

INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAÑA SECA Y HÚMEDA EN UN 3% ADICIONADA A
UN CONCRETO CONVENCIONAL, COMPARANDO LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN
Y TENSIÓN INDIRECTA

LISBETH DANIELA BRICEÑO RUIZ

LUZ ADRIANA BAQUERO MORA



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

BOGOTÁ

DICIEMBRE, 2019

Influencia de la fibra de caña seca y húmeda en un 3% adicionada a un concreto convencional,
comparando la resistencia a compresión y tensión indirecta

Lisbeth Daniela Briceño Ruiz

Luz Adriana Baquero Mora

Trabajo de Grado Presentado para Optar al Título de:
Tecnología En Construcciones Arquitectónicas

Directores de proyecto investigativo

Ing. José Darío Gavilanes

Arq. Melisa Gálvez Bohórquez



Universidad La Gran Colombia

Facultad De Arquitectura

Tecnología En Construcciones Arquitectónicas

Bogotá, 2019

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
PALABRAS CLAVES	12
ABSTRACT	13
KEYWORDS:.....	13
INTRODUCCIÓN	14
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
PREGUNTA PROBLEMA.....	17
JUSTIFICACIÓN	18
HIPÓTESIS	19
ALCANCE	19
OBJETIVOS	20
ANTECEDENTES	21
METODOLOGÍA	24
MARCO TEÓRICO	25
CONCRETO	25
AGREGADOS	25
CEMENTO	26
CEMENTO GRIS HIDRÁULICO.....	27

INFLUENCIA DE LA FIBRA DE CAÑA SECA Y HÚMEDA EN UN 3% ADICIONADA A UN CONCRETO CONVENCIONAL, COMPARANDO LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TENSIÓN INDIRECTA

4

AGUA	28
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS	28
CAÑA DE AZÚCAR	28
Taxonomía de la caña de azúcar	30
MARCO NORMATIVO.....	30
DESARROLLO METODOLÓGICO	33
PRUEBAS DE LABORATORIO (CEMENTO Y AGREGADOS)	33
CEMENTO	33
AGREGADOS	36
DISEÑO DE MEZCLA	55
PROPORCIONAMIENTO DISEÑO DE MEZCLA MUESTRA PATRON	60
PROPORCIONAMIENTO DISEÑO DE MEZCLA TIPO 1 (FIBRA SECA)	61
PROPORCIONAMIENTO DISEÑO DE MEZCLA TIPO 2 (FIBRA HUMEDA)	63
TRATAMIENTO DE LAS FIBRAS DE CAÑA DE AZÚCAR	63
FIBRAS TIPO 1	63
FIBRAS TIPO 2	65
INMUNIZACIÓN FIBRAS DE CAÑA (TIPO 1 Y TIPO 2)	65
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO. NTC 396	68
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS NORMALES DE CONCRETO NTC 673	73

TIPOS DE FALLAS EN LAS PROBETAS CILÍNDRICAS ENSAYADAS.....	73
Resistencia a la compresión muestra patrón.....	75
Resistencia a la compresión Mezcla tipo 1 (Fibra seca).....	76
Resistencia a la compresión mezcla tipo 2 (Fibra Húmeda)	77
ANÁLISIS DE RESULTADOS	78
DENSIDAD DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS A LOS 7 Y 14 DÍAS	78
RESISTENCIA A LA COMPRESION.....	79
INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 Y 14 DÍAS MEZCLA PATRÓN, SEGÚN EL NTC 673	80
INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 Y 14 DÍAS MEZCLA TIPO 1	81
INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 Y 14 DÍAS MEZCLA TIPO 2.....	82
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. NTC 722	83
Resistencia a la tensión indirecta Muestra patrón.....	84
Resistencia a la tensión indirecta Mezcla tipo 1 (Fibra seca)	85
Resistencia a la tensión indirecta Mezcla tipo 2 (Fibra humedad)	86
ANALISIS DE RESULTADOS	87
Densidad del concreto	89
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	90
CONCLUSIONES	91
LISTA DE REFERENCIA.....	95
ANEXOS	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Artículo de referencia21

Tabla 2 Artículo de referencia paneles.21

Tabla 3 Artículo de referencia evaluación de un material compuesto.22

Tabla 4 Artículo de referencia concreto modificado23

Tabla 5 Clasificación de los agregados26

Tabla 6 Características cemento gris27

Tabla 7 Caracterización caña de azúcar29

Tabla 8 Taxonomía de la caña de azúcar30

Tabla 9 Normatividad para ensayos de materiales31

Tabla 10 Normatividad ensayos al concreto32

Tabla 11 Determinación Densidad del Cemento35

Tabla 12 Determinación agregado grueso38

Tabla 13 Determinación agregado grueso.43

Tabla 14 Fórmula determinación de la masa unitaria suelta45

Tabla 15 Fórmula determinación de % de vacíos46

Tabla 16 Determinación agregado fino MUC48

Tabla 17 Granulometría Agregado Grueso51

Tabla 18 Granulometría Agregado Fino53

Tabla 19 Propiedades de los agregados54

Tabla 20 Selección del asentamiento56

Tabla 21 Tamaño Máximo Nominal56

Tabla 22 Contenido aproximado de aire en el concreto para varios grados de exposición57

Tabla 23 Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y TMN del agregado57

Tabla 24 Relación resistencia compresión y relación a/c	58
Tabla 25 Verificación de las especificaciones granulométricas	59
Tabla 26 Volumen de gravilla por unidad de volumen de concreto	59
Tabla 27 Peso seco y volumen absoluto de los materiales por metro cubico de concreto.	60
Tabla 28 Proporción por peso seco de material por metro cubico	60
Tabla 29 Peso seco y volumen absoluto de los materiales por metro cubico de concreto.	61
Tabla 30 Proporción por peso seco de material por metro cubico	61
Tabla 31 Peso seco y volumen absoluto de los materiales por metro cubico de concreto.	62
Tabla 32 Proporción por peso seco de material por metro cubico	62
Tabla 33 Evidencia De Seguimiento del secado de las fibras de caña	66
Tabla 34 Evidencia De Seguimiento del secado de las fibras de caña	66
Tabla 35 Materiales de los especímenes cilíndricos	67
Tabla 36 Tipo de fallas en probetas cilíndricas ensayadas a compresión simple.....	74
Tabla 37 Formula de densidad	78
Tabla 38 Densidad de cilindros 7 y 14 días	78
Tabla 39 Factor de Corrección	79
Tabla 40 Convenciones.....	79
Tabla 41 Informe mezcla patrón	80
Tabla 42 Resistencia a la compresión Muestra patrón	80
Tabla 43 Informe mezcla Tipo 1	81
Tabla 44 Resistencia a la compresión mezcla Tipo 1	81
Tabla 45 Informe mezcla Tipo2	82
Tabla 46 Resistencia a compresión mezcla Tipo 2	82
Tabla 47 Fórmula tensión indirecta.....	87
Tabla 48 Especificaciones de cilindros fallados a tensión indirecta	87

TABLA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Constitución de la caña de</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2 Primeros 10 productores mundiales de azúcar. Promedio 2013-2017(Toneladas).....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3 Embudo en frasco Le Chateriel.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 4 Líquido Situado de 0ml y 1 ml.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 5 Frasco de Le Chateriel con adición de cemento.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6 Toma Muestra Cemento.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 7 Tratamiento inicial agregado</i>	<i>36</i>
<i>Figura 8 Determinación condición superficialmente seca</i>	<i>37</i>
<i>Figura 9 Determinación masa saturada en agua</i>	<i>37</i>
<i>Figura 10 Tratamiento agregado</i>	<i>40</i>
<i>Figura 11 Cono para determinar la humedad superficial.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 12 Picnómetro, más la muestra y agua.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 13 Extracción de burbujas, toma de temperatura y peso de la masa.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 14 Masa en el aire de la muestra secada al horno.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 15 Masa y molde del agregado grueso.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 16 Nivelación muestra después de llena.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 17 Método de apasionamiento.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 18 Procedimiento por paleo y peso del molde.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 19 Tamices para el agregado grueso.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 20 Tamizado de agregado grueso.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 21 Curva Granulométrica Agregado</i>	<i>51</i>
<i>Figura 22 Tamizado de agregado fino.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 23 Curva Granulométrica Agregado Fino.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 24 Diseño de mezcla concreto convencional. Tomado de “Tecnologías del concreto” Asocreto</i>	<i>55</i>

Figura 25	Trapiche de caña de azúcar en madera.	63
Figura 26	Estado inicial fibras de	64
Figura 27	Fibras de caña de	64
Figura 28	Bagazo de caña de	65
Figura 29	Cal viva.	66
Figura 30	Inmunización de fibras húmedas y secas.	66
Figura 31	Proceso de mezclado de materiales.	68
Figura 32	Proceso de asentamiento del concreto muestra patrón.	69
Figura 33	Asentamiento de mezcla patrón.	69
Figura 34	Asentamiento mezcla tipo 1.	70
Figura 35	Asentamiento mezcla tipo 2.	70
Figura 36	Vibrado del concreto.	71
Figura 37	Concreto encofrado.	71
Figura 38	Curado de los especímenes cilíndricos..	72
Figura 39	Cilindros luego del proceso del curado de 7 días.	72
Figura 40	Resistencia a compresión.	73
Figura 41	Falla compresión de cilindro patrón a los 7	75
Figura 42	Falla compresión de cilindro patrón a los 14	75
Figura 43	Falla a compresión cilindro Fibra seca a los 7 días.	76
Figura 44	Falla a compresión cilindro Fibra seca a los 7 días.	76
Figura 45	Falla a compresión cilindro fibra húmeda a los 7 días.	77
Figura 46	Falla a compresión cilindro fibra húmeda a los 14	77
Figura 47	Cilindro embebido. Elaboración Propia	83
Figura 48	Cilindro colocado para Ensayo a tensión indirecta.	83
Figura 49	Falla de cilindro patrón a tensión a los 7 días.	84

Figura 50	Falla de cilindro patrón a tensión a los 14 días.....	84
Figura 51	Falla de cilindro tipo 1 a tensión a los 7 días.....	85
Figura 52	Falla de cilindro tipo 1 a tensión a los 14 días.	85
Figura 53	Falla a tensión cilindro tipo 2 a los 7 días.....	86
Figura 54	Falla a tensión cilindro tipo 2 a los 14 días.	86
Figura 55	Resistencia la tensión (7 días / 14 días).....	88
Figura 56	Tensión.....	88
Figura 57	Densidad de las tipologías a los 7 días.....	89
Figura 58	Densidad de las tipologías a los 14 Días.	89
Figura 59	Comparativa resistencia a la compresión 7 días.....	90
Figura 60	Comparativa resistencia a la compresión 14 días.	90

RESUMEN

Basados en la implementación de fibras naturales en la construcción y aprovechamiento del desecho de la fibra de la caña de azúcar, el presente proyecto analiza el comportamiento mecánico a compresión y tensión indirecta, por medio de tipologías propuestas, con base en el método que establece Diego Sánchez De Guzmán, se realiza un respectivo diseño de mezcla para una resistencia de 3000 psi, tomando como asentamiento una consistencia media siendo de 5 a 10 cm, resultados obtenidos con los ensayos de densidad del cemento, densidad y absorción, masa unitaria y granulometría para los agregados finos y gruesos.

Se ejecutaron 12 especímenes cilíndricos de (10 cm) 4" de diámetro y (20 cm) 8" de longitud, divididos en 3 tipologías, 4 cilindros para la muestra patrón, 4 cilindros compuestos de las fibras de caña de azúcar seca catalogada como mezcla (tipo 1), se realiza un secado previo a las fibras secas, estas son expuestas al sol durante 5 días, 4 cilindros compuestos de la fibra de caña de azúcar con el contenido de humedad natural (tipo 2), la fibra será añadida al compuesto cilíndrico en un 3% con respecto al peso del cemento, a los 7 y 14 días de proceso de curado. Se realizan los respectivos cálculos para comparan las tipologías de mezcla, sometiendo 2 cilindros de muestra patrón, 2 cilindros Tipo 1, 2 cilindros Tipo 2, al *ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto regido por la NTC 673* y esta misma división de especímenes cilíndricos a el *ensayo para determinar la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto regido por la NTC 722*. Con base en estos resultados se reconoce que la fibra de caña en el concreto minimiza su peso y así mismo su densidad, donde la fibra seca se comporta mejor en resistencia compresión que la fibra humedad y en el ensayo de tensión indirecta se comporta mejor la fibra humedad que la fibra seca, pero estas no se comportan mejor que la muestra patrón.

Palabras claves: Fibras de bagazo de caña de azúcar, diseño de mezcla, ensayo de agregados, inmunización de fibras naturales, ensayo de compresión, ensayo de tensión indirecta, concreto reforzado con fibras.

ABSTRACT

Based on the implementation of natural fibers in the construction and use of sugarcane fiber waste, this project analyzes the mechanical behavior of compression and indirect tension, through proposed typologies, based on the method established by Diego Sánchez De Guzmán, a respective mix design for a resistance of 3000 psi is carried out, taking as a settlement a medium consistency being 5 to 10 cm, results obtained with the tests of cement density, density and absorption, unit mass and grain size for thin and thick aggregates.

Twelve cylindrical specimens of (10 cm) 4" in diameter and (20 cm) 8" in length were executed, divided into 3 typologies, 4 cylinders for the standard sample, 4 cylinders composed of the fibers of dry sugarcane classified as a mixture (type 1), a pre-drying is done to the dry fibers, these are exposed to the sun for 5 days, 4 cylinders composed of the sugar cane fiber with the natural moisture content (type 2), the fiber will be added to the 3% cylindrical compound with respect to the weight of the cement, at 7 and 14 days of curing process, the respective calculations are made to compare the types of mixing, submitting 2 cylinders of standard sample, 2 cylinders Type 1, 2 cylinders Type 2, to the compressive strength test of normal concrete cylinders governed by NTC 673 and this same division of cylindrical specimens to the test to determine the indirect tensile strength of cylindrical specimens of concrete governed by NTC 722. Based on these results, it is recognized that cane fiber in concrete minimizes its weight and density, where dry fiber behaves better in compressive strength than moisture fiber and in the test of Indirect tension behaves better than moisture fiber than dry fiber, but these do not behave better than the standard sample.

Keywords: Sugar cane bagasse fibers, mix design, aggregate test, immunization of natural fibers, compression test, indirect tension test, fiber reinforced concrete.

INTRODUCCIÓN

En cuanto a la posibilidad de implementar un material orgánico como es las fibras naturales, recuperar el material que se ve como un desecho, se propone analizar el uso de las fibras de caña de azúcar, como objetivo base el proyecto busca comparar el comportamiento mecánico del concreto adicionado en un 3% con fibras de caña, en estado seco y humedad natural con el concreto convencional en un , basado en el diseño de mezcla.

Teniendo en cuenta lo anterior, Colombia es parte de los principales países donde se genera el aprovechamiento en la producción de la caña de azúcar, en zonas tropicales, con mucha exposición solar. La caña de azúcar tiene como subproducto el bagazo “si se tiene en cuenta que el bagazo es una materia prima completamente renovable y su utilización implica un menor impacto ambiental que cuando se utiliza un insumo diferente” (ASOCAÑA, 2000, párr. 22).

El libro de Almazán Del Olmo, Hernández, Brizuela, Carvajal, Arias, se afirma que en la caña de azúcar el bagazo “Representa el 28% en peso de la caña que se procesa. Constituido por cuatro fracciones: fibra (45 %), sólidos insolubles (2-3 %), sólidos solubles (2-3 %) y agua (50 %)” (2013, p. 6) (*Ver Figura 1*).

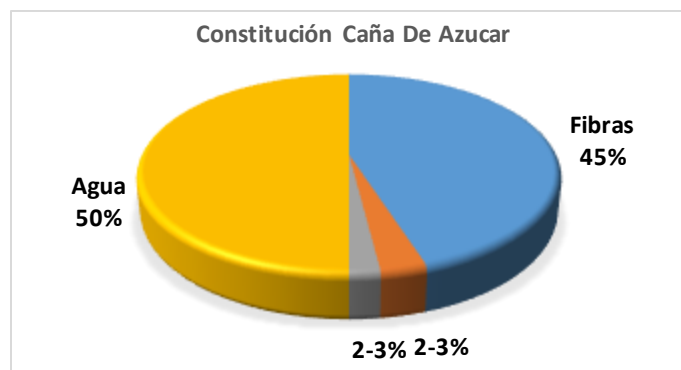


Figura 1 Constitución de la caña de azúcar. Adaptado de “El bagazo de la caña de azúcar” Almazán del Olmo et al., 2013. Recuperado de: <https://bit.ly/32Aio7M>.

Es de destacar que, “(...) tiempos atrás, las fibras han sido usadas para reforzar materiales rígidos, la paja fue usada para reforzar ladrillos de adobe, y la crin de caballo, (pelos parte superior del cuello) fue usada para reforzar morteros de mampostería”. (Espinoza, 2015, pp. 14-15), reconociendo que estos elementos se utilizan para mitigar el agrietamiento en el proceso de curado en el concreto y evitar el encogimiento plástico.

El concreto requiere de una serie de análisis para tener una excelente resistencia y durabilidad dependiendo su uso, por ello se realizó un análisis previo a los materiales utilizados como el cemento, agregados finos y grueso, para el correcto diseño de mezcla de concreto. Se establecieron 3 tipologías de concreto la primera nombrada “mezcla patrón”, la segunda nombrada **tipo 1** comprende de un 3% de adición de caña de azúcar seca, la tercera muestra nombrada **tipo 2**, contiene 3% de fibras de caña de azúcar en contenido de humedad. Permitiendo realizar la comparación del comportamiento mecánico del concreto con adición de fibras de caña, a través de ensayos de resistencia a compresión y tensión indirecta de especímenes cilíndricos.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con el Sector Agroindustrial De La Caña ([ASOCAÑA], 2019), en un informe anual realizado en promedio (2013-2017) donde se evidencia que Colombia es uno de los países con mayor producción de caña de azúcar a nivel mundial, ocupando el puesto 15 en el ranking de productores y el puesto 12 en exportaciones, con un 1,3% en producción y 1,1 % como proveedor a nivel mundial, en cómo se puede evidenciar (Ver *Figura 2*).

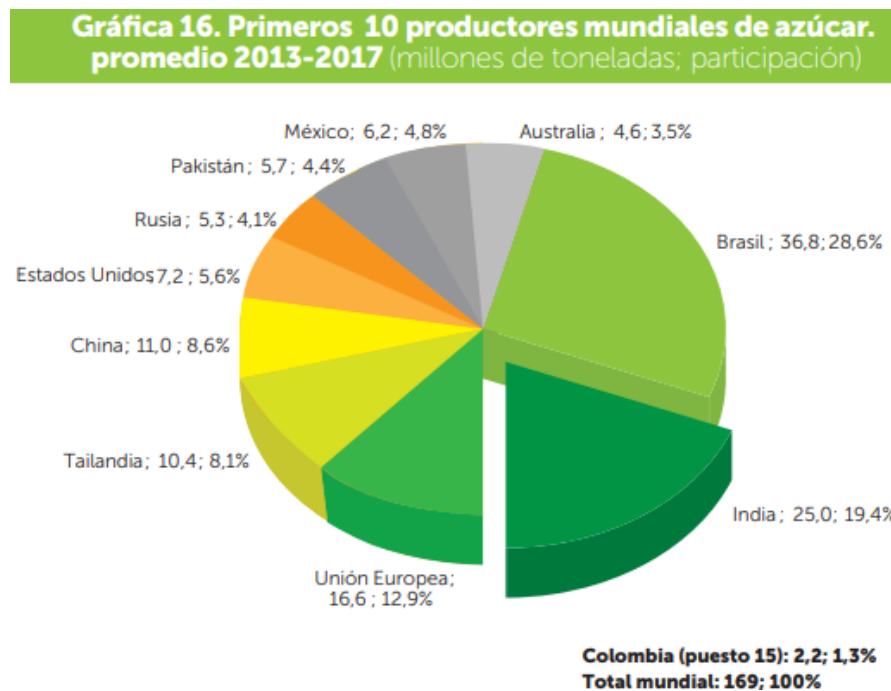


Figura 2 Primeros 10 productores mundiales de azúcar. Promedio 2013-2017(Toneladas)Tomado de “Aspectos generales del sector agroindustrial de la caña 2019 informe anual” ASOCAÑA, 2019 Recuperado de: <https://www.asocana.org/modules/documentos/15331.aspx>.

Con base a esto, se puede notar que la producción de caña es utilizada para la producción de diferentes subproductos como el azúcar con 2,3 millones de toneladas anual, bioetanol 467 millones de litros, producción de miel con 196 mil toneladas anuales y la generación de energía eléctrica con 9,4%, según un informe anual realizado por el sector agroindustrial de la caña (2019).

La caña de azúcar como materia prima, es llevada a un trapiche o molino donde, se extrae el jugo y el bagazo de la caña por medio de rodillos en el interior de la máquina, que prensan y trituran la caña generando el jugo. Por debajo, este se aprovecha para la elaboración del azúcar, también con la destilación del alcohol genera el etanol. Luego de terminar el proceso tenemos como subproducto natural el bagazo constituido en un 45% de la fibra, como vemos en el artículo Sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia donde dice:

El residuo más importante derivado del procesamiento de la caña de azúcar es el bagazo que representa el 30% de la caña molida [2], del que, para el 2015 los ingenios del Valle del Cauca generaron 7 261 526 toneladas (Becerra, Buitrago y Pinto, 2016, p.3)

Teniendo en cuenta lo anterior, desde la extracción de fibras a partir del bagazo de la caña, se busca proponer su utilización en el sector de la construcción. Aprovechando las fibras de caña añadidas al concreto, como material que tenga las resistencias sustanciales tanto como en compresión y tensión indirecta, con la intención de implementar e innovar materiales de origen natural que pueden tener un gran potencial constructivo.

PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo a través de la comparación de un concreto convencional y dos tipologías de concreto adicionadas con el 3% de fibras de caña, en estado seco y húmedo, pueden adquirir la resistencia necesaria para ser implementada en la industria de la construcción?

JUSTIFICACIÓN

Colombia es uno de los 10 países productores de caña de azúcar, con un 1,3% en producción de caña de azúcar como afirma anteriormente ASOCAÑA (2019), las grandes productoras de caña de azúcar utilizan el residuo de la caña de azúcar, para la producción de otros subproductos, mientras que los pequeños productores campesinos sacan provecho al zumo de la caña y el residuo es utilizado para alimento de animales. Según Contexto ganadero (2017) afirma que “Algunos ganaderos que no cuentan con maquinaria y no se les facilita invertir en ella están optando por acostumbrar al ganado a comerse la caña de azúcar sin procesarla o sus subproductos para que al momento de que lleguen las épocas críticas estos los ingieran sin ningún inconveniente” (prr. 2). Con base a lo anterior se propone utilizar el residuo de caña (Fibras) producido por los pequeños productores, para la implementación en elementos constructivos, generando ingresos, aprovechando los recursos y la implementación de materiales amigables con el medio ambiente.

Debido a que se han hecho diferentes investigaciones, donde afirman que el uso de las fibras naturales ofrece una muy buena resistencia y que puede ser implementada en la construcción.

Según la tesis España y Molina (2013) afirma que las fibras de la caña de azúcar;

permiten un comportamiento dúctil después del agrietamiento de la matriz de concreto; y las fibras largas adicionadas en bajas cantidades, es decir, con porcentajes bajos del volumen total de la mezcla, proporcionan al concreto la capacidad para soportar mayores cargas de flexión en comparación con el concreto simple 2, al igual las fibras naturales sirven para reducir la contracción plástica y asentamiento plástico el cual genera grietas, de tal manera que este tipo de fibras

brinda grandes beneficios en la construcción de elementos como vigas y losas se forman con cargas superiores. (p.18)

Se puede afirmar con base a lo anterior, que la integración de las fibras de caña puede tener un gran potencial observando los diferentes antecedentes en la historia, donde utilizan diferentes fibras naturales para el mejoramiento y resistencia mecánica del concreto. El concreto es un material sustancial visto de es el ámbito de la construcción y este que debe garantizar un excelente comportamiento estructural y durabilidad, por ello se realiza en el presente proyecto, un análisis a los materiales regidos bajo la normas NTC para garantizar que los materiales sean factibles, para la elaboración de un diseño de mezcla de concreto, bajo el procedimiento de (Sánchez de Guzmán, 2011), así consideramos cual tipología de concreto es más viable para la implementación para elementos constructivos no estructurales.

HIPÓTESIS

Al realizar los ensayos al concreto, se podrá determinar los aportes para la mejora de la resistencia del concreto con fibras de caña de azúcar en estado húmedo y seco, para la industria de la construcción.

ALCANCE

Se busca lograr la implementación de materiales alternos a los tradicionales, amigables con el medio ambiente, económicos y rentables, para que sean implementados como materiales de construcción. Con base en esto promover el uso de las fibras de caña de azúcar para que sea visto como materia complementaria junto al concreto en la construcción civil.

OBJETIVOS

Objetivo General

Comparar el comportamiento mecánico de un concreto adicionado con fibras de caña, en estado seco y humedad natural, con un concreto convencional, aprovechando el residuo de la fibra de caña.

Objetivos Específicos

- Desarrollar el diseño de mezcla patrón de un concreto convencional para un objetivo de resistencia mecánica 3000 psi (21 MPa).
- Ejecutar un diseño de mezcla para dos tipologías de concreto con adición del 3% de fibra de caña seca y en estado de humedad natural.
- Analizar de la muestra patrón para establecer las propiedades de comportamiento mecánico, comparado con la tipología 1 y 2 sometidos a ensayo de compresión y tensión indirecta.

ANTECEDENTES

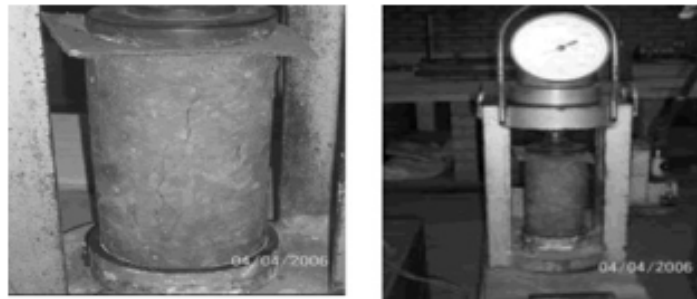
Tabla 1 Artículo de referencia

En el presente artículo *Comportamiento Mecánico Del Concreto Reforzado Con Fibras De Bagazo De Caña De Azúcar*, desarrollaron una investigación con el objetivo de caracterizar los concretos reforzados con fibras de bagazo de caña de azúcar.

Como metodología, realizaron ensayos de compresión, con fibras de bagazo de caña de azúcar retenidas en el tamiz N°4 (4,76 mm) y el tamiz N°6 (3,56 mm), con una dosificación de concreto 1:2:3 (Cemento, arena, grava) regidos bajo la norma NI550 y 673. Realizaron 3 probetas de concreto, adicionando un porcentaje de fibras de 0,5%, 2,5% y 5,0 %, relacionado con el peso del agregado grueso adicionando a cada probeta.

Estas fueron sometidas a resistencia a la compresión axial, a los 14 días de fraguado del compuesto,

Las fibras de caña fueron sumergidas en hidróxido de calcio al 5,0% durante 24 horas, a una temperatura 24°C, esto para darle una protección al cemento.



Ensayo a compresión axial

Nota. Adaptado de: “Comportamiento Mecánico Del Concreto Reforzado Con Fibras De Bagazo De Caña De Azúcar” Por (Osorio Saraz, Herrera Mejía, y Varón Aristizábal), 2017. Recuperado de: <https://bit.ly/36lo1mE>

Tabla 2 Artículo de referencia paneles.

La presente tesis fue desarrollada en la universidad industrial de Santander, Bucaramanga. Por Barrios López y Valencia Gualdrón. En esta se basaron en el comportamiento de paneles prefabricados con concreto y bagazo de caña incorporadas en el cemento portland, diseñando paneles de diferentes tamaños. Elaboraron diferentes moldes de 30 x 18 cm y espesor de 2 y 3 cm. Realizaron diferentes ensayos como, ensayo de penetración o carga concentrada, ensayo de impacto, ensayo de flexión, ensayo acústico. Diseñando un modelo generador de ondas de Sonido para el ensayo acústico.

Concluyendo finalmente que los paneles planteados tienen excelentes propiedades físico mecánica, mantiene la humedad en su curado permitiendo la hidratación del material, y finalmente tiene deficiencias en cuanto a la resistencia de flexión y compresión (2006).



Nota. Adaptado de “Elaboración De Paneles Prefabricados Para Muros Divisorios A Partir De Bagazo De Caña De Azúcar Y Cemento” Por (Nelson Lopez y Crystiam Valencia) ,2006. Recuperado de: <https://bit.ly/36FKh0M>

Tabla 3 Artículo de referencia evaluación de un material compuesto.

En el presente trabajo por Rodríguez Y Díaz, se empleó el bagazo mineralizado con silicato de sodio, como método de mejoramiento de las propiedades del material, para la formulación de un (fibrocemento) combinado con cemento portland, arena y agua.

La mezcla empleada fue sometida a ensayo de flexión, ensayos realizados a los 7 días y 28 días de curado, ensayo físico mecánicos según la norma ASTM, NC-181, NC-182, NC184 y la NC-186 (Normas Cubanas).

Propusieron tres probetas de 16 x 4 x 4 cm con una cantidad de 10% de bagazo en relación con el peso total del cemento.

Las conclusiones dadas por el trabajo presente se evidencian la resistencia a flexión, la compresión a los 7 y 28 días se evidencia que la resistencia compresión no es buena ya que con el 10% de fibras no tiene buena cohesión. (2017)



Nota. Adaptado de “Evaluación de un material compuesto reforzado con fibras de bagazo en matriz de cemento” Por (J. Rodríguez y N. Hernández), 2017. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894009.pdf>

Tabla 4 Artículo de referencia concreto modificado

<p>Análisis De Las Propiedades Estructurales Del Concreto Modificado Con La Fibra De Bagazo De Caña</p>	<p>En la tesis presente se analizó el comportamiento mecánico del concreto y fibras de caña con una adición del 4,6 y 8%.</p> <p>Se realizaron pruebas para 3 cilindros de compresión a los 7,14 y 28 días.</p> <p>Dando como conclusión final conclusión el porcentaje de 8% con adición de fibra presento valores inferiores respecto a los otros cilindros fallados.</p>
	

Nota. Adaptado de “Análisis De Las Propiedades Estructurales Del Concreto Modificado Con La Fibra De Bagazo De Caña” Por (Lizeth Huertas y Paola Martínez), 2019. Recuperado de: <https://bit.ly/2NRUKNM>

METODOLOGÍA

Investigación tipo experimental de laboratorios, siendo la evaluación de parámetros escogidos por las investigadoras, donde se realiza un diseño de mezcla, elaborando un previo análisis a los materiales, determinando por la densidad para el cemento, la absorción y densidad de los agregados siendo el los finos y gruesos, la determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados. Se realizó 3 tipos de mezclas en concreto. La primera nombrada (**Mezcla patrón**) compuesta a base del diseño de mezcla para un concreto de 3000 psi, la segunda nombrada **Tipo 1** comprende de un 3% de adición de fibras de caña de azúcar seca, la tercera muestra nombrada **Tipo 2** comprende de un 3% de adición de fibras de caña de azúcar con un contenido de humedad. La fibra será añadida al compuesto cilíndrico con respecto al peso del cemento.

Se desarrolla el diseño de mezcla para el concreto nombrado muestra patrón y las dos tipologías dichas, se realizaron 12 especímenes cilíndricos de 4” (10 cm) de diámetro y 8” (20 cm) de longitud 4 de muestra patrón, 4 de la tipología 1 y 4 de la tipología 2

Se someten 3 al *ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto regido por la NTC 673* y 3 al *ensayo para determinar la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto regido por la NTC 722*, a los 7 y 14 días de curado de cada cilindro. Con base en los resultados se comparan las dos tipologías de mezcla Tipo 1 y tipo 2 con la muestra patrón, reconociendo la resistencia mecánica.

MARCO TEÓRICO

CONCRETO

El concreto está compuesto de arena, cemento, agregados gruesos y finos, en diferentes proporciones que al combinarlos obtienen una apariencia maleable y al secarse tiene una textura compacta. Se dice que el concreto se origina inicialmente con la necesidad de una vivienda para su propio beneficio, para estas construcciones se emplearon materiales como, cal y arena creando rocas o ladrillos, las evidencias históricas como se demuestra en la antigua Grecia, Egipto y Roma, permiten ver la evolución a del concreto hasta el día de hoy, según Sánchez de Guzmán (2001),

Durante el transcurso del presente siglo, el concreto se ha convertido en el material de construcción más ampliamente utilizado en todo el mundo debido a su extraordinaria versatilidad en cuanto a forma (se puede moldear), función (uso estructural y no uso estructural) y economía, ya que la tecnología desarrollada a su alrededor hace posible su competencia no solo con las construcciones de piedra y madera, sino también con las de acero. (p.19)

AGREGADOS

El concreto requiere de agregados tanto finos como gruesos los cuales trabajan en conjunto siendo complementos en cantidades medidas por medio de su densidad, tamaño, porosidad y estructura, por ello es necesario hacer unos ensayos previos al material para determinar si es apto para constituir el concreto. Los agregados para su utilización se clasifican según su tamaño como se evidencia en la (Ver **Tabla 5**), se dividen por medio del ensayo de granulometría según la Norma Técnica Colombiana 77, para determinar la aceptación del agregado en el concreto.

Tabla 5 Clasificación de los agregados

Tamaño de las partículas en mm (pulg)	Denotación más corriente	Clasificación	Clasificación Agregado para el concreto
Inferior a 0.002 Entre 0.002- 0.074 (N°.200)	Arcilla Limo	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0.074- 4.76 (N°.200)- (N°.4)	Arena	Agregado fino	
Entre 4.76-19.1 (N°4) -(3/4")			
Entre 19.1-50.8 (3/4") -(2")	Gravilla Grava Piedra	Agregado grueso	Material apto para el concreto
Entre 50.8-152.4 (92") -(6")	Rajón, Piedra bola		
Superior a 152.4 (6")			

Nota: Adaptado de “tecnología del concreto y del mortero” Por (Diego. Sánchez de Guzmán), 2001, p.70. Recuperado de Asocreto

CEMENTO

El cemento es un material importante para los diferentes sistemas constructivos, que requiere de un cuidado y manejo adecuado para su uso, ya que este puede provocar diversas patologías. Según Sánchez de Guzmán (2001) afirma que;

El cemento portland hidráulico, el cual tiene propiedades tanto cohesivas, que le dan capacidad de aglutinar los agregados o áridos para conformar el concreto. Estas propiedades dependen de su composición química, el grado de hidratación, la finura de las partículas, la velocidad de fraguado, el calor de hidratación y la resistencia mecánica que es capaz de desarrollar. (p. 22)

CEMENTO GRIS HIDRÁULICO

El cemento gris comprende de las siguientes características para la correcta aplicación en elementos constructivos, (Ver *Tabla 6*).

Tabla 6 Características cemento gris

DESCRIPCIÓN	USOS Y APLICACIONES
El cemento gris de uso general, como placas, estructuras viviendas, es ideal para la elaboración de concretos y morteros (pega, pañete y acabados). Este tipo de cemento tiene excelentes propiedades de resistencia y fraguado.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pañetes ✓ Acabados ✓ Afinados de piso ✓ Reparaciones ✓ Elementos prefabricados ✓ Morteros para piso ✓ Morteros para mampostería ✓ Morteros de relleno
ESPECIFICACIONES	VENTAJAS
Resistencia mínima a la compresión regido bajo la norma NTC 220 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 3 días -8.0 ✓ 7 días- 15.0 ✓ 28 días-24.0 Para definir los parámetros físicos del cemento se aplican las siguientes normas técnicas colombianas: NTC 121, 321,33, 294, 107, 118, 224, 4927.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Este tipo de cemento ofrece diferentes posibilidades de aplicación. ✓ Tiene excelente resistencia y buen fraguado en concretos. ✓ Tiene alta retención de agua.

Nota: Tomado De “Cemento Gris Uso General” Por Argos, 2018. Recuperado De <https://colombia.argos.co/Portals/Colombia/Contenido/Conoce-nuestrosproductos/Cemento/Usogeneral/CementoGris/Argos-FT-CementoGris-Usogeneral.pdf>. Tomado De “CEMENTO HIDRÁULICO USO GENERAL” Por Cemex. Recuperado de <https://www.cemexcolombia.com/documents/45752949/45757355/cemento-gris-usogeneral.pdf/807460c9-4ace-e73f-a643-e62454d22887>; Adaptado de “Cemento Gris Uso General” Argos, 2018. Recuperado de: <https://bit.ly/36LK3oW>; Adaptado de “Cemento Hidráulico Uso General” Cemex. Recuperado de: <https://bit.ly/2JZh1Iy>.

AGUA

El agua es tan importante como los otros agregados del compuesto, influye en la resistencia de este. Sánchez de guzmán (2001), afirma que "(...) el agua ocupa un papel preponderante en las reacciones del cemento durante el estado plástico, el proceso de fraguado y el estado endurecido de un concreto o mortero" (p. 57). Requiriendo un cálculo de dosificación adecuado, ya que, si se agrega en cantidad inadecuada, no se tendrá una mezcla que se fragüe rápidamente o afecta la resistencia del concreto.

CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS

Según el ACI 116R-00 (2014), "el hormigón reforzado con fibras es una combinación de cemento hidráulico, agua, áridos finos y gruesos, aditivos, adiciones y fibras dispersas orientadas aleatoriamente" (p.24). Según Sika (2016), las fibras añadidas al concreto se pueden clasificar por fibras, metálicas, fibras sintéticas, fibras de vidrio y fibras naturales, donde las fibras naturales son "Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%." (prr. 9)

CAÑA DE AZÚCAR

Se dice que la Caña de Azúcar se originó "en india, china, nueva guinea y zonas aledañas, la referencia más antigua que existe del azúcar es del siglo IV a.C. en Persia, donde se usaba con fines medicinales; además, se le valoraba como un artículo de lujo" (Subiros, 1995, p. 3). Desde entonces la caña de azúcar se extendió a distintos países gracias a Cristóbal colon cuando realizo sus viajes a América 1493, el transportó la caña y Subiros (1995) no dice que "se difundió hacia

Cuba, Puerto Rico, México, Colombia, Perú y otros países del continente” (p. 4). En la (Ver **Tabla**

7) se evidencia los factores que conforman la caña.

Tabla 7 Caracterización caña de azúcar

DESCRIPCIÓN	MORFOLOGÍA CAÑA DE AZÚCAR
<p>La caña de azúcar es determinada por su estructura física como su tallo, raíz, nudo, entrenudo y hojas. El tallo es el que contiene los azúcares, y su estado de madurez para el consumo lo determina el color, junto con la longitud. La longitud de la caña varía según la zona de cultivo.</p> <p>Para su producción debe contar con una temperatura 16 a 30 °C, con una exposición solar entre 6 a 9 horas por día. Usualmente se cultiva a una altura entre los 550 1600 (msnm) metros sobre el nivel del mar</p>	<p>El nombre científico que se le da a la caña de azúcar es <i>saccharum officinarum</i>, la caña comprende de un nudo, entrenudo, hojas, flor, Yagua o vaina, estas características varían según las condiciones climáticas, terreno, y modo de cultivo.</p> <p>Color: verde oscuro a azul verdoso o rojizo</p> <p>Raíz: Puede llegar a tener 2 tipos de raíces como: la raíz primordial (dura 3 meses aproximadamente) y raíz permanente (crecen rápidamente y se multiplica su crecimiento)</p> <p>Tallo: El diámetro de la caña varía según el ambiente y terreno. El tallo está compuesto de agua, sacarosa, fibra.</p> <p>Altura: Puede crecer de 3 a 5 metros de altura</p> <p>Clima: Este tipo de planta se cosecha en climas tropicales y con mucha exposición solar</p> <p>Cultivo: Es una planta que se adapta en diferentes tipos de suelo como lo es en suelos francos, profundos o bien drenados.</p>
BAGAZO DE LA CAÑA	FIBRAS DE LA CAÑA DE AZUCAR
<p>Según Almazán et al. (2013) afirma que es el residuo obtenido de la caña, después ser procesada por un molino o trapiche de caña de azúcar represando el 28%. El bagazo está compuesto de la cascara y fibras de caña (con el 50% de humedad)</p> <p>El bagazo de caña está constituido de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fibra 45% ✓ Sólidos solubles 3% ✓ Sólidos insoluble 3% ✓ Agua 50% ✓ Sacarosa 4% 	<p>López,(2015)asegura que, Las fibras del bagazo se caracterizan por su rigidez, presentando una longitud menor que las usuales en especie maderables, La epidermis, capa fina que recubre el tallo, actúa como impermeabilizante del jugo, la corteza compuesta de fibras muy lignificadas presenta características principales como ancho de pared celular, longitud y rigidez, que protegen el tallo de los efectos mecánicos y exteriores, el tejido parenquimatoso, cuya función es la de almacenar jugo azucarado. Los haces fibrovasculares compuestos por fibras y vasos que conducen los alimentos y productos elaborados a lo largo del tallo de la planta</p> <ul style="list-style-type: none"> → Longitud Promedio 1.5 mm → Diámetro Promedio 20 m → Diámetro lumen 12.0 m → Largo pared 4.0 m → Relación de delgadez 75 → Índice de flexibilidad 0.60

Nota: Adaptado De “Cultivos Para La Producción Sostenible De Biocombustibles: Una Alternativa Para La Generación De Empleos E Ingresos” Por (M Ángel. Ramírez), 2008. Recuperado de <https://bit.ly/2JnkgN>; “El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial” Por Almazán del Olmo et al., 2013. Recuperado de: <https://bit.ly/32Aio7M>.; “La Caña De Azúcar (*Saccharum Officinarum*) Para La Producción De Panela. Caso: Nordeste Del Departamento De Antioquia” Por (J. Felipe. López), 2015. Recuperado de <https://bit.ly/2JnMtA2>

Taxonomía de la caña de azúcar

La caña de azúcar siendo una planta poaceae, se clasifica botánicamente, como se evidencia en la (Ver **Tabla 8**).

Tabla 8 Taxonomía de la caña de azúcar

Reino	Vegetal	Definición
Tipo	Fanerógamas	Este tipo de plantas contiene vasos internos para conducir agua, y producen semillas.
Subtipo	Angiosperma	Son aquellas plantas que se caracterizan por producir flores, frutos o semillas.
Especie	Spontaneum y robustum (silvestre)	Caracterización caña de azúcar.
Genero	Saccharum	Genero azúcar perteneciente familia apoacea.
Clase	Mocotiledoneas	Planta caracterizada por su raíz es de aspecto fibroso, tallo ramificado, hojas alargadas.
Familia	Apoaceas	Pertencen a la familia de plantas herbáceas de características tallos macizos, plantas largas.

Nota: Adaptado de “La Caña De Azúcar (Saccharum Officinarum) Para La Producción De Panela. Caso: Nordeste Del Departamento De Antioquia” por (J. López) 2015, p.16. Recuperado de: <https://bit.ly/2Joh7sL>

MARCO NORMATIVO

Las normas técnicas colombianas (NTC) permiten tomar un análisis profundo a los materiales, por medio de una serie de ensayos previos, para la correcta elaboración de un concreto. Así, evidenciar si los materiales son viables para su utilización. En la (Ver **Tabla 9**) se evidencia la normatividad para los constituyentes del concreto sienta el cemento, agregado fino y agregado grueso. En la (Ver **Tabla 10**) se evidencia la normatividad de ensayos que se debe realizar al concreto.

Tabla 9 Normatividad para ensayos de materiales

ENSAYO DE MATERIALES (CEMENTO Y AGREGADOS)	
<p><i>Método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico</i> NTC 221 (1999)</p>	<p>Esta norma establece el método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico. Su principal utilidad está relacionada con el diseño y control de las mezclas de concreto. La densidad del cemento hidráulico se define como la masa del volumen unitario de sólidos.</p>
<p><i>Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso</i> NTC 176 (1995)</p>	<p>Este método de ensayo tiene por objeto determinar la densidad y la absorción del agregado grueso. La densidad se puede expresar como densidad aparente, densidad aparente (SSS) (Saturada y superficialmente seca), o densidad nominal. La densidad nominal (SSS) y la absorción se basan en el humedecimiento en agua del agregado después de 24h.</p>
<p><i>Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino</i> NTC 237 (1995)</p>	<p>Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad aparente y nominal, a una condición de temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y la absorción del agregado fino.</p>
<p><i>Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados</i> NTC 92 (1995)</p>	<p>Esta norma determina la masa unitaria en condición compactada o suelta y el cálculo de los vacíos entre las partículas de agregados finos, gruesos o mezclados. Muestra de ensayo: El tamaño de la muestra debe ser aproximadamente del 125 % al 200 % de la cantidad requerida para llenar el molde, y debe ser manipulada de tal forma que se evite la segregación</p>
<p><i>Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos</i> NTC 77 (2007)</p>	<p>Esta norma abarca la determinación de la distribución de los tamaños de las partículas que componen los agregados finos y gruesos, a través de un proceso de tamizado. Incluye el análisis por tamizado de estos agregados.</p>

Nota: Adaptado de “Normas Técnicas Colombianas” Publicada por el INCONTEC. Recuperado de <https://bit.ly/31Dyign>; Recuperado de <https://bit.ly/32ECg9T>; Recuperado de <https://bit.ly/3602w0f>; Recuperado de <https://bit.ly/2BDCH8g>; Recuperado de <https://bit.ly/2Jf6RmA>.

Tabla 10 Normatividad *ensayos al concreto*

ENSAYOS AL CONCRETO	
<i>Concreto fresco. Toma de Muestras NTC 454 (2011)</i>	Esta norma establece los procedimientos para obtener muestras representativas de concreto fresco, tal como se entrega en el sitio del proyecto, sobre las cuales se realizan los ensayos para verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad de acuerdo con las especificaciones en las que se suministra el concreto.
<i>Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. NTC 396 (1992)</i>	Esta norma establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto en la obra y en el laboratorio.
<i>Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto NTC 673 (2010)</i>	Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como los cilindros moldeados y los núcleos extraídos. Está limitado a concretos con masa unitaria que excedan los 800 kg/m ³ .
<i>Método de ensayo para determinar la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto NTC 722 (2000)</i>	El método de ensayo presentado aquí consiste en la aplicación de una fuerza de compresión diametral en la longitud de un espécimen de concreto cilíndrico a una velocidad que se encuentra dentro del intervalo prescrito hasta que ocurra la falla. Esta carga induce esfuerzos de tensión en el plano que contiene la carga aplicada y esfuerzos de compresión relativamente altos en el área inmediatamente circundante a la carga aplicada. Ocurre falla por tensión, no por compresión, debido a que las áreas de aplicación de carga se encuentran en estado de compresión triaxial, lo que les permite soportar esfuerzos de compresión mayores que los indicados en el resultado del ensayo de resistencia a la compresión uniaxial.

Nota: Adaptado de “Normas Técnicas Colombianas” Publicada por el INCONTEC. Recuperado de <https://bit.ly/2N2CKQx>; Recuperado de <https://bit.ly/2MCb2Lm>; Recuperado de <https://bit.ly/2N5tMIC>, Recuperado de <https://bit.ly/32EVFre>.

DESARROLLO METODOLÓGICO

PRUEBAS DE LABORATORIO (CEMENTO Y AGREGADOS)

Para el correcto diseño de mezcla al concreto es necesario tener como base las características del material, por lo tanto, se realizaron los siguientes ensayos:

CEMENTO

Método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico NTC 221

Con base en la norma se obtiene la densidad del cemento, se utilizó el cemento Argos Tipo I Gris, el líquido que se implementó tiene una densidad mayor de 0,73 g/ml a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Inicialmente, por medio de un embudo de vidrio, se vierte el líquido sin que este se adhiera a las paredes, (Ver *Figura 3*), este debe quedar en una longitud de 0 ml a 1 ml, como se evidencia en la (Ver *Figura 4*).



Figura 3 Embudo en frasco Le Chateriel. Elaboración Propia



Figura 4 Líquido Situado de 0ml y 1 ml. Elaboración propia.

Se utilizan 64 gramos de cemento y agregar en cantidades mínimas requeridos para el ensayo, verificando que el material no quede verticalmente en el frasco Le Chateriel. Como se evidencia en (Ver **Figura 5**).



Figura 5 Frasco de Le Chateriel con adición de cemento. Elaboración Propia

Después cerrar el frasco con el respectivo tapón, luego dar pequeños círculos horizontales al frasco para no queden vacíos o burbujas de aire, con esto se toma la lectura inicial. Pasadas 24 horas de toma la lectura final (Ver **Figura 6**).



Figura 6 Toma Muestra Cemento. Elaboración propia

Realizado la toma de muestras en laboratorio, se calcula la densidad del cemento. (Ver

Tabla 11):

Tabla 11 Determinación Densidad del Cemento

Determinación Densidad del Cemento		
Vi	Volumen inicial del líquido introducido al frasco Le Chatelier	23,2 cm ³
Vf	Volumen final del líquido (después de introducir los 64 g de cemento)	22,6 cm ³
P	Densidad del cemento	2,83 gr/cm ³

Elaboración Propia

Cálculos:

Densidad del cemento

$$P \text{ (Mg/ m3)} = p(\text{g/cm3}) = \frac{\text{Masa del cemento, g}}{\text{Volumen desplazado, cm3}}$$

$$= \frac{64 \text{ gr}}{22,6 \text{ cm}^3} = 2,83 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad Relativa

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad del cemento}}{\text{Densidad del agua a } 4^\circ\text{C}}$$
$$\frac{2,83 \text{ gr/cm}^3}{1 \text{ gr/cm}^3} = 2,83$$

AGREGADOS

Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso NTC

176

Se necesitó 5000gr de muestra, para reconocer cual es a densidad y la absorción del agregado ensayar retenido en el tamiz n°4. Inicialmente se lava el material hasta que se encuentre totalmente limpio y se deja sumergido en agua durante 24 horas como se evidencia en la (*Ver Figura 7*).



Figura 7 Tratamiento inicial agregado grueso. Elaboración propia

Pasadas las 24 horas la norma NTC 176, dice que se procede a secar el agregado con un paño absorbente para determinar la masa superficialmente seca **B**, (*Ver Figura 8*). Para la

determinación de la masa en agua **C**, se sumerge la muestra en un estanque con una densidad de agua 997/kgm³. Como se evidencia en la (Ver **Figura 9**).



Figura 8 Determinación condición superficialmente seca. Elaboración propia.



Figura 9 Determinación masa saturada en agua. **Elaboración propia.**

Realizado la saturación del agregado en agua, se procede dejar la muestra en un horno durante un lapso de 24 con una temperatura 110°C y con el resultado de la muestra secada al horno **A**. En la (Ver **Tabla 12**) se evidencia los resultados obtenidos del ensayo.

Tabla 12 Determinación agregado grueso

Determinación Agregado Grueso	
A= masa en el aire de ensayo secada al horno	4551
B= Masa saturada y superficialmente seca	5000
C= Masa Saturada	2694.4
Densidad Aparente	1.96
Densidad Aparente (Saturada y Superficialmente Seca)	2.16
Densidad Nominal	2.44
Absorción	10%

Elaboración propia

CACULOS:

Densidad Aparente (DAS):

$$Densidad\ Aparente = 0,9975 \times \frac{A}{B - C}$$

$$Densidad\ Aparente = 0,9975 \times \frac{4551\ g}{5000\ g - 2694,4\ g}$$

$$Densidad\ Aparente = \frac{4539,6\ gr}{2305,6\ gr}$$

$$Densidad\ Aparente = 1,96$$

Densidad Aparente (saturada y superficialmente seca):

$$(SSS) = 0,9975 \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Densidad Aparente (SSS)} = 0,9975 \times \frac{5000 \text{ gr}}{5000\text{gr} - 2694.4 \text{ gr}}$$

$$\text{Densidad Aparente (SSS)} = \frac{4987.5 \text{ gr}}{2305.6 \text{ gr}}$$

$$\text{Densidad Aparente (SSS)} = 2.16$$

Densidad Nominal:

$$\text{Densidad Nominal} = 0,9975 \times \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Densidad Nominal} = 0,9975 \times \frac{4551 \text{ gr}}{4551\text{gr} - 2694.4 \text{ gr}}$$

$$\text{Densidad Nominal} = \frac{4539.6 \text{ gr}}{1856.6 \text{ gr}}$$

$$\text{Densidad Nominal} = 2.44$$

Absorción:

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$\text{Absorción} = \frac{5000\text{gr} - 4551\text{gr}}{4551\text{gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción} = \frac{449\text{gr}}{4551\text{gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción} = 0.10 \times 100 = \mathbf{10\%}$$

Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino NTC 237

Es necesario una cantidad de 3000 gr de la muestra, con este se reconocerá la densidad y la absorción del agregado, se procedió a lavar el material hasta tener una muestra totalmente limpia, la muestra es llevada al agua en un lapso de 24 horas. Posteriormente las 24 horas se separa el agua de la mezcla y se extiende sobre una base plana y se deja al aire, hasta tener una muestra totalmente seca, con esta se establece la humedad superficial de la muestra por medio del ensayo del cono. (Ver ***Figura 10***).



Figura 10 Tratamiento agregado fino. Elaboración Propia.

Secado el agregado fino se determina el ensayo de cono, se utiliza un molde cónico de diámetro parte superior 40mm y diámetro interno 90mm, se coloca una porción del material llenándolo hasta el rebose, se apasiona el agregado fino dentro del molde con 25 caídas del pistón. Al remover el molde cónico se asienta levemente el material cumpliendo con la condición superficialmente seca (Ver ***Figura 11***).



Figura 11 Cono para determinar la humedad superficial. Elaboración Propia

Realizado en ensayo de determinación de humedad superficial se procede a utilizar el picnómetro de volumen 500ml, se llena totalmente de agua, se introduce 500gr de agregado fino saturado y superficialmente seco, como se muestra en la (*Ver Figura 12*).



Figura 12 Picnómetro, más la muestra y agua. Elaboración propia

Posteriormente se gira el picnómetro varias veces para eliminar burbujas de aire, se utiliza la bomba de aire para eliminar el aire contenido, se toma el peso del picnómetro sumada al peso del agregado sumergido en el agua, y la temperatura 23°C, (Ver **Figura 13**).



Figura 13 Extracción de burbujas, toma de temperatura y peso de la masa. Elaboración Propia.

Para finalizar el ensayo se extrae el agregado en un recipiente de metal donde es llevada por 24 horas al horno reconociendo así el peso de la muestra secada después del procedimiento, como se evidencia (Ver **Figura 14**). Se observa los resultados obtenidos (Ver **Tabla 13**).



Figura 14 Masa en el aire de la muestra secada al horno. Elaboración propia.

Tabla 13 Determinación agregado grueso.

DETERMINACIÓN AGREGADO FINO	
A=masa en el aire de la muestra secada al horno	489.2 gr
B= masa del frasco lleno con agua	677.8 gr
C = masa del picnómetro con la muestra y al agua hasta la marca de calibración	983.4 gr
D= densidad aparente	2.57gr
S= masa de la muestra saturada y superficialmente seca (MASA SUPERFICIALMENTE SECA)	500 gr
M =Masa del picnómetro vacío	180.7gr
V= volumen del frasco en mililitro	500ml
Densidad Nominal	2.66
Densidad Aparente	2,57
Absorción	2.20

Nota: Elaboración propia

A fin de reconocer la densidad y absorción del agregado fino se realizaron los siguientes

CÁLCULOS:

Densidad Aparente:

$$Densidad\ Aparente = \frac{S}{B + S - C}$$

$$Densidad\ Aparente = \frac{500gr}{677,8gr + 500gr - 983,4gr}$$

$$Densidad\ Aparente = \frac{500gr}{194,4gr} = 2,57$$

Densidad Nominal

$$Densidad\ Nominal = \frac{A}{B + A - C}$$

$$Densidad\ Nominal = \frac{489,2gr}{677,8gr + 489,2gr - 983,4gr}$$

Absorción

$$\text{Densidad Nominal} = \frac{489,2\text{gr}}{183,6\text{gr}} = 2,66$$

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} \times 100$$

$$\text{Absorción} = \frac{500\text{gr} - 489,2\text{gr}}{489,2} \times 100$$

$$\text{Absorción} = \frac{10,8\text{gr}}{489,2} \times 100$$

$$\text{Absorción} = 0,02 \times 100 = 2,20$$

Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados NTC 92.

AGREGADO GRUESO

Se establece el peso del molde cónico más el contenido del agregado esta es 17,92 y el peso del molde cónico solo es de 14,82. (Ver **Figura 15**).



Figura 15 Masa y molde del agregado grueso. Elaboración propia

Se realiza el procedimiento por paleo para la determinación de la masa unitaria suelta. La norma nos indica el llenado completo del molde, por medio de un cucharón de laboratorio

descargando el agregado desde una altura que no exceda los 50 mm. Luego de esto se procede a nivelar la muestra como muestra en la (Ver *Figura 16*).



Figura 16 Nivelación muestra después de llena. Elaboración propia

Tabla 14 Fórmula determinación de la masa unitaria suelta

DETERMINACIÓN MUS		
Formula	$M = \frac{G-T}{V}$	
M	Masa unitaria del agregado (kg/m ³)	1.0570
G	Masa del agregado más el molde (kg)	17.92
T	Masa del molde (kg)	3.10
V	Volumen del molde (m ³)	14.020

Nota: Elaboración propia.

CALCULO:

$$Masa\ unitaria(m) = \frac{G-T}{V}$$

$$Masa\ unitaria(m) = \frac{17,92-3,10}{14,020\ cm^3} = \frac{14,82gr}{14,020cm^3} = 1,0570\ gr/\ cm^3$$

Porcentaje de vacíos

Tabla 15 Fórmula determinación de % de vacíos

Determinación de porcentaje de vacíos %	
Fórmula:	$\% \text{ vacíos} = 100 \frac{[(S \times W) - M]}{S \times W}$
M	Masa unitaria del agregado (kg/m ³)
S	Gravedad específica Bulk (base seca), determinada de acuerdo con la NTC 176 y la NTC 237.
W	Densidad del agua (998 kg/m ³).

Nota: Elaboración propia

CALCULO:

$$\% \text{ vacíos} = 100x \frac{[(S \times 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) - 1,0570 \text{gr/cm}^3]}{S \times 998 \text{ kg/m}^3}$$

$$\% \text{ vacíos} = 100x \frac{996,943 \text{gr/cm}^3}{998 \text{ kg/cm}^3} = 100 \times 0,9989 = 99,89$$

El procedimiento de apisonamiento para determinar la masa unitaria compacta, indica que se llena divide en molde entres capas, al ingresar la primera capa del material se afina el borde con la varilla de apisonamiento, con esta misma se apasiono el agregado con 25 golpes, luego se llena la segunda capa del agregado, se nivela y se realiza el apasionamiento, (Ver **Figura 17**). Se determina el cálculo por medio de la fórmula

$$MUC = \frac{\text{Masa del agregado mas el molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$MUC = \frac{28.32 \text{gr}}{14.020 \text{ cm}^3} = 2010 \text{ kg/cm}^3$$



Figura 17 Método de apasionamiento. Elaboración propia

Se determina el porcentaje de vacíos por paleo. Por medio de la *Fórmula determinación de % de vacíos* (Ver **Tabla 15**).

$$\% \text{ vacios} = 100 \frac{[(S \times W) - M]}{S \times W}$$

$$\% \text{ vacios} = 100 \frac{\left[\left(S \times 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,7988 \text{ gr/cm}^3 \right]}{S \times 998 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 100 \frac{996,5012 \text{ gr/cm}^3}{998 \text{ kg/cm}^3} = 100 \times 0,9984 = 99,84$$

AGREGADO FINO

Para establecer la masa unitaria del agregado fino se realiza el procedimiento por paleo para la masa unitaria suelta. Se tiene como base los pesos de la masa del molde más su contenido siendo 6,46 gr y la masa del molde por separado: 2,56 gr. (Ver *Figura 18*).



Figura 18 Procedimiento por paleo y peso del molde. Elaboración propia

Tabla 16 *Determinación agregado fino MUC*

Determinación De Agregado Fino		
v	Volumen del molde cm ³	2812
G	Masa del agregado más el molde (kg)	6.46
T	Masa del molde (kg)	2.56
M	Masa unitaria del agregado (kg/m ³)	1.0570
W	Densidad del agua (998 kg/m ³).	998

Nota: Elaboración propia.

Se realiza con la fórmula de determinación de la masa unitaria suelta siendo el siguiente cálculo:

CALCULO:

$$MUC = \frac{\text{Masa del agregado mas el molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$M = \frac{6,46 \text{ kg} - 2,56 \text{ kg}}{2812 \text{ cm}^3} = \frac{3,9 \text{ kg}}{2812 \text{ cm}^3} = 0,00138 \text{ kg/cm}^3$$

Por medio de la *Fórmula determinación de % de vacíos* adquirir siguiente cálculo:

$$\% \text{ vacios} = 100 \frac{[(S \times W) - M]}{S \times W}$$

$$\% \text{ vacios} = 100 \frac{[(S \times 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) - 0,00138 \text{ kg/cm}^3]}{S \times 998 \text{ kg/m}^3} = 100 \frac{997,99 \text{ kg/cm}^3}{998 \text{ kg/cm}^3} = 100 \times 0,9999 = 99,99$$

El procedimiento de apisonamiento para establecer la masa unitaria. Se determina el cálculo con la fórmula:

$$\text{Masa unitaria}(m) = \frac{G - T}{V}$$

$$M = \frac{6,78 \text{ gr} - 2,56 \text{ kg}}{2812 \text{ cm}^3} = \frac{4,22 \text{ kg}}{2812 \text{ cm}^3} = 6,77908 \text{ kg/cm}^3$$

Con el proceso de apasionamiento se establece el porcentaje de vacíos del agregado fino, se determina por la formula *Fórmula determinación de % de vacíos*

$$\% \text{ vacios} = 100 \frac{[(S \times W) - M]}{S \times W}$$

$$\% \text{ vacios} = 100 \frac{[(S \times 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) - 6,77908 \text{ kg/cm}^3]}{S \times 998 \text{ kg/m}^3} = 100 \frac{991,220 \text{ kg/cm}^3}{998 \text{ kg/cm}^3} = 100 \times 0,9932 = 99,3$$

Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos NTC

77

Granulometría Agregado Grueso

A una temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se seca la muestra del agregado, se realiza la selección de los tamices ($1\frac{1}{2}$ " 1 " $\frac{3}{4}$ " $\frac{1}{2}$ " $\frac{3}{8}$ " $N^{\circ} 4$), Necesarios para el tipo del agregado como se evidencia en (Ver **Figura 19**), se colocan en el orden adecuado, se deposita la muestra en el tamiz superior.



Figura 19 Tamices para el agregado grueso. Elaboración propia.

Se agitan los tamices manualmente asegurando el movimiento de todas las partículas del agregado como se evidencia en la (Ver **Figura 20**).



Figura 20 Tamizado de agregado grueso. Elaboración propia.

Con base en los resultados de la granulometría (Ver **Tabla 17**) se desarrolla la curva granulométrica (Ver **Figura 21**) tomando los mm de los tamices y el porcentaje que paso a través de ellos del material.

Tabla 17 *Granulometría Agregado Grueso*

Tamaño de Tamiz en mm	Tamiz #	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
40	1 ½"	0.0	0.0	0.0	100.0
25	1"	0.0	0.0	0.0	100.0
19	¾"	69.1	1.7	1.7	98.3
12.5	½"	467.4	11.8	13.5	86.5
9.5	⅜"	1140.8	28.7	42.2	57.8
4.75	N ° 4	2207.5	55.5	97.7	2.3
FONDO		92.8	2.3	100.0	0.0
TOTAL		3977.6	100.0		

Nota. Elaboración propia.

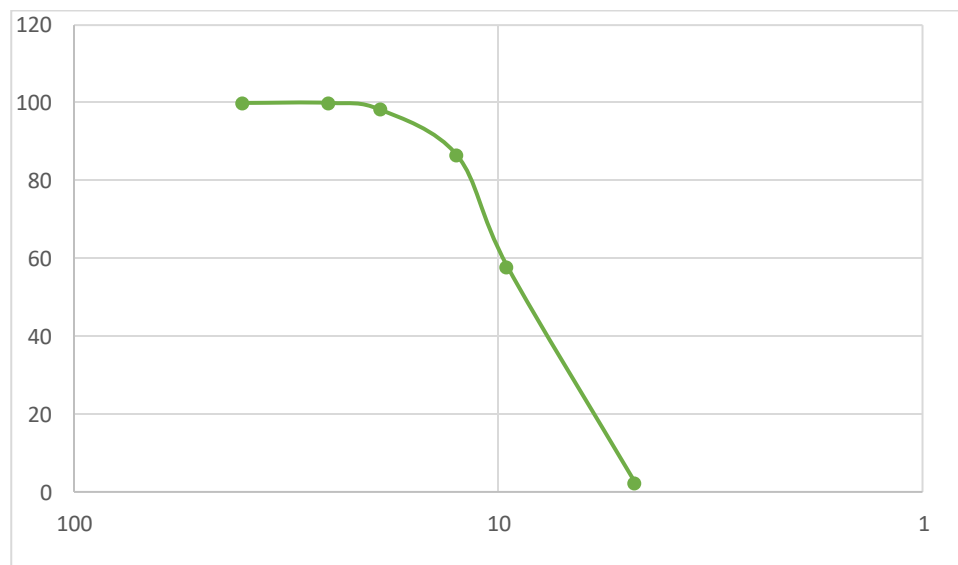


Figura 21 *Curva Granulométrica Agregado Grueso. Elaboración propia.*

Módulo de finura agregado grueso

Para el módulo de finura se deben seleccionar los resultados del porcentaje retenido acumulado del material desde el tamiz No. 1 ½” hasta el tamiz No. 4, luego estos se suman y dividen en 100 dándonos el módulo de finura del agregado grueso.

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{0.0+0.0+1.7+13.5+42.2+97.7}{100}$$

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{155,1}{100} = 1.55$$

Granulometría Agregado Fino

Para realizar el ensayo de granulometría del agregado fino, se seca la muestra a una temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se realiza la selección de los tamices (No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No.200), Necesarios para el tipo del agregado como se evidencia en (Ver **Figura 22**).



Figura 22 Tamizado de agregado fino. Elaboración propia

Los resultados obtenidos del ensayo del Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos se evidencian (Ver **Tabla 18**).

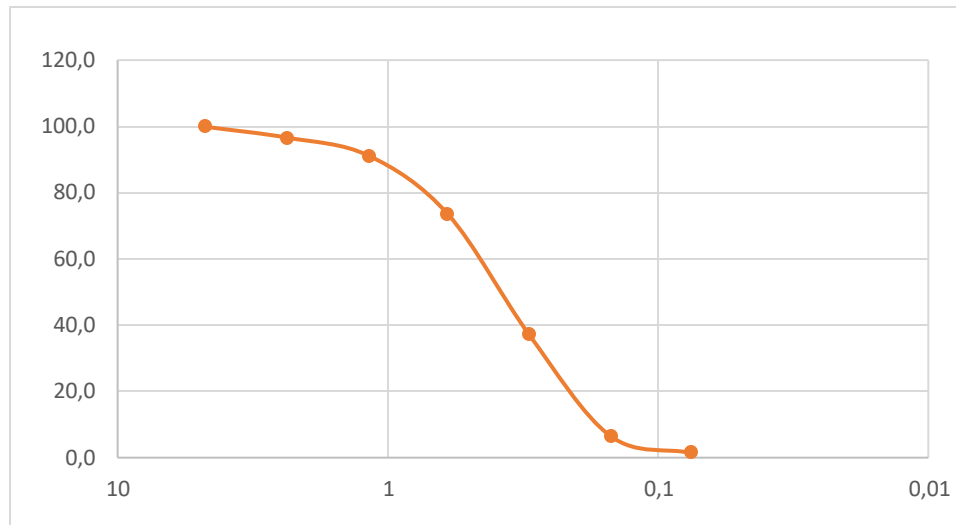


Figura 23 Curva Granulométrica Agregado Fino. Elaboración propia

Tabla 18 Granulometría Agregado Fino

Tamaño de Tamiz en mm	Tamiz #	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
4.75	No. 4	3.4	0.1	0.1	99.9
2.36	No. 8	98.6	3.3	3.4	96.6
1.18	No. 16	162.2	5.4	8.8	91.2
0.6	No. 30	530.2	17.7	26.5	73.5
0.3	No. 50	1091.8	36.4	62.9	37.1
0.15	No. 100	918.0	30.6	93.5	6.5
0.075	No. 200	153.6	5.1	98.6	1.4
FONDO		42.2	1.4	100.0	0.0
TOTAL		3000.0	100.0		

Nota. Elaboración Propia

Módulo de finura para el agregado fino

Para el módulo de finura se deben seleccionar los resultados del porcentaje retenido acumulado del material desde el tamiz No. 4 hasta el tamiz No. 100, luego estos se suman y dividen en 100 dándonos el módulo de finura del agregado fino.

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{0.1+3.4+8.8+26.5+62.9+93.5+98.6}{100}$$

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{293.8}{100} = 2.94$$

Con base en todos los laboratorios para los materiales tenemos las características necesarias y requeridas para el diseño de mezcla con estos agregados (Ver **Tabla 19**).

Tabla 19 Propiedades de los agregados

AGREGADOS		
Perfil	Fino	Grueso
Peso unitario Suelto	0.00138	1.0570
Pesos unitarios compactado	6.779	1.7988
Peso Específico	6.46	17.92
TMN	-	3/8
% Absorción	2.20	24
% Humedad	0.05	0.04
Módulo de finura	2.94	1.55

Nota: Elaboración propia

DISEÑO DE MEZCLA

Para el adecuado diseño de mezcla de concreto se toma como referencia la siguiente (**Figura 24**) (Asocreto, 1995).

Como se evidencia en la (*Ver Figura 24*) para una correcta aplicación del concreto en diferentes sectores de la construcción, se debe llevar un proceso adecuado para determinar las propiedades específicas del concreto y que este tenga la resistencia adecuada, según las normas técnicas colombianas.

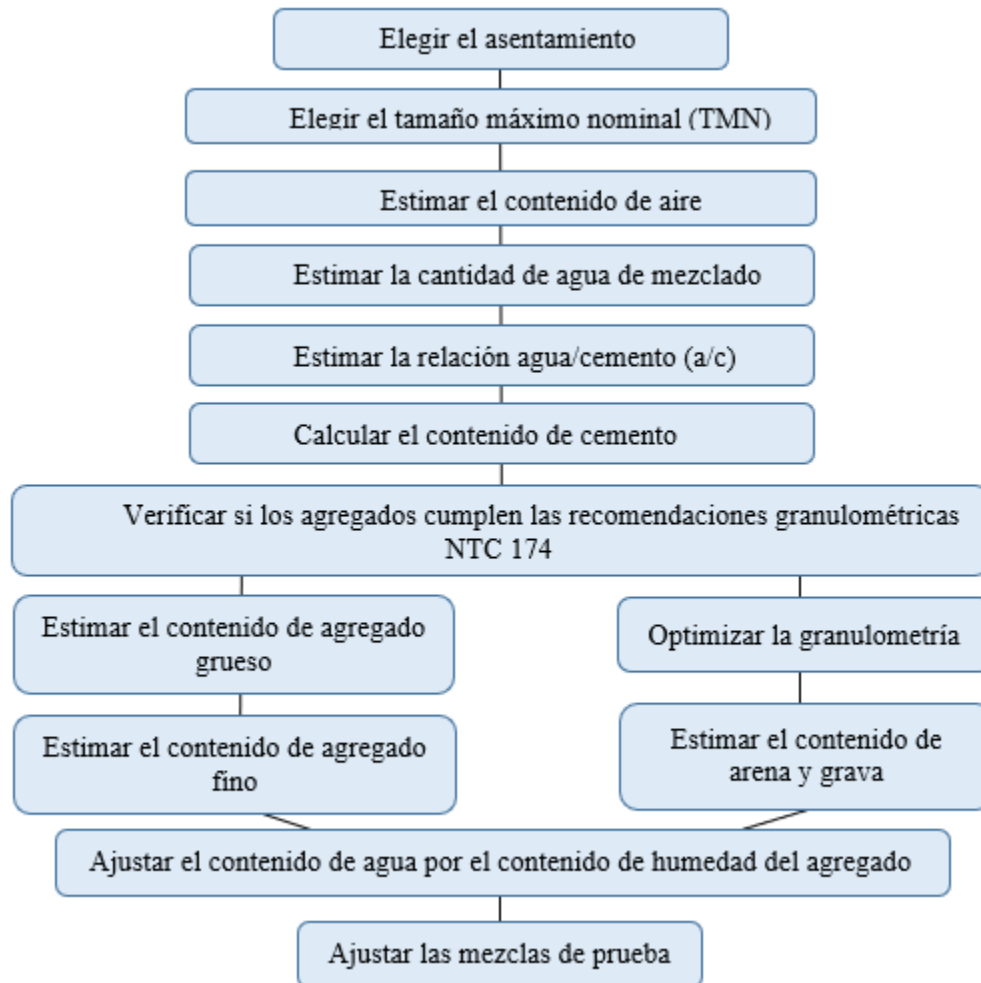


Figura 24 Diseño de mezcla concreto convencional. Tomado de “Tecnologías del concreto” Asocreto

Elección del asentamiento

Se elige un asentamiento de 10 cm, como se evidencia en la (Ver **Tabla 20**)

Tabla 20 Selección del asentamiento

Consistencia	Asentamiento	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Semiseca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple	Colocación con máquinas operadoras manualmente	Secciones simplemente reforzadas, con vibración
Media	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas muros, vigas	Colocación manual	Secciones medianamente reforzadas, sin vibración
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos	Bombeo	Secciones bastante reforzadas, sin vibración

Nota: Adaptado de “tecnología del concreto” Por (Diego. Sánchez de Guzmán), 2011, p.187. Recuperado de Asocreto

Selección del tamaño máximo nominal

Se elige el TMN de acuerdo con la granulometría 3/8” por medio de la tabla. (Ver **Tabla 21**)

Tabla 21 Tamaño Máximo Nominal

Tamiz		% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
milímetros	pulgadas			
50,8	2	0	0	100
38,1	1 1/2	3	3	97
25,4	1	17	20	80
19.1	3/4	20	40	60
12.5	1/2	30	70	30
9.51	3/8	10	80	20
4.76	No.	16	96	4
Fondo		4	100	0

Nota: Adaptado de “tecnología del concreto” Por (Diego. Sánchez de Guzmán), 2011, p.188. Recuperado de Asocreto

Estimación del contenido de aire

Se elige de acuerdo con el agregado grueso 3/8". Para para 1 m³ de concreto, un volumen de aire 3 como se evidencia, (Ver **Tabla 22**).

Tabla 22 Contenido aproximado de aire en el concreto para varios grados de exposición

Agregado grueso		Porcentaje promedio aproximado de aire atrapado	Porcentaje promedio total de aire recomendado para los siguientes grados de exposición		
pulgadas	mm		Suave	Mediano	Severo
3/8	9.51	3.0	4.5	6.0	7.5
1/2	12.50	2.5	4.0	5.5	7.0
3/4	19.10	2.0	3.5	5.0	6.0
1	25.40	1.5	3.0	4.5	6.0

Nota: Adaptado de "tecnología del concreto" Por (Diego. Sánchez de Guzmán), 2011, p.189. Recuperado de Asocreto

Estimación la cantidad de agua de mezclado

Se estima 225 lt por m³ de concreto de acuerdo con la elección del asentamiento y contenida de aire. (Ver **Tabla 23**)

Tabla 23 Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y TMN del agregado

Condición de contenido de aire incluido	Asentamiento cm	Agua en kg/m ³ de concreto para los TMN de agregados indicados							
		10	12.5	20	25	40	50	70	150
Concreto sin aire incluido	3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
	8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
	15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	-
	Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto, sin aire incluido, por ciento.	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Nota: Adaptado de "tecnología del concreto" Por (Diego. Sánchez de Guzmán), 2011, p.191. Recuperado de Asocreto

Relación agua / cemento

De acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 del concreto aplican 3000psi para relación material cementante. (Ver **Tabla 24**)

Tabla 24 Relación resistencia compresión y relación a/c

Resistencia a la compresión a los 28 días en kg/cm ² (psi)	Concreto sin inductor de aire	Concreto con inductor de aire
175 (2 500)	0.65	0.56
210 (3 000)	0.58	0.50
245 (3 500)	0.52	0.46
280 (4 000)	0.47	0.42
315 (4 500)	0.43	0.38
350 (5 000)	0.40	0.35

Nota: Adaptado de “tecnología del concreto” Por (Diego. Sánchez de Guzmán), 2011, p.193. Recuperado de Asocreto

Se tiene en cuenta la relación agua cemento siendo **A** el contenido de agua y **C** el material cementante.

- $A=225 \text{ kg/ m}^3$
- $C= 0.58$

$$C=A/C$$

$$\text{Material Cementante} = \frac{225 \text{ kg/m}^3}{0.58}$$

$$= 387 \text{ kg/m}^3 \text{ de concreto}$$

VOLUMEN

- Contenido de cemento=387 kg/m³
- Densidad del cemento=2.83kg /m³

$$V=\text{Contenido Material Cementante/Densidad Del Cemento}$$

$$\frac{387 \text{ kg/m}^3}{2.83 \text{ kg/m}^3}=136.7$$

Método ACI- Verificación De Las Especificaciones Granulométricas

Tabla 25 Verificación de las especificaciones granulométricas

Verificación agregados				
Granulometría				
Mm	Pulgadas	%pasa	Limites	Verificación
40	1 ½	100	-	-
25	1	100	-	-
19	¾	98.3	100	Ok
12.5	½	86.5	90-100	Ok
9.5	3/8	57.8	40-70	Ok
4.75	Nº4	2.3	0-15	Ok

Nota. El tamaño ½” está en el límite mínimo de la granulometría y se debe adicionar un 3.5% de agregado en el diseño. **Nota.** Elaboración Propia

Tabla 26 Volumen de gravilla por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado	Volumen de agregado grueso secado en el horno por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino				
	Módulo de finura				
Pulgadas	mm	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	9.51	0.50	1.48	0.46	0.44

Nota: Adaptado de “tecnología del concreto” Por (Diego. Sánchez de Guzmán), 2011, p.196. Recuperado de Asocreto

El módulo de finura (MF) del agregado fino obtenido en la granulometría (Ver **Tabla 25**). Indica 2,94, se tiene que realizar una interpolación ya que el valor obtenido no se encuentra en la (Ver **Tabla 26**).

$$X = \frac{0.02 \times 0.14}{0.20} = 0.014 \quad X(\text{MF}) = 0.46 - 0.014 = 0.446$$

El valor de bo se calcula a partir de la masa unitaria compactada (MUC), el módulo de finura del agregado y la densidad aparente de la grava (dg)

$$bo = 2010 \times 0.446 = 896.46$$

$$bo = \frac{896.46}{1.96} = 4.5737 \text{ l/m}^3$$

PROPORCIONAMIENTO DISEÑO DE MEZCLA MUESTRA PATRON

Con base en el agua de mezclado, el contenido de cemento y el contenido de agregado grueso, para suplir un metro cubico (1.000) de concreto, se tabulan los volúmenes.

Tabla 27 Peso seco y volumen absoluto de los materiales por metro cubico de concreto.

Elemento	Peso seco kg	Peso específico	Volumen
Cemento	387	2,83	136,74 Lts
Agua	225	1,00	225 Lts
Contenido de aire	-	-	3 Lts
Agregado grueso	896	1.96	457,37 Lts
Agregado fino	473.3	2,66	177.89 Lts
TOTAL	1.981		1.000 Lts

Nota: Adaptado de “tecnología del concreto” Por (Diego. Sánchez de Guzmán), 2011, p.197. Recuperado de Asocreto

Tabla 28 Proporción por peso seco de material por metro cubico

Proporción del diseño de mezcla			
Cemento	Agregado Fino	Agregado grueso	Agua
1.1	1.3	2.5	0.6

Nota: Elaboración propia

PROPORCIONAMIENTO DISEÑO DE MEZCLA TIPO 1 (FIBRA SECA)

Con base en el diseño de mezcla para la mezcla patrón, se relaciona el volumen total del cilindro, de un diámetro de 4” Pulgadas por altura de 8” Pulgadas, por el peso del cemento 387 kg. (Ver **Tabla 29**). El 3% de la fibra seca a incorporar al espécimen cilíndrico, con un desperdicio de 2,5%.

Tabla 29 Peso seco y volumen absoluto de los materiales por metro cubico de concreto.

Elemento	Peso seco kg	Peso especifico	Volumen
Cemento	387	2,83	136,74 Lts
Agua	225	1,00	225 Lts
Contenido de aire	-	-	3 Lts
Agregado grueso	896	1.96	457,37 Lts
Agregado fino	473.3	2,66	177.89 Lts
Fibra de caña de azúcar	1,27	-	0.448 Lts
TOTAL	1.984	-	1.297.4 Lts

Nota. Elaboración propia

Tabla 30 Proporción por peso seco de material por metro cubico

Proporción del diseño de mezcla				
Cemento	Agregado Fino	Agregado grueso	Agua	Fibra de caña de azúcar
1.1	1.3	2.5	0.6	0.003

Nota. Elaboración propia

PROPORCIONAMIENTO DISEÑO DE MEZCLA TIPO 2 (FIBRA HUMEDA)

Tabla 31 *Peso seco y volumen absoluto de los materiales por metro cubico de concreto.*

Elemento	Peso seco kg	Peso especifico	Volumen
Cemento	387	2,83	136,74 Lts
Agua	225	1,00	225 Lts
Contenido de aire	-	-	3 Lts
Agregado grueso	896	1.96	457,37 Lts
Agregado fino	473.3	2,66	177.89 Lts
Fibra de caña de azúcar (tipo 2)	1,27	-	0.448 Lts
TOTAL	1.984	-	1.297.4 Lts

Nota: Elaboración Propia

Tabla 32 *Proporción por peso seco de material por metro cubico*

Proporción del diseño de mezcla				
Cemento	Agregado Fino	Agregado grueso	Agua	Fibra de caña de azúcar
1.1	1.3	2.5	0.6	0.003

Nota: Elaboración Propia

TRATAMIENTO DE LAS FIBRAS DE CAÑA DE AZÚCAR

En primera instancia, para la extracción de las fibras de caña, se requirió un trapiche, en este caso uno de venta ambulante (Ver *Figura 25*). Este funciona mediante unos molinos internos y compuesto por tres rodillos surcados que presan la caña de azúcar comprimiéndola y desmenuzándola para la obtención del jugo. Antiguamente se utilizaban animales para el funcionamiento del trapiche, actualmente se ha implementado un motor para un mayor rendimiento en corto tiempo.



Figura 25 Trapiche de caña de azúcar en madera. Elaboración propia

FIBRAS TIPO 1

Se expusieron 1,27 g de fibras de caña de azúcar al sol durante un lapso de cinco días. (Ver *Figura 26- 27*), con el fin de reducir el porcentaje de humedad de una manera natural. En la siguiente ficha (*Anexos*) se evidencia el seguimiento que se realizó durante 5 días y los resultados obtenidos.



Figura 26 Estado inicial fibras de caña. Elaboración propia.



Figura 27 Fibras de caña de azúcar. Elaboración propia.

FIBRAS TIPO 2

Siendo el bagazo de la caña de azúcar (Ver *Figura 28*) el resultado del proceso de molienda de la caña de azúcar es un material compuesto de fibras y con un alto contenido de humedad. Se obtuvo 1,27 gr de fibras de caña de azúcar con un porcentaje de humedad natural, para la mezcla de concreto tipo 2.



Figura 28 Bagazo de caña de azúcar. Elaboración propia.

INMUNIZACIÓN FIBRAS DE CAÑA (TIPO 1 Y TIPO 2)

Para la inmunización de fibras **Tipo 1** se utilizó 1 kg cal viva por 10 litros de agua y para las fibras **Tipo 2** se utiliza de igual manera 1 kg de cal viva por 10 litros de agua, (Ver *Figura 29-30*). Ambas tipologías se mantubieron sumergidas durante 48 horas. Como sugiere (Espinoza Carvajal, 2015) “Para el proceso de control de degradación y protección de agentes físicos y químicos en las fibras naturales, se optó por la utilización de la cal viva, como elemento fluido para la adecuada protección de cuerpo fibroso”. (p. 177)



Figura 29 Cal viva. Elaboración propia



Figura 30 Inmunización de fibras húmedas y secas. Elaboración propia

Con base en el diseño de mezcla realizado, se procede a preparar los materiales (Ver **Tabla 35**).

Tabla 35 *Materiales de los especímenes cilíndricos*

Agregado Grueso	Agregado Fino
	
Cemento	Agua
	
Fibra seca (Tipo 1)	Fibra humedad (Tipo 2)
	

Nota. Elaboración propia

Se realiza la mezcla (Ver **Figura 31**) para 18 especímenes cilíndricos con un diámetro de 4" (10 cm) por 8" (20 cm) 6 de concreto patrón, 6 de concreto convencional con la incorporación de fibra seca en un 3% con respecto a la cantidad de cemento denominada tipo 1, 6 de concreto convencional con la incorporación de fibra humedad en un 3% con respecto a la cantidad de cemento denominada tipo 2.



Figura 31 Proceso de mezclado de materiales. Elaboración propia

En la (Ver **Figura 31**) Podemos ver la mezcla del concreto para la muestra patrón y el concreto con adición de fibras con estas. Se procede a realizar los ensayos de concreto fresco y endurecido del concreto.

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO. NTC 396

Para la establecer el asentamiento del concreto, en el cono se debe poner en una base plana luego se empieza a colocar la primera parte del concreto y luego se compacta con la varilla 25 veces, luego se coloca la segunda capa del material, compactándolo otras 25 veces, y así la última capa del material hasta el borde se debe con la misma varilla se afina el borde del cono.



Figura 32 Proceso de asentamiento del concreto muestra patrón. Elaboración propia.

Este proceso tiene un lapazo máximo de dos minutos, luego se retira el molde cónico para recoger el asentamiento del concreto del cual se tiene la muestra, no puede generar ninguna curva por medio de la fuerza que se ejerce al retirar el molde.

Se procede a realizar el asentamiento para la mezcla patrón (Ver *Figura 33*), para la tipología 1 (Ver *Figura 34*) y para la tipología 2 (Ver *Figura 35*).



Figura 33 Asentamiento de mezcla patrón. Elaboración propia



Figura 34 Asentamiento mezcla tipo 1. Elaboración propia.



Figura 35 Asentamiento mezcla tipo 2. Elaboración propia.

Asentamiento = 800 altura en milímetros después de asentado el concreto.

Para la realización de ensayo, se fundieron los cilindros en tres capas cada una vibrada y apisonada 25 veces, (Ver **Figura 36**). Se dejaron de 20 a 24 horas encofrados (Ver **Figura 37**)



Figura 36 Vibrado del concreto. Elaboración propia



Figura 37 Concreto encofrado. Elaboración propia

Los cilindros pasados 24 horas se desencofran y almacenan los especímenes en un ambiente húmedo, con agua libre sobre la superficie de estos, generando el curado del material (Ver *Figura 38*).

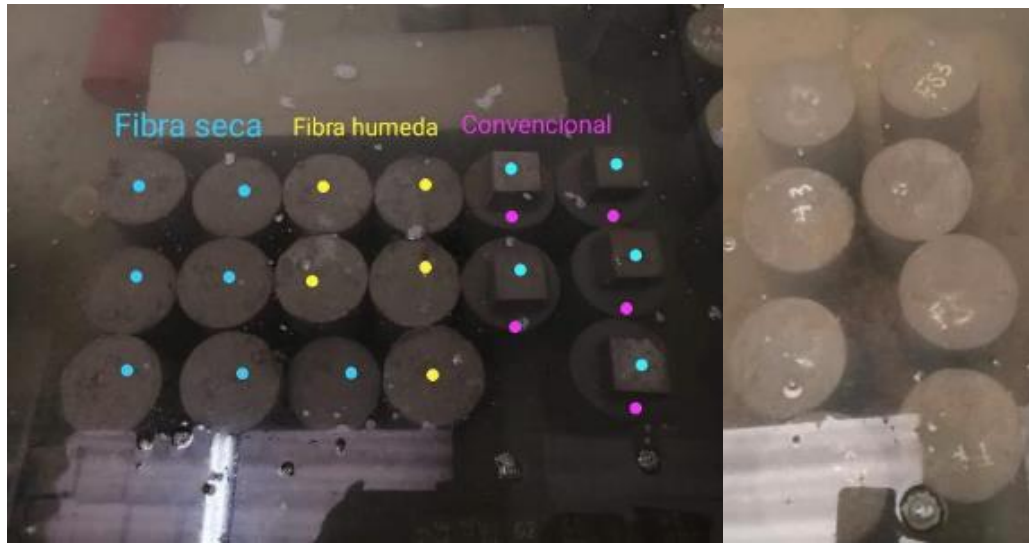


Figura 38 Curado de los especímenes cilíndricos. Elaboración propia.



Figura 39 Cilindros luego del proceso del curado de 7 días. Elaboración propia

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS NORMALES DE CONCRETO NTC 673

Los ensayos de compresión en cilindros curados en el laboratorio en tanques de agua o cuartos húmedos, el ensayo debe realizarse al instante que sacan los especímenes cilíndricos del proceso de curado y se deben ensayar en condición de humedad. El equipo a utilizar es la prensa hidráulica, esta debe ser operada por energía eléctrica, la carga será aplicada a un esfuerzo sobre cada cilindro a ensayar será de 0,25 Mpa/s (Ver *Figura 40*)




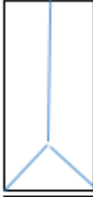

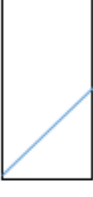
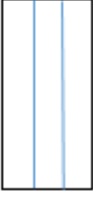
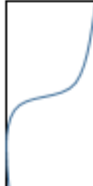
Figura 40 Resistencia a compresión. Elaboración propia

Tipos de fallas en las probetas cilíndricas ensayadas.

Luego del ensayo de compresión podemos reconocer la tipología de falla que presenta el espécimen cilíndrico en las tipologías asignadas, ya que cada tipología presenta pesos diferentes

con respecto al tiempo de curado y al momento de realizar el ensayo de compresión tiene comportamientos específicos y resistencias diferentes. (Ver **Tabla 37**)

Tabla 36 Tipo de fallas en probetas cilíndricas ensayadas a compresión simple

Definición	Esquema
Falla Cónica: Conos bien formados en ambos extremos. Se presentan cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un cilindro de prueba bien preparado.	
Falla cónica dividida: Cono bien formado en un extremo, con presencia de fisuras que atraviesan la cara superior del cilindro y que se propagan verticalmente hacia el cuerpo del cilindro. Se presentan en cilindros que tienen deficiencias en el material refrentado.	
Falla cónica y cortante: Cono bien formado un extremo, con presencia de una fisura diagonal que atraviesa el cuerpo del cilindro.	
Falla cortante: Fractura diagonal sin fisuras presentada en el cuerpo del cilindro, se puede ir de extremo extremo. Se recomienda golpearla suavemente con un martillo para distinguirla de falla cónica.	
Falla columnar: Fisuras verticales a través de ambos extremos conos mal formados. Se presentan por convexidad en el bloque de carga de la máquina de ensayo, o por concavidad en el plato del dispositivo de refrentado; también por deficiencias en el material de refrentado.	
Fallas atípicas: Corresponden a aquellas fracturas que no son típicas en los cilindros ensayados a compresión simple, pero que se pueden presentar debido a las deficiencias en el material de refrentado o por fallas durante el montaje del ensayo.	

Nota. Adaptado de: Molano, M. Torres, N. (2017) *Prácticas de laboratorio de materiales para obras de ingeniería civil*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Resistencia a la compresión muestra patrón

Se realizaron en total 2 cilindros de concreto convencional con un diseño de mezcla (Ver **Tabla 27**), uno fallado a los 7 días (Ver **Figura 41**) con base en la (Ver **Tabla 37**) podemos definir que se presentó una falla a cortante y otro a los 14 días (Ver **Figura 42**) en el cual se presenta una falla cónica.



Figura 41 Falla compresión de cilindro patrón a los 7 días. Elaboración propia



Figura 42 Falla compresión de cilindro patrón a los 14 días. Elaboración propia

Resistencia a la compresión Mezcla tipo 1 (Fibra seca)

Se realizaron en total 2 cilindros de concreto convencional con un diseño de mezcla (Ver **Tabla 27**), uno fallado a los 7 días (Ver **Figura 43**) con base en la (Ver **Tabla 37**) podemos definir que se presentó una falla a cortante y otro a los 14 días (Ver **Figura 44**) en el cual se presenta un falla cónica y cortante.



Figura 43 Falla a compresión cilindro Fibra seca a los 7 días. Elaboración Propia



Figura 44 Falla a compresión cilindro Fibra seca a los 7 días. Elaboración propia.

Resistencia a la compresión mezcla tipo 2 (Fibra Húmeda)

Se realizaron en total 2 cilindros de concreto convencional con un diseño de mezcla (Tabla 27, uno fallado a los 7 días (Ver *Figura 45*) con base en la (Ver *Tabla 37*) podemos definir que se presentó una falla cónica dividida y otro a los 14 días (Ver *Figura 46*) en el cual se presenta una falla cortante.



Figura 45 Falla a compresión cilindro fibra húmeda a los 7 días. Elaboración propia



Figura 46 Falla a compresión cilindro fibra húmeda a los 14 días. Elaboración propia

ANÁLISIS DE RESULTADOS

DENSIDAD DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS A LOS 7 Y 14 DÍAS

Densidad del espécimen a 10 kg/m³ [1 lb/ft³] más cercana como sigue:

Tabla 37 Formula de densidad

$Densidad = \frac{W}{V}$	
W	masa del espécimen, lb /kg
V	volumen del espécimen, calculado a partir del diámetro promedio y la longitud promedio o de pesar el cilindro en el aire y sumergido, ft ³ /m ³

Tabla 38 Densidad de cilindros 7 y 14 días

Código Cilindro 7 Días	W (kg)	V	Densidad	Código Cilindro 14 Días	W (kg)	V	Densidad
Cc1	3.72	1570.7	2.36	Cc3	3.70	1570.7	2.35
Cc2	3.70	1570.7	2.35	Cc4	3.72	1570.7	2.36
Fs1	3.56	1570.7	2.26	Fs3	3.42	1570.7	2.17
Fs2	3.50	1570.7	2.22	Fc4	3.56	1570.7	2.26
Fh1	3.62	1570.7	2.30	Fh3	3.40	1570.7	2.16
Fh2	3.58	1570.7	2.27	Fh4	3.52	1570.7	2.24

Nota: Elaboración propia

RESISTENCIA A LA COMPRESION

Factor de Corrección, con relación (Longitud/Diámetro) para 3 Tipologías de concreto

Tabla 39 Factor de Corrección

Relación Altura/ Diámetro	Factor de Corrección
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

Nota: Tomado de “Tecnología del concreto y mortero “Por (Diego. Sánchez de Guzmán),2001, p 141. Recuperado de Asocreto

Área Transversal del cilindro ensayado mm

$$At = \frac{\pi \left(\frac{D1 + D2}{2} \right)^2}{4}$$

Área Transversal mm	
CC1	7853.9
CC3	7853.9
FS1	7853.9
FS3	7853.9
FH1	7853.9
FH3	7853.9

Para el cálculo de la Resistencia a la Compresión a los 6 cilindros, con un objetivo del material de 21 MPa, 3000 (psi), 210 kg/cm².

$$F'cl = \frac{Pmax}{At} \times f_{L/D}$$

Tabla 40 Convenciones

$F'cl$	Resistencia a la compresión del cilindro ensayado, a una edad predeterminada en MPA
$Pmax$	Carga máxima en N
At	Área transversal del cilindro
$F l/d$	Factor de corrección del cilindro
$D1 -D2$	Diámetro del cilindro

Nota: Tomado de “prácticas de laboratorio de materiales para obras de ingeniería civil” Por (Marta. Molano), 2017, p.314. Recuperado de Escuela Colombiana de Ingeniería.

INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 Y 14 DÍAS MEZCLA PATRÓN, SEGÚN EL NTC 673

Tabla 41 Informe mezcla patrón

Información	Cilindro	Cilindro
Número de identificación	CC1	CC3
Diámetro	100 mm	100 mm
Longitud	200 mm	200 mm
Carga máxima, en libras-fuerza [kilonewtons],	101.7kn	120.4 kn
Defectos en cada espécimen o cabezal	Falla cortante	Falla cortante
Edad del espécimen	7 días	14 días
Densidad a 1 lb/ft ³ [10 kg/m ³] más cercana	2.36	2.35

Nota: Elaboración propia.

Resistencia a compresión a los 7 y 14 días, Muestra Patrón

Tabla 42 Resistencia a la compresión Muestra patrón

Resistencia 7 Días							
Código del testigo	Peso Cilindro (kg)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Tiempo de curado	Volumen (cm ³)	Carga Máxima KN	MPA
cc1	3,72	100	200	7	1570,7	110,7	12.94
cc3	3,70	100	200	14	1570,7	120,4	15.32

Nota: Elaboración propia.

INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 Y 14 DÍAS MEZCLA TIPO 1

Tabla 43 Informe mezcla Tipo 1

Información	Cilindro 7 Días	Cilindro 14 días
Número de identificación	FS1	FS3
Diámetro	100 mm	100 mm
longitud	200 mm	200 mm
Carga máxima, en libras-fuerza [kilonewtons],	73.3 KN	97.8 KN
Defectos en cada espécimen o cabezal	Falla a cortante	Falla a cortante
Edad del espécimen	7 días	14 días
Densidad a 1 lb/ft ³ [10 kg/m ³] más cercana	2.26	2.17

Nota: Elaboración propia.

Resistencia a compresión a los 7 y 14 días, Muestra Tipo 1

Tabla 44 Resistencia a la compresión mezcla Tipo 1

Resistencia 7 Días							
Código del testigo	Peso Cilindro (kg)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Tiempo de curado	Volumen (cm ³)	Carga Máxima KN	MPA
FS1	3.50	100	200	7	1570.7	73.3	9.33
Fs3	3.56	100	200	14	1570.7	97.8	12.45

Elaboración propia.

INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 Y 14 DÍAS MEZCLA TIPO 2

Tabla 45 Informe mezcla Tipo2

Información	Cilindro 7 días	Cilindro 14 días
Número de identificación	FH1	FH3
Diámetro	100 mm	100 mm
longitud	200 mm	200 mm
Carga máxima, en libras-fuerza [kilonewtons],	68.3KN	80.2 KN
Defectos en cada espécimen o cabezal	Falla cortante	Falla cónica dividida.
Edad del espécimen	7 días	14 días
Densidad a 1 lb/ft ³ [10 kg/m ³] más cercana	2.30	2.16

Nota: Elaboración propia

Resistencia a compresión a los 7 y 14 días, Muestra Tipo 2

Tabla 46 Resistencia a compresión mezcla Tipo 2

Resistencia 7 Días							
Código del testigo	Peso Cilindro (kg)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Tiempo de curado	Volumen (cm ³)	Carga Máxima KN	Mpa
Fh1	3.62	100	200	7	1570.7	68.3	8.69
Fh3	3.56	100	200	14	1570.7	80.2	10.21

Nota: Elaboración propia

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. NTC 722

Se sacan luego del tiempo deseado de curado, y son ensayados con la mayor humedad posible, se pesa cada espécimen y se procede a determinar su resistencia a tensión indirecta, el ensayo de tensión indirecta genera en el cilíndrico una compresión diametral, este aplica la carga uniformemente en el espécimen por medio de las dos platinas de un ancho de 51 mm, se coloca en la presa hidráulica con una velocidad de carga de 0.25 Mpa/s, se debe verificar que el cilindro se encuentre en un eje correcto con las platinas, para así no tener ninguna variación en los resultados del ensayo, se dispone el cilindro a la prueba como se evidencia en la (*Ver Figura 47*).

Al momento de la falla del cilindro se anota la carga máxima en kN, para así realizar la ecuación (*Ver Tabla 45*) y obtener la resistencia de cada espécimen cilíndrico en Mpa evidenciadas en la (*Ver Tabla 46*).



Figura 47 Cilindro embebido. **Elaboración Propia**



Figura 48 Cilindro colocado para Ensayo a tensión indirecta. **Elaboración propia**

Resistencia a la tensión indirecta Muestra patrón

Se realizaron en total 2 cilindros de concreto convencional con un diseño de mezcla (Tabla 27, uno fallado a los 7 días (*Figura 49*) y otro a los 14 días (*Figura 50*) Presenta una falla columnar, presentando fisuras longitudinales .



Figura 49 Falla de cilindro patrón a tensión a los 7 días. Elaboración propia



Figura 50 Falla de cilindro patrón a tensión a los 14 días. Elaboración propia.

Resistencia a la tensión indirecta Mezcla tipo 1 (Fibra seca)

Se realizaron en total 2 cilindros de concreto convencional con un diseño de mezcla (Ver **Tabla 27**), uno fallado a los 7 días (Ver **Figura 51**) y otro a los 14 días (Ver **Figura 52**) en el cual se presenta fisuras columnares.



Figura 51 Falla de cilindro tipo 1 a tensión a los 7 días. Elaboración propia.



Figura 52 Falla de cilindro tipo 1 a tensión a los 14 días. Elaboración propia

Resistencia a la tensión indirecta Mezcla tipo 2 (Fibra humedad)

Se realizaron en total 2 cilindros de concreto convencional con adición de fibra en estado de humedad, con un diseño de mezcla (Tabla 27), uno fallado a los 7 días (Ver *Figura 53*) y a los 14 días (Ver *Figura 54*)



Figura 53 Falla a tensión cilindro tipo 2 a los 7 días. Elaboración propia



Figura 54 Falla a tensión cilindro tipo 2 a los 14 días. Elaboración propia

ANALISIS DE RESULTADOS

Según la NTC 722 La resistencia a la tensión indirecta de cada espécimen cilíndrico ensayado se calcula mediante la siguiente ecuación (Ver **Tabla 45**) y los resultados de este dónde se reconocen a propiedad mecánica siendo la tensión del material (Ver **Tabla 46**).

Tabla 47 Fórmula tensión indirecta

$$T = \frac{2 \times P}{\pi \times l \times d}$$

<i>T</i>	Resistencia a la tensión indirecta, (kPa)
<i>P</i>	Carga máxima aplicada, indicada por la máquina de ensayo, (kN).
<i>l</i>	Longitud en m
<i>d</i>	Diámetro, en m.

Nota. Elaboración propia

Tabla 48 Especificaciones de cilindros fallados a tensión indirecta

Código del testigo	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Peso Del espécimen (Kg)	Curado	Carga máxima en KN	Resistencia la tensión indirecta
CC2	100	200	3.70	7	41.1	1.86
F.h 2	100	200	3.58	7	37.1	1.71
F.s 2	100	200	3.50	7	36.1	1.64
Cc4	100	200	3.72	14	53.9	2.44
F.h 4	100	200	3.52	14	53.4	2.42
F.s 4	100	200	3.53	14	40.3	1.83

Nota. Elaboración propia

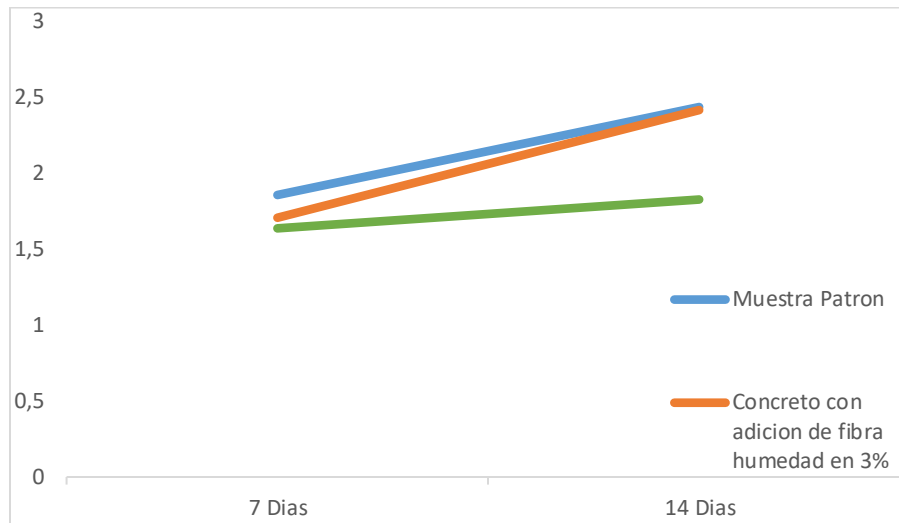


Figura 55 Resistencia a la tensión (7 días / 14 días). Elaboración propia.

Con base en los cálculos hechos podemos reconocer que el concreto con la adición de las fibras húmedas en un 3%, obtiene una resistencia mecánica en tensión muy cercano al de la muestra patrón, con respecto a la muestra patrón se obtiene un mejoramiento en la resistencia a tensión por medio del cambio de 7 a 14 días, se debe tener en cuenta que la resistencia deseada en el diseño de mezcla se obtuvo, como se evidencia en la (Ver **Figura 55-56**)

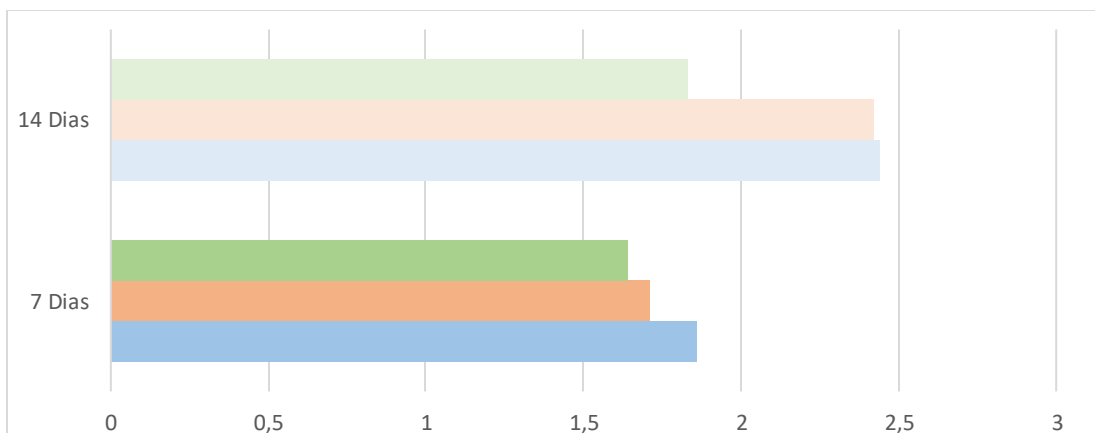


Figura 56 Tensión. Elaboración propia.

Densidad del concreto

La densidad obtenida en el ensayo se evidencia diferencias significativas en cuanto a la tipología 1, la cual contenía fibras de caña secas y la tipología 2, con contenido de humedad natural, recordando que cada una de estas tipologías mencionadas contaba con un 3% de adición de fibra. En las (Figura 56) se evidencia que el concreto con fibras de caña seca y humedad presentan disminución de densidad comparada con la muestra patrón a los 7 días. En la (Ver **Figura 57**) se evidencia que la tipología 1 y 2 a los 14 días, presentan mayor disminución de densidad comparado con la muestra patrón, la cual se mantuvo.

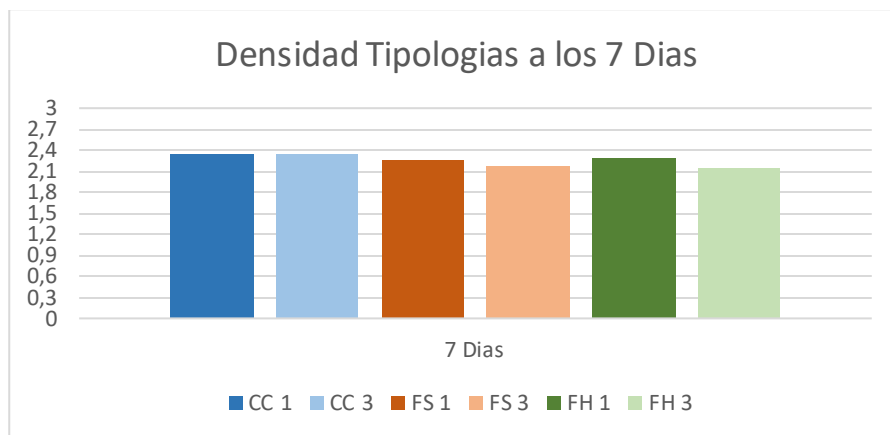


Figura 57 Densidad de las tipologías a los 7 días. Elaboración propia

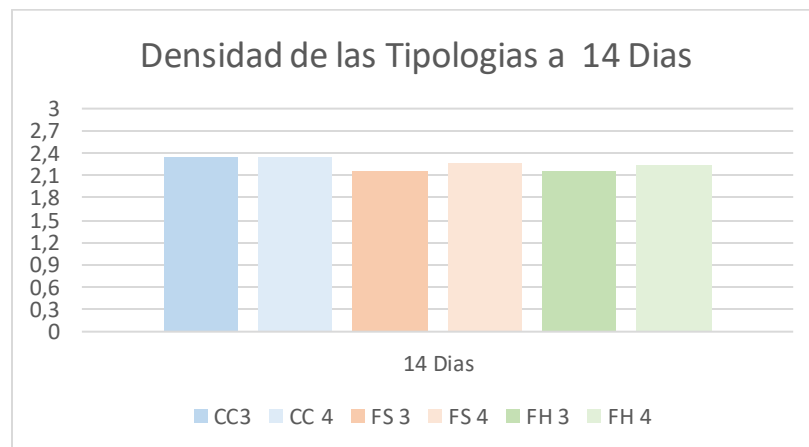


Figura 58 Densidad de las tipologías a los 14 Días. Elaboración propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En la (Ver **Figura 59**) resistencia a la compresión a los 7 días se evidencia que tanto la **Tipología 1** y **Tipología 2** mantienen una diferencia significativa comparada con la muestra patrón. En la (Ver **Figura 60**) se puede evidenciar a los 14 días de fraguado la resistencia a la compresión de la tipología 1 y 2, alcanza a tener una mayor resistencia en cuanto a los 7 días.

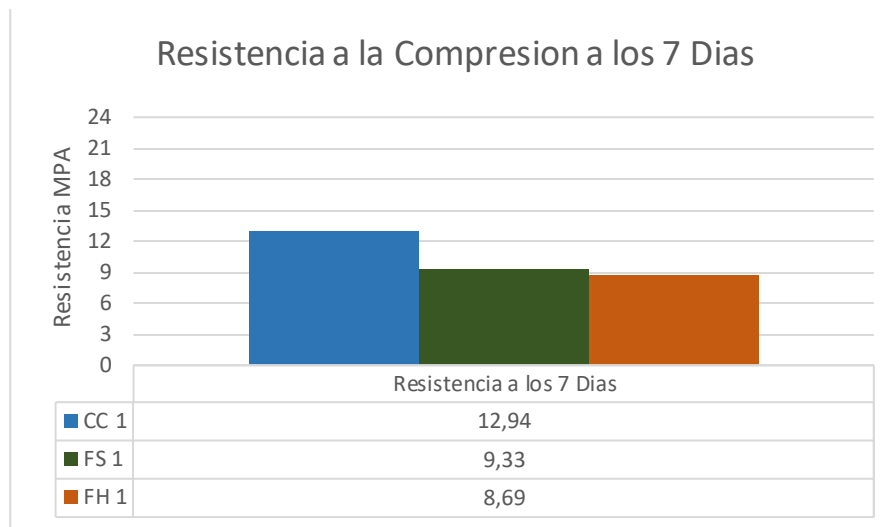


Figura 59 Comparativa resistencia a la compresión 7 días. Elaboración propia

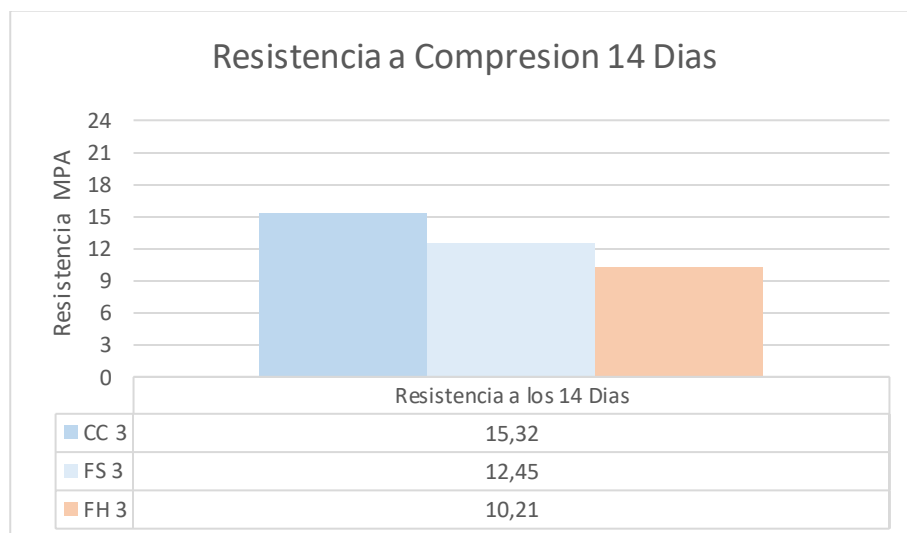


Figura 60 Comparativa resistencia a la compresión 14 días. **Elaboración Propia**

CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las principales conclusiones del trabajo de investigación realizado.

El primer objetivo general que se planteó fue comparar el comportamiento mecánico de un concreto adicionado con fibras de caña, en estado seco y humedad natural, con un concreto convencional, aprovechando el residuo de la fibra de caña, se reconoció que el porcentaje de resistencia de las tres tipologías comparándolas es:

1. El concreto con adición del 3% de fibras de caña seca y húmeda, presenta una disminución en cuanto al peso comparado con la muestra patrón, ya que la Tipología 1 y Tipología 2, disminuyó su peso en un 9%. Esto se debe a que las fibras de caña poseen una estructura porosa, lo cual absorbe la cantidad de agua contenida en el concreto afectado la resistencia del concreto.
2. Se puede observar la disminución de densidad del concreto de la tipología 1 y 2, ya que, la tipología 1 presenta una disminución de densidad del 6 y 8%. La tipología 2 presenta una disminución de densidad del 6% con respecto a la muestra patrón.
3. En los ensayos a compresión se pudo observar la Tipología 1 presenta una resistencia del 72% y 81% a los 7 y 14 días con respecto a la muestra patrón, mientras que la Tipología 2 presenta un 67 y 66%. Evidenciando que las fibras de caña húmedas no son factibles para la resistencia a compresión. Esto se debe a que las fibras de caña en estado húmedo siguen actuando sobre el concreto, absorbiendo la humedad y quitándole las propiedades de resistencia al concreto.

4. En los ensayos a tensión indirecta se pudo evidenciar para la Tipología 1 presenta un 87% y 75% de resistencia a los 7 y 14, días mientras que la Tipología 2 presenta un 91% y 99% de resistencia con respecto a la muestra patrón. Se puede apreciar el efecto positivo de las fibras de caña húmeda y concreto sometidos a esfuerzos de tensión indirecta, ya que las fibras de mayor longitud permiten una mejor cohesión trabajando mejor a esfuerzos de tensión.
5. Los pesos de los cilindros con adición de fibras secas y húmedas en un 3% generan un peso menor respecto al peso que tiene la muestra patrón.

La investigación del concreto reforzado con fibras naturales DE CAÑA DE AZÚCAR EN UN PORCENTAJE DE ADICIÓN DE 3% nos da las bases para hacer las siguientes recomendaciones de investigación:

1. En cuanto al porcentaje de dosificación de la fibra añadida a la mezcla con el 3% tanto como para fibra seca y humedad, es un porcentaje elevado por lo cual las fibras producen un amontonamiento causando una baja cohesión al concreto, por esto reduce las capacidades mecánicas a compresión y tensión indirecta respecto a la mezcla patrón.
2. Se analizó que la fibra seca tiene un aspecto poroso en su exterior por lo cual sería indispensable en el diseño de mezcla añadir la cantidad de agua y la fibra humedad tiene un aspecto a su exterior agradable lo cual se puede catalogar como concreto con un proceso de recubrimiento mínimo.

3. Para una mayor resistencia del compuesto, se recomienda realizar el diseño de mezcla para la adición de la fibra en 2% o 1%, reconociendo su comportamiento mecánico (compresión y tensión indirecta).
4. Se considera que al ser embebidas las fibras en el concreto de manera aleatoria es la mejor opción al trabajar con fibras naturales, ya que estará uniformemente en concreto y se comportará mejor.
5. Se utilizó la cal hidratada para la inmunización de las fibras, pero al cambiar el elemento de inmunizado a estas, puede minimizar la porosidad de la fibra y así mismo evitar que absorba el agua del diseño de la mezcla
6. Se recomienda hacer un estudio para recocer que impacto tiene en el sector azucarero la implementación de la fibra en concreto y así mismo que costos trae consigo el proceso de fabricación del material.
7. Ya que fue añadida la fibra en 3% con respecto al peso del cemento se puede seleccionar por medio de otro agregado.
8. Investigar la durabilidad del concreto cuando es expuestos al ambiente natural a largo plazo en lugares con diversidad de climas y las propiedades mecánicas de tenacidad e impacto de los concretos con fibras naturales.
9. Investigar las propiedades de este concreto con fibras naturales respecto a ser aplicado en estructuras sismo resistentes
10. Para el contenido del agregado fino realizar la escala colorimétrica de Gardner, la cual indica el color más oscuro permisible basado en la NTC 127, y es tomando como referencia que si el color es más oscuro que el color estándar de la placa orgánica. esto se debe

considerar, ya que el agregado fino sometido a ensayo, posiblemente contiene compuestos orgánicos perjudiciales para el concreto, y se debe realizar otros ensayos antes de aprobar su uso.

LISTA DE REFERENCIA

- Almazán del Olmo, O. A., Hernández Gutiérrez, A., Brizuela Herrada, M. A., Carvajal Cabo, O., & Arias Polo, G. (2013). *El Bagazo De La Caña De Azúcar Conocimiento Y Potencial*. La Habana: ICIDCA.
- Argos. Luz Verde. (Marzo de 2018). *Cemento Gris. Uso general*. Obtenido de <https://colombia.argos.co/Portals/Colombia/Contenido/Conoce-nuestros-productos/Cemento/Uso-general/Cemento-Gris/Argos-FT-CementoGris-UsoGeneral.pdf>
- Becerra Quiroz, A. P., Buitrago Coca, A. L., & Pinto-Baquero, P. (2016). *Sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azucar en el Valle del Cauca, Colombia*. Bogota, Colombia. Obtenido de <https://revistas.ucc.edu.co/fenix/index.php/in/article/view/1548>
- Cemex - Diamante Samper. (s.f.). *Resumen de productos*.
- Contextoganadero. (07 de 06 de 2017). *Contextoganadero*. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/el-ganado-puede-consumir-cana-de-azucar-o-cogollo-sin-cortar>
- España Dulce, C. A., & Molina Gomez, L. C. (2013). Evaluación de la resistencia de una mezcla de concreto, al adicionarle fibra natural tipo bagazo de caña pamenelerada en el departamento de nariño. San Juan De Pasto: Universidad Antonio Nariño.
- Espinoza Carvajal, M. J. (Octubre de 2015). *Comportamiento Meconico Del Concreto Reforzado Con Fibras De Bagazo De Caña De Azucar*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Huertas Alarcón , L. Y., & Martínez Celis, P. A. (2019). Análisis de las propiedades estructurales del concreto modificado con la fibra de bagazo de caña. Universidad Católica De Colombia.

Incontec. (1992). Método De Ensayo Para Determinar El Asentamiento Del Concreto. Colombia: INCONTEC.

Incontec. (1994). Método Para El Análisis Por Tamizado De Los Agregados Finos Y Gruesos. Colombia: INCONTEC.

Incontec. (1995). Determinación De La Masa Unitaria Y Los Vacíos Entre Partículas De Agregados. Colombia: INCONTEC.

Incontec. (1995). Método De Ensayo Para Determinar La Densidad Y La Absorción Del Agregado Grueso. Colombia: INCONTEC.

Incontec. (1995). Método Para Determinar La Densidad Y La Absorción Del Agregado Fino. Colombia: INCONTEC.

Incontec. (1999). Método De Ensayo Para Determinar La Densidad Del Cemento Hidráulico. Colombia: INCONTEC.

Incontec. (2000). Ensayo De Resistencia A La Compresión De Cilindros Normales De Concreto. Colombia: INCONTEC.

Incontec. (2000). Método De Ensayo Para Determinar La Resistencia A La Tensión Indirecta De Especímenes Cilíndricos De Concreto. Colombia: INCONTEC.

Incontec. (2011). Concreto Fresco. Toma De Muestras. Colombia: INCONTEC.

- Lopez Barrios, N. J., & Valemcia Gualdron, C. M. (2006). Elaboración de paneles prefabricados para muros divisorios a partir de bagazo de caña de azúcar y cemento. Bucaramanga: Universidad Unidistrital De Santander.
- Lopez Bustamante, J. F. (2015). La caña de azúcar (*saccharum officinarum*) para la producción de panela. caso: nordeste del departamento de antioquia. Medellin: Universidad Nacional Abierta Y A Distancia. UNAD. Obtenido de [http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azucar-\(saccharum-officinarum\)-para-la-produccion-de-panela.-caso-nordeste-del-departamento-de-antioquia.pdf](http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cana-de-azucar-(saccharum-officinarum)-para-la-produccion-de-panela.-caso-nordeste-del-departamento-de-antioquia.pdf)
- Molano Camargo, M. C., & Torres Castellanos, N. (2017). *Prácticas de laboratorio de materiales para obras de ingeniería civil*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Osorio Saraz, J. A., Herrera Mejia, J. A., & Varon Aristizabal, F. (2007). COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR. 6. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/943/11634>
- Ramírez, M. (Julio de 2008). Cultivos para la producción. *Sny World*.
- Rodríguez, J. F., & Díaz Hernández, N. (2017). Evaluación de un material compuesto. Habana, Cuba: Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.
- Sanchez de Guzman , D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogota D.c: Bhandar Editores Ltda.
- Sánchez de Guzmán, D. (2011). *Tecnología Del Concreto TOMO I*. Bogota: Asocreto.









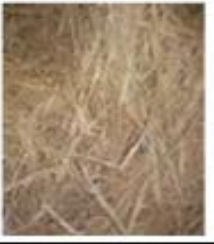

Sector Agroindustrial De La Caña . (2019). *según un informe anual realizado por el sector agroindustrial de la caña 2018-2019*. Asocaña.


Subiros Ruiz, F. (1995). *El Cultivo De La Caña De Azucar*. Universidad Estatal A Distancia.


ANEXOS

Se desarrolló una ficha de seguimiento de las fibras de caña de azúcar seca (tipo 1) llevando el proceso de cambios de cada día de esta.

Se desarrollaron fichas de seguimiento de los 12 especímenes cilíndricos sometidos a los ensayos, se evidencia el esfuerzo de KN al que cada uno fue sometido para con estos realizar los cálculos y reconocer cada tipo de fractura que se evidencia en el especímenes con reconoció sus longitudes y el tiempo de curado con estos mismos se realiza una ficha de toma de datos para la máquina de ensayo siendo sometidos 6 especímenes a la resistencia a compresión regida por la norma 676 y 6 especímenes a la resistencia a tensión regida por la norma 722.

SEGUIMIENTO DE FIBRAS REALIZADO DURANTE 5 DIAS					
Se realiza un seguimiento de 5 días a las fibras de caña, evidenciando los cambios que pueden presentar.					
Descripción técnica	Datos técnicos		Forma		Plana y ondulada
	Longitud	5 cm- 10 cm	Color	Amarillo pálido	
Fibras expuestas al sol	26-08-2019 (12:00 -4:00 pm)	28-08-2019 (12:00-4:00 pm)	29-08-2019 (12:00 -4:00 pm)	30-08-2019 (12:00 -4:00 pm)	
Tiempo en horas (5h)					
Porcentaje de humedad	4%	1%	0%	0%	
Color	Amarillo pálido	Amarillo pálido	Amarillo pálido	Amarillo pálido	
Foto degradación	5%	1%	0%	0%	
Oxidación					
Cambios físicos	inicialmente las fibras de caña presentan un porcentaje de humedad 4%	las fibras de caña presentan un porcentaje de humedad bajo	las fibras de caña presentan poca humedad y una textura seca	las fibras de caña presentan 0 % de humedad, una textura seca y estable (no endebles)	las fibras de caña presentan 0 % de humedad, una textura seca y estable (no endebles)
Evidencia fotográfica					


FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, por la Norma NTC 673	
MUESTRA PATRÓN	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.
	Tipo de fractura: A cortante
	Carga máxima en Kilonewtons: 110.7
	Desplazamiento de las fisuras: Solo en la parte inferior del espécimen
Área de la sección transversal: 10 cm ²	
Especificaciones	
Código testigo:	C1
Peso del cilindro en Kg:	3.72
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	7 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
No se encuentran cambios en la parte superior del espécimen como fisuras o debilitamiento del concreto, ese solo sufre cambios notables en la parte inferior generando un desprendimiento del agregado.	


FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la compresión	
MUESTRA PATRÓN	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.
	Tipo de fractura: A cortante
	Carga máxima en Kilonewtons: 120,4
	Desplazamiento de las fisuras: Solo en la parte inferior del espécimen
	Área de la sección transversal: 10 cm ²
Especificaciones	
Código testigo:	C3
Peso del cilindro en Kg:	3.70
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	14 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
Se puede observar fracturado en la parte superior del cilindro, mientras que la segunda mitad de la muestra se mantiene completamente en buenas condiciones.	


FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la compresión	
TIPO 1 (CONCRETO CON FIBRA SECA)	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	<p>Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.</p>
	<p>Tipo de fractura: A cortante</p> <p>Carga máxima en Kilonewtons: 73,3</p> <p>Desplazamiento de las fisuras: Solo en la parte inferior del espécimen</p>
<p>Área de la sección transversal: 10 cm²</p>	
Especificaciones	
Código testigo:	Fs1
Peso del cilindro en Kg:	3.72
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	7 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
<p>No se encuentran cambios en la parte superior del espécimen como fisuras o debilitamiento del concreto, ese solo sufre cambios notables en la parte inferior generando un desprendimiento del agregado.</p>	


FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la compresión	
TIPO 1 (CONCRETO CON FIBRA SECA)	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.
	Tipo de fractura: A cortante
	Carga máxima en Kilonewtons: 97,8
	Desplazamiento de las fisuras: Solo en la parte inferior del espécimen
	Área de la sección transversal: 10 cm ²
Especificaciones	
Código testigo:	Fs3
Peso del cilindro en Kg:	3.72
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	14 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
No se encuentran cambios en la parte superior del espécimen como fisuras o debilitamiento del concreto, ese solo sufre cambios notables en la parte inferior generando un desprendimiento del agregado.	


FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la compresión	
TIPO 2 (CONCRETO CON FIBRA HUMEDAD)	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen:
	Tipo de fractura: A cortante
	Carga máxima en Kilonewtons: 68,3
	Desplazamiento de las fisuras:
	Área de la sección transversal: 10 cm ²
Especificaciones	
Código testigo:	Fh1
Peso del cilindro en Kg:	3.62
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	7 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
No se encuentran cambios en la parte superior del espécimen como fisuras o debilitamiento del concreto, ese solo sufre cambios notables en la parte inferior generando un desprendimiento del agregado.	


FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la compresión	
TIPO 2 (CONCRETO CON FIBRA HUMEDAD)	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.
	Tipo de fractura: A cortante
	Carga máxima en Kilonewtons: 80,2
	Desplazamiento de las fisuras: Solo en la parte inferior del espécimen
	Área de la sección transversal: 10 cm ²
Especificaciones	
Código testigo:	Fh3
Peso del cilindro en Kg:	3.72
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	7 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
No se encuentran cambios en la parte superior del espécimen como fisuras o debilitamiento del concreto, ese solo sufre cambios notables en la parte inferior generando un desprendimiento del agregado.	


FICHA TÉCNICA EQUIPOS DE LABORATORIO	
Ensayo de resistencia a la compresión	
Nombre	Máquina de ensayo
Descripción física	La máquina de ensayo debe ser de un tipo que tenga suficiente capacidad y sea capaz de proveer las velocidades de carga prescritas
Modelo	
velocidad de carga	0,25 M/ps
Marca	
Especificaciones técnicas	imagen
1. Precisión El porcentaje de error de las cargas dentro del rango de uso propuesto para la máquina de ensayo no debe exceder $\pm 1,0 \%$ de la carga indicada.	
2. Debe estar equipada con dos bloques de apoyo de acero con caras endurecidas	
Tipo de fracturas	
Cónica	
Cónica dividida	
Falla cónica y cortante	
Falla columnar	
Instrucciones de uso	
Se debe colocar el espécimen cilíndrico centrando en la superficie de la máquina de ensayo reconociendo que un eje principal de encuentre en la mitad y no tenga ninguna superficie que pueda causar el ladeamiento del espécimen así a la hora de realizar el ensayo se reconocerá que este mantenga su superficie plana para no causar que la falla que tenga el espécimen sea a causa de un mal coloca miento del espécimen o de una radiación de este.	


FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la tensión indirecta	
MUESTRA PATRÓN	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.
	Carga máxima en Kilonewton: 41,1
	Desplazamiento de las fisuras: Solo en la parte inferior del espécimen
	Área de la sección transversal: 10 cm ²
Especificaciones	
Código testigo:	Cc2
Peso del cilindro en Kg:	3.70
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	7 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
No se encuentran cambios en la parte superior del espécimen como fisuras o debilitamiento del concreto, ese solo sufre cambios notables en la parte inferior generando un desprendimiento del agregado.	


FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la tensión indirecta	
MUESTRA PATRÓN	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.
	Carga máxima en Kilonewton: 53,9
	Desplazamiento de las fisuras: Solo en la parte inferior del espécimen
	Área de la sección transversal: 10 cm ²
Especificaciones	
Código testigo:	Cc4
Peso del cilindro en Kg:	3.70
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	14 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
No se encuentran cambios en la parte superior del espécimen como fisuras o debilitamiento del concreto, ese solo sufre cambios notables en la parte inferior generando un desprendimiento del agregado.	

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la tensión indirecta	
Tipo 1 Fibra seca	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	<p>Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.</p>
	<p>Carga máxima en Kilonewton: 36,1</p> <p>Desplazamiento de las fisuras: Fisuración en por todo el eje central del espécimen cilíndrico.</p>
<p>Área de la sección transversal: 10 cm²</p>	
Especificaciones	
Código testigo:	Fs2
Peso del cilindro en Kg:	3.50
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	7 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
<p>Se encuentra una fractura pro todo el eje central del espécimen, reconociendo su módulo de rotura.</p>	

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la tensión indirecta	
Tipo 1 Fibra seca	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.
	Carga máxima en Kilonewton: 36,1
	Desplazamiento de las fisuras: Figuración en por todo el eje central del espécimen cilíndrico.
	Área de la sección transversal: 10 cm ²
Especificaciones	
Código testigo:	Fs4
Peso del cilindro en Kg:	3.50
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	14 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
Se encuentra una fractura por todo el eje central del espécimen, reconociendo su módulo de rotura.	

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la tensión indirecta	
Tipo 2 Fibra humedad	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.
	Carga máxima en Newton: 37,1
	Desplazamiento de las fisuras: Fisuración en por todo el eje central del espécimen cilíndrico.
	Área de la sección transversal: 10 cm ²
Especificaciones	
Código testigo:	Ch2
Peso del cilindro en Kg:	3.58
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	7 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
Se encuentra una fractura por todo el eje central del espécimen, reconociendo su módulo de rotura.	

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Ensayo de resistencia a la tensión indirecta	
Tipo 2 Fibra humedad	
Registro fotográfico	Toma de resultados
	Defectos del espécimen: Se presenta el desprendimiento del material en la parte inferior.
	Carga máxima en Kilonewton: 53,4
	Desplazamiento de las fisuras: Fisuración en por todo el eje central del espécimen cilíndrico.
	Área de la sección transversal: 10 cm ²
Especificaciones	
Código testigo:	Fh4
Peso del cilindro en Kg:	3.58
Diámetro	100
Longitud	200
Cantidad de agua potable	7 Lt
Cantidad de adición de fibras de caña de azúcar	3%
Edad del testigo	14 días
Tipo de espécimen:	Cilíndrico
Observaciones	
Se encuentra una fractura por todo el eje central del espécimen, reconociendo su módulo de rotura.	

FICHA TÉCNICA EQUIPOS DE LABORATORIO	
Ensayo de resistencia a la tensión indirecta	
Nombre	Máquina de ensayo
Descripción física	La máquina de ensayo debe ser de un tipo que tenga suficiente capacidad y sea capaz de proveer las velocidades de carga prescritas
Modelo	
velocidad de carga	0,25 M/ps
Marca	
Especificaciones técnicas	imagen
<p>1. Precisión El porcentaje de error de las cargas dentro del rango de uso propuesto para la máquina de ensayo no debe exceder $\pm 1,0\%$ de la carga indicada.</p> <p>2. Debe estar equipada con dos bloques de apoyo de acero con caras endurecidas</p>	
Instrucciones de uso	
<p>Se debe colocar el espécimen cilíndrico centrado en la superficie de la máquina de ensayo reconociendo que un eje principal de encuentre en la mitad y no tenga ninguna superficie que pueda causar el ladeamiento del espécimen así a la hora de realizar el ensayo se reconocerá que este mantenga su superficie plana para no causar que la falla que tenga el espécimen sea a causa de un mal colocamiento del espécimen o de una radiación de este.</p>	