilizar se encuentran el juego de tamices normados que varían dependiendo el tipo de material y el agitador mecánico para realizar el proceso del tamizado (v. Anexo 4).

3.2.5 NORMA ASTM C 128 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS.

El objeto de esta norma es describir el procedimiento que se debe seguir para la determinación del peso específico aparente y real, así como la absorción después de 24 horas sumergidos en agua, del agregado fino.

El procedimiento sugerido es tomar por medio del cuarteo una cantidad aproximada de 1 kg, se seca en el horno a $100\text{-}110^{\circ}\text{C}$, se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Una vez seca se cubre la muestra completamente por agua y se deja por 24 horas. Luego del tiempo establecido se saca la muestra y se deposita en una bandeja y se dirige así ella una corriente de aire para que la desecación sea uniforme, y continuando con el secado hasta que las partículas puedan fluir libremente. Luego se realiza el procedimiento para determinar los tres estados del peso específico, los cuales son peso específico con superficie seca, peso específico con superficie saturada seca y peso específico con superficie saturada.

Dentro del equipo utilizado se pueden mencionar la balanza, el molde cónico, picnómetro, varilla para apisonado, bandejas de zinc, entre otros todos con el fin de realizar el ensayo de la manera que los especifica la norma. (v. Anexo 5).

3.2.6 NORMA ACI 544.1R-96 INFORME DE ESTADO DE LA TÉCNICA SOBRE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRA.

En este capítulo, la atención se centra en el uso de fibras naturales para concreto reforzado, morteros y cementos. Aunque históricamente muchas fibras han sido utilizadas para reforzar distintos materiales de construcción, hasta recientemente mucho esfuerzo científico se ha dedicado únicamente al estudio de fibras para refuerzo. El uso de las mejores fibras naturales como el coco, la caña de azúcar, el sisal, las hojas de plátano, y palma ha estado limitado únicamente en productos como la fabricación de cuerdas, petates etc. Productos hechos con cemento portland y fibras naturales sin procesar con el coco, sisal la caña de azúcar, bambú, jute, madera y fibras vegetales han sido examinadas para determinadas propiedades ingenieriles y su posible utilización en construcción en 40 diferentes países. Aunque los resultados fueron positivos, se encontraron algunas deficiencias en la durabilidad. Este resultado parecía provenir de la reacción química entre la pasta de cemento y la hinchazón de las fibras en presencia de humedad. Un sin número de investigadores están investigando ahora los métodos para remediar esto y mejorar la durabilidad

3.3. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se muestran algunos de los términos utilizados en el desarrollo a lo largo de la investigación con el objetivo de tener una idea clara más clara de los conceptos.

a) Concreto Hidráulico.

“Es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta compuesta por cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava, creando una masa similar a una roca” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 1).

b) Agregados finos

“Los agregados finos pueden ser arena natural o artificial (manufacturado) con partículas de hasta 9.5 mm (3/8 pulg)” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 1).

c) Agregados gruesos.

“Son las partículas retenidas en la malla 1.18 mm (tamiz no.16) y pueden llegar hasta 150 mm (6 pulg). El tamaño máximo de agregado grueso comúnmente empleado es de 19 mm o 25 mm (3/4 pulg. O 1 pulg.) (Kosmatka , Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 1)

d) Cemento Portland

Según (Porrero , Ramos , Grases, & Velazco, 2014)

“Es una especie de cal hidráulica perfeccionada. Se produce haciendo que se combinen químicamente unas materias de carácter ácido (sílice y alúmina principalmente) provenientes de arcillas, con otras de carácter básico (primordialmente cal) aportadas por calizas” ((pág. 91).

e) Granulometría

“Se refiere al tamaño de las partículas y al porcentaje o distribución de las mismas en una masa de agregados. Se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en hacer pasar una

determinada cantidad del agregado a través de una serie de tamices standard dispuestos de mayor a menor” (Gutiérrez L. d., 2003, pág. 19).

f) Tamaño Máximo Nominal

“Se define como la abertura del tamiz inmediatamente superior aquel porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. Indica el tamaño promedio de partículas más grandes que hay dentro de una masa de agregado” (Gutiérrez L. d., 2003, pág. 19).

g) Módulo de finura

Según (Gutiérrez L. d., 2003)

“Es un valor que permite estimar el grosor o finura de un material; se define como la centésima parte del número obtenido al sumar los porcentajes retenidos acumulados en los siguientes tamices empleados al efectuar un análisis granulométrico: No. 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8”, 3/4”, 1 1/2” y los tamices siguientes cuya relación de abertura sea 1 a 2” (pág. 19).

h) Peso Volumétrico

“Es la masa o el peso del agregado necesario para llenar un recipiente con un volumen unitario específico. El volumen a que se refiere aquí es aquel ocupado por los agregados y por los vacíos entre las partículas de agregado” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 114).

i) Gravedad Específica.

Según (Gutiérrez L. d., 2003)

“Se define como la relación de peso a volumen de una masa determinada. Pero como las partículas del agregado están compuestas de minerales y espacios o poros que pueden estar vacíos, parcialmente saturados o llenos de agua según la permeabilidad interna, es necesarios hacer diferenciación entre los distintos tipos de gravedad” (pág. 20). 21

j) Absorción.

“El proceso por el cual un líquido se absorbe y tiende a llenar los poros permeables en un sólido poroso. La cantidad de agua absorbida por un material bajo condiciones específicas de ensayo, comúnmente expresada como el porcentaje de la masa de la probeta de ensayo”

k) Contenido de materia orgánica

“La materia orgánica es un producto de la descomposición de los vegetales y sustancias carbonosas, cuya composición química es ácido tánico y sus derivados conocidos con el nombre de humus. Cuando la presencia de humus es alta, especialmente en las arenas que por su tamaño suelen retener más materia orgánica, se impide total o parcialmente el fraguado del cemento” (Gutierrez L. d., 2003, pág. 27).

l) Ceniza de bagazo de caña

Sub Residuo generado luego del procesamiento de la caña de azúcar

3.4. MARCO LEGAL

3.5.1 LEY GENERAL DEL AMBIENTE

Decreto no. 104-93

EL CONGRESO NACIONAL

Considerando: Que, de acuerdo con la Constitución de la República, el Estado conservará el ambiente adecuado para proteger la salud de las personas, declarando de utilidad y necesidad pública la explotación Técnica y Racional de los recursos naturales de la nación.

Considerando: Que la destrucción acelerada de los recursos naturales y la degradación del ambiente amenaza el futuro de la nación ocasionando problemas económicos y sociales que afectan la calidad de vida de la población, y que es deber del Estado propiciar un estilo de desarrollo que, a través de la utilización adecuada de los recursos naturales y del ambiente, promueva la satisfacción de las necesidades básicas de la población presente sin comprometer la posibilidad de que las generaciones futuras satisfagan sus propias necesidades.

Considerando: Que la importancia y trascendencia de la problemática ambiental requiere de una organización y estructura administrativa que responda en forma coherente, armónica e integral a nuestra situación ambiental.

Considerando: Que la participación comunitaria es imprescindible para lograr la protección, conservación y uso racional de la riqueza natural del país y del ambiente en general.

Considerando: Que el pueblo hondureño, reclama con urgencia, la emisión de una legislación apropiada para la gestión ambiental que permita la formación de una conciencia nacional y la participación de todos los ciudadanos en la búsqueda de soluciones de beneficio colectivo.

Por tanto

DECRETA

La siguiente:

LEY GENERAL DEL AMBIENTE 23

TITULO I

PRINCIPIOS Y OBJETIVOS

CAPITULO I

PRINCIPIOS GENERALES

Artículo 1. La protección, conservación, restauración y manejo sostenible del ambiente y de los recursos naturales son de utilidad pública y de interés social.

El Gobierno Central y las municipalidades propiciarán la utilización racional y el manejo sostenible de esos recursos, a fin de permitir su preservación y aprovechamiento económico.

El interés público y el bien común constituyen los fundamentos de toda acción en defensa del ambiente; por tanto, es deber del Estado a través de sus instancias técnico-administrativas y judiciales, cumplir y hacer cumplir las normas jurídicas relativas al ambiente.

Artículo 2. A los efectos de esta ley, se entiende por ambiente el conjunto formado por los recursos naturales, culturales y el espacio rural y urbano, que puede verse alterado por agentes físicos, químicos o biológicos, o por otros factores debido a causas naturales o actividades humanas, todos ellos susceptibles de afectar, directa o indirectamente, las condiciones de vida del hombre y el desarrollo de la sociedad.

Artículo 3. Los recursos naturales no renovables deben aprovecharse de modo que se prevenga su agotamiento y la generación de efectos ambientales negativos en el entorno.

Los recursos naturales renovables deben ser aprovechados de acuerdo a sus funciones ecológicas, económicas y sociales en forma sostenible.

Artículo 4. Es de interés público, el ordenamiento integral del territorio nacional considerando los aspectos ambientales y los factores económicos, demográficos y sociales.

Los proyectos públicos y privados que incidan en el ambiente se diseñarán y ejecutarán teniendo en cuenta la interrelación de todos los recursos naturales y la interdependencia del hombre con su entorno.

Artículo 5. Los proyectos, instalaciones industriales o cualquier otra actividad pública o privada, susceptible de contaminar o degradar el ambiente, los recursos naturales o el patrimonio histórico cultural de la nación, serán precedidos obligatoriamente de una evaluación de impacto ambiental (EIA), que permita prevenir los posibles efectos negativos.

En tal virtud, las medidas de protección del ambiente o de los recursos naturales que resulten de dichas evaluaciones serán de obligatorio cumplimiento para todas las partes, en la fase de ejecución y durante la vida útil de las obras o instalaciones. A tal efecto la Secretaría de Estado en el Despacho del Ambiente creará el sistema nacional de evaluación del impacto ambiental.

En el caso de instalaciones u obras existentes, se estará a lo dispuesto en el Capítulo sobre Disposiciones Finales.

Artículo 6. Las disposiciones de la presente Ley de las leyes sectoriales referente a la protección de la salud humana y a la protección, conservación, restauración y manejo de los recursos naturales y del ambiente, serán de obligatoria aplicación en las evaluaciones (EIA), a que se refiere el Artículo anterior.

Artículo 7. El Estado adoptará cuantas medidas sean necesarias para prevenir o corregir la contaminación del ambiente. A estos efectos se entiende por contaminación toda alteración o modificación del ambiente que pueda perjudicar la salud humana, atentar contra los recursos naturales y afectar los recursos en general de la nación.

La descarga y emisión de contaminantes, se ajustarán obligatoriamente a las regulaciones técnicas que al efecto se emitan, así como a las disposiciones de carácter internacional, establecidas en convenios o acuerdos bilaterales o multilaterales suscritos por Honduras.

Artículo 8. Se prohíbe la introducción al país, de desechos tóxicos radioactivos, basuras domiciliarias, cienos o lodos cloacales y otros considerados perjudiciales o contaminantes.

El territorio y las aguas nacionales no podrán utilizarse como depósito de tales materiales.

Artículo 9. Son objetivos específicos de la presente Ley:

CAPITULO II

OBJETIVOS

- a) Propiciar un marco adecuado que permita orientar las actividades agropecuarias, forestales e industriales hacia formas de explotación compatibles con la conservación y uso racional y sostenible de los recursos naturales y la protección del ambiente en general;
- b) Establecer los mecanismos necesarios para el mantenimiento del equilibrio ecológico, permitiendo la conservación de los recursos, la preservación de la diversidad genética y el aprovechamiento racional de las especies y los recursos naturales renovables y no renovables;
- c) Establecer los principios que orienten las actividades de la Administración Pública en materia ambiental, incluyendo los mecanismos de coordinación para una eficiente gestión;
- d) Implantar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para la ejecución de proyectos públicos o privados potencialmente contaminantes o degradantes;
- e) Promover la participación de los ciudadanos en las actividades relacionadas con la protección, conservación, restauración y manejo adecuado del ambiente y de los recursos naturales;
- f) Fomentar la educación e investigación ambiental para formar una conciencia ecológica en la población;
- g) Elevar la calidad de vida de los pobladores, propiciando el mejoramiento del entorno en los asentamientos humanos; y,
- g) Los demás compatibles con los objetivos anteriores.

3.5.2 LEY Y REGLAMENTO DE MUNICIPALIDADES

DECRETO NÚMERO 134-90 EL CONGRESO NACIONAL.

CONSIDERANDO: Que la Ley de Municipalidades y del Régimen Político, del 1 de abril de 1927 y sus reformas, han quedado superadas en el tiempo y no guardan relación con la Constitución de la República.

CONSIDERANDO: Que la nominada Constitución, por voluntad soberana del pueblo hondureño, decretó que las Corporaciones serán independientes de los poderes del Estado, lo que configura un régimen especial y autónomo.

CONSIDERANDO: Que la autonomía municipal sólo puede concretarse por medio del ejercicio democrático, la dotación de recursos, un territorio delimitado y una población homogénea, sobre los cuales ejerza autoridad la Corporación Municipal sin más limitaciones que las impuestas por las leyes.

CONSIDERANDO: Que se hace imprescindible emitir una Ley que organice al municipio hondureño, de forma práctica, elemental y democrática, procurando elevar el nivel de vida de sus habitantes y equilibrando el desarrollo económico y social interno, estableciendo las bases que afiancen un estado de derecho soberano, republicano, democrático e independiente, cuyos habitantes gocen de justicia, libertad, cultura y bienestar.

POR TANTO,

DECRETA:

LA SIGUIENTE

LEY DE MUNICIPALIDADES

ARTÍCULO 13.- (Según Reforma por Decreto 48-91) Las municipalidades tienen las atribuciones siguientes:

1. Elaboración y ejecución de planes de desarrollo del municipio;
2. Control y regulación del desarrollo urbano, uso y administración de las tierras municipales, Ensanchamiento del perímetro de las ciudades y el mejoramiento de las poblaciones de conformidad con lo prescrito en la Ley;
3. Ornato, aseo e higiene municipal;
4. Construcción de redes de distribución de agua potable, alcantarillado para aguas negras y alcantarillado pluvial, así como su mantenimiento y administración;
5. Construcción y mantenimiento de vías públicas por sí o en colaboración con otras entidades;
6. Protección de la ecología, del medio ambiente y promoción de la reforestación;
7. Mantenimiento, limpieza y control sobre las vías públicas urbanas, aceras, parques y playas que incluyen su ordenamiento, ocupación, señalamiento vial urbano, terminales de transporte

urbano e interurbano. El acceso a estos lugares es libre, quedando, en consecuencia, prohibido cualquier cobro, excepto cuando se trate de recuperación de la inversión mediante el sistema de contribución por mejoras legalmente establecido;

8. Fomento y regulación de la actividad comercial, industrial, de servicios y otros.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA / PROCESO

Metodología utilizada

En el siguiente trabajo investigativo, se optó por utilizar el método cuantitativo porque este método permite a los investigadores medir y analizar datos. La relación entre una variable independiente y una dependiente se estudia en detalle que es la razón primordial del estudio de esta investigación. Esto resulta muy útil porque les permite a los investigadores ser mas objetivos a la hora de concluir con los hallazgos en la investigación.

4.1. HIPÓTESIS

Las hipótesis de investigación científica es una proposición aceptable que ha sido formulada a través de la recolección de información y datos, aunque no esté confirmada, sirve para responder de forma alternativa a un problema con base científica

Una hipótesis puede usarse como una propuesta provisional que no se pretende demostrar estrictamente, o puede ser una predicción que debe ser verificada por el método científico.

Existen dos tipos de hipótesis: la hipótesis nula es una hipótesis que el investigador trata de refutar, rechazar o anular. Generalmente, "nula" se refiere a la opinión general de algo, mientras que la hipótesis alternativa es lo contrario a la hipótesis nula

4.1.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN (H1)

H1.1: El módulo de ruptura del concreto con ceniza de bagazo de caña es mayor al de la mezcla de control.

H1.2: La resistencia a la compresión del concreto con ceniza de bagazo de caña es mayor al de la mezcla de control.

4.1.2 HIPÓTESIS NULA (H0)

H0.1: El módulo de ruptura del concreto con ceniza de bagazo de caña es menor o igual al de la mezcla control.

H0.2: La resistencia a la compresión del concreto con ceniza de bagazo de caña es menor o igual a la mezcla control.

4.2. OPERACIONALIZACIÓN

En la siguiente tabla podemos observar una guía que nos ayude a tener una mejor visión de la operacionalización de la investigación.

Tabla 3. Operacionalización de las variables

TITULO "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO MEZCLADO CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA"			
Problema	Objetivo General	Preguntas de investigación	Objetivos específicos
Encontrar un material de construcción innovador que sea más resistente, económico y ecológico que el concreto hidráulico a base de cemento portland.	1) Analizar el comportamiento mecánico y físico en el concreto mezclado con ceniza de bagazo de caña de azúcar mediante la creación de cilindros según norma ASTM- 39 y la elaboración de vigas para medir su resistencia a flexión.	1) ¿Cuál será el comportamiento del concreto reforzado con cenizas de bagazo de caña al ser sometidos a esfuerzos de tensión? 2) ¿Cuál será el comportamiento del concreto hidráulico reforzado con cenizas de bagazo de caña al ser sometidos a esfuerzos de compresión?	1) Calcular el comportamiento mecánico a compresión de cilindros de concreto mezclado con ceniza de bagazo de caña con un $f'c$ de 3,000 psi. 2) Determinar resistencia a flexión de una viga de concreto con dimensiones de 60x15x15 cm con un $f'c$ de 3,000 psi. 3) Evaluar la cantidad optima de ceniza de bagazo de caña para agregar a una mezcla mediante una curva de porcentaje de ceniza de bagazo de caña contra resistencia a compresión a los 28 días. 4) Comparar los precios entre concreto normal de control contra el concreto mezclado con ceniza de bagazo de caña.

Fuente: Propia

En la tabla 3. Podemos observar un breve resumen de lo que trata la investigación, sus objetivos tanto general como específico, también algunas preguntas de investigación y el problema general del producto final de esta investigación.

4.2.1 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

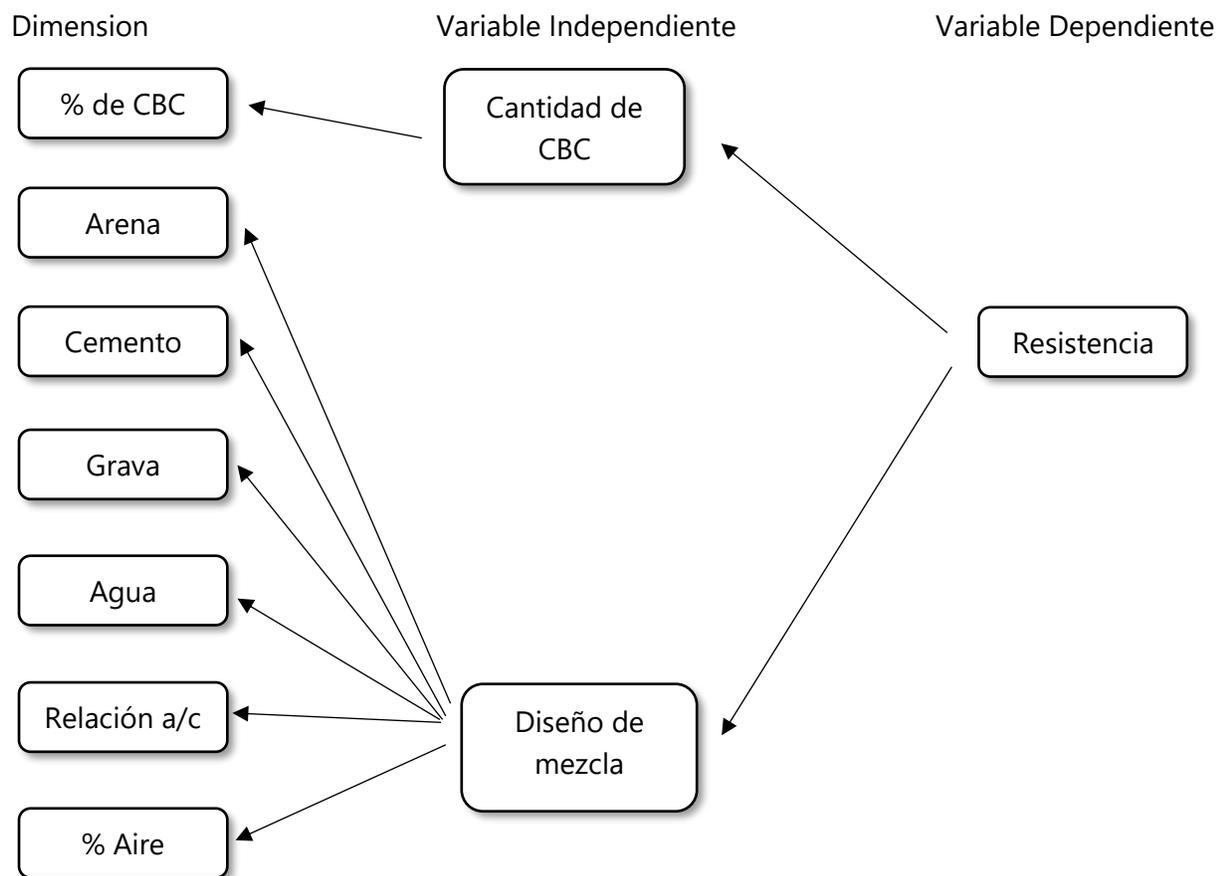


Ilustración 5. Diagrama de las variables de operacionalización

Fuente: Propia.

En la ilustración anterior se puede prestar atención a las variables de operacionalización. Se observan las variables dependientes y las independientes para un mejor entendimiento de la investigación.

4.3. ENFOQUE Y MÉTODOS

Para este determinado proyecto de investigación, se decidió darle un enfoque cuantitativo teniendo en cuenta que este método ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, así como también brinda una gran oportunidad de facilitar la comparación entre estudios similares. Esto permite la recolección de datos para poder hacer una comprobación adecuada de las hipótesis planteadas anteriormente.

4.3.1 TIPO DE DISEÑO

Es importante definir el tipo de diseño para poder tener una visión más amplia de lo que se pretende investigar y así poder abordar las hipótesis planteadas para poder concretar las conclusiones de una mejor manera.

A continuación, se muestra un diagrama de cómo está organizado el tipo de diseño para esta investigación:

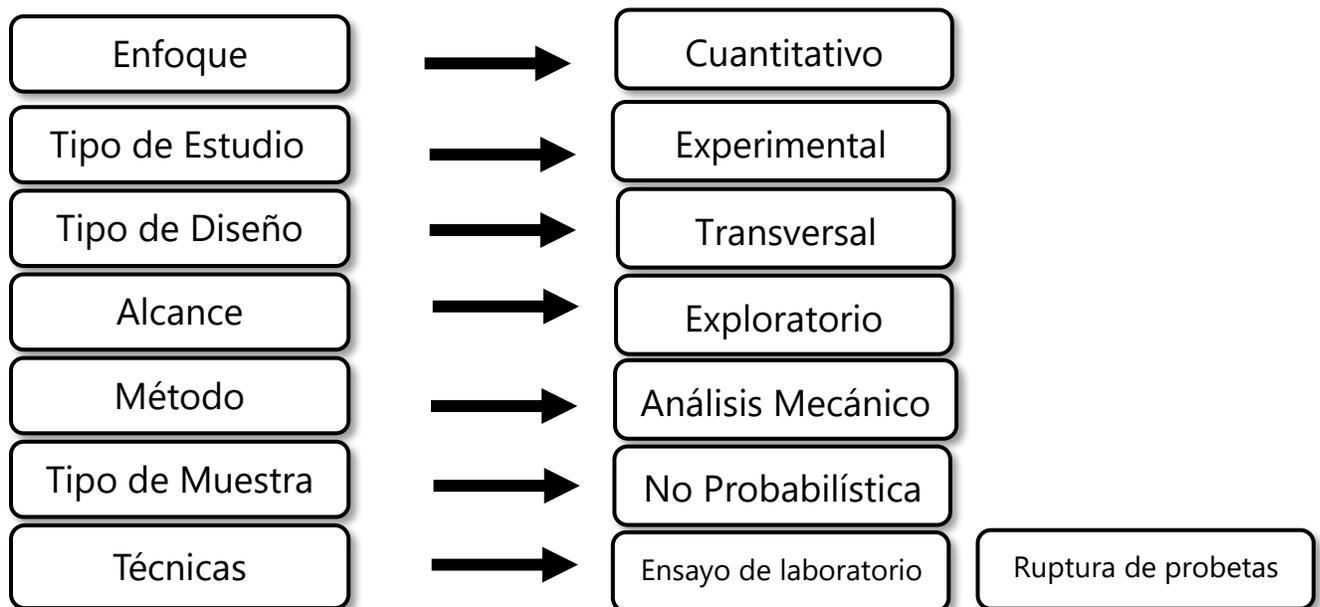


Ilustración 6. Tipo de diseño

Fuente: Propia

Método Cuantitativo

El método cuantitativo también conocido como investigación cuantitativa, empírico-analítico, racionalista o positivista es aquel que se basa en los números para investigar, analizar y comprobar información y datos: este intenta especificar y delimitar la asociación o correlación, además de la fuerza de las variables, la generalización y objetivación de cada uno de los resultados obtenidos para producir una población; y para esto se necesita una recaudación o acopio metódico u ordenado, y analizar toda la información numérica que se tiene. (Sampieri, 2014)

Este método es uno de los más utilizados por la ciencia, la informática, la matemática y como herramienta principal las estadísticas. Es decir que los métodos cuantitativos utilizan valores cuantificables como porcentajes, magnitudes, tasas, costos entre muchos otros; entonces se puede declarar que las investigaciones cuantitativas, realizan preguntas netamente específicas y las respuestas de cada uno de los participantes plasmados en las encuestas, obtienen muestras numéricas.

A continuación, se muestra un diagrama de cómo está estructurado el proceso cuantitativo:

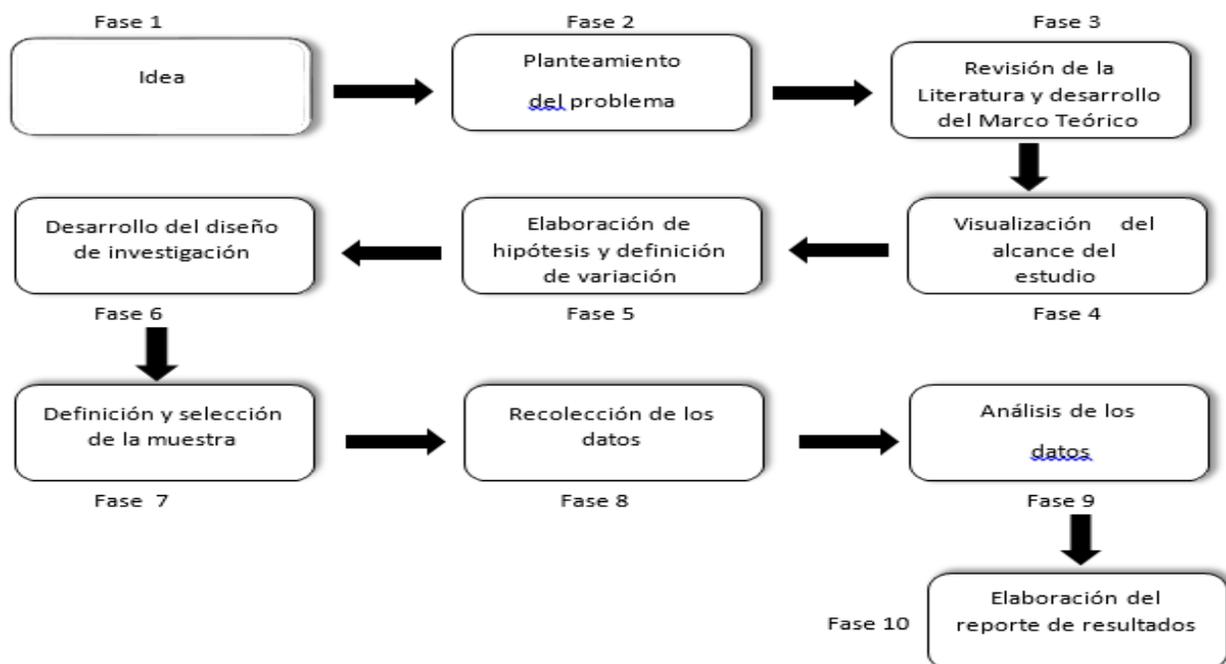


Ilustración 7. Proceso Cuantitativo

Fuente: (Sampieri, 2014)

En la ilustración 7. Se puede observar el proceso de cómo está estructurado el proceso cuantitativo que fue el elegido para esta investigación ya que permite hacer experimentos con manipulación de variables independientes, también facilita la realización de técnicas específicas en grupos determinados.

El enfoque cuantitativo tiene las siguientes características:

1. Que el investigador realice los siguientes pasos:
 - Plantear un problema de estudio delimitado y concreto.
 - Sobre la base de la revisión de la literatura se construye un marco teórico.
 - De dicha teoría se derivan las hipótesis.
 - Someter a prueba las hipótesis mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados. Si los resultados corroboran la hipótesis o son congruentes con estas, se aporta evidencia en su favor.
 - Para obtener tales resultados el investigador recolecta datos numéricos de los objetos fenómenos o participantes, que estudia y analiza mediante procedimientos estadísticos.
2. Las hipótesis se generan antes de recolectar y analizar los datos. Por esto se explica que las hipótesis se establecen previamente.
3. Las recolecciones de los datos se fundamentan en la medición (se miden variables o conceptos contenidos en las hipótesis).
4. Debido a que los datos son productos de mediciones, se representan mediante números (cantidades) y se deben analizar a través de métodos estadísticos.
5. En el proceso se busca el máximo control para lograr que otras explicaciones posibles distintas a la propuesta del estudio (hipótesis) sean desechadas y se excluya la incertidumbre y minimice el error.
6. Los análisis cuantitativos se interpretan a la luz de las proyecciones iniciales (hipótesis) y de estudios previos (teoría).
7. La investigación cuantitativa debe ser lo más objetiva posibles.
8. Los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurado (el proceso) y se debe tener en cuenta que las decisiones críticas son efectuadas antes de recolectar los datos.

9. En una investigación cuantitativa se pretende explicar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos.
10. Con los estudios cuantitativos se pretende explicar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos.
11. Los datos generados poseen los estándares de validez y confiabilidad, las conclusiones derivadas contribuirán a la generación de conocimiento.
12. Este enfoque utiliza la lógica o razonamiento deductivo, que comienza con la teoría y de esta se deriva expresiones lógicas denominadas hipótesis que el investigador busca someter a prueba.
13. La búsqueda cuantitativa ocurre en la realidad externa del individuo.

4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para la investigación tratada la población es el conjunto total de probetas creadas que posean algunas características en común, la muestra es un subconjunto de la población, en este caso tanto la población y la muestra serán de igual magnitud, ya que se consideró una muestra no probabilística y se ensayaron todas las probetas creadas.

4.4.1 POBLACIÓN

La población a estudiar está determinada por la cantidad de probetas a crear, se realizarán cilindros de prueba denominados probetas de los cuales en la siguiente tabla se especifica la cantidad a elaborar.

Tabla 4. Población

	Mezcla control	2% CBC	4% CBC	6% CBC	8% CBC	10% CBC	Total
Cilindros	9	9	9	9	9	9	54
Vigas	3	3	3	3	3	3	18
Total	12	12	12	12	12	12	72

Fuente: Propia

En la ilustración 7. Podemos observar que, para cada diferente mezcla creada con diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña, se realizaran 9 cilindros los cuales 3 se ensayaran a 7, 14 y 28 días respectivamente. Asimismo, la creación de vigas las cuales las 3 se ensayarán

únicamente a 28 días ya que para ese tiempo se estima que haya alcanzado el total de su resistencia.

4.4.2 MUESTRA

El tamaño de la muestra a analizar es exactamente el mismo al tamaño de la población ya que se eligió un tipo de muestra no probabilística, esto quiere decir que, de la población a estudiar, se tomara el cien por ciento para la muestra.

La muestra consta de 72 probetas, las cuales 54 son cilindros de concreto y 18 vigas de concreto, los dos casos de probetas son realizados según las especificaciones de las normas ASTM correspondientes para cada caso.

4.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

4.5.1 TÉCNICAS APLICADAS

Análisis Granulométrico

La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

Objetivos:

- Clasificar los tamaños de los agregados, según el tamaño del tamiz correspondiente.
- Determinar el módulo de finura para agregados finos y el tamaño máximo del agregado grueso.
- Determinar la curva granulométrica del suelo seleccionado.

Material:

Grava: Llamado también agregado grueso, es uno de los principales componentes del hormigón o concreto está formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El tamaño mínimo será de 4,8

mm. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo. Muestra de 1000 gr. De suelo para realizar el ensayo.

Procedimiento:

- Para iniciar esta práctica se realiza un cuarteo de grava y arena. Este procedimiento se realiza ya que se necesita tomar una muestra significativa de la porción del material.
- Una vez el material esta cuarteado se toma la muestra y se pesa.
- Luego el material es introducido a los tamices correspondientes para grava y para arena.
- Se colocan en el agitador mecánico por 15 minutos para que el material pueda ser calificado por su tamaño de mejor manera.
- Al terminar el tiempo se procede a calcular cuanto se retuvo en cada tamiz para así poder determinar el tipo de grava y arena que se tiene.

Cálculo:

- Sumar el porcentaje retenido en cada tamiz para obtener el peso retenido parcial, el cual de ser menor o igual al peso seco, aunque con una pequeña variación.
- Sumar el porcentaje retenido en cada tamiz para obtener el peso retenido parcial, el cual de ser menor o igual al peso seco, aunque con una pequeña variación.
- Obtener el peso retenido acumulado, porcentaje de peso retenido acumulado, porcentaje pasado para ambos agregados, además de calcular el módulo de finura de la arena.
- Obtener los valores máximos y mínimos permitidos. Dibujar la curva granulométrica y analizar su comportamiento si estos se encuentran dentro de los parámetros.

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{\Sigma PRA}{100}$$

Ecuación 1. Módulo de finura

Fuente: (ASTM C 136)

Peso Volumétrico

Establece el método para definir el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de vacíos de los agregados

Peso unitario de los agregados compactados:

- Método del apisonado
- Método del vibrado
- Método de llenado con pala

Vacío en los agregados:

Empleando los diferentes pesos unitarios obtenidos de los distintos métodos se puede realizar el cálculo de la siguiente forma:

$$\% \text{ Vacios} = \frac{(A * W) - B}{A * W}$$

Ecuación 2. Porcentaje de vacíos

Fuente: ASTM C29)

Donde:

A; Peso específico aparente

B: Peso unitario de los agregados

W: Peso unitario del agua

Peso específico y absorción (ASTM C127)

Establece los procedimientos a seguir para determinar los pesos específicos aparente y nominal, además de la absorción después de haber sumergido los agregados en 24 horas.

Procedimiento:

Agregado Grueso

- Primero tener sumergida la muestra de agregado grueso 24 horas en agua.
- Seleccione alrededor de 1,000 gramos de agregado grueso húmedo. Luego de ello se secan las partículas sobre una tela, hasta eliminar el agua superficial para llevar la muestra a condición SSD.

- Colocar la muestra de agregado grueso en el interior de la canastilla metálica y determinar su peso sumergido en agua.
- Después de ello se coloca la muestra en el horno a temperatura de 110 ± 5 °C y se deja reposar por 24 horas, se retira y se deja enfriar para poder calcular gravedad específica absorción.
- Sumergir la arena en agua, alcanzar el estado saturado con superficie seca, mediante el secado por aireado.
- Llene el picnómetro con agua destilada hasta la marca correspondiente y anote el peso del frasco con agua. El agua debe estar a temperatura ambiente.
- Vacíe el frasco hasta la mitad aproximadamente y añada el agregado SSD que había pesado, complete hasta la marca original con agua destilada adicional si fuese necesario.
- De vueltas al frasco para eliminar cualquier burbuja que pudiese formarse y pese el frasco con el agregado y el agua en gramos.
- Vierta el contenido del frasco en una bandeja. Utilice agua adicional para lavar el fresco si fuese necesario, de manera que no quede ninguna partícula de agregado en el frasco.
- Coloque la bandeja en el horno para que seque el agregado. Esto será por un tiempo de 24 horas o hasta que el agregado este completamente seco. Calcule las gravedades específicas y la absorción utilizando las ecuaciones explicadas

Cálculo:

Se calcula los pesos específicos aparente y nominales

Peso específico y absorción (Grava)

$$\text{peso específico Bulk} = \frac{A}{B - C}$$

Ecuación 3. Peso específico Bulk

Fuente: (ASTM C127)

$$\text{peso específico Bulk (SSD)} = \frac{B}{B - C}$$

Ecuación 4. Peso específico bulk saturado con superficie seca

Fuente: (ASTM C127)

$$\text{peso específico aparente} = \frac{A}{A - C}$$

Ecuación 5. Peso específico aparente

Fuente: (ASTM C127)

$$\text{porcentaje de absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Ecuación 6. Porcentaje de absorción

Fuente: (ASTM C127)

Peso específico y absorción (Arena):

$$\text{Peso específico Bulk} = \frac{A}{B + 500 - C}$$

Ecuación 7. Peso específico Bulk

Fuente: (ASTM C127)

$$\text{Peso específico Bulk (SSD)} = \frac{500}{B + 500 - C}$$

Ecuación 8. Peso específico bulk (SSD)

Fuente: (ASTM C127)

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

Ecuación 9. Peso específico aparente

Fuente: (ASTM C127)

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{500 - A}{A} * 100$$

Ecuación 10. Porcentaje de absorción

Fuente: (ASTM C127)

Donde:

A: Peso de la muestra secada al horno. (g)

B: Peso de la muestra SSD. (g)

C: Peso de la muestra sumergida en agua. (g)

Colorimetría (ASTM C40)

Establece el procedimiento necesario para determinar la presencia de materia y contenido orgánico en el agregado fino utilizados para realizar la mezcla de concreto hidráulico.

Procedimiento:

- Mezcle 15 gramos de soda caustica con 485 ml de agua en un beaker, se selecciona arena de que alcance un volumen de 130 ml aproximadamente.
- Se vierte agua destilada en el beaker de manera que llegue a la altura de 200 ml respectivamente, luego se agita hasta homogenizar.
- Se agrega la mezcla de soda acústica al beaker hasta la marca de 450 ml y se eliminan los vacíos de aire mediante movimientos repetitivos y giratorios.
- Se tapa la boca de cada beaker mediante un guante y se deja reposar por 24 horas.
- Comparar el color del agua con los 5 vidrios de colores estándar los cuales cada numeración hace referencia a las características de la muestra a analizar.

Diseño de mezcla (ACI 211.1)

Diseñar la mezcla de concreto hidráulico según las normas del ACI, determinar la consistencia y resistencia del concreto a las edades de 7,14 y 28 días.

Procedimiento:

Determinar los criterios de diseño: $F'c$ (esperado), revenimiento, relacio agua/cemento, porcentaje de aire, modulo de finura, gravedad especifica de los agregados y el cemento, peso volumétrico de los agregados y determinar el volumen de concreto necesario a utilizar.

$$Wg = Vg * Pvg$$

Ecuación 11. Peso de agregado grueso

Fuente: (ACI 211.1)

$$WC = \frac{W_w}{a/c}$$

Ecuación 12. Peso de cemento

Fuente: (ACI 211.1)

$$V_g = \frac{W_g}{G_{sg} * \gamma_w}$$

Ecuación 13. Volumen de grava

Fuente: (ACI 211.1)

Donde:

Vg: volumen de la grava

Pvg: peso volumétrico de la grava

Ww: peso del agua

a/c: relación agua-cemento

Wg: peso grava

Gsg: gravedad específica de la grava

Yw: peso específico del agua

Realización de la mezcla: primero diseñar la cantidad exacta de materiales a utilizar en la mezcla de concreto. Se deberá verificar primero si la mezcladora esta en optimas condiciones, de no ser asi, se deberá verter agua dentro de la mezcladora, se encenderá y se dejará por aproximadamente 1 minuto o el tiempo que se desee, para su limpieza, ya que así será más homogénea la mezcla. Luego pesar la grava, arena y cemento y medir la cantidad de agua para después colocar en su respectivo orden.

Revenimiento: Tome una muestra homogénea y representativa de la mezcla; humedezca el molde y colóquelo en una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda. De la muestra de concreto

obtenida, llene inmediatamente el molde en tres capas, cada una aproximadamente de 1/3 de la altura del molde, coloque el concreto en el molde usando el cucharón, compacte cada capa con 25 golpes de la varilla de compactación, sin tocar el fondo del cilindro para que el agregado grueso no se compacte en el fondo, compacte la segunda capa y la capa superior en todo su espesor, de tal manera que los golpes apenas penetren en la capa inferior, al llenar y compactar la capa superior, haga que el concreto exceda la capacidad del molde antes de empezar a varillar.

Llenado de cilindros y vigas:

- Marque apropiadamente el exterior del molde. No marque la tapa o la superficie.
- Coloque los moldes cilíndricos o prismas en una superficie nivelada. Determine el método de compactación.
- Determine el número de capas que se colocarán en el molde. 1. Para concreto compactado con varilla apisonadora, llene el molde en tres capas iguales para cilindros de 6" X 12" y prismas de 6"x 6" x 24".
- Coloque el concreto en el molde distribuyéndolo en el interior del molde con la cuchara. Compacte la capa apisonando 25 veces uniformemente distribuidas en la capa para los cilindros y para los prismas 75 golpes por capa. Cuando se emplee vibrador, introdúzcalo lo suficiente hasta que la superficie se empareje y se detenga la aparición de burbujas grandes de aire en la superficie.
- Golpee los lados del molde de 10 a 15 veces con el mazo de caucho luego de colocar cada capa para cerrar los vacíos dejados por la varilla o el vibrador.
- Enrase la superficie con la espátula o el palustre para obtener una superficie lisa y nivelada, y cubra los especímenes con una tapa o bolsa plástica.

Extracción de la muestra. Las muestras deben ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se empleen aditivos; en caso contrario, se podrán emplear tiempos diferentes.

Ambiente de curado a menos que se especifique otra cosa, las muestras se deben mantener en condiciones de humedad con temperatura de $23,0^{\circ} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ desde el momento del moldeo hasta el momento de ensayo.

El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado debe hacerse en un medio libre de vibraciones. La condición de humedad debe lograrse por inmersión de la muestra sin el molde en agua. Se permite lograr la condición de humedad por el almacenamiento en un cuarto húmedo. No deben exponerse los especímenes a condiciones de goteo o de corrientes de agua. Debe evitarse que se sequen las paredes de la muestra luego del periodo de curado.

Ceniza de bagazo de caña

La actividad puzolánica de las cenizas depende de algunos parámetros tales como: el tamaño de las partículas, la temperatura de calcinación, amorfo o naturaleza cristalina y la composición química. Estudios recientes han demostrado que los desechos de la industria azucarera, principalmente la ceniza de bagazo de caña, tienen actividad puzolánica derivado de su alto contenido de sílice en este material.

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

También se ha demostrado que la ceniza de bagazo de caña aumenta la resistencia a la compresión y a la penetración de iones de cloruro en el concreto en estado endurecido.

Para la preparación de la ceniza de bagazo de caña, se pasa por el tamiz número 200 y así evitar partículas muy grandes y eliminar material orgánico que no sea originario del bagazo de caña. Una vez tamizado, se deja 24 horas a una temperatura de 200 ± 10 grados Celsius para eliminar cualquier porcentaje de humedad que pueda tener la muestra.

4.5.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

1. Granulometría:

- Balanza: Herramienta para medir con exactitud de 0.1% con respecto al material usado. Se utilizó para obtener los pesos de los agregados.

- Agitador Mecánico: En el cual se colocará el juego de tamices con la muestra de agregado, y realizado varios movimientos a la vez, los agitará durante 15 minutos; permitiendo un mejor tamizado.
- Tara: Instrumento que sirve para almacenar o sostener cantidades de muestra. En la práctica se utilizó para depositar los agregados como la arena y grava.
- Pala: Herramienta para cavar y para recoger y trasladar materiales, en especial blandos o pastosos como arena o tierra, que consiste en una pieza plana de metal, madera o plástico, rectangular o trapezoidal, con los cantos más o menos redondeados, y normalmente algo cóncava, que está sujeta a un mango largo.
- Juego de tamices ASTM: Instrumento empleado en la separación del agregado por tamaños, formado por un marco metálico y alambres que se cruzan ortogonalmente formando aberturas cuadradas. Los tamices son ASTM son designados por medio de pulgadas y números de diámetros.

2. Peso Volumétrico:

- Varilla de compactación: una barra de acero de sección circular, rígida, lisa y no absorbente con uno de sus extremos de forma semiesférica del mismo diámetro de la varilla.
- Recipiente cilíndrico metálico: El peso de este recipiente se tara y se anota el resultado.

3. Peso específico

- Cono truncado: es el ensayo que se realiza al hormigón en su estado fresco, para medir su consistencia.
- Canasta metálica: Se utiliza para determinar la densidad relativa del árido grueso.
- Picnómetro: El Picnómetro es un instrumento de medición cuyo volumen es conocido y permite conocer la densidad o peso específico de cualquier fluido ya sea líquido o sólido mediante gravimetría a una determinada temperatura.

4. Colorimetría

- Beaker: Recipiente de vidrio transparente con forma cilíndrica y boca ancha, sirve para medir volumen de líquidos y también para calentar y mezclar sustancias.
- Escala de colores: Sirve para medir la escala de color de la arena.

5. Diseño de mezcla

- Carreta: es un pequeño vehículo normalmente de una sola rueda diseñado para ser propulsado por una sola persona y utilizado para el transporte a mano de carga.
- Moldes para cilindros: Los Moldes Cilíndricos de Alta Resistencia, están creados de acero y tienen un grosor de pared de 6,3 mm. (1/4 pulg.). Dispone de dos abrazaderas que están soldadas a lo largo de la abertura longitudinal del molde. Cuando se desenganchan las abrazaderas, los resortes del molde se separan ligeramente para facilitar la extracción de la muestra.
- Moldes para vigas: Los Moldes de Alta Resistencia para Vigas, se utilizan para moldear muestras de concreto para llevar a cabo pruebas de flexión, de acuerdo con las especificaciones ASTM y AASHTO.
- Varilla de compactación: una barra de acero de sección circular, rígida, lisa y no... concreto por encima del borde superior antes de empezar la compactación.
- Máquina universal a la compresión y flexión: En ingeniería se denomina máquina universal a una máquina semejante a una prensa con la que es posible someter materiales a ensayos de tracción y compresión para medir sus propiedades.

4.6. UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA

4.6.1 UNIDAD DE ANÁLISIS

Para identificar la unidad de análisis es necesario responder a una interrogante: ¿A quién se va investigar? O ¿A qué se va investigar? En este caso, para la obtención de información y teniendo

en cuenta las interrogantes anteriores, se determinó el estudio de especímenes de concreto en el cual se elaborarán una cantidad determinada de probetas de concreto hidráulico con diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña

4.6.2 UNIDAD DE RESPUESTA

La unidad de respuesta se pondrá de referencia la resistencia alcanzada tanto para los cilindros y vigas, en términos de fuerza dada en libras sobre pulgadas cuadradas, para las diferentes edades a ensayar y para los diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña.

4.7. MATERIALES

El concreto hidráulico es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena, grava y en algunos casos se utilizan aditivos. Es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su duración, resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y economía.

1. Cemento tipo GU: El cemento Hidráulico tipo GU es aquel tipo de cemento que puede ser utilizado en todo tipo de construcciones siempre y cuando éstas no requieran las características y propiedades especiales de otro tipo de cemento.
2. Ceniza de Bagazo de Caña: El bagazo de caña de azúcar una vez es utilizado en las calderas industriales, da lugar a la CBC, este material al igual que los residuos del carbón o cenizas volantes es considerado un material con carácter puzolánico por algunos investigadores.
3. Agregado grueso: La grava o agregado grueso es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de hormigón.
4. Agregado Fino: La arena, agregado fino o árido fino se refiere a la parte del árido o material cerámico inerte que interviene en la composición del hormigón.

5. Agua: Es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.
6. Agua destilada: El agua destilada es aquella sustancia cuya composición se basa en la unidad de moléculas de H₂O y ha sido purificada o limpiada mediante destilación.

4.8. FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información son instrumentos que permiten ser usadas para ir adquiriendo el conocimiento, búsqueda y acceso a la información. Para poder estar informado de los nuevos temas y avances en el campo de la ingeniería civil, es necesario recurrir a distintas fuentes de información que puedan brindar objeciones concretas a determinadas interrogantes planteadas con anticipación

4.8.1 FUENTES PRIMARIAS

- Conocimientos básicos sobre técnicas desarrolladas en los laboratorios de ingeniería civil para el estudio adecuado de los materiales que se usaron en el proyecto de investigación.

4.8.2 FUENTES SECUNDARIAS:

Las fuentes secundarias contienen información organizada, elaborada, producto de análisis, extracción o reorganización que refiere a documentos primarios originales. Son fuentes secundarias: enciclopedias, antologías, directorios, libros o artículos que interpretan otros trabajos o investigaciones.

- Tesis: Se utilizaron algunas tesis que se hicieron relacionada al tema en varios países.

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. GRANULOMETRÍA

5.1.1 ANÁLISIS AL AGREGADO GRUESO

En la siguiente tabla se muestran los resultados de realizar el ensayo de granulometría de la grava

Tabla 5 . Granulometría de grava

Tamiz	Equiv. Tamiz (mm)	Peso Retenido Individual (P.R.I)	Peso Retenido Acumulado (P.R.A.)	% Peso Retenido Individual (% P.R.I.)	% Peso Retenido Acumulado (% P.R.A.)	% PASADO (% P)
1 1/2"	38.1	0	0	0	0	100.00
1"	25.4	0	0	0	0	100.00
3/4"	19.05	62.25	62.25	3.34	3.34	96.66
1/2"	12.7	814.81	877.06	43.69	47.02	52.98
3/8"	9.51	617.81	1494.87	33.12	80.15	19.85
No. 4	4.76	354	1848.87	18.98	99.13	0.87
No. 8	2.38	3.6	1852.47	0.19	99.32	0.68
FONDO		12.66	1865.13	0.68	100.00	0
TOTAL		1865.13				

Fuente: Propia

Tamaño máximo de áridos (TMA) = 3/4" (20mm)

En la tabla 5 se muestran los valores obtenidos al realizar la granulometría de la grava.

Peso Retenido Acumulado (P.R.A)

Tamiz = P. R. I + P. R. A (anterior)

Tamiz_{1 1/2"} = 0 + 0 = 0

Tamiz_{1"} = 0 + 0 = 0

Tamiz_{3/4"} = 0g + 62.25 g = 62.25 g

Tamiz_{1/2"} = 62.25 g + 814.81g = 877.06 g

Tamiz_{3/8"} = 877.06 g + 617.81 g = 1494.87 g

Tamiz_{#4} = 1494.87 g + 354.00g = 1848.87 g

Tamiz_{#8} = 1848.87 g + 3.6 g = 1852.47 g

$$\text{Fondo} = 1852.47 \text{ g} + 12.66 \text{ g} = 1865.13 \text{ g}$$

Porcentaje Peso Retenido Individual (% P.R.I.)

$$\text{Tamiz} = \frac{\text{PRI}}{\sum \text{PRI}}$$

$$\text{Tamiz}_{3/4"} = \frac{62.252}{1865.13} * 100 = 3.34 \%$$

$$\text{Tamiz}_{1/2"} = \frac{814.81}{1865.13} * 100 = 43.69 \%$$

$$\text{Tamiz}_{3/8"} = \frac{617.81}{1865.13} * 100 = 33.12 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#4} = \frac{354.00}{1865.13} * 100 = 18.98\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#8} = \frac{3.6}{1865.13} * 100 = 0.19\%$$

$$\text{Fondo} = \frac{12.66}{1865.13} * 100 = 0.68\%$$

Porcentaje Peso Retenido Acumulado (%PRA)

$$\% \text{PRA} = \frac{\text{PRA}}{\text{PRA}_{\text{Fondo}}}$$

$$\text{Tamiz}_{3/4"} = \frac{62.25}{1865.13} * 100 = 3.34 \%$$

$$\text{Tamiz}_{1/2"} = \frac{877.06}{1865.13} * 100 = 47.02\%$$

$$\text{Tamiz}_{3/8"} = \frac{1494.87}{1865.13} * 100 = 80.15\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#4} = \frac{1848.87}{1865.13} * 100 = 99.13 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#8} = \frac{1852.47}{1865.13} * 100 = 99.32\%$$

$$\text{Fondo} = \frac{1865.13}{1865.13} * 100 = 100\%$$

Porcentaje Pasado (%P)

$$\%P = 100 - \%PRA$$

$$\text{Tamiz}_{1\ 1/2"} = 100 - 0 = 100\%$$

$$\text{Tamiz}_{1"} = 100 - 0 = 100\%$$

$$\text{Tamiz}_{3/4"} = 100 - 3.34\% = 96.66\%$$

$$\text{Tamiz}_{1/2"} = 100 - 47.02\% = 52.98\%$$

$$\text{Tamiz}_{3/8"} = 100 - 80.15\% = 19.85\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#4} = 100 - 99.13\% = 0.87\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#8} = 100 - 99.32\% = 0.68\%$$

$$\text{Fondo} = 100 - 100\% = 0\%$$

5.1.2 ANÁLISIS AL AGREGADO FINO

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados del análisis granulométrico de la arena.

Tabla 6. Granulometría de arena

TAMIZ	EQUIV. TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO INDIVIDUAL (P.R.I)	PESO RETENIDO ACUMULADO (P.R.A)	% PESO RETENIDO INDIVIDUAL (%P.R.I)	PESO RETENIDO ACUMULADO (%PRA)	% PASADO (%P)
3/8"	9.51	0	0	0	0	100
No. 4	4.76	7.18	7.18	2.00	2.00	98.00
No. 8	2.38	65.35	72.53	18.21	20.21	79.79
No. 16	1.19	90.25	162.78	25.15	45.35	54.65
No. 30	0.595	84.36	247.14	23.50	68.86	31.14
No. 50	0.297	84.45	331.59	23.53	92.39	7.61
No. 100	0.149	2.83	334.42	0.79	93.18	6.82
No. 200	0.074	19.13	353.55	5.33	98.51	1.49
FONDO		5.36	358.91	1.49	100.00	0.0
		358.91				

Fuente: Propia

En la tabla 6, se muestra los valores obtenidos al realizar la granulometría de la arena. Estos resultados son necesarios para poder determinar el módulo de finura del agregado fino a utilizar en la mezcla.

Peso Retenido Acumulado (P.R.A)

Tamiz = P. R. I + P. R. A (anterior)

$$\text{Tamiz}_{3/8"} = 0\text{g} + 0 = 0\text{g}$$

$$\text{Tamiz}_{\#4} = 0\text{g} + 7.18\text{g} = 7.18\text{g}$$

$$\text{Tamiz}_{\#8} = 7.18\text{g} + 65.35\text{g} = 72.53\text{g}$$

$$\text{Tamiz}_{\#16} = 72.53\text{g} + 90.25\text{g} = 162.78\text{g}$$

$$\text{Tamiz}_{\#30} = 162.78\text{g} + 84.36\text{g} = 247.14\text{g}$$

$$\text{Tamiz}_{\#50} = 247.14\text{g} + 84.45\text{g} = 331.59\text{g}$$

$$\text{Tamiz}_{\#100} = 331.59\text{g} + 2.83\text{g} = 334.42\text{g}$$

$$\text{Tamiz}_{\#200} = 334.42\text{g} + 19.13\text{g} = 353.55\text{g}$$

$$\text{fondo} = 353.55\text{g} + 5.36\text{g} = 358.91\text{g}$$

Porcentaje Peso Retenido Individual (%PRI)

$$\text{Tamiz} = \frac{\text{PRI}}{\sum \text{PRI}}$$

$$\text{Tamiz}_{3/8"} = \frac{0}{358.91} * 100 = 0\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#4} = \frac{7.18}{358.91} * 100 = 2.00\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#8} = \frac{65.35}{358.91} * 100 = 18.21\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#16} = \frac{90.25}{358.91} * 100 = 25.15\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#30} = \frac{84.36}{358.91} * 100 = 23.50\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#50} = \frac{84.45}{358.91} * 100 = 23.53\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#100} = \frac{2.83}{358.91} * 100 = 0.79\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#200} = \frac{19.13}{358.91} * 100 = 5.33\%$$

$$\text{Fondo} = \frac{5.36}{358.91} * 100 = 1.49\%$$

Porcentaje Peso Retenido Acumulado (%PRA)

$$\%PRA = \frac{PRA}{PRA_{Fondo}}$$

$$\text{Tamiz}_{3/8"} = \frac{0}{358.91} * 100 = 0.0\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#4} = \frac{7.18}{358.91} * 100 = 2.00\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#8} = \frac{72.53}{358.91} * 100 = 20.21 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#16} = \frac{162.78}{358.91} * 100 = 45.35\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#30} = \frac{247.14}{358.91} * 100 = 68.86\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#50} = \frac{331.59}{358.91} * 100 = 92.39\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#100} = \frac{334.42}{358.91} * 100 = 93.18\%$$

$$\text{Tamiz}_{\#200} = \frac{353.55}{358.91} * 100 = 98.51\%$$

$$\text{Fondo} = \frac{358.91}{358.91} * 100 = 100\%$$

Porcentaje Pasado (%)

$$\%P = 100 - \%PRA$$

$$\text{Tamiz}_{3/8"} = 100 - 0\% = 100 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#4} = 100 - 2 = 98 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#8} = 100 - 20.21 \% = 79.79 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#16} = 100 - 45.35 \% = 54.64 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#30} = 100 - 68.86 \% = 31.14 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#50} = 100 - 92.39 \% = 7.61 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#100} = 100 - 93.18 \% = 6.82 \%$$

$$\text{Tamiz}_{\#200} = 100 - 98.51\% = 1.49\%$$

$$\text{Fondo} = 100 - 100\% = 0\%$$

$$\text{Modulo de finura arena} = \frac{2 + 20.21 + 45.35 + 68.86 + 92.39 + 93.18}{100}$$

$$\text{Modulo de finura arena} = 3.22$$

En la siguiente tabla se puede observar una pequeña tabla de categorización de la arena según su módulo de finura.

Tabla 7. Tipo de arena según módulo de finura

Módulo de Finura	Tipo de Arena
<=2.3	Fina
2.3-3.1	Mediana
>=3.1	Arena Gruesa

Fuente: (Vilalaz, 2004)

Según la tabla 7. Dados los resultados obtenidos de módulo de finura para el agregado fino, se puede concluir que el tipo de agregado fino utilizado para esta investigación es Arena Gruesa.

5.2. PESO VOLUMÉTRICO

5.2.1 PESO VOLUMÉTRICO DE GRAVA

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para la calibración de recipiente.

Tabla 8. Calibración de recipiente

Calibración de recipiente	
Peso de Recipiente	2.15 lb.
Peso de Recipiente + Agua	46.15 lb.
Peso de Agua neto	44 lb.
Temperatura del agua	25.5 ° C
Peso específico del Agua	62.24 lb/pie3
Volumen de Recipiente	0.706931 pie3

Fuente: Propia

En la tabla 8, se determinó los datos para la calibración de recipiente. Los cuales son necesarios para obtener el peso volumétrico de la grava.

Interpolación

$$\frac{62.274 - X}{62.274 - 62.216} = \frac{23.9 - 25.5}{29.9 - 26.7}$$

$$X = 62.24 \text{ lb/pie}^3$$

Volumen de recipiente

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso neto de agua}}{\text{Peso específico del agua}} = \frac{44 \text{ lb.}}{62.2409 \text{ lb/pie}^3} = 0.706931 \text{ pie}^3$$

5.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA

5.3.1 GRAVEDAD ESPECÍFICA PARA GRAVA

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos para la gravedad específica de la grava.

Tabla 9. Gravedad específica de grava

Pesos	(g)
Peso de tara:	191.65
Peso arena _{SSD} (B)	1000.16
Peso canasta sumergida	810
Peso grava sumergida + canasta	1418.58
Peso de grava sumergida en agua (C)	608.58
Peso de la muestra seca en tara	1012.96
Peso de la muestra secada en horno (A)	993.14

Fuente: Propia

En la tabla 9, se obtiene los datos de la gravedad específica de la grava. Al obtener estos datos se puede calcular el % de humedad de la grava.

$$\text{Gravedad específica de masa seca (Gs)} = \frac{A}{B-C} = \frac{993.14}{1000.16-608.58} = 2.536$$

$$\text{Gravedad específica de masa SSD} = \frac{B}{B-C} = \frac{1000.16}{1000.16-608.58} = 2.554$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = \frac{A}{A-C} = \frac{993.14}{993.14-608.58} = 2.582$$

$$\% \text{ absorción} = \frac{B-A}{A} * 100 = \frac{1000.16-993.14}{993.14} * 100 = 0.70 \%$$

El porcentaje de humedad

$$\% \text{ humedad} = \frac{1000.16-993.14}{1000.16} * 100 = 0.70\%$$

5.3.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA PARA ARENA

En la siguiente tabla se determina los datos de la gravedad específica de la arena.

Tabla 10. Gravedad específica de la arena

Pesos	(g)
Peso matraz + agua (B)	338.48
Peso matraz + agua + arena (C)	388.38
Peso muestra SSD	80.00
Peso de la tara	158.76
Peso arena seca 24 horas a 110+/-5 C (A)	79.55

Fuente: Propia

En la tabla 10, se obtiene la gravedad específica de la arena. Estos datos son útiles para obtener el % de absorción de la arena.

$$\text{Peso específico bulk} = \frac{A}{B+80-C} = \frac{79.55}{338.48+80-388.38} = 2.642$$

$$\text{Peso específico bulk SSD} = \frac{80}{B+80-C} = \frac{80}{338.48+80-388.38} = 2.657$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B+A-C} = \frac{79.55}{338.38+79.55-388.48} = 2.70$$

$$\% \text{ absorción} = \frac{80-A}{A} * 100 = \frac{80-79.55}{79.55} * 100 = 0.565$$

$$\% \text{ humedad} = \frac{80-A}{80} * 100 = \frac{80-79.55}{80} * 100 = 0.562\%$$

5.4. DISEÑO DE MEZCLA

Datos

F'c de diseño= 3,000 psi

Revenimiento= 3 pulgadas

Módulo de finura= 3.22

Gravedad específica (grava)= 2.53

Gravedad específica (arena)= 2.64

Gravedad específica (cemento)= 3.15

Peso volumétrico grava= 103.26 lb/pie³

Relación agua/cemento= 0.68

Peso del agua= 360 lb/yd³

Porcentaje de aire= 2 %

Volumen de Grava:

$$V'g = 0.6539 \frac{yd^3}{yd^3} * 27 \frac{pie^3}{yd^3} = 17.65 \frac{pie^3}{yd^3}$$

Peso de grava

$$Wg = 17.65 \frac{pie^3}{yd^3} * 103.26 \frac{lb}{pie^3} = 1823.14 \frac{lb}{yd^3}$$

Peso de cemento

$$Wc = \frac{Ww}{a/c} = \frac{360 \frac{lb}{yd^3}}{0.68} = 529.41 \frac{lb}{yd^3}$$

Volumen de grava

$$V_g = \frac{W_g}{G_{sg} * \gamma_w} = \frac{1823.14 \frac{lb}{yd^3}}{2.53 * 62.4} = 11.52 \frac{pie^3}{yd^3}$$

Volumen de agua

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{360 \frac{lb}{yd^3}}{62.4 \frac{lb}{pie^3}} = 5.77 \frac{pie^3}{yd^3}$$

Volumen de cemento

$$V_c = \frac{W_c}{G_{sg} * \gamma_w} = \frac{529.41 \frac{lb}{yd^3}}{3.15 * 62.4 \frac{lb}{pie^3}} = 2.69 \frac{pie^3}{yd^3}$$

Volumen de aire

$$V_a = 2\% \text{ aire} * 27 \frac{pie^3}{yd^3} = 0.54 \frac{pie^3}{yd^3}$$

Volumen de arena

El volumen total de la mezcla es la suma de todos los volúmenes:

$$V_t = V_g + V_w + V_c + V_a + V_s$$

Despejando para V_s

$$V_s = V_t - V_g - V_w - V_c - V_a$$

$$V_s = 27 \frac{pie^3}{yd^3} - 11.52 \frac{pie^3}{yd^3} - 5.77 \frac{pie^3}{yd^3} - 2.69 \frac{pie^3}{yd^3} - 0.54 \frac{pie^3}{yd^3}$$

$$V_s = 6.48 \frac{pie^3}{yd^3}$$

Teniendo el volumen de arena, se procede a determinar el peso de la arena:

$$W_s = G_{ss} * V_s * \gamma_w = 2.64 * 6.48 * 62.4$$

$$W_s = 1067.48 \frac{lb}{yd^3}$$

El peso total (WT) de la mezcla será

$$W_t = W_g + W_c + W_w + W_s$$

$$W_t = 1823.14 \frac{lb}{yd^3} + 529.41 \frac{lb}{yd^3} + 360 \frac{lb}{yd^3} + 1066.91 \frac{lb}{yd^3}$$

$$W_t = 3779 \frac{lb}{yd^3}$$

Relación de peso de mezcla:

$$W_t = \frac{575 \text{ lb}}{3779 \frac{lb}{yd^3}} = 0.152$$

Peso de grava necesario para 575 lb de mezcla:

$$0.152 * 1823.14 \frac{lb}{yd^3} = 277.37 \text{ lb}$$

Peso de cemento necesario para 575 lb de mezcla:

$$0.152 * 529.41 \frac{lb}{yd^3} = 80.5 \text{ lb}$$

Peso de arena necesario para 575 lb de mezcla:

$$0.152 * 1066.91 \frac{lb}{yd^3} = 162.32 \text{ lb}$$

Peso de agua necesario para 575 lb de mezcla:

$$0.152 * 360 \frac{lb}{yd^3} = 54.72 \text{ lb}$$

En la tabla siguiente se dan a conocer los valores que fueron utilizados para los diseños de los diferentes tipos de mezcla

Tabla 11. Porcentaje y pesos de ceniza utilizada

Tipo de mezcla	% de ceniza	Peso de cemento (lb)	Peso de ceniza (lb)
Mezcla control	0 %	80.5 lb	0 lb
Mezcla 1	2 %	78.89 lb	1.61 lb
Mezcla 2	4 %	77.28 lb	3.22 lb
Mezcla 3	6 %	75.67 lb	4.83 lb
Mezcla 4	8 %	74.06 lb	6.44 lb
Mezcla 5	10 %	72.45 lb	8.05 lb

Fuente: Propia

En la tabla 11. Se observa los porcentajes de ceniza utilizados para poder proseguir con la elaboración de las probetas de concreto hidráulico.

5.3.3 RESULTADOS DE PRUEBA A COMPRESIÓN A 7 DÍAS

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 7 días de mezcla control.

Tabla 12. Prueba a compresión los 7 días mezcla control

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	30.6	1818	60.6
2	29.4	2007	66.9
3	29.4	1833	61.1
Promedio	29.8	1886	62.86

Fuente: Propia

En la tabla 12, se muestran los datos obtenidos de la prueba a compresión de la mezcla a control de 7 días.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 7 días del concreto mezclado con 2% de CBC.

Tabla 13. Prueba a compresión a los 7 días con 2 % de CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	30.2	1815	60.5
2	29.6	1796	59.86
3	29.8	1760	58.66
Promedio	29.8	1790	59.67

Fuente: Propia

En la tabla 13, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 2% de CBC a los 7 días para obtener sus datos.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 7 días del concreto mezclado con 4% de CBC.

Tabla 14. Prueba a compresión a los 7 días con 4% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	29	2927	97.57
2	29	3034	101.13
3	30.4	2971	99.03
Promedio	29.47	2977	99.24

Fuente: Propia

En la tabla 14, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 4% de CBC a los 7 días para obtener sus datos.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 7 días del concreto mezclado con 6% de CBC.

Tabla 15. Prueba a compresión a los 7 días con 6% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	28	2651	88.37
2	27	2236	74.53
3	28.9	2538	84.6
Promedio	27.97	2475	82.5

Fuente: Propia

En la tabla 15, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 4% de CBC a los 7 días para obtener sus datos.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 7 días del concreto mezclado con 8% de CBC.

Tabla 16. Prueba a compresión a los 7 días con 8% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	27	1481	49.37
2	26	1439	47.97
3	26	1590	53.00
Promedio	26.5	1503	50.11

Fuente: Propia

En la tabla 16, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 8% de CBC a los 7 días para obtener sus datos.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 7 días del concreto mezclado con 10% de CBC.

Tabla 17. Prueba a compresión a los 7 días con 10% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	27	1701	56.7
2	28	1907	63.57
3	28.5	1828	60.93
Promedio	27.83	1812	60.4

Fuente: Propia

En la tabla 17, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 10% de CBC a los 7 días para obtener sus datos.

En la siguiente tabla se puede observar un gráfico comparativo de las resistencias a compresión de las diferentes mezclas a los 7 días

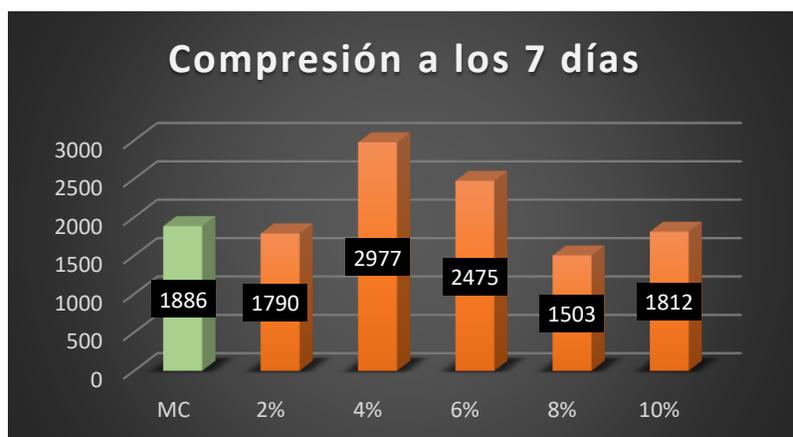


Ilustración 7. Gráfico comparativo de compresión a los 7 días

Fuente: Propia

En la ilustración 8, se puede observar una gráfica comparativa entre la resistencia obtenida para cada una de las mezclas a los 7 días. Se puede identificar la mezcla con el 4% de ceniza de bagazo de caña como la de mayor resistencia alcanzada.

5.3.4 RESULTADOS DE PRUEBA A COMPRESIÓN A 14 DÍAS

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 14 días de mezcla control.

Tabla 18. Prueba a compresión a los 14 días mezcla control

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	29	2281	76.03
2	30	2096	69.87
3	30	2482	82.73
Promedio	29.67	2286.33	76.21

Fuente: Propia

En la tabla 18, se muestran los datos obtenidos de la prueba a compresión de la mezcla a control de 14 días. Se debe tomar en cuenta los porcentajes de resistencia alcanzada que en promedio muestra un 76.21% que, para la edad de 14 días, es un porcentaje favorable.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 14 días del concreto mezclado con 2% de CBC.

Tabla 19. Prueba a compresión a los 14 días con 2% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	32.8	2125	70.83
2	30.8	2036	67.87
3	28.8	2212	73.73
Promedio	30.8	2124.33	70.81

Fuente: Propia

En la tabla 19, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 2% de CBC a los 14 días para obtener sus datos. Se muestra un porcentaje de resistencia alcanzado un poco más bajo que la resistencia para la mezcla control.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 14 días del concreto mezclado con 4% de CBC.

Tabla 20. Prueba a compresión a los 14 días con 4% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	28.8	3475	115.83
2	29	3183	106.1
3	29	3335	111.16
Promedio	28.9	3331	111.03

Fuente: Propia

En la tabla 20, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 4% de CBC a los 14 días para obtener sus datos. Aquí se puede mostrar como para la mezcla de concreto con un 4 % de CBC, muestra un incremento en su resistencia, para la edad de 14 días se demuestra que ha alcanzado su resistencia máxima de diseño que en este caso era de 3,000 psi. La resistencia total alcanzada para la edad de 14 días en esta mezcla fue de 3,331 psi, alcanzando un total de 111.03% de su capacidad máxima de diseño.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 14 días del concreto mezclado con 6% de CBC.

Tabla 21. Prueba a compresión a los 14 días con 6% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	27.6	2724	90.8
2	30	2848	94.93
3	28.8	2861	95.37
Promedio	28.8	2811	93.7

Fuente: Propia

En la tabla 21, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 6% de CBC a los 14 días para obtener sus datos.

En la siguiente tabla se observan los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 14 días del concreto mezclado con 8% de CBC.

Tabla 22. Prueba a compresión a los 14 días con 8% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	29.2	2025	67.5
2	29.2	2065	68.83
3	29.2	2007	66.9
Promedio	29.2	2032.33	67.56

Fuente: Propia

En la tabla 22, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 8% de CBC a los 14 días para obtener sus datos.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos para las Pruebas a compresión a los 14 días del concreto mezclado con 10% de CBC.

Tabla 23. Prueba a compresión a los 14 días con 10% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	29	2124	70.8
2	29.2	1974	65.8
3	30.6	2196	73.2
Promedio	29.6	2098	69.9

Fuente: Propia

En la tabla 23, se hizo la prueba a compresión de 3 cilindros de concreto mezclado con 10% de CBC a los 14 días para obtener sus datos. Se puede observar que comparado con el concreto mezclado con 8% de ceniza de bagazo de caña, este ha mostrado un incremento en su resistencia.

En la siguiente ilustración se puede observar un gráfico comparativo de las resistencias a compresión de las diferentes mezclas a los 14 días

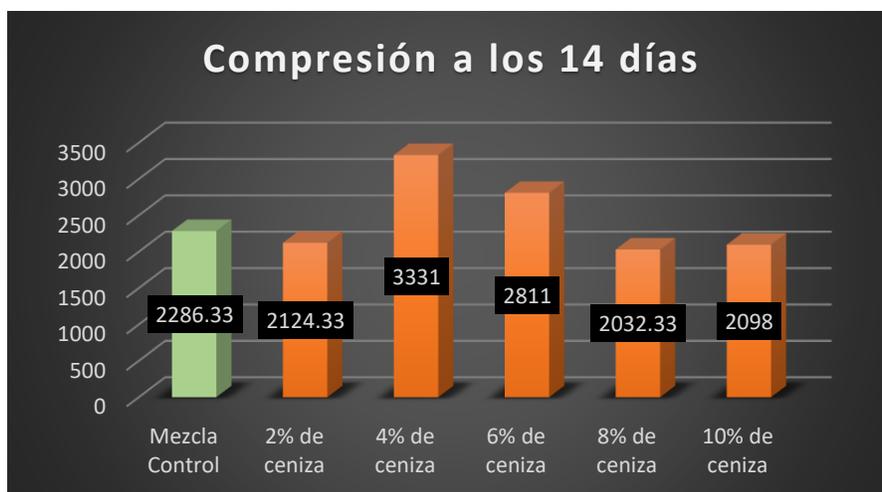


Ilustración 8. Gráfico comparativo de compresión a los 14 días

Fuente: Propia

En la ilustración 8, se observa la resistencia obtenida para cada una de las mezclas a los 14 días. Se puede apreciar el mismo comportamiento con una curva gráfica con característica en forma de una campana, esta conducta se puede evaluar a lo largo de todos los ensayos en las diferentes edades del concreto.

5.3.5 RESULTADOS DE PRUEBA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS

En la siguiente tabla, se muestran los resultados obtenidos para las pruebas de compresión de la mezcla control a la edad de 28 días.

Tabla 24. Prueba a compresión a los 28 días mezcla control

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	29.4	2758	91.93
2	30.5	2716	90.53
3	29.9	2640	88
Promedio	29.93	2704.67	90.1

Fuente: Propia

En la tabla 24. Se puede observar los resultados obtenidos dando como resultado una resistencia promedio alcanzada de 2704.67 psi, esto equivale al 90.1% de la resistencia de diseño.

En la tabla que se muestra a continuación, se dan a conocer los resultados de las pruebas obtenidas a los cilindros ensayados a compresión.

Tabla 25. Prueba a compresión a los 28 días con 2% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	29.3	2416	50.73
2	29.8	2350	39.8
3	30.2	2010	45.2
Promedio	29.76	2258.7	45.24

Fuente: Propia

En la tabla 25. Se muestran los resultados y se determina que la mezcla de concreto con 2% de ceniza de bagazo dan resultados negativos.

A continuación, se muestra una tabla con los resultados obtenidos de las pruebas a compresión realizadas a las probetas con 4% de CBC a la edad de 28 días.

Tabla 26. Prueba a compresión a los 28 días con 4% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	29.6	3577	119.23
2	29.9	3625	120.83
3	30	3554	118.46
Promedio	29.83	3585.33	119.50

Fuente: Propia

En la tabla mostrada anteriormente, se muestran los mejores resultados, las pruebas realizadas a los 28 días para la mezcla con 4% de CBC proyectaron los mejores resultados, alcanzando una resistencia máxima de 3585.33 Psi, equivalente al 119.5 % de la resistencia máxima de diseño.

En la siguiente tabla, se muestran los resultados obtenidos a partir de las pruebas a compresión realizada a la mezcla de concreto incorporada con un 6% de ceniza de bagazo de caña para la edad de 28 días.

Tabla 27. Prueba a compresión a los 28 días con 6% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	29.2	3392	113.6
2	29.7	3140	104.66
3	29.5	3130	104.33
Promedio	29.47	3220.67	107.53

Fuente: Propia

En la tabla 27. Se muestran los resultados obtenidos, se puede observar que los resultados han sido positivos ya que la mezcla alcanzo un máximo promedio de resistencia de 3220.67 Psi, esto equivale al 107.53% de su resistencia máxima de diseño.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las pruebas a compresión realizada a los 28 días para los cilindros hechos con 8% de CBC.

Tabla 28. Prueba a compresión a los 28 días con 8% CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	30.1	2177	72.57
2	29.9	2514	83.8
3	29.8	2291	76.36
Promedio	29.93	2327.33	77.57

Fuente: Propia

En la tabla mostrada anteriormente, se puede comprender que la adición de ceniza de bagazo de caña en esta mezcla ha disminuido la resistencia máxima alcanzada en comparación con la mezcla que solo tenía un 4% de CBC.

En la tabla que se muestra a continuación, se podrán observar los resultados obtenidos a partir de las pruebas a compresión realizadas a los 28 días para el concreto incorporado con 10% de ceniza de bagazo de caña.

Tabla 29. Prueba a la compresión a los 28 días con 10% de CBC

Prueba a la compresión			
Cilindros	Peso de probeta (lb)	Resistencia (psi)	% resistencia alcanzada
1	29.9	2529	84.3
2	29.9	2348	78.26
3	30	2510	83.66
Promedio	29.93	2462.33	82.7

Fuente: Propia

En los resultados mostrados en la tabla 29. Se puede observar como los resultados mejoraron en comparación con la mezcla de 8%, esta mezcla alcanzo unos resultados mas favorables alcanzando un 82.7 por ciento de la resistencia de diseño.

En la siguiente ilustración se puede observar un gráfico comparativo de las resistencias a compresión alcanzadas para la edad de 28 días

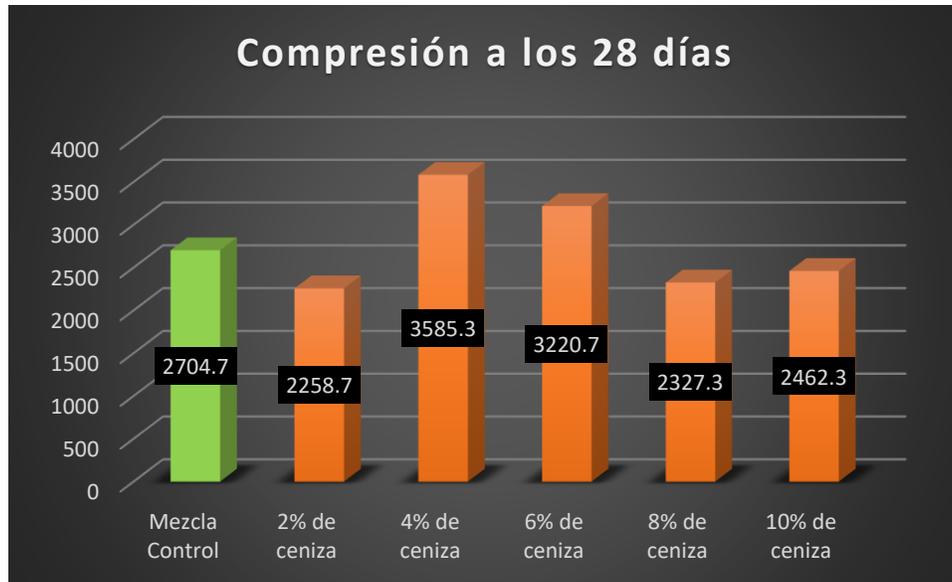


Ilustración 9. Gráfico comparativo de compresión a los 28 días

Fuente: Propia

En la ilustración 9. Se puede observar los resultados condensados de las tablas obtenidas anteriormente, se puede observar como a medida pasa el tiempo, se sigue obteniendo el mismo comportamiento en el concreto.

Al terminar de analizar los resultados se puede concluir que a medida se cambia los porcentajes de ceniza de bagazo de caña se puede concluir que los pesos no cambian y siguen manteniéndose igual.

5.3.6 RESULTADOS DE PRUEBA A FLEXIÓN A 28 DÍAS

En esta sección, se podrá observar una serie de datos obtenidos a partir de las pruebas a flexión realizadas a las diferentes vigas de ensayo con diferentes tipos de porcentaje de ceniza de bagazo de caña.

En la siguiente tabla se observa los resultados obtenidos posterior a la realización de la prueba a flexión para la mezcla de control a los 28 días de edad

Tabla 30. Prueba a flexión a los 28 días de mezcla control

Prueba a la Flexión			
Vigas	Carga Aplicada (lb)	Módulo de ruptura (Mr)	% resistencia alcanzada
1	6790	251.48	42.1
2	6450	238.89	39.98
3	6236	230.96	38.66
Promedio	6492	240.44	40.25

Fuente: Propia

En la tabla mostrada previamente, se puede determinar algunos datos obtenidos del ensayo a flexión, se muestra la carga aplicada y posteriormente el módulo de ruptura para cada viga. Se muestra también el % de resistencia alcanzada en base al módulo de ruptura mínimo según tabla 36.

A continuación, se muestra una tabla con los resultados obtenidos luego de realizar los ensayos de resistencia a flexión para la mezcla de 2% de CBC a la edad de 28 días.

Tabla 31. Prueba a flexión a los 28 días con 2% de CBC

Prueba a la Flexión			
Vigas	Carga Aplicada (lb)	Módulo de ruptura (Mr)	% resistencia alcanzada
1	5720	211.85	35.46
2	5260	194.81	32.6
3	5965	220.92	36.98
Promedio	5648.3	209.2	35.01

Fuente: Propia

En la tabla 31. Se muestran los resultados de la prueba a flexión realizada a las vigas con 2% de CBC, los resultados dan como promedio el modulo de ruptura un máximo de 209.2 Psi, que está por debajo del módulo de ruptura recomendado.

En la tabla 32. Se muestran los resultados obtenidos luego de realizar los ensayos a flexión para la mezcla de 4% de CBC a la edad de 28 días.

Tabla 32. Prueba a flexión a los 28 días con 4% de CBC

Prueba a la Flexión			
Vigas	Carga Aplicada (lb)	Módulo de ruptura (Mr)	% resistencia alcanzada
1	7960	294.81	49.34
2	8010	296.67	49.66
3	8126	300.96	50.38

Promedio	8032	297.48	49.8
-----------------	-------------	---------------	-------------

Fuente: Propia

En la tabla anteriormente mostrada, se da como resultado final un promedio en el módulo de ruptura un máximo de 297.48 para la mezcla con el 4% de ceniza de bagazo de caña. Este resultado fue el mas positivo de todos los ensayos realizados. A pesar de ser el mejor resultado, aun así, no cumple con los requisitos mínimos recomendados para los diferentes tipos de pavimentos rígidos.

En la siguiente tabla se dan a conocer los resultados

Tabla 33. Prueba a flexión a los 28 días con 6% de CBC

Prueba a la Flexión			
Vigas	Carga Aplicada (lb)	Módulo de ruptura (Mr)	% resistencia alcanzada
1	7110	263.33	44.1
2	8480	314.1	52.58
3	6150	227.78	38.13
Promedio	7246.7	268.4	44.93

Fuente: Propia

En la tabla 33, se muestran los resultados a flexión para la mezcla de 6% de CBC para la edad de 28 días.

A continuación, se muestra la tabla 34, donde se podrán observar los resultados de los ensayos realizados a las probetas de concreto.

Tabla 34. Prueba a flexión a los 28 días con 8% de CBC

Prueba a la Flexión			
Vigas	Carga Aplicada (lb)	Módulo de ruptura (Mr)	% resistencia alcanzada
1	5600	207.4	34.72
2	5180	191.85	32.1
3	5860	217.03	36.33
Promedio	5546.7	205.43	34.4

Fuente: Propia

En la tabla 34, se muestra los resultados en donde el modulo de ruptura promedio alcanzado fue de 205.43 psi. Esto equivale a solamente al 34.4% de la resistencia mínima esperada.

En la siguiente tabla, se dan a conocer los resultados de la prueba a flexión realizada a la viga que contenía un 10% de CBC la cual es el máximo porcentaje realizado.

Tabla 35. Prueba a flexión a los 28 días con 10% de CBC

Prueba a la Flexión			
Vigas	Carga Aplicada (lb)	Módulo de ruptura (Mr)	% resistencia alcanzada
1	6670	247.03	41.35
2	5610	207.78	34.78
3	6180	228.89	38.31
Promedio	6153.3	227.9	38.15

Fuente: Propia

En la tabla 35, mostrada anteriormente, se expresan de manera ordenada los resultados, dando como concluido los últimos ensayos realizados para esta investigación, se observa claramente en donde el módulo de ruptura es un poco mayor que el de la mezcla que solamente contenía un 8% de CBC, este comportamiento hace que la curva en la ilustración 10, tenga una característica en forma de campana.

A continuación, se muestra un gráfico comparativo de los diferentes valores de módulo de ruptura obtenidos para las pruebas de flexión de las vigas a la edad de 28 días.

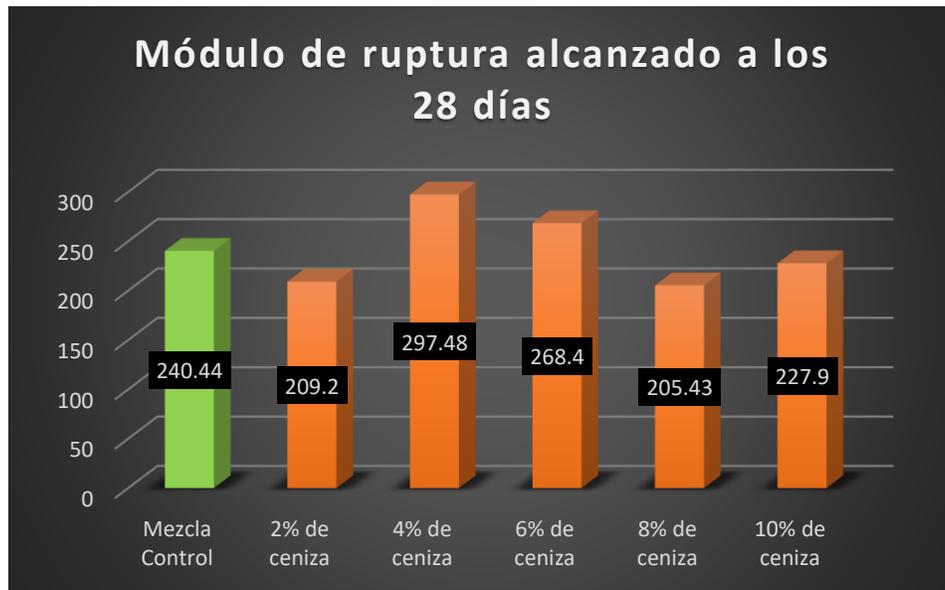


Ilustración 10. Gráfico comparativo de módulos de ruptura

Fuente: Propia

En la ilustración anterior se puede apreciar que el mejor resultado fue el de la mezcla con 4% de ceniza de bagazo de caña, alcanzando un máximo de Modulo de Ruptura de 297.48 Psi.

En la siguiente tabla se hace mención a los módulos de ruptura recomendados para el concreto para los diferentes tipos de pavimentos rígidos.

Tabla 36. Módulo de ruptura según tipo de pavimento

Tipo de pavimento	Módulo de Ruptura (Mr) Recomendado	
	kg/cm ²	Psi
Autopista	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundaras	42.0	597.4

Fuente: (Centeno, 2010)

En la tabla 36. Se puede observar que el menor módulo de ruptura recomendado es de 597.4 Psi, en las pruebas realizadas el mayor módulo de ruptura obtenido fue de 297.48 Psi, esto equivale solamente al 49.8% de resistencia alcanzado para dicha mezcla.

Se debe tomar en cuenta que los módulos de ruptura recomendados en la tabla 36, son en base a análisis de mezclas realizadas con un agregado grueso de 1½" de pulgada. La grava utilizada en el ensayo realizado en esta investigación se utilizó grava de ¾ de pulgada.

Si se efectúa una comparación entre los módulos de ruptura obtenidos en esta investigación, y los módulos de ruptura recomendados para una mezcla utilizando agregado grueso de ¾" probablemente los resultados sean parecidos y cumplan los parámetros establecidos.

5.3.7 PRESUPUESTOS

En esta sección se estará mostrando el costo unitario por metro cúbico para cada diferente tipo de concreto incorporado con ceniza de bagazo de caña en comparación con la mezcla de control.

En la siguiente tabla se muestra una tabla comparativa entre los costos unitarios para las diferentes mezclas utilizadas en esta investigación.

Tabla 37. Tabla comparativa de costos

Tipo de Mezcla	Costo por metro cúbico (m3) en Lempiras
Mezcla Control	L 1,847.62
Mezcla con 2% CBC	L 1,833.07
Mezcla con 4% CBC	L 1,818.52
Mezcla con 6% CBC	L 1,803.97
Mezcla con 8% CBC	L 1,789.42
Mezcla con 10% CBC	L 1,774.87

Fuente: Propia

En la tabla 37, se muestran los precios y como baja su costo unitario de elaboración, a medida que se le agrega ceniza de bagazo de caña. Los costos mostrados son solamente el costo de materiales, se excluye la mano de obra y las herramientas y equipo utilizados.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que, al agregar ceniza de bagazo de caña en un determinado porcentaje, ayuda al concreto a tener una mayor resistencia tanto a compresión como a flexión. Se acepta la hipótesis H1.1 dando como resultados que la resistencia a la compresión del concreto con ceniza de bagazo de caña es mayor al de la mezcla de control específicamente para la mezcla que tiene incorporado un 4% de ceniza de bagazo de caña.
2. Se evaluó la resistencia a flexión de varias probetas de concreto dando un resultado favorable. El máximo módulo de ruptura alcanzado fue con la mezcla que contenía el 4 % de ceniza de bagazo de caña con 297.48 libras por pulgada cuadrada, se reconoce la hipótesis H1.2 dado que la resistencia a flexión del concreto mezclado con ceniza de bagazo de caña fue mayor al de la mezcla de control.
3. Se comprobó que las mezclas que obtuvieron mayor resistencia a la compresión y la flexión fueron las de 4% y 6%, por lo tanto, si hacemos una comparación en cuanto al precio, se puede observar que la mezcla de 6% cumple con los parámetros mínimos de resistencia y su costo es más económico. Podemos concluir que la cantidad óptima para agregar a una mezcla en esta investigación es del 6%.
4. Se analizó detalladamente los precios unitarios por metro cúbico para cada tipo de mezcla. El precio para la mezcla de control es de 1552.12 lempiras por m³, comparado con la mezcla que contiene un 6% de ceniza de bagazo de caña el precio por m³ es de 1499.20 lempiras, haciendo una diferencia de 52.92 lempiras por cada metro cúbico.
5. Se determinó que la mezcla con la mejor resistencia a compresión comparada con la mezcla a control es la que su contenido es de un 4% de ceniza de bagazo de caña alcanzando el 99% de su resistencia a los 7 días de edad y siguió aumentando su resistencia hasta alcanzar un 119.5 % de su resistencia total a los 28 días.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

1. Para futuras investigaciones, determinar la resistencia a compresión incorporando cementos puzolánicos, así como también su resistencia para diferentes esfuerzos a compresión.
2. Se deja a las futuras generaciones evaluar la resistencia a flexión utilizando un agregado grueso diferente a $\frac{3}{4}$ de pulgada. Se recomienda utilizar un agregado de $1\frac{1}{2}$ de pulgada para evaluar el comportamiento de la mezcla siempre y cuando se utilicen los mismos porcentajes de ceniza de bagazo de caña y recrear exactamente el mismo diseño de mezcla para poder hacer las comparaciones con los resultados mostrados anteriormente en este informe
3. Según los resultados mostrados anteriormente, a partir de la mezcla con 10 por ciento de ceniza de bagazo de caña se percibe un leve incremento en su resistencia tanto a flexión como a compresión. Se encomienda a futuras investigaciones evaluar el comportamiento mecánico del concreto mezclado con ceniza de bagazo de caña en porcentajes mayores al 10 por ciento. Indagar el comportamiento mecánico en la utilización de ceniza de bagazo de caña en la sustitución parcial o totalmente del agregado fino en una mezcla.
4. Se recomienda utilizar entre 4% y 6% de ceniza de bagazo de caña con respecto al peso del cemento ya que con estos porcentajes se logró verificar la hipótesis de investigación H1.1 y H1.2

CAPÍTULO VIII. BIBLIOGRAFÍAS

854, A. D. (s.f.). *Gravedad Especifica De los Suelos*.

Alvarado, C. A., López, P. R., Villarreal, R. R., & Roth, M. d. (2004). *Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto*. Recuperado el 17 de 9 de 2017, de <http://ingenierias.uanl.mx/22/usodefibras.pdf>

Barrios, B., & Junior, R. (2012). *Determinación de la composición de la fase soluble del suelo y su impacto en la producción de caña de azúcar (Saccharum Officinarum), Valle de Canta Ranas, Honduras, C.A.* Recuperado el 18 de 9 de 2017, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1238/1/t3402.pdf>

Bowles, J. E. (1980). Josep E. Bowles. En J. E. Bowles, *Josep E. Bowles* (pág. 111 hasta 129). Bogota: MC Graw Hill Latinoamericana S.A.

Campos, I. A. (1992). *Seminario De Taller De Mecanica de Suelos* . Peru.

<http://www.latribuna.hn/2016/12/20/la-cana-azucar-cultivo-mas-importante-nivel-mundial/>. (2012).

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. (Enero de 2000). *IMCYC*. Recuperado el 04 de Mayo de 2014, de <http://www.imcyc.com/revista/2000/agregados.html>

J. S., Ramos , C. R., Grases, J. G., & Velazco, G. (2014). *Manual de Concreto Estructural*. Caracas : PAG Marketing Solucione

Kosmatka , S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño Y Control de Mezclas*. Skokie, Illinois, EEUU: Portland Cement Association

Masaguer, A. (2009). Resultado de Anàlisis de Sustrato de Cultivo. *Universidad Politecnica de Madrid,Escuela Tècnica Superior de Ingenieros Agrònomos, 2*

Rivera, N. A. (2010). *La caña de azúcar y sus derivados en la Huasteca San Luis Potosí México*. Recuperado el 17 de 9 de 2017, de <http://redalyc.org/html/439/43915696003>

Rodriguez., I. A. (2006). *Lab. de mecanica de suelo I*. Mexico.

Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2006). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico,

Tórrez-Rivas, B., Gaitán-Arévalo, J., Espinoza-Pérez, L., & Escalante-García, J. (2014). *Valorización de ceniza de bagazo de caña de la industria azucarera Nicaragüense como sustituto parcial al cemento Portland*. Recuperado el 16 de 9 de 2017, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5179449.pdf>

Vicente, R. H. (2008). *Uso de fibras de bagazo de caña en concreto. Tratamiento de las fibras con parafina*. Recuperado el 17 de 9 de 2017, de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32843/1/hernandezvicenterene.pdf>

Vidal, V. V., Torres, A. J., de, G. R., & González, O. S. (2014). *ESTUDIO COMPARATIVO DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA COMO ADICIÓN PUZOLÁNICA*. Recuperado el 17 de 9 de 2017, de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/view/19329>

Vilalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos*. Mexico: LIMUSA.

CAPÍTULO IX. ANEXOS

Anexo 1. Norma ASTM C 39 Resistencia A La Compresión De Testigo Cilíndricos.

1. OBJETIVO

1.1 Determina la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto para concretos con pesos unitarios superiores a 800 kg/m³ (50 lb/pe³).

1.2 Consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

2. USO Y SIGNIFICADO

2.1 Los resultados son usados como control de calidad de la proporción del concreto, de su mezclado y operaciones de colocación; para el cumplimiento de especificaciones, y como control para evaluar la efectividad de la mezcla con aditivos y sus usos similares.

3. APARATOS

3.1 Máquina de ensayo, Debe ser de un tipo tal que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad descritas en el numeral 5.5.

La verificación de la calibración de la máquina de ensayo estará de acuerdo con la norma correspondiente, "Ensayo normalizado para la verificación de la carga de las máquinas de Ensayo". Debe operar mecánicamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques.

Precisión. La precisión de la máquina de ensayo, determinada con un elemento de calibración elástico, debe cumplir con los siguientes requisitos:

a) El porcentaje de error de las cargas dentro del rango propuesto para la máquina, no excederá del $\pm 1.0\%$ de la carga indicada.

b) La precisión de la máquina de ensayo debe verificarse aplicando cinco (5) cargas de ensayo en cuatro (4) incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre dos

cargas sucesivas cualquiera no excederá en más de un tercio de la diferencia entre la máxima y la mínima carga de ensayo.

c) La carga del ensayo tal y como se indica por la máquina de ensayo y la carga aplicada calculada a partir de las lecturas de los elementos de verificación, deben registrarse en cada punto de ensayo. Calcule el error, E, y el porcentaje de error, E, para cada punto de esta forma:

$$E = A - B$$

$$E_p = 100(A - B) / B$$

Donde:

A = Carga, N (o lbf) indicada por la máquina que está siendo verificada. B = Carga aplicada, N (o lbf) determinada por el elemento de calibración.

d) En ningún caso el rango de carga debe establecerse incluyendo valores por fuera del rango de cargas que se aplicaron durante el ensayo de verificación.

e) La carga indicada por la máquina de ensayo no debe corregirse ni mediante cálculos, ni mediante el uso de diagramas de calibración para obtener valores dentro de la variación permisible requerida.

3.2 La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas (Nota 1), uno de los cuales es un bloque con rotula el cual descansa sobre la superficie superior de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará el espécimen.

Las superficies de los bloques que están en contacto con el espécimen deben tener una dimensión al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen ensayado. Excepto para los círculos concéntricos descritos a continuación, las caras de carga no deben separarse del plano en más de 0.025 mm en cualquiera de los 152 mm de los bloques de 15.2 mm de diámetro o mayores, o por más de 0.025 mm en cualquier bloque con diámetro más pequeño los bloques nuevos deben fabricarse con la mitad de estas tolerancias.

Cuando el diámetro de la cara de carga con rotula exceda el diámetro del espécimen en más de 13 mm, deben inscribirse círculos concéntricos con una profundidad no mayor de 1.0 mm y un ancho no mayor a 1.0 mm (3/64") para facilitar el centrado.

Nota 1. La dureza "Rockwell" de las caras de los bloques de carga utilizados para este ensayo no debe ser menor a 55 HPC.

El bloque inferior de carga debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe ser adecuado para proveer una superficie maquinada que cumpla con los requerimientos anteriormente indicados (Nota 2). Las superficies superiores e inferiores deben ser paralelas una a la otra. El bloque debe poder asegurarse a la platina de la máquina de ensayo. Su dimensión horizontal menor debe ser al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen ensayado. Los círculos concéntricos que se describen en el numeral 3.2 son opcionales.
- Se hará un centrado final con respecto al bloque superior cuando se use el bloque inferior para ayudar al centrado del espécimen. El centro de los anillos, cuando estos existan, o el centro del bloque mismo debe estar directamente debajo del centro de la rótula.
- El bloque de carga inferior debe tener al menos 25 mm (1") de espesor cuando sea nuevo, y al menos 22.5 mm (0.9") después de cualquier operación de afinado de la superficie.

Nota 2. Si la máquina de ensayo está diseñada de tal forma que la misma plataforma puede mantenerse con su superficie en las condiciones especificadas, no se requerirá un bloque inferior.

El bloque de carga con rotula debe cumplir los siguientes requisitos:

- El diámetro máximo de la cara de carga del bloque con rotula no debe exceder los valores que se dan a continuación:

Tabla 24. Especificaciones de los diámetros a utilizar en la prueba de compresión.

Diámetro del espécimen de ensayo (mm)	Diámetro máximo de la cara de carga (mm)
51	102
76	127
102	165
152	254
203	279

Nota 3. Se aceptan las superficies cuadradas, siempre y cuando el diámetro máximo del círculo inscrito más grande no exceda el diámetro indicado.

- El centro de la rótula debe coincidir con el de la superficie de la cara de carga dentro menos el 75% del diámetro de la muestra
- La rótula debe ser diseñada de tal forma que el acero en el área de contacto no sufra deformaciones permanentes debido al uso, con cargas de hasta 82.7 MPa (12.000 lb/Pulg²) sobre el espécimen de prueba.
- Las superficies de la rótula deben mantenerse limpias y lubricadas con aceite de motor convencional. Después de entrar en contacto con el espécimen y de aplicar una pequeña carga inicial, debe evitarse cualquier movimiento adicional del bloque con rótula.
- Si el radio de la rótula es más pequeño que el radio del espécimen más grande, la porción de la superficie de carga que se extiende más allá de la rótula debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La menor dimensión de la superficie de carga debe ser al menos igual al diámetro de la rótula.

1.1 Indicador de carga. La escala graduada del dial debe ser tal, que permita leer con una precisión del 1% de la carga total de la escala. (Nota 4). La escala debe tener una línea y un número que indique el cero (0). El puntero debe tener una longitud tal que alcance las marcas indicadoras. El espesor del extremo del puntero no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial debe estar equipado con un dispositivo de ajuste al cero, accesible desde

afuera, y con un indicador apropiado para que en todo momento y hasta cuando sea reiniciado, indique con una exactitud del 1%, la carga máxima aplicada al espécimen.

Nota 4. La distancia más cercana razonablemente legible, se considera que es 0.5 mm a lo largo del arco descrito por el extremo del puntero.

Si la máquina de ensayos indica la carga en forma digital, el número debe ser suficientemente grande para que sea legible, con un incremento numérico igual o menor del 0.05% de la carga total de la escala y dentro del 1.0% de la carga indicada en cualquier nivel dentro del rango de valores de carga dados.

Se deben realizar los ajustes para que la aguja señale el cero verdadero cuando se encuentre con carga cero (0). Se debe proveer un indicador de carga máxima que, en todo momento, hasta cuando la máquina sea reiniciada, indique con una precisión del 1%, la carga máxima que fue aplicada al espécimen.

1. MUESTRAS

1.1 Las muestras no deben ensayarse si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más del 2% (Nota 5).

Nota 5. Esto puede ocurrir cuando uno de los moldes sea dañado o deformado durante su transporte, cuando se usen moldes flexibles y estos se deformen durante el moldeo, o cuando una muestra perforada se deflece o distorsione durante el proceso de perforación.

1.2 Ninguna de las muestras ensayadas a compresión debe separarse de la perpendicularidad del eje en más de 0.51 (equivalentes a 3 mm en 300 mm aproximadamente). El extremo de una muestra que no sea plana debe ser refrentado (capping) de acuerdo con lo indicado por la norma MTC E703. El diámetro usado para calcular el área de la sección transversal de la muestra debe determinarse con una precisión de 0.25 mm (0.01") promediando los dos diámetros medidos en ángulo recto uno con respecto al otro y en la mitad del espécimen.

1.3 El número individual de testigos medidos para la determinación del diámetro promedio puede reducirse a uno por cada diez especímenes o tres especímenes por día, lo que sea mayor, si se

sabe que todos los testigos han sido hechos con un único lote de moldes reutilizables que consistentemente producen especímenes de diámetro promedio en una variación de 0.51 mm (0.02"). Cuando el diámetro promedio no cae dentro de la variación de 0.51 mm o cuando los cilindros no están hechos con un único lote de moldes, cada uno ensayado debe medirse y el valor encontrado ser usado en los cálculos de la resistencia a la compresión de cada muestra.

1.4 La longitud debe medirse con una aproximación de 0.05 D, siendo D el diámetro del espécimen.

2. PROCEDIMIENTO

2.1 El ensayo de compresión de muestras curadas en agua debe hacerse inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.

2.2 La muestra se debe mantener húmeda utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando es ensayada. Debe ensayarse en condición húmeda.

2.3 Todos los especímenes de una edad determinada se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación:

Tabla 25. Tolerancias requeridas en las diferentes edades para romper las muestras.

Edad de Ensayo	Tolerancia permisible
24	± 0.5 horas a 2.1 %
3	2 horas a 2.8 %
7	6 horas a 3.1 %
28	20 horas a 3.0 %
90	2 días a 2.2 %

Colocación de la muestra. Colóquese el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior. Límpiense con un paño las superficies de los bloques superiores e inferiores y colóquese el espécimen sobre el bloque inferior.

Cuídese que el eje del espécimen quede alineado con el centro del bloque superior. El bloque con rotula debe rotarse inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida en el numeral 3.2

1.2 Velocidad de carga. Aplíquese la carga continuamente sin golpes bruscos.

- Para las máquinas de ensayo del tipo tornillo, la cabeza móvil debe desplazarse a una velocidad de 1.3 mm/min (0.05 pulg/min) cuando la máquina está operando sin transmitir carga. Para las máquinas hidráulicamente operadas la carga debe aplicarse a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de 0.14 a 0.34 MPa/s (20 a 50 lb/ Pulg² -seg.). La velocidad escogida se debe mantener al menos durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista.
- Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor.

1.3 Aplíquese la carga hasta que la muestra falle y regístrese la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo. Anótense el tipo de falla y la apariencia del concreto.

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1 Calcúlese la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal determinada en la forma descrita en el numeral 4.3, y expresando el resultado con una aproximación de 70 kPa (10 Psi).

3.2 Si la relación entre la longitud del espécimen y el diámetro es menor de 1.8, corríjase el resultado obtenido en el numeral 6.1 multiplicando por el factor apropiado de los que se indican a continuación:

L/D 1.75 1.50 1.25 1.00 Factor: 0.98 0.96 0.93 0.87

Nota 6. Estos factores de corrección se aplican a concretos livianos que pesen entre 1600 y 1920 kg/m³ y a concretos de peso normal, secos o rígidos al momento de 108 ensayo. Los valores que

no se dan en la tabla se pueden obtener por interpolación. Los factores de corrección se aplican a concretos con una resistencia entre 13.8 y 41.4 kPa (2000 a 6000 Psi).

3.3 El informe de los resultados debe incluir:

- Número de identificación.
- Diámetro y longitud (mm o pulgada).
- Área de la sección transversal (cm² o pulgada²).
- Carga máxima (N o lbf)
- Resistencia a la compresión (kPa o Psi).
- Edad del espécimen.
- Defectos en el refrentado del espécimen.



Ilustración 11. Elaboración de probetas.

Fuente: Propia



Ilustración 12. Almacenamiento de vigas y cilindros

Fuente: Propia



Ilustración 13. Resultados de cilindro con 4% de CBC

Fuente: Propia



Ilustración 14. Cilindro sometido en maquina universal de compresión.

Fuente: Propia

