



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO FLEXIBLE
REFORZADO CON FIBRA SINTETICA Y USOS**

Nombre del estudiante

Juan Miguel Granados Valderrama

Código 2207372

Docente:

Maria Paz Duque Gutiérrez

Universidad Santo Tomás

Decanatura de División de Educación Abierta y a Distancia

Construcción en Arquitectura e Ingeniería

Centro de Atención Universitario Bogotá

2024

Resumen

Con el objetivo de optimizar el desempeño estructural y económico de las construcciones, y aprovechando los avances en la tecnología de materiales, la Universidad Santo Tomás ha lanzado el proyecto de investigación del semillero investigación en avances de la construcción, "SIAC". Este proyecto tiene como principal objetivo estudiar el comportamiento y la aplicación de fibras sintéticas en el concreto, evaluando su impacto en las propiedades mecánicas y estructurales de los elementos. El propósito es identificar soluciones que contribuyan a mejorar la durabilidad, reducir los costos y acortar los plazos de ejecución en las obras.

El proyecto surge con la premisa de avanzar en el diseño y construcción de edificaciones más eficientes, reduciendo tanto el peso como las dimensiones de los elementos estructurales, lo que permitiría ahorrar espacio y costos. Después de un análisis preliminar y la revisión de estudios internacionales que destacaban los beneficios del uso de fibras sintéticas en estructuras como túneles y pavimentos, se decidió explorar su potencial como refuerzo estructural para edificaciones habitacionales. Aunque este material no había sido utilizado previamente en este tipo de estructuras, se optó por desarrollar un diseño experimental basado en investigaciones previas, particularmente en colaboración con la Universidad de Michigan, pionera en la implementación de fibras sintéticas en concreto.

Bajo la dirección del Dr. Víctor Lee, investigador de dicha universidad, se desarrollaron hipótesis iniciales y se comenzó con la caracterización de los materiales para la elaboración de las mezclas. Cuatro diferentes diseños de mezcla fueron elaborados por los estudiantes, con la supervisión de docentes y laboratoristas de la universidad, asegurando el cumplimiento de las normativas técnicas pertinentes para obtener resultados precisos. Las mezclas variaron en la cantidad de fibra añadida, comenzando con una mezcla de referencia sin fibra y posteriormente incorporando cantidades de 4, 8 y 12 kg/m³ de fibra sintética, con el objetivo de evaluar la influencia de estas variaciones en las propiedades mecánicas del concreto a través de ensayos específicos.

Los resultados obtenidos permitieron confirmar la hipótesis de que la incorporación de fibras sintéticas puede mejorar las características del concreto, posibilitando la reducción de secciones y peso de los elementos estructurales sin comprometer el cumplimiento de las normativas de diseño establecidas en la NSR-10, se evidenció adicionalmente que se puede disminuir el riesgo de fisuración en el concreto, permitiendo una mayor durabilidad al material, esto debido a que patologías comunes en ciertas estructuras que están expuestas a ambientes más hostiles como de mayor salinidad o en constate contacto con agua como lo son la socavación o la corrosión del acero ya no serán tan recurrentes, este enfoque contribuye también a la reducción de costos totales en el proyecto, demostrando la viabilidad técnica y económica de utilizar fibras sintéticas en la construcción de edificaciones habitacionales.

PALABRAS CLAVE: Concreto reforzado con fibras, polímeros, resistencia de concreto estructural, optimización de secciones transversales.

Abstract

To optimize the structural and economic performance of constructions, and leveraging advancements in material technology, Universidad Santo Tomás has launched the research project "SIAC." This project primarily aims to study the behavior and application of synthetic fibers in concrete, evaluating their impact on the mechanical and structural properties of elements. The goal is to identify solutions that improve durability, reduce costs, and shorten execution times in construction projects.

The project was initiated with the premise of advancing the design and construction of more efficient buildings, reducing both the weight and dimensions of structural elements, which would save space and costs. After a preliminary analysis and a review of international studies highlighting the benefits of using synthetic fibers in structures such as tunnels and pavements, the team decided to explore their potential as structural reinforcement for residential buildings. Although this material had not been previously used in such structures, the decision was made to develop an experimental design based on prior research, particularly in collaboration with the University of Michigan, a pioneer in the implementation of synthetic fibers in concrete.

Under the direction of Dr. Victor Lee, a researcher at the university, initial hypotheses were developed, and material characterization began for mix preparation. Four different mix designs were created by students under the supervision of university faculty and laboratory technicians, ensuring compliance with relevant technical standards to obtain precise results. The mixes varied in the amount of fiber added, starting with a reference mix without fiber and then incorporating 4, 8, and 12 kg/m³ of synthetic fiber to evaluate the influence of these variations on the mechanical properties of concrete through specific tests.

The results obtained confirmed the hypothesis that incorporating synthetic fibers can enhance the characteristics of concrete, allowing for reduced cross-sections and lighter structural elements without compromising compliance with the design standards established in the NSR-10. Furthermore, this approach contributes to reducing total project costs, demonstrating the technical and economic feasibility of using synthetic fibers in the construction of residential buildings.

KEYWORDS: Fiber-reinforced concrete, Polymers, Structural concrete strength, Optimization of cross-sections

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	5
2. Planteamiento del Problema	6
3. Justificación	7
4. Antecedentes	8
5. Objetivos	11
5.1 Objetivo General	11
5.2 Objetivos Específicos	11
6. Marco Teórico	12
7. Cantidades de materiales a utilizar y ensayos a realizar	12
7.1 Metodología de ensayo de laboratorio	13
7.2 Normativa de los ensayos	13
7.3 Ensayos de laboratorio realizados	14
7.3.1 Flexión.....	14

7.3.2	Compresión	15
7.3.3	Tracción Indirecta	18
7.4	Materiales a utilizar	20
7.5	Diseño de Mezcla (Norma ACI 211.1).....	21
7.5.1	Materiales	21
7.5.2	Diseño de mezcla (Norma ACI 211.1).....	24
7.5.3	Cantidad de agua para mezclado.....	24
7.5.4	Calculo de contenido de cemento por m ³	24
7.5.5	Agregado Grueso	25
7.5.6	Agregado Fino	25
7.6	Programa Experimental.....	29
7.7	Ensayo Laboratorio	30
7.7.1	Cemento	30
7.7.2	Agregados	37
1.1	Elaboración Especímenes.....	52
1.1.1	Ensayo de asentamiento al concreto en estado fresco.....	52
1.2	Desencofrado especímenes	61
1.3	Resultado ensayos de laboratorio.....	65
1.3.1	Resistencia a la Tracción	65
1.3.2	Resistencia a la Flexión.....	65
8.	Análisis y Discusión de resultados	68
8.1	Compresión 14 Días.....	68
8.1.1	Compresión 28 Días.....	69
8.2	Tracción Indirecta 14 Días	69
8.2.1	Tracción Indirecta 28 Días	70
8.3	Flexión sin acero 28 Días.....	70
8.3.1	Flexión con acero 28 Días.....	71
9.	Diseño de dos opciones de edificios de vivienda	71
10.	Presupuesto.....	73
11.	Conclusiones	74
12.	Recomendaciones.....	76
13.	Bibliografía.....	77
14.	Webgrafía	77

1. INTRODUCCIÓN

A medida que se construyen edificios más avanzados y mejor diseñados, la tecnología para su desarrollo también progresa, impulsándonos a adaptarnos a esta evolución cuyo objetivo principal es facilitar la vida y el trabajo humano. El desarrollo de nuevas tecnologías es esencial tanto para el ámbito académico como para el industrial, y esta investigación se centra precisamente en esa necesidad de innovación, explorando la implementación de fibras sintéticas como refuerzo estructural complementario del concreto en la construcción de edificios de vivienda.

La globalización, el avance constante en las técnicas de construcción y la inherente necesidad humana de simplificar las tareas cotidianas nos llevan a buscar nuevas alternativas en una de las industrias más grandes del mundo: la construcción. En este contexto, surge la posibilidad de integrar fibras sintéticas en el concreto estructural como refuerzo adicional ante las cargas laterales a las que este material está sometido, buscando siempre una mayor durabilidad y reducción de costos para los constructores, lo cual se traduce en un aumento de utilidades.

Este estudio presenta los resultados obtenidos en la investigación sobre el concreto flexible, ofreciendo una visión innovadora para la industria.

En el momento en que se realizó esta investigación fue un poco compleja la consecución de las fibras pues fue necesario importarlas a través de la empresa Sika, la cual nos facilitó el material en cuanto supo de la investigación, ahora la fibra es comercializada en el país razón por la cual ya no es un impedimento para el uso de la fibra.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el desarrollo de este proyecto de investigación se recopilan y analizan diversas fuentes de estudios previos sobre la aplicación de fibras sintéticas en el concreto. La necesidad de explorar alternativas más dúctiles que el concreto convencional surge de las limitaciones inherentes de este material: si bien el concreto ofrece alta resistencia a la compresión, presenta fragilidad bajo esfuerzos de tensión y flexión, y es propenso a fisuras cuando se somete a cargas repetitivas o movimientos laterales. Al buscar materiales que ofrezcan mayor ductilidad, es posible lograr estructuras más resilientes que absorban mejor las fuerzas sísmicas, las vibraciones y otros tipos de tensiones, prolongando así la vida útil de las construcciones y mejorando la seguridad estructural en el tiempo.

Para reforzar esta línea de investigación se emplean las normativas vigentes y se integran tecnologías de vanguardia en diseño de mezclas y procedimientos de ensayo, con el fin de obtener datos precisos y relevantes sobre las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto reforzado con fibras sintéticas. Estos ensayos permiten evaluar variables críticas, como la resistencia a la tracción, la capacidad de deformación y el comportamiento del material bajo distintas condiciones de carga.

Asimismo, se subraya la importancia de un procedimiento adecuado y meticuloso para garantizar que los resultados obtenidos sean significativos y aplicables en escenarios reales de construcción. Al seguir un proceso riguroso, no solo se asegura la validez de los hallazgos, sino que también se facilita la comparación con otros estudios y se sientan bases sólidas para futuras investigaciones en el campo de los materiales de construcción avanzados.

3. JUSTIFICACIÓN

Ante la indiscutible realidad de avances tecnológicos y la necesidad de los constructores por buscar alternativas innovadoras que mejoren y faciliten el trabajo de la humanidad, la Universidad Santo Tomás inicia este semillero con el fin de buscar la forma de implementar el uso de las fibras sintéticas en el concreto buscando una reducción en las secciones de los elementos estructurales y el peso de la obra como tal, esto con el fin de buscar una opción que genere ahorro tanto económico como cronológico en una construcción. Desde la elaboración del presente trabajo el tema ha sido ampliamente estudiado y se pueden mencionar algunos como el trabajo de Pham, et al. 2024, donde estudian la influencia del concreto reforzado con fibras ante comportamientos dinámicos, el trabajo de Warsi et al., 2023, donde se aborda el estudio de las propiedades mecánicas de concreto elaborado con impresión 3D y reforzado con fibras y el trabajo de Ulu et al., 2022, quienes presentan un análisis del sobre refuerzo de elementos de concreto reforzado con fibras de vidrio. Estos trabajos, entre muchos otros, evidencian la pertinencia de la investigación en el tema y su constante estudio.

4. ANTECEDENTES

Tanto el material como los compuestos especiales han sido diseñados por la Universidad de Michigan y reciben el nombre “compuestos cementicios de ingeniería” (ECC’s- Engineered Cementitious Composites).

El Departamento de Transporte de Michigan (MDOT) utilizará la ECC para reemplazar parte de un puente que cruza la Interestatal 94.

En condiciones normales el concreto ECC se comporta como el concreto convencional, pero cuando es sometido a grandes tensiones, la red de fibras integradas en el compuesto se estira y se desliza ligeramente con respecto al componente rígido, evitando así la fragilidad y rotura total del elemento.

Por el momento el material ha sido usado en algunos proyectos en Japón, Corea, Suiza y Australia, aunque su producción e introducción en el mercado está siendo lenta, debido a que aún se deben experimentar algunos aspectos del material a largo plazo, aunque las pruebas a corto plazo indican resultados muy satisfactorios.

Un ejemplo de estructura construida usando este material es el puente Mihara Bridge, en Hokkaido, Japón. Este puente es un 40% más ligero que si hubiese sido construido con hormigón convencional, y se estima una vida de servicio de 100 años. “Li. 2016”

La adición de fibras discontinuas en una matriz de base cemento tiene por objeto el aumento de la tenacidad del material y su capacidad de absorción de energía. El uso de fibras se ha vuelto común en el concreto con el objeto de controlar la fisuración por contracción plástica del material, Como se puede evidenciar en el estudio realizado por Khan, et al. 2022, el desarrollo de concretos reforzados con fibras para su uso en elementos de mayor compromiso estructural, ha requerido la consideración de las propiedades de la matriz de base cemento y la incorporación de volúmenes de fibra más altos. Bajo esta perspectiva, el desarrollo de concretos flexibles que exhiban una mayor

capacidad de deformación a tracción y flexo-tracción representa un nuevo hito en la tecnología del concreto, que permite pasar de un comportamiento cuasi-frágil como el observado en un concreto convencional a un comportamiento dúctil comúnmente observado en materiales como el acero.

El desarrollo de concretos flexibles pasa por un enfoque de diseño micro-mecánico en el cual se considera la estructura de la matriz, las propiedades y características de la fibra y la relación de adherencia entre ambas.

La capacidad de deformación y absorción de energía del material está determinada por la existencia de un proceso de microfisuración distribuida, Khan, et al. 2022. en lugar de la formación de una única fisura localizada observada en la mayoría de los concretos convencionales sin refuerzo de fibras.

Para ello es necesario un balance apropiado entre la tenacidad de la matriz y la capacidad de transferencia de esfuerzos de las fibras distribuidas aleatoriamente en la matriz. Asimismo, el mecanismo de transferencia predominante a favorecer es el pull-out o arrancamiento de las fibras, por lo que las variables que controlan la adherencia entre la fibra y la matriz requieren igualmente ser valoradas.

Bajo estas premisas de diseño, una de las iniciativas más fructíferas en el desarrollo de estos materiales ha sido la llevada a cabo por el Profesor Dr. Víctor Li y su equipo de investigación en materiales avanzados de Ingeniería Civil en la Universidad de Michigan.

El desarrollo adelantado por Li, 2016 ha establecido una línea de desarrollo de este tipo de concretos que presentan una capacidad de deformación entre 300 y 500 veces la exhibida por un concreto convencional, así como un control sobre el ancho de las fisuras por debajo de las 100 μm , potenciando la durabilidad del material. Si bien las materias primas tienen un papel fundamental en el desarrollo del concreto

flexible, el uso de subproductos de la industria ha sido considerado como medida para reducir el impacto ambiental usualmente asociado a los concretos, Li, 2023.

La versatilidad del material abre igualmente una ventana a la creatividad y la innovación. El desarrollo de fachadas y paneles arquitectónicos, la innovación en las formas dada la ausencia de refuerzo continuo y la reducción en los espesores hacen del concreto flexible una alternativa atractiva para arquitectos, ingenieros y diseñadores.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL.

- ✓ Analizar el comportamiento del concreto reforzado adicionado con diferentes porcentajes de fibras y comparar un modelo de edificio con refuerzo convencional y uno reforzado con el porcentaje óptimo de fibra sintética.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Consultar los ensayos de laboratorio realizados por otros investigadores tanto a los concretos como a los diferentes tipos de fibras.
- ✓ Identificar las propiedades tanto del concreto flexible, como de los materiales empleados en su fabricación.
- ✓ Estudiar distintos porcentajes en búsqueda del porcentaje ideal de fibra a usar como refuerzo de concreto estructural.
- ✓ Modelar un edificio de cinco pisos considerando concreto convencional y concreto reforzado con fibras y comparar resultados usando el software SAP2000.

6. MARCO TEÓRICO

El uso de concreto flexible está sin duda ligado al diseño de estructuras por desempeño, siendo diversas las aplicaciones potenciales, tanto estructurales como arquitectónicas. La alta capacidad de disipación de energía y control de daño del material ha permitido su uso en elementos estructurales altamente solicitados, favoreciendo la reducción del refuerzo longitudinal y transversal. El desarrollo de vigas de acople, conexiones viga-pilar, muros de contención, elementos fusibles, elementos de refuerzo y rehabilitación estructural y zonas de anclaje son solo algunos ejemplos. Asimismo, otra línea de desarrollo se enfoca en la tecnología de construcción y reparación de puentes, mediante la aplicación en tableros, losas de transición y pilas.

6.1 Definiciones

6 Concreto simple: Según la NSR-10, es aquel que no contiene refuerzo o tiene un refuerzo insuficiente para resistir tensiones de tracción, confiando principalmente en la capacidad de compresión del material. Es utilizado en elementos no estructurales como pisos o muros pequeños.

6.1 Concreto reforzado: Es el concreto que contiene refuerzo de acero distribuido adecuadamente para resistir tanto tensiones como compresiones. Este tipo de concreto es fundamental en elementos estructurales que deben soportar cargas significativas, como vigas y columnas

6.2 Concreto reforzado con fibras: La NSR-10 incluye como materiales avanzados aquellos concretos que incorporan fibras (metálicas, sintéticas o naturales) para mejorar características específicas como la resistencia a la tracción, la ductilidad y el control de fisuración

6.3 Ductilidad: Es la capacidad de un material o elemento estructural para deformarse significativamente antes de fallar. La NSR-10 enfatiza que esta propiedad es crucial en el diseño sismo-resistente para garantizar la absorción de energía durante eventos sísmicos

6.4 Resistencia: Hace referencia a la capacidad del concreto y otros materiales de soportar fuerzas aplicadas sin fallar. La NSR-10 detalla valores mínimos de resistencia a compresión para distintos tipos de concreto dependiendo de su uso estructural

6.5 Propiedades de las fibras y materiales compuestos: Según la norma, las fibras mejoran la tenacidad y reducen la fisuración del concreto, mientras que los materiales compuestos (por ejemplo, FRP) ofrecen altas relaciones de resistencia-peso y son útiles para reforzar estructuras existentes.

6.6 Diseño sismo-resistente: En el contexto de la NSR-10, este diseño implica garantizar la ductilidad y resistencia de las estructuras para evitar fallos catastróficos durante un sismo. Incluye el uso adecuado de refuerzos y materiales avanzados

7 METODOLOGÍA.

7.1 Cantidades de los materiales a utilizar y ensayos a realizar.

Para la realización de los ensayos de laboratorio a 48 tipos de muestras con diferentes porcentajes de fibras son necesarias las cantidades relacionadas en la tabla 1 mostrada a continuación. En la tabla 2 se relacionan el total de ensayos realizados a las muestras con diferentes cantidades de fibra.

(TABLA 001)

<i>Concreto Portland tipo 1</i>	<i>8 bultos x 40 kg</i>
<i>Arena</i>	<i>10 bultos x 30 kg</i>
<i>Gravilla Fina</i>	<i>11 bultos x 30 kg</i>
<i>Fibra Sika Forcé</i>	<i>15 kg</i>
<i>Formaletas para vigas</i>	<i>4 unidades</i>
<i>Cilindros</i>	<i>8 unidades</i>
<i>Sika Viscocrete</i>	<i>1 galón</i>

(TABLA 002)

ESPÉCIMEN	TIPO DE ENSAYO	FALLAR A LOS 14 DÍAS	FALLAR A LOS 28 DÍAS
0 Kg/M3 de Fibra	Compresión	2	2
	Flexión	0	4 (2 con acero)
	Tracción Indirecta	2	2
4 Kg/M3 de Fibra	Compresión	2	2
	Flexión	0	4 (2 con acero)
	Tracción Indirecta	2	2
8 Kg/M3 de Fibra	Compresión	2	2
	Flexión	0	4 (2 con acero)
	Tracción Indirecta	2	2
12 Kg/M3 de Fibra	Compresión	2	2
	Flexión	0	4 (2 con acero)
	Tracción Indirecta	2	2

7.2 Metodología de Ensayos de Laboratorio.

Se realizaron un total de 12 especímenes semanales, discriminados en 8 Cilindros y 4 Viguetas, los cuales fueron fundidos en los laboratorios de la Universidad Santo Tomás, pero dado a las adecuaciones que se estaban realizando a lo largo del 2017 en la planta física de la misma los ensayos se realizaron en las instalaciones de Asocreto Colombia, la programación está diseñada para optimizar los costos y el tiempo de realización de los ensayos, dando espacio al fraguado y tiempo prudente para desencofrado del concreto.

Los ensayos a los especímenes se realizarán a los 14 y 28 días después de fundido el material, de a dos especímenes por fecha logrando obtener un resultado casi exacto de la resistencia total del material.

El método empleado para dosificación y mezcla es realizando cálculos porcentuales mediante reglas de 3 simples, teniendo en cuenta las cantidades volumétricas del espécimen, teniendo como base profesional al Ingeniero Oscar Ruiz, quien fue el encargado de asesorarnos en este aspecto, él es el ingeniero encargado de la comercialización de las macro fibras sintéticas comercializadas por la empresa SIKA en Colombia, y por el Ingeniero Alejandro Moreno de Asocreto.

7.3 Normativa de los Ensayos.

Como se pudo establecer en las investigaciones anteriores, el diseño de ~~mezcla~~ que se tendrá como base es el M-45 utilizado por el doctor Víctor Lee en la universidad de Michigan, para nuestro caso vamos a variar el diseño de la mezcla en cuanto a cantidades de fibra por ensayo.

Se realizarán 3 ensayos del mismo tipo variando la mezcla para un total de 16 ensayos.

Los ensayos de laboratorio a realizar son:

7.3.1 Flexión

NTC 673 – Método de ensayo para la resistencia a la compresión del concreto
ICONTEC. (2013). *Método de ensayo para la resistencia a la compresión del concreto (NTC 673)*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

7.3.2 Compresión

NTC 722 – Método de ensayo para la resistencia a la flexión de vigas de concreto
ICONTEC. (2012). *Método de ensayo para la resistencia a la flexión de vigas de concreto (NTC 722)*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

7.3.3 Tracción indirecta

NTC 2871 – Determinación de la resistencia a la tracción indirecta del concreto mediante el ensayo brasileño

ICONTEC. (2013). *Determinación de la resistencia a la tracción indirecta del concreto mediante el ensayo brasileño (NTC 2871)*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

7.4 Ensayos de Laboratorios Realizados

7.4.1 Flexión:

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada.

¿Para qué sirve este ensayo?

La capacidad a la flexión del concreto se representa por el módulo de ruptura, el módulo de ruptura es esencial para el diseño y control de calidad de estructuras como pisos y pavimentos de concreto. La siguiente imagen ilustra esta prueba, y fue tomada en el laboratorio de la universidad Santo Tomas en la sede principal en el espacio de la práctica integrada 1 de Construcción en Arquitectura e ingeniería en ella, la viga se apoya libremente y se carga en los tercios medios.

Este ensayo está regido por las normas “ASTM C78/116 y la AASHTO T97”

El módulo de ruptura del concreto se calcula por medio de la fórmula:

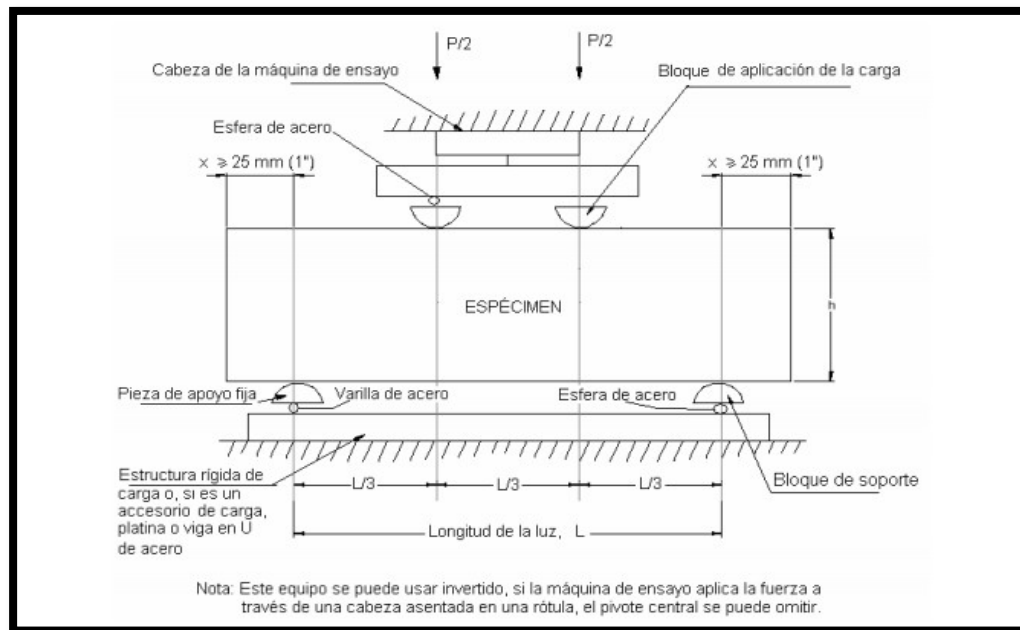
$$MR = k * \sqrt{f'c}$$

Siendo $k=2$ para la mayoría de concretos usados en Colombia. $F'c$ en kg/cm^2

(Img 001) Autoría propia



(Img 002)



Ensayo de Flexión Esquema – FUENTE: (Civil, 2016)
Documentación del **INVIAS** para ensayos y pruebas de laboratorio”

7.4.2 Compresión:

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto, dada la importancia que reviste esta propiedad, dentro de una estructura convencional de concreto reforzado, la forma de expresarla es, en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm² y con alguna frecuencia lb/pulg²(psi). La equivalencia que hay entre los dos es que 1 psi es igual a 0.07kg/cm². Aunque hoy en día se ha acogido expresarla en MPa de acuerdo con el sistema internacional de unidades.

El ensayo más universalmente reconocido para ejecutar pruebas de resistencia mecánica a la compresión simple es el ensayo de probetas cilíndricas, las cuales se funden en moldes especiales de acero o hierro fundido que tienen 150 mm de diámetro por 300 mm de altura (relación diámetro: altura 1:2). En la imagen 3 se puede ver este ensayo que al igual que la imagen 1 fue tomada en el laboratorio de concreto de la universidad Santo Tomas.

¿Para qué sirve este ensayo?

El objetivo principal del ensayo consiste en determinar la máxima resistencia a la compresión de un cilindro de muestra de un concreto frente a una carga aplicada axialmente.

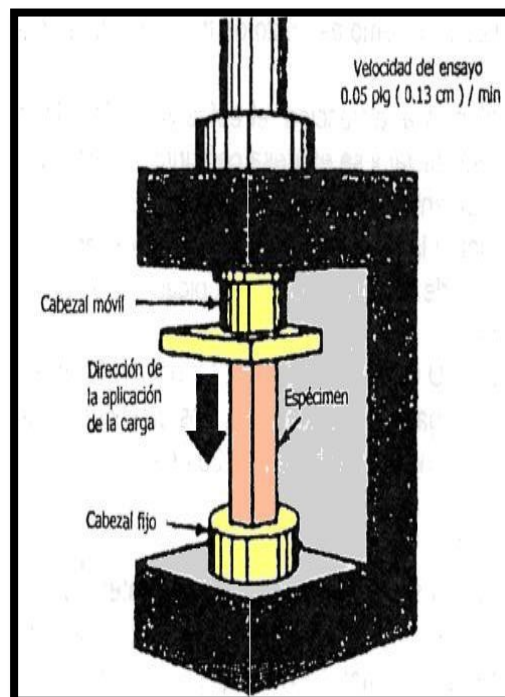
Este ensayo está regido por las normas “NTC 550, 673, 454 y la ASTM C-617”

(Img 003)



Laboratorio de concreto de la universidad Santo Tomas, Sede principal, año 2016”

(Img 004)



FUENTE: (Tecnología de Los Plásticos, 2011)

(Img 005)



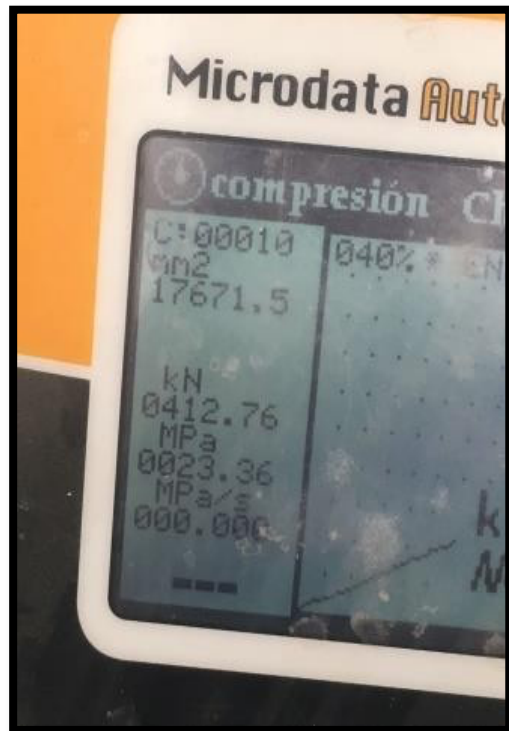
(Img 006)



(Img 007)



(Img 008)



Ensayo a compresión.

Fotos tomadas por el estudiante Cesar Gutiérrez en el laboratorio de ASOCRETO.

7.4.3 Tracción Indirecta:

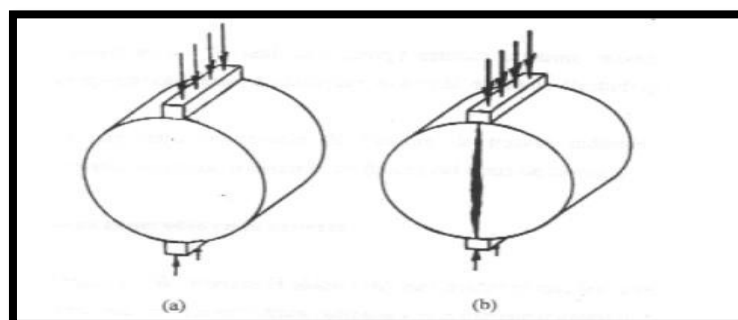
La resistencia del concreto al corte es bastante grande, pudiendo variar del 35 al 80% de su resistencia a la compresión; en las pruebas es muy difícil separar el esfuerzo cortante de otros esfuerzos y a esto se debe la variación de los resultados. Los valores más bajos representan el intento de separar los efectos de fricción en los esfuerzos cortantes. La fatiga admisible al corte debe ser limitada a valores más bajos para proteger el concreto de otros esfuerzos diagonales de tracción; estos esfuerzos son a veces confundidos con esfuerzos cortantes. Teniéndose en cuenta que la resistencia del concreto a esfuerzos cortantes no es importante y que el término esfuerzo cortante se refiere, generalmente, a esfuerzos diagonales de tracción. Este ensayo consiste en someter a compresión diametral una probeta cilíndrica, igual a la definida en el ensayo de Compresión, aplicando una carga de manera uniforme a lo largo de dos líneas o generatrices opuestas hasta alcanzar la rotura. Esta configuración de carga provoca un esfuerzo de tracción relativamente uniforme en todo el diámetro del plano de carga vertical, y esta tracción es la que agota la probeta y desencadena la rotura en el plano diametral. *FUENTE: (Arqhys Resistencia del concreto al corte, 2012)*

¿Para qué sirve este ensayo?

La importancia de la resistencia al corte es evidente a partir del hecho de que los cilindros estándar de hormigón probados en la compresión axial suelen fallar por corte a lo largo de un plano inclinado. En realidad, la falla se debe a una combinación de esfuerzos normales y de corte sobre el plano. La falla en diagonal en el alma de una viga de hormigón es a causa de un esfuerzo de tracción que resulta de una combinación de esfuerzos de tracción y de corte.

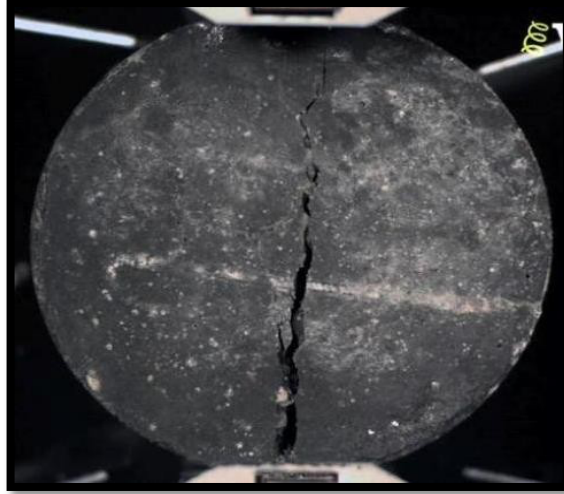
El ensayo a tracción indirecta está normalizado según la norma NLT-346/90 “Resistencia a compresión diametral (ensayo brasileño) de mezclas bituminosas”

(Img 009)



FUENTE: (Up Commons, 2010)

(Img 010)



FUENTE: (Expedition Workshed, 2017)

(Img 011)



(Img 012)



Ensayo tracción indirecta.

Foto tomada por el estudiante Cesar Gutiérrez en el laboratorio de ASOCRETO

7.5 Materiales Utilizados

(Img 013)



- Cemento Argos x 50 Kg : \$27.500/Bulto

(Img 014)

- Micro fibras de polipropileno para concreto Sika: Obtenidas gracias a la donación de Sika y su gran aporte a esta investigación.



(Img 015)



- Arena marca minas y Canteras: \$ 16.300/40 Kg

(Img 016)

- Agregados Marca Minas y Canteras: \$17.850/40 Kg



7.6 Diseño de mezcla (Norma ACI 211.1)

Se tomó como referencia la norma del ACI 211.1, para el diseño de la mezcla con resistencia nominal a la compresión $f'c = 21$ MPa.

Todos los ensayos de caracterización de materiales se realizaron en el laboratorio de suelos y concretos de la Universidad Santo Tomás en la sede principal de la calle 51.

7.6.1 Materiales.

CEMENTO:

(Img 017)



✓ Tipo de cemento: uso general (Argos)

Peso específico: 3

AGUA:

(Img 018)

✓ Potable



AGREGADO FINO:

(Img 019)



- ✓ Arena de Rio
- ✓ Peso específico: 2500 kg/m³
- ✓ Absorción: 2,7136 (NTC 385)
- ✓ Humedad: 6,81 (NTC 1776)
- ✓ Módulo de finura: 2.62
- ✓ Densidad: 1.97 gr/m³ (NTC 237)

AGREGADO GRUESO:

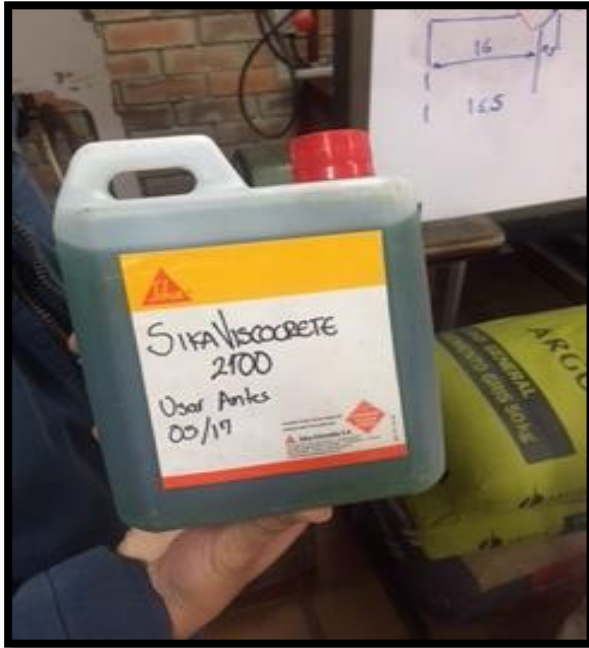
(Img 020)

- ✓ Grava
- ✓ Tamaño máximo: ¾"
- ✓ Peso Específico: 1600 kg
- ✓ Absorción: 3,20% (INVIAS E 223)
- ✓ Cantidad de humedad: 5,28% (NTC 1776)
- ✓ Densidad: 2,31 gr/m³ (NTC 176)



ADITIVOS:

(Img 021) Elaboración propia



✓ Sika Viscocrete 2100

FIBRA SINTÉTICA:

(Img 022)

✓ Fibra sintética Polímero



7.6.2 Diseño De Mezcla (Norma ACI 211.1)

- ✓ Resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días
- ✓ Aire contenido: 2%
- ✓ Asentamiento: 100 mm (4")

7.6.3 Cantidad De Agua Para Mezclado:

De acuerdo con la norma ACI 211,1 Tabla 11,6 Requerimiento aproximado de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado con partículas de forma angular y textura rugosa, en concreto son aire incluido, se toma en cuenta 244 Kg/m^3 un asentamiento de 100 mm (4") con tamaño máximo del agregado $\frac{3}{4}$ "

Desviación estándar: obtenido del reglamento NSR 10 TITULO C, Capitulo C5 desviación estándar. Tabla C.5.3.2.2

Img 023 fuente NSR-10

TABLA C.5.3.2.2 — RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7.0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8.3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$

$$F'_{cr} = F'c + 8.3$$

$$F'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F'_{cr} = 293 \text{ Kg/cm}^2$$

7.6.4 Cálculo De Contenido De Cemento Por M3

De acuerdo con la Tabla 11.13 Correspondencia entre la resistencia a la compresión a los 28 días de edad y la relación agua cemento para los cementos colombianos Portland Tipo 1 en concretos sin aire incluido; de la norma ACI 211,1, se toma referencia el límite superior de la relación agua cemento para una resistencia de **295 kg/cm²** de **0.59**.

$$\text{cemento} = \frac{A}{A/C}$$

$$\text{cemento} = \frac{244 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}}{0,59}$$

$$\text{Cemento} = 413,55 \text{ kg/m}^3$$

7.6.5 Agregado Grueso:

De acuerdo con la Tabla 11.15 volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto, se toma como referencia para un agregado ¾" 0.64; para un módulo de finura de la arena de 2,60

$$\text{Peso específico} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cantidad de agregado grueso} = 0,64 \times 1600 \text{ kg /cm}^3 = 1024 \text{ kg}$$

$$\text{Corregido por humedad: } 1024 \text{ kg} \times 1,02 = 1044,48 \text{ kg/m}^3$$

7.6.6 Agregado Fino:

Calculo a través del método de valor absoluto:

➤ Cemento

$$\text{cemento} = \frac{413 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{3 \times 1000}$$

$$\text{cemento} = 0,137 \text{ m}^3$$

➤ Agua

$$Agua = \frac{244 \frac{kg}{m^3}}{1 \times 1000}$$

$$Agua = 0,244 \text{ m}^3$$

➤ **Aire:** 0.02 m^3

➤ **Agregado Grueso:**

$$Grueso = \frac{1044 \frac{kg}{m^3}}{2,6 \times 1000}$$

$$Grueso = 0,401 \text{ m}^3$$

Valor absoluto por metro cubico = $0,137 \text{ m}^3 + 0,02 \text{ m}^3 + 0,401 \text{ m}^3 + 0,244 \text{ m}^3 = 0,802 \text{ m}^3$

Agregado fino = $1 \text{ m}^3 - 0,802 \text{ m}^3 = 0,198 \text{ m}^3$

$$= 0,198 \text{ m}^3 \times 2,5 \text{ kg/m}^3 = 0,495 \text{ m}^3 \times 1000 = 495 \text{ kg/m}^3$$

VOLUMEN TOTAL:

36 Cilindros de $\varnothing 0,15 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} = 0,0052 \text{ m}^3 = 36 \times 0,052 \text{ m}^3 = 0,19 \text{ m}^3$

12 vigas de $0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} = 0,0112 \text{ m}^3 = 12 \times 0,0112 \text{ m}^3 = 0,1485 \text{ m}^3$

(TABLA 003)

CANTIDADES DE MATERIAL EN KG POR METRO CUBICO DE CONCRETO	
Cemento	413,55 kg
Agua	244 kg
Grava	401 kg
Arena	495 kg

CANTIDADES DE MATERIAL EN KG POR METRO CUBICO DE CONCRETO PARA EL VOLUMEN TOTAL DE CILINDROS	
Cemento	158 kg
Agua	93,20 kg
Grava	153,18 kg

Arena	150,89 kg
--------------	-----------

Se emplearon 4 dosificaciones de fibra con 0, 4, 8 y 12 kg de fibra /m3 de concreto.

NTC 1776 GRAVA

Peso húmedo= 6.580 gr

Peso seco = 6.250 gr

$$\% \text{ de humedad} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Dónde:

Ph: peso Húmedo

Ps: seco

$$\% \text{ de humedad} = \frac{6.580gr - 6.250gr}{6.250gr} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad} = 5,28\%$$

NTC 1776 ARENA

Peso húmedo= 6.585 gr

Peso seco = 6.165 gr

$$\% \text{ de humedad} = 100 \times \frac{(ph - Ps)}{Ps}$$

Dónde:

Ph: peso Húmedo

Ps: seco

$$\% \text{ de humedad} = 100 \times \frac{(6.585gr - 6.165gr)}{6.165gr}$$

$$\% \text{ de humedad} = 6,81\%$$

DENSIDAD AGREGADO GRUESO NTC 176

Peso grava SSS: 1892,4 gr

Peso sumergido: 1075,5 gr

$$D = \frac{P_{sss}}{P_s - p_{sss}}$$

Donde;

P_{sss}: Peso grava SSS

P_s: Peso sumergido

$$D = \frac{1892,4gr}{1075,5gr - 1892,4gr}$$

$$D = 2,31$$

DENSIDAD RELATIVA FINO NTC 237

A= 486, 79 gr

B= 680, 64 gr

S= 500 gr

C= 935 gr

$$D = 0.9975 X \frac{A}{B + S - C}$$

$$D = 0.9975 X \frac{486,79gr}{680.64gr + 500gr - 935gr}$$

$$D = 1,97 gr$$

Donde;

A= masa en el aire de la muestra secada al horno gr

B= masa del picnómetro lleno con agua gr

S= masa de la muestra saturada y superficialmente seca, gr

C= masa del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración, gr

ABSORCIÓN AGREGADO FINO NTC 385

A= 500 gr

B= 486,79 gr

$$A\% = \frac{B - A}{A} \times 100$$
$$A\% = \frac{500\text{gr} - 486,79\text{gr}}{486,79\text{gr}} \times 100$$
$$A\% = 2,71\%$$

Donde;

A= masa en el aire de la muestra seca en gramos

B= masa en el aire de la muestra saturada con superficie seca en gramos

ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO INVIAS E 223

A= 1892,4 gr

B= 1833,66 gr

$$A\% = \frac{B - A}{A} \times 100$$
$$A\% = \frac{1892,4\text{gr} - 1833,66\text{gr}}{1833,66\text{gr}} \times 100$$
$$A\% = 3,20\%$$

Donde;

A= masa en el aire de la muestra seca en gramos.

B= masa en el aire de la muestra saturada con superficie seca en gramos.

7.7 Programa Experimental

Para determinar el comportamiento del concreto reforzado con fibra sintética, se realizó un diseño de mezcla de 21 MPa igual para todos los especímenes a ensayar.

Se emplearon 4 dosificaciones de fibra con 0, 4, 8 y 12 kg de fibra /m³ de concreto.

Los ensayos realizados en el laboratorio de ASOCRETO fueron: compresión, tracción indirecta y flexión.

7.8 Ensayos De Laboratorio

Caracterización de los materiales mediante Ensayos de laboratorio

7.8.1 Cemento.

Debe cumplir con la norma NTC-121 y 321. Se deben conocer los siguientes datos: Condiciones de exposición Tipo de estructura Exposición 1 Exposición 2 Secciones delgadas 0.45 0.40 Otras estructuras 0.50 0.45 Densidad (NTC 221) (Relación entre la masa sólida del cemento y su volumen sólido ocupado a una temperatura de 21+/- 2°C. Por lo general este valor para los cementos Portland es de 3.15 Mg/m³. Resistencia del cemento (NTC 220) Esta propiedad define los parámetros k1 y k2 necesarios para obtener la relación (W/C) de acuerdo con los requisitos de resistencia especificados para el hormigón.

Se realizó la determinación de la densidad y modo de finura en el laboratorio de materiales y estructuras en la Universidad Santo Tomas.

- ***NTC 121 especificación de desempeños para cemento hidráulico***

Objeto

Esta norma establece los requisitos físicos y mecánicos que deben cumplir los siguientes tipos de cementos portland 1, 1M, 2.2, 4 Y 5

Requisitos

Todos los cementos tipo portland a los que se refiere esta norma, deberán cumplir con los siguientes requisitos de la tabla; los requisitos indicados en la tabla 2 sería opcionales.

La resistencia de cemento tipo 3 a cualquier edad, deberá ser mayor que su resistencia a la edad inmediatamente anterior, el comprador exige ensayos de

resistencia a la comprensión para cemento tipo 3, distintos a los especificados en la tabla 3: la resistencia a los 7 d deberá ser mayor que la obtenida a los 3d.

(Tabla 004)

Requisitos físicos del cemento

NTC- 220

	Tipo 1	Tipo 1 M	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Tiempo de fraguado (Métodos alternativos).						
- Ensayos por agujas de Gillmore :						
Tiempo inicial, en minutos, no debe ser menor de	60	60	60	60	60	60
Tiempo final, en horas, no debe ser mayor de	10	10	10	10	10	10
Falso fraguado, penetración final mínimo %	50	50	50	50	50	50
Calor de hidratación						
7 días máximo kJ/kg (aprox. cal/g)	-	-	290 (70)	-	250 (60)	-
28 días, máximo kJ/kg (aprox. cal/g)	-	-	330 (80)	-	290 (70)	-
Resistencia a la compresión 28 días, MPa (aprox. kgf/cm ²)	-	28,0 (280)	24 (240)	-	-	-
Expansión a los sulfatos 14 días , máximo %	-	-	-	-	-	0,045

(Tabla 005)

Requisitos físicos opcionales del cemento

NTC 220

	Tipo 1	Tipo 1M	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Finura, superficie específica en m ² /kg						
- Ensayo por medio de permeabilidad al aire, mínimo.	280	280	280	-	280	280
Estabilidad	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Expansión en autoclave, máximo, %						
Tiempo de fraguado (Métodos alternativos).						
- Ensayo por agujas de Vicat: Tiempo inicial, en minutos, no debe ser menor de	45	45	45	45	45	45
Tiempo final, en horas, no debe ser mayor de	8	8	8	8	8	8
Resistencia a la compresión en Mpa (aprox. kgf/cm ²).						
La resistencia a la compresión de cubos de mortero hechos con una parte de cemento y 2,75 partes de un arena gradada normalizada para este ensayo, preparados y probados de acuerdo con la NTC 220, no debe ser menor que , los valores indicados abajo, para cada edad.						
1 d		-	-	10,0 (100)		
3 días	8,0 (80)	12,5 (125)	10,5 (105)	21,0 (210)	-	8,5 (85)
7 días	15,0 (150)	19,5 (195)	17,5 (175)	-	7,0 (70)	15,5 (155)
28 días	24,0 (240)	-	-	-	17,5 (175)	21,0 (210)

Aceptación o Rechazo

El cemento será rechazado si no cumple con alguno de los requisitos físicos, establecidos en la tabla 004. Para este efecto, se muestreará conjuntamente entre las partes, utilizando tres laboratorios conocidos: se aceptará el criterio de los dos más acordes en sus resultados.

El cemento que después de haber sido ensayado permanezca almacenado a granel por más de seis meses, o empacado por más de tres meses en las bodegas del vendedor, podrá ser ensayado nuevamente por el comprador antes de su despacho y podrá ser rechazado si no cumple con los requisitos de esta norma.

Los bultos cuya masa varié en más el 5% por debajo de la especificada, podrán ser rechazados.

Si al tomar el 5% de los bultos de un pedido y su masa promedio sea menor del 2% de la especificada, el pedido podrá ser rechazado.

Si el cemento no cumple con los requisitos de estabilidad, podrá aceptarse siempre que, al ensayar una nueva muestra dentro de los 28 d siguientes al primer ensayo, esta cumpla con la especificación correspondiente.

▪ **NTC 321 cemento portland especificaciones químicas**

(Img 023) Elaboración propia



OBJETO

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los siguientes tipos de cemento Portland 1, 1M, 2, 3, 4 Y 5.

REQUISITOS

Todos los tipos de cemento portland a los que se refiere esta norma, deberán cumplir con los correspondientes requisitos de la tabla 1.

El siguiente requisito es opcional: el cemento cuyo contenido de álcalis sea inferior al 0.60%, calculado como porcentaje de Na_2O , más 0,658 veces el porcentaje de K_2O , podrán especificarse para el uso de hormigón con agregados que probablemente produzcan reacciones dañinas de acuerdo con las especificaciones NTC 174

Para los cementos en los cuales se indique restricciones en la composición potencial, el consumidor podrá solicitar al fabricante el suministro de una muestra

de Clinker o de un análisis de este. Debido a que la posible presencia de materiales diferente de Clinker Portland y el sulfato de calcio puede desvirtuar el cálculo de los compuestos potenciales en el cemento, se recomienda efectuar el análisis del Clinker del cemento y calcular sus compuestos potenciales determinado, con base en estos compuestos y en el contenido de Clinker en el cemento, la composición potencial del mismo. Para los efectos de este cálculo se deberá mantener tres muestras distribuidas así: una para el consumidor, una para el fabricante una muestra testigo debidamente sellada. En la Tabla 5 se especifican los requisitos químicos mínimos que debe presentar el cemento portland.

(Tabla 006)
Requisitos químicos cemento portland
Argos, 2015

	Tipo 1	Tipo 1M	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4a)	Tipo 5a)
Dióxido de silicio (SiO_2), mín %	-	-	21,0	-	-	-
Óxido de aluminio (Al_2O_3), máx %	-	-	6,0	-	-	-
Óxido de hierro (Fe_2O_3), máx %	-	-	6,0	-	6,5	-
Óxido de magnesio (MgO), máx %	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Trióxido de azufre (SO_3), máx %	3,5	3,5	-	4,5	-	-
Pérdida al fuego, máx %	-	5,0	4,0	4,0	3,5	4,0
Residuo insoluble, máx %	-	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Silicio tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) ^{b)} , máx %	-	-	-	-	35,0	-
Silicato dicálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) ^{b)} , mín %	-	-	-	-	40,0	-
Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) ^{b)} , máx %	-	-	8,0	15,0 ^{c)}	7,0	5,0
($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) + ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), máx %	-	-	58,0 ^{d)}	-	-	-
Ferrialuminato tetracálcico más el doble de aluminato tricálcico ^{b)} ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) + 2 ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), o solución sólida ($4\text{C}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ + 2 $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) el que es aplicable, máx %	-	-	-	-	-	20,0

Notas.

- Se hace notar que los cementos que se adaptan a los requisitos de los tipos 4 y 5 no se tienen generalmente en almacenamiento. Antes de especificar su uso, los compradores o sus representantes determinarán si esos tipos de cemento se encuentran disponibles.
- El expresar las limitaciones químicas por medio de supuestos compuestos calculados no significa necesariamente que los óxidos estén presentes como tales compuestos.

Cuando la relación de porcentaje de óxido de aluminio a óxido férrico sea 0,64 o más, los porcentajes de silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferrialumintao tetracálcico serán calculados con base en el siguiente análisis:

$$\text{Silicato tricálcico} = (4,07 \times \% \text{CaO}) - (7,6 \times \% \text{SiO}_2) - (6,718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{SO}_3).$$

$$\text{Silicato dicálcico} = (2,867 \times \% \text{SiO}_2) - (0,7544 \times \% \text{C}_3\text{S})$$

$$\text{Aluminato tricálcico} = (2,650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Ferrialuminato tetracálcico} = 3,043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3$$

Cuando la relación entre la alúmina y el óxido férrico sea menor de 0,64 se formará una solución sólida de ferrialuminato cálcico (expresada como ss ($\text{C}_4\text{AF} + \text{C}_2\text{F}$)). Los contenidos de esta solución sólida y de silicato tricálcico se calcularán por las siguientes fórmulas:

$$\text{ss} (\text{C}_4\text{AF} + \text{C}_2\text{F}) = (2,1 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) + (1,702 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Silicato tricálcico} = (4,071 \times \% \text{CaO}) - (7,6 \times \% \text{SiO}_2) - (4,479 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (2,859 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{SO}_3)$$

Ningún aluminato tricálcico estará presente en los cementos de esta composición. El silicato dicálcico se calculará como se mostró anteriormente.

En el cálculo de C_3A se usarán los valores de Al_2O_3 y Fe_2O_3 determinados al 0,01%. En el cálculo de otros compuestos se usarán los óxidos determinados al 0,1%.

Los valores de C_3A y los de la suma de $\text{C}_4\text{AF} + 2\text{C}_3\text{A}$ se calcularán con aproximación del 0,1%. Los valores de otros compuestos se calcularán con aproximación del 1%.

- c) Cuando se requiera una resistencia moderada a los sulfatos para el cemento Tipo 3, el aluminato tricálcico debe limitarse al 8% . Cuando se requiera una alta resistencia a los sulfatos, el aluminato tricálcico debe limitarse al 5% .
- d) El límite de las una de silicato tricálcico y aluminato tricálcico para el cemento Tipo 2 se aplicará cuando se requiera un moderado calor de hidratación y no se requieran ensayos para determinarlo.

Aceptación y Rechazo

El cemento será rechazado si no cumple con alguno de los requisitos químicos establecidos en la tabla 5, para este efecto, se muestreará conjuntamente entre las partes utilizando laboratorios reconocidos; se aceptará el criterio de los más acordes en sus resultados.

El cemento que después de haber sido ensayado permanezca almacenado a granel por más de seis meses, o empacado por más de tres meses en las bodegas del vendedor, podrá ser ensayado nuevamente por el comprador antes de su despacho y podrá ser rechazado si no cumple con alguno de los requisitos de esta norma.

Los bultos cuya masa varié en más del 5% por debajo de la especificación, podrá ser rechazado. Si al tomar el 5% de los bultos en un pedido y su masa promedio sea menor del 2% de la especificada, el pedido podrá ser rechazado.

Empaque y rotulado

(Img 024) Elaboración propia



Los empaques deberán llevar marcas legibles con la siguiente información:

- Las palabras “Cemento Portland”
- La marca del cemento y el lugar de fabricación
- El tipo de cemento
- La masa en bultos en Kg

I.N.V.E 307 densidad del cemento hidráulico

OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer un método para determinar la densidad del cemento hidráulico.

Resumen del método

Empleando kerosene deshidratado o nafta, se llena el frasco de Le Chatelier hasta un punto determinado y se toma la lectura inicial del volumen. Luego se agrega una masa conocida de cemento y se toma lectura del volumen que alcanza el líquido en el frasco debido al desplazamiento que sufre. Se divide la masa de cemento añadida por la diferencia de las lecturas de volumen. La prueba debe realizarse a temperatura constante.

Cálculos

La diferencia entre la lectura inicial y final representa el volumen del líquido desplazado por la masa de cemento usado en el ensayo.

La densidad del cemento se calcula como sigue:

(Img 025) Tomada de NSR-10, 2010

$$\rho \left(\frac{\text{Mg}}{\text{m}^3} \right) \text{ o } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{\text{Masa de cemento, g}}{\text{volumen desplazado, cm}^3} \quad [307.1]$$

Nota 5: El volumen desplazado en mililitros es equivalente numéricamente al volumen desplazado en centímetros cúbicos

Nota 6: La densidad en megagramos por metro cúbico (Mg/m^3) es equivalente numéricamente a la densidad en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3). La densidad del cemento, ρ , se debe calcular con tres cifras decimales y se aproxima a $0.01 \text{ Mg}/\text{m}^3$.

Nota 7: En relación con el diseño y el control de las mezclas de concreto, la densidad puede ser más útil si se expresa como densidad relativa (gravedad específica), la cual es un número adimensional. La gravedad específica se calcula con la ecuación:

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{Densidad del cemento}}{\text{Densidad del agua a } 4^\circ \text{ C}} \quad [307.2]$$

La densidad del agua a 4° C es $1 \text{ Mg}/\text{m}^3$.

- **NTC 220 determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50 mm o 50,8 mm de lado**

Procedimiento

Se toma una muestra de mortero, se llenan los moldes (moldes en forma cuadrada con área de 50 x 50 mm), en dos capas de 25 mm aproximadamente la mitad de la profundidad del molde, cada capa se debe apisonar con 32 golpes con el compactador, se alisa la superficie de los cubos con ayuda del palustre, se coloca la muestra envasada en la cámara húmeda por un periodo de 24 horas, para luego su posterior desmoldado, se toma una selección de la muestra y se coloca en tanques de almacenamiento. La parte restante se somete a compresión a través de una prensa con aplicación de carga hasta que la muestra falle.

La resistencia a compresión es determinada a través de la siguiente fórmula:

$$FM = P/A$$

Donde,

FM= Resistencia a la compresion

P= carga o fuerza maxima registrada

A= area de aplicación de la carga

6.8.1 Agregados

- **NTC-174 especificaciones de los agregados para concreto**

OBJETO

Esta norma establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos, (excepto los agregados livianos y pesados) para uso en concreto, adicionalmente La información que se presenta en esta norma la puede utilizar el contratista, el proveedor o el comprador, como parte del documento de compra que describe el material por suministrar.

REQUISITOS

El agregado fino debe estar compuesto de arena natural, arena triturada o una combinación de éstas. Las características generales se pueden apreciar en la Tabla 6

(Tabla 007)

Características del Agregado fino

Material	Máximo porcentaje del peso total de la muestra
Terrones de arcilla y partículas deleznable	3,0
Material que pasa el tamiz 75 µm (No. 200):	
Concreto sujeto a abrasión	3,0 (a)
Todos los demás concretos	5,0 (a)
Carbón o lignito:	
Donde la apariencia superficial del concreto sea de importancia.	0,5
Todos los demás concretos	1,0

En el caso de la gradación se hace un análisis granulométrico para el agregado fino el cual especifica que este debe estar clasificado dentro de los límites de la Tabla 008.

(Tabla 008)

Clasificación del análisis granulométrico agregado fino

Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 μm	25 a 60
300 μm	10 a 30
150 μm	2 a 10

Resumen

Esta norma es adecuada para asegurar materiales satisfactorios para uso en la mayoría de concretos. Se pueden necesitar mayores o menores restricciones para ciertas obras o regiones. Por ejemplo, en donde la estética es importante, se pueden considerar límites más restrictivos en relación con las impurezas que puedan manchar la superficie de concreto. Es conveniente que quien establece las especificaciones sobre los agregados, indique en el área de trabajo la disponibilidad de ellos en relación con su gradación, propiedades físicas, químicas o una combinación de ellas, a continuación, se presenta una foto tomada al agregado fino con el que se realizaran los especímenes.

(Img 026)



- **NTC-77 Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.**

Objeto

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; Algunas especificaciones para agregados que se referencian en esta norma contienen requisitos de gradación que abarcan tanto la fracción gruesa como la fina. Se incluyen, por tanto, las instrucciones para el análisis por tamizado de estos agregados.

Requisitos

En el laboratorio se deben recibir cantidades de muestra que cumplan con lo descrito en la NTC 129 o cuatro veces la cantidad descrita abajo:

- Agregado Fino - La muestra de ensayo del agregado fino debe tener una masa, luego de ser secada, aproximadamente las siguientes cantidades:
- Agregado con por lo menos 85% del material que pasa el tamiz No 4 (4,75 mm) y más del 5% retenido en el tamiz No 8 (2,36 mm) 500 gr.
- Agregado Grueso - La masa de la muestra de agregado grueso debe conformarse a partir de los siguientes valores.

(Tabla 010)

Masa de la muestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas (mm)	Muestra de Ensayo(Kg. Masa Mínima)
9,5	1
12,5 19,0	2
25,0	5
37,5	10
50,0	15
63,0 75,0	20
90,0	35
100,0	60
112,0	100
125,0	150
150,0	200
	300
	500

Procedimiento.

Se seca la muestra hasta que alcance una masa constante a una temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Se deben seleccionar los tamaños adecuados de los tamices, encajando los tamices en forma descendente, el proceso se puede hacer en forma manual o mecánica siguiendo los procedimientos descritos en la norma.

Se pesa la cantidad necesaria, el material tiene que estar seco y tamiza mecánicamente o manualmente usando la serie de tamices ensamblados en forma decreciente, luego determine la masa retenida en cada tamiz, a continuación, se presentan fotos tomadas en el laboratorio de suelos de la universidad Santo Tomas donde se muestra este procedimiento.

(Img 027)



(Img 028)



Fuente: Autoría propia

- **NTC-237 método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino**

OBJETO

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; Este método de ensayo determina (después de 24 h en agua) la densidad aparente, la densidad nominal y la absorción según se define en la NTC 385 Terminología del Cemento y Concreto; Los valores se registrarán de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. NTC 1000 "Metrología"; Esta norma no

pretende señalar todos los problemas de seguridad, si hay alguno, asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer las prácticas de seguridad y salud.

PROCEDIMIENTO

Se determinan todas las masas y se registran con una aproximación de 0,1 g luego Se llena el picnómetro parcialmente con agua. Inmediatamente se introduce dentro del picnómetro 500 g \pm 10 g de agregado saturado y superficialmente seco preparado como se describe en la Sección 6, y se llena con agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de la capacidad. Se gira, invierte y agita el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire (véase la Nota 3). Se ajusta su temperatura hasta 23 °C \pm 2 °C, si es necesario por inmersión en agua en circulación, y se lleva el nivel del agua en el picnómetro hasta su capacidad calibrada. Se determina la masa total del picnómetro, con la muestra y el agua.

DEFINICIONES

La densidad es la masa por unidad de volumen. Los calificativos nominal o aparente se refieren a la forma de tomar el volumen del cuerpo, puesto que las partículas de los agregados para el concreto tienen porosidad; esa porosidad puede ser saturable o no saturable. Si se toma el volumen externo, el aparente, la densidad calculada será aparente; si del volumen aparente se elimina la porosidad saturable, la densidad se llama nominal, y si además de la porosidad saturable se elimina la porosidad no saturable, el volumen resultante es de material puro, y por lo tanto el cociente de la masa y ese volumen será la masa, sin calificativos, a continuación, se presentan fotos tomadas de este procedimiento.

(Img 029)

Ensayo absorción de humedad agregado fino



(Img 030)

Agregado fino estado SSS



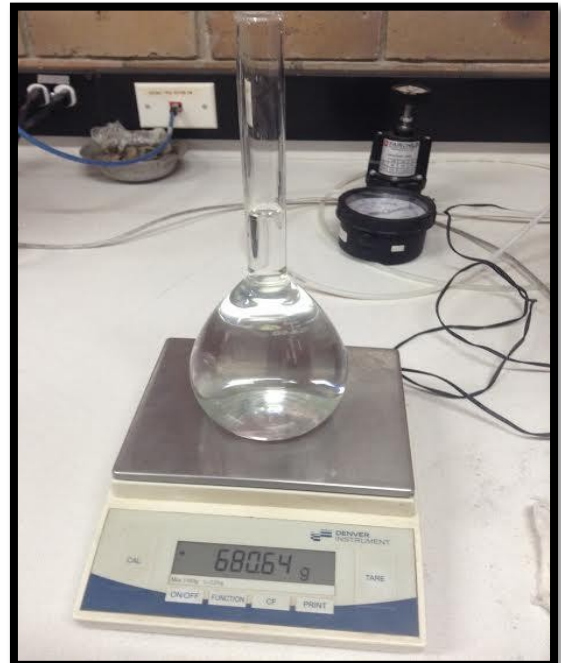
(Img 031)

Ensayo absorción de humedad agregado fino



(Img 032)

Verificación estado SSS agregado fino



(Img 033)

Peso agua en el picnómetro



(Img 034)

Prueba densidad



(Img 035)

Agregado fino sumergido en agua



Vaciado de aire de la muestra

- **Cálculo densidad relativa fino NTC 237**

A= 486, 79 gr

B= 680, 64 gr

S= 500 gr

C= 935 gr

$$D = 0.9975 X \frac{A}{B + S - C}$$

$$D = 0.9975 X \frac{486,79gr}{680.64gr + 500gr - 935 gr}$$

$$D= 1,97 gr$$

Donde;

A= masa en el aire de la muestra secada al horno gr

B= masa del picnómetro lleno con agua gr

S= masa de la muestra saturada y superficialmente seca, gr

C= masa del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración, gr

- **Cálculo para determinar la absorción agregado fino NTC 385**

A= 500 gr

B= 486,79 gr

$$A\% = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$A\% = \frac{500\text{gr} - 486,79\text{gr}}{486,79\text{gr}} \times 100$$

$$A\% = 2,71\%$$

Donde;

A= masa en el aire de la muestra seca en gramos

B= masa en el aire de la muestra saturada con superficie seca en gramos

- ***NTC-1776 método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados***

OBJETO

Esta norma establece el método de ensayo para determinar el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado sometida a secado; Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si hay alguno, asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las primordiales regulaciones al usar; Los valores se registrarán de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. (Véase la NTC 1000. Metrología)

Resumen

Esta norma es específicamente precisa para los propósitos usuales, como el ajuste de los pesos de los ingredientes para una batchada de concreto. Generalmente, la determinación de la humedad en la muestra de ensayo es más confiable de lo que puede ser la toma de la muestra para representar el agregado suministrado. Cuando el agregado es alterado por el calor, o cuando se requieren mediciones más precisas, se debe llevar a cabo el ensayo utilizando un horno ventilado de temperatura controlada.

El tamaño de la muestra para agregados de peso normal se relaciona en la tabla 11.

(Tabla 11)

Tamaño máximo de la muestra agregado grueso

Tamaño máximo nominal del agregado (mm) ^A	Masa mínima de la muestra (kg) ^B
4,75	0,5
9,50	1,5
12	2
19	3
25	4
37	6
50	8
63	10
75	13
90	16
100	25
150	50

Procedimiento

Primero se pesa la muestra con una precisión del 0,1; luego se seca completamente la muestra en el recipiente que la contiene, por medio de la fuente de calor seleccionada, teniendo el cuidado de evitar pérdida de partículas. Un calentamiento muy acelerado puede hacer estallar algunas partículas produciendo su pérdida. Se usa un horno de temperatura controlada, cuando el calor excesivo pueda alterar las características del agregado o cuando se requieran mediciones más precisas. Si se utilizan fuentes de calor diferentes a los hornos de temperaturas controlables, se agita la muestra durante el secado, para acelerar la operación y así evitar el sobrecalentamiento en un solo punto. La operación de agitado es opcional cuando se utiliza un horno microondas; finalmente se pesa la muestra seca, con una precisión del 0,1 %, luego de haberla enfriado lo suficiente para no producir daños en la balanza.

(Img 036)

Secado en horno de la muestra



(Img 037)

peso muestra inicial



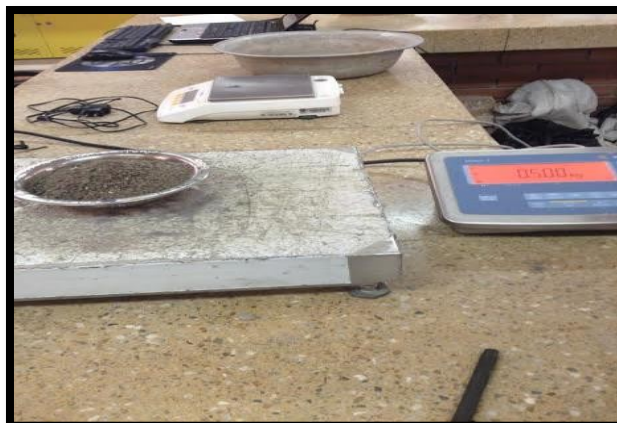
(Img 038)

Secado de la Muestra



(Img 039)

Secado de la Muestra



- **Cálculo porcentaje de humedad NTC 1776 ARENA**

Peso húmedo= 6.585 gr

Peso seco = 6.165 gr

$$\% \text{ de humedad} = 100 \times \frac{(ph - Ps)}{Ps}$$

Dónde:

Ph: peso Húmedo

Ps: seco

$$\% \text{ de humedad} = 100 \times \frac{(6.585gr - 6.165gr)}{6.165gr}$$

% de humedad = 6,81%

- **Calculo porcentaje de humedad NTC 1776 GRAVA**

(Img 040)

Muestra agregado grueso sumergida en agua



(Img 041)

muestra agregado grueso seco



Peso húmedo= 6.580 gr

Peso seco = 6.250 gr

$$\% \text{ de humedad} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Dónde:

Ph: peso Húmedo

Ps: seco

$$\% \text{ de humedad} = \frac{6.580\text{gr} - 6.250\text{gr}}{6.250\text{gr}} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad} = 5,28\%$$

- **NTC 176 método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso**

Objeto

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) lo cual corresponde, cuando el agregado se encuentra saturado y superficialmente seca, o densidad nominal.

De acuerdo con lo anterior la densidad nominal (SSS) y la absorción se basan en el humedecimiento en agua del agregado después de 24 h.

(Img 042)

Muestra agregado grueso sumergido



(Img 044)

Peso agregado grueso estado SSS



(Img 043)

Peso muestra sumergida



(Img 045)

Agregado grueso estado SSS



REQUISITOS:

Para la determinación de la densidad y absorción de tener en cuenta que cada una de ellas está basada en un proceso de ejecución diferente, de acuerdo a los comportamientos del agregado, donde allí estipula diferentes datos según su estado durante el proceso.

ABSORCIÓN

La absorción es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca. Así mismo el agregado se considera como "seco" cuando se ha mantenido a una temperatura de $11^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por suficiente tiempo para remover toda el agua no combinada.

DENSIDAD

Como bien se conoce es definida como la masa (en el aire) y el volumen del material, donde ella se descompone en densidad nominal, densidad aparente, densidad aparente (SSS).

DENSIDAD NOMINAL

La relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros no saturables, y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

DENSIDAD APARENTE

La relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo sus poros saturables y no saturables, (pero sin incluir los vacíos entre partículas) y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

Densidad Aparente (SSS)

La relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo la masa del agua dentro de los poros saturables, (después de la inmersión en agua durante aproximadamente 24 h), pero sin incluir los vacíos entre partículas, comparado con la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida.

Cálculo

Peso grava SSS: 1892,4 gr

Peso sumergido: 1075,5 gr

$$D = \frac{P_{sss}}{P_s - p_{sss}}$$

Donde;

P_{sss}: Peso grava SSS

P_s: Peso sumergido

$$D = \frac{1892,4gr}{1075,5gr - 1892,4gr}$$

$$D = 2,31$$

▪ *NTC 385 Absorción agregado fino*

A= 500 gr

B= 486,79 gr

$$A\% = \frac{B - A}{A} \times 100$$
$$A\% = \frac{500gr - 486,79gr}{486,79gr} \times 100$$
$$A\% = 2,71\%$$

Donde;

A= masa en el aire de la muestra seca en gramos

B= masa en el aire de la muestra saturada con superficie seca en gramos

▪ *INVIAS E -223 densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y absorción del agregado grueso*

OBJETO

Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (sin incluir vacío entre ellos, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del método utilizado, la densidad, en kg/cm³, se expresa como seca al horno (SH), saturada y superficialmente seca (SSS) o aparente.

El ensayo descrito en esta norma se usa para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregado y suministra el valor promedio que representa la muestra.

Descripción

Se sumerge la mezcla del agregado durante 24 ± 4 h para llenar sus poros permeables. Una vez retiradas del agua, las partículas del agregado se secan superficialmente y se determina su masa. Posteriormente se determina el volumen de la muestra por el método de desplazamiento de agua. Finalmente, la muestra se seca al horno y se determina su masa seca. Usando los valores de masa obtenidos y las fórmulas incluidas en esta norma, es posible calcular la densidad, densidad relativa y la absorción del agregado.

Cálculo

A= 1892,4 gr

B= 1833,66 gr

$$A\% = \frac{B - A}{A} \times 100$$
$$A\% = \frac{1892,4 \text{ gr} - 1833,66 \text{ gr}}{1833,66 \text{ gr}} \times 100$$
$$A\% = 3,20 \%$$

Donde;

A= masa en el aire de la muestra seca en gramos

B= masa en el aire de la muestra saturada con superficie seca

7.9 Elaboración de especímenes

De acuerdo con el diseño de mezcla establecido se requiere un asentamiento máximo de 4", para lo cual se realiza el ensayo a la mezcla en estado fresco bajo la norma NTC 396 con el objetivo de medir la consistencia del concreto para cada una de las mezclas.

6.9.1 Ensayo de asentamiento al concreto en estado fresco

Uno de los métodos más populares para la medición indirecta de la manejabilidad de aceptación universal, es el ensayo de asentamiento con el cono o slump (NTC 396). Este método determina la consistencia o fluidez de la mezcla a partir de un procedimiento estandarizado de fácil montaje. Para el procedimiento

es necesario la utilización de un molde metálico en forma de tronco de cono, con medidas estándar de 30 cm de altura, diámetro menor de 10 cm y diámetro superior de 20 cm; el procedimiento inicia con el humedecimiento de la cara interna del tronco; posteriormente, el tronco de cono es dispuesto sobre una superficie plana con la cara de menor diámetro hacia arriba; el cono es llenado en tres capas de concreto de igual cantidad, cada capa debe ser apisonada 25 veces con una barra de 16 mm antes de la aplicación de la capa continua superioro el enrazado de la última capa. Finalmente, el molde es levantado lentamente y ubicado a un lado de la mezcla medida, el concreto empezara a deformarse por la falta de encofrado, disminuyendo su altura inicial, esta disminución de altura es llamada asentamiento, y es una medida indirecta de la manejabilidad. En las siguientes ilustraciones se visualiza la forma en la cual se debe realizar este ensayo.

(Img 046)

Ensayo de asentamiento



(Img 047)

retiro cono Abrams



(Img 048)

Validación asentamiento de la mezcla



(Img 049)

Medición asentamiento de la mezcla



(Tabla 12)

Propiedades en estado fresco del concreto

PROPIEDAD	MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	MEZCLA 4	MEZCLA 5	MEZCLA 6
Asentamiento (")	2,8	2,5	2,5			
Aditivo (ml)	120	120	120	120	120	120

➤ **Mezcla 1: 13 de julio de 2017**

Se funden 7 cilindros de los cuales 3 son para ensayar a tracción indirecta y 4 para comprensión, así mismo se funde 4 viguetas 2 con refuerzo longitudinal de 3/4" y flejes de 1/4" y 2 viguetas sin refuerzo para ensayos a flexión, asentamiento de la mezcla 2,8" para los cuales se calculan las siguientes cantidades de materiales, ver tabla 17:

(Img 050)
Asentamiento mezcla 1



(Tabla 13) - Dosificación de materiales mezcla

Mezcla	Cemento	Agua	Agregado Grueso	Agregado Fino	Aditivo	Fibra Sintética
Mezcla 1	40,12 kg	20,8 Lt	71,4 kg	68,2 kg	120 ml.	0 kg

(Tabla 14) - Especímenes mezcla 1

NOMBRE	ELEME NTO	DIMENSION ES (cm)	FIBRA SINTETICA (KG)	REFUERZO	ENSAYO/ ESFUERZO	FECHA DE ELABORACIÓN
CC1-13072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Compresión	13 de Julio de 2017
CC2-13072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Compresión	13 de Julio de 2017
CC3-13072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Compresión	13 de Julio de 2017
CC4-13072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Compresión	13 de Julio de 2017
TI1-13072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Tracción Indirecta	13 de Julio de 2017
TI2-13072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Tracción Indirecta	13 de Julio de 2017
TI3-13072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Tracción Indirecta	13 de Julio de 2017
TI4-13072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Tracción Indirecta	13 de Julio de 2017

V1-13072017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	0 Kg	0	Flexión	13 de Julio de 2017
V2-13072017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	0 Kg	0	Flexión	13 de Julio de 2017
V1 Rf-13072017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	0 Kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	13 de Julio de 2017
V2 Rf -13072017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	0 Kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	13 de Julio de 2017

(Img 051)
Peso agregado grueso



(Img 052)
Mezcla de Materiales



(Img 053)



(Img 054)



(Img 055)



(Img 056)



(Img 057)



(Img 058)



➤ **Mezcla 2: 27 de julio de 2017**

Se funden 8 cilindros de los cuales 4 son para ensayar a tracción indirecta y 4 para compresión, así mismo se funde 4 viguetas 2 con refuerzo longitudinal de $\frac{3}{4}$ " y flejes de $\frac{1}{4}$ " y 2 viguetas sin refuerzo para ensayos a flexión con inclusión de Fibra sintética 4 kg/ m³ con asentamiento de mezcla de 2,5" mediante la siguiente dosificación de materiales.

(Img 059)

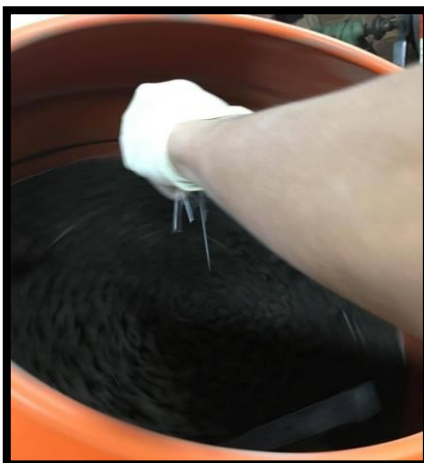
Asentamiento mezcla 2



(Tabla 15) - Dosificación de materiales mezcla 2

Mezcla	Cemento	Agua	Agregado Grueso	Agregado Fino	Aditivo	Fibra Sintética
Mezcla 1	40,12 kg	20,8 Lt	71,4 kg	68,2 kg	120 ml.	432 gr

(Img 060)



(Img 061)



(Img 062)



(Img 063)



(Img 064)



(Tabla 16) - Especímenes mezcla 2

NOMBRE	ELEME NTO	DIMENSION ES (cm)	FIBRA SINTETICA (KG)	REFUERZO	ENSAYO/ ESFUERZO	FECHA DE ELABORACIÓN
CC1- 27072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Compresión	27 de julio de 2017
CC2- 27072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Compresión	27 de julio de 2017
CC3- 27072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Compresión	27 de julio de 2017
CC4- 27072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Compresión	27 de julio de 2017
TI1- 27072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Tracción Indirecta	27 de julio de 2017
TI2- 27072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Tracción Indirecta	27 de julio de 2017
TI3- 27072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Tracción Indirecta	27 de julio de 2017
TI4- 27072017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Tracción Indirecta	27 de julio de 2017
V1- 27072017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	4 kg	0	Flexión	27 de julio de 2017
V2- 27072017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	4 kg	0	Flexión	27 de julio de 2017
V1 Rf- 27072017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	4 kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	27 de julio de 2017
V2 Rf - 27072017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	4 kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	27 de julio de 2017

➤ **Mezcla 3: 10 de agosto de 2017**

Se funden 8 cilindros de los cuales 4 son para ensayar a tracción indirecta y 4 para compresión, así mismo se funde 4 viguetas 2 con refuerzo longitudinal de $\frac{3}{4}$ " y flejes de $\frac{1}{4}$ " y 2 viguetas sin refuerzo para ensayos a flexión con inclusión de Fibra sintética 8 kg/ m³ con asentamiento de mezcla de 2,5" para los cuales se calculan las siguientes cantidades de materiales:

(Img 065)

Asentamiento mezcla 3



(Tabla 17) - Dosificación de materiales mezcla 3

Mezcla	Cemento	Agua	Agregado Grueso	Agregado Fino	Aditivo	Fibra Sintética
Mezcla 1	40,12 kg	20,8 Lt	71,4 kg	68,2 kg	120 ml.	864 gr

(Img 066)



(Img 067)



(Tabla 18) - Especímenes mezcla 3

NOMBRE	ELEME NTO	DIMENSION ES (cm)	FIBRA SINTETICA (KG)	REFUERZO	ENSAYO/ ESFUERZO	FECHA DE ELABORACIÓN
CC1- 10082017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Compresión	10 de Agosto de 2017
CC2- 10082017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Compresión	10 de Agosto de 2017
CC3- 10082017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Compresión	10 de Agosto de 2017
CC4- 10082017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Compresión	10 de Agosto de 2017
TI1- 10082017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Tracción Indirecta	10 de Agosto de 2017
TI2- 10082017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Tracción Indirecta	10 de Agosto de 2017
TI3- 10082017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Tracción Indirecta	10 de Agosto de 2017
TI4- 10082017	CILIND RO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Tracción Indirecta	10 de Agosto de 2017
V1- 10082017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	8 kg	0	Flexión	10 de Agosto de 2017
V2- 10082017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	8 kg	0	Flexión	10 de Agosto de 2017
V1 Rf- 10082017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	8 kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	10 de Agosto de 2017
V2 Rf - 10082017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	8 kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	10 de Agosto de 2017

➤ **Mezcla 4 17 de agosto de 2017**

7.10 Desencofrados especímenes

➤ **Mezcla 1 17 de julio de 2017**

Se desencofran y se dejan curando los especímenes elaborados el día 13 de julio, en la piscina de curado ubicada en los laboratorios de la Universidad, para los cuales se realizarán ensayos a los 14 y 28 días de curado

(Img 068)

Curado especímenes mezcla 1



(Img 069)

Desencofrado especímenes mezcla 1



(Tabla 19) - 1Especímenes desencofrados 17 de julio de 2017

NOMBRE	ELEM ENTO	DIMENSION ES (cm)	FIBRA SINTETICA (KG)	REFUERZO	ENSAYO/ ESFUERZO	FECHA DESENCOFRADO Y CURADO
CC1- 13072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Compresión	17 de Julio de 2017
CC2- 13072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Compresión	17 de Julio de 2017
CC3- 13072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Compresión	17 de Julio de 2017
CC4- 13072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Compresión	17 de Julio de 2017
TI1- 13072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Tracción Indirecta	17 de Julio de 2017
TI2- 13072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Tracción Indirecta	17 de Julio de 2017
TI3- 13072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Tracción Indirecta	17 de Julio de 2017
TI4- 13072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	0 Kg	0	Tracción Indirecta	17 de Julio de 2017
V1- 13072017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	0 Kg	0	Flexión	17 de Julio de 2017
V2- 13072017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	0 Kg	0	Flexión	17 de Julio de 2017
V1 Rf- 13072017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	0 Kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	17 de Julio de 2017
V2 Rf - 13072017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	0 Kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	17 de Julio de 2017

➤ **Mezcla 2 1 de agosto de 2017**

Se desencofran y se dejan curando los especímenes elaborados el día 13 de julio, en la piscina de curado ubicada en los laboratorios de la Universidad, para los cuales se realizarán ensayos a los 14 y 28 días de curado.

(Img 070)
Curado especímenes mezcla 2



(Tabla 20) - Listado de especímenes curados el 1 de agosto de 2017

NOMBRE	ELEM ENTO	DIMENSION ES (cm)	FIBRA SINTETICA (KG)	REFUERZO	ENSAYO/ ESFUERZO	FECHA DESENCOFRADO Y CURADO
CC1- 27072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Compresión	01 de Agosto de 2017
CC2- 27072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Compresión	01 de Agosto de 2017
CC3- 27072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Compresión	1 de Agosto de 2017
CC4- 27072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Compresión	1 de Agosto de 2017
TI1- 27072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Tracción Indirecta	1 de Agosto de 2017
TI2- 27072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Tracción Indirecta	1 de Agosto de 2017
TI3- 27072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Tracción Indirecta	1 de Agosto de 2017
TI4- 27072017	CILIN DRO	Ø15cm x 30cm	4 kg	0	Tracción Indirecta	1 de Agosto de 2017
V1- 27072017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	4 kg	0	Flexión	1 de Agosto de 2017
V2- 27072017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	4 kg	0	Flexión	1 de Agosto de 2017

V1 Rf- 27072017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	4 kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	1 de Agosto de 2017
V2 Rf - 27072017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	4 kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	1 de Agosto de 2017

➤ **Mezcla 3 14 de julio de 2017**

Se desencofran y se dejan curando los especímenes elaborados el día 10 de agosto, en la piscina de curado ubicada en los laboratorios de la Universidad, para los cuales se realizarán ensayos a los 14 y 28 días de curado.

(Img 071)

Desencofrado especímenes mezcla 3



(Tabla 21) - Listados de especímenes curados el 14 de Agosto de 2017

NOMBRE	ELEMENTO	DIMENSIONES (cm)	FIBRA SINTÉTICA (KG)	REFUERZO	ENSAYO/ESFUERZO	FECHA DESENCOFRADO Y CURADO
CC1- 10082017	CILINDRO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Compresión	14 de Agosto de 2017
CC2- 10082017	CILINDRO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Compresión	14 de Agosto de 2017
CC3- 10082017	CILINDRO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Compresión	14 de Agosto de 2017
CC4- 10082017	CILINDRO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Compresión	14 de Agosto de 2017
TI1- 10082017	CILINDRO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Tracción Indirecta	14 de Agosto de 2017
TI2- 10082017	CILINDRO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Tracción Indirecta	14 de Agosto de 2017
TI3- 10082017	CILINDRO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Tracción Indirecta	14 de Agosto de 2017

TI4-10082017	CILINDRO	Ø15cm x 30cm	8 kg	0	Tracción Indirecta	14 de Agosto de 2017
V1-10082017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	8 kg	0	Flexión	14 de Agosto de 2017
V2-10082017	VIGAS	15cm x 15cm x60cm	8 kg	0	Flexión	14 de Agosto de 2017
V1 Rf-10082017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	8 kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	14 de Agosto de 2017
V2 Rf -10082017	VIGAS	15cm x 15cm x 55cm	8 kg	3/4 " Transversal y flejes 1/4"	Flexión	14 e Agosto de 2017

7.11 Resultado ensayos de laboratorio

7.11.1 Especímenes fallados. A continuación se muestran los resultados obtenidos tras someter al fallo a las muestras sin refuerzo de fibra y con fibra para poderlos comparar.

(Tabla 22) - Resultados ensayo resistencia a la compresión mezcla 1 sin fibra

LABORATORIO DEL CONCRETO

Cilindro N°	Identificación - Localización	Dimensiones (mm)		Área (mm ²)	Masa (kg)	Densidad (kg/m ³)	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Carga (kN)	Relación L/D	Factor de Corrección L/D	Resistencia de Rotura (MPa)		Resistencia Nominal (kg/cm ²)	Evolución (%)	Tipo de Fractura
		Longitud	Diámetro										(MPa)	(kg/cm ²)			
1	CC2 - 13072017	304	153,00	18385,4	12,516	2240	2017-07-13	2017-07-27	14	371,91	1,99	1,00	202,0	206,3	210,9	98	2
2	CC1 - 13072017	302	153,75	18566,1	12,551	2240	2017-07-13	2017-07-27	14	365,38	1,96	1,00	197,9	200,7	210,9	95	2
3	CC3 - 13072017	303	154,25	18687,0	11,547	2040	2017-07-13	2017-08-10	28	324,48	1,97	1,00	177,4	177,1	210,9	84	5
4	CC4 - 13072017	304	154,50	18747,7	11,695	2050	2017-07-13	2017-08-10	28	330,28	1,96	1,00	179,6	179,6	210,9	85	2

Tabla (23) - Resultados ensayo resistencia a la compresión mezcla 2 Adición fibra 4kg/m3

LABORATORIO DEL CONCRETO

Cilindro N°	Identificación - Localización	Dimensiones (mm)		Área (mm ²)	Masa (kg)	Densidad (kg/m ³)	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Carga (kN)	Relación L/D	Factor de Corrección L/D	Resistencia de Rotura (MPa)		Resistencia Nominal (kg/cm ²)	Evolución (%)	Tipo de Fractura
		Longitud	Diámetro										(MPa)	(kg/cm ²)			
1	CC1 27072017	306	153,75	18566,1	12,441	2190	2017-07-27	2017-08-10	14	412,76	1,99	1,00	222,2	226,7	210,9	107	2
2	CC2 27072017	306	153,50	18505,7	12,348	2180	2017-07-27	2017-08-10	14	393,46	1,99	1,00	216,8	216,8	210,9	103	2

7.11.2 Resistencia a la Tracción

Este método de ensayo permite determinar la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto, tales como los cilindros moldeados y núcleos. La resistencia a la tensión indirecta se usa para evaluar la resistencia al corte alcanzada por el concreto en elementos de concreto reforzado, fabricados con agregado liviano.

Los lineamientos utilizados para la ejecución de este ensayo fueron los expuestos en la norma NTC 722 CONCRETOS MÉTODO DE ENSAYO PARA

DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

➤ NTC 722 método de ensayo para determinar la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto

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.

Se usan listones de apoyo delgado, fabricado en madera contrachapada, de manera que la carga se aplique uniformemente en toda la longitud del cilindro.

Para obtener la resistencia a la tensión indirecta, la carga máxima soportada por el espécimen se divide entre los factores geométricos apropiados.
Especímenes fallados.

(Tabla 24) Resultados ensayos resistencia a la tracción indirecta Mezcla 1 sin fibra

LABORATORIO DEL CONCRETO															
Cilindro N°	Identificación - Localización	Dimensiones (mm)		Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Carga (kN)	Resistencia de Rotura		Resistencia Nominal (kg/cm ²)	Evolución (%)	Agregado Grueso Fracturado (%)	Tipo de Curado	Defectos del Especimen	Tipo de Fractura
		Longitud	Diametro					(kPa)	(kg/cm ²)						
1	TI 1-13072017	302,0	153,0	2017-07-13	2017-07-27	14	143,5	197,7	20,2	210,9	10	91	Húmedo	Ninguna	Longitudinal
2	TI2-13072017	299,9	153,5	2017-07-13	2017-08-10	28	127,6	176,4	18,0	210,9	9	92	Húmedo	Ninguna	Longitudinal
3	TI 3-13072017	306,9	152,7	2017-07-13	2017-08-10	28	173,0	235,1	24,0	210,9	11	95	Húmedo	Ninguna	Longitudinal

(Tabla 25) Resultados ensayos resistencia a la tracción indirecta Mezcla 2 adición de fibra sintética 4 kg/m³

LABORATORIO DEL CONCRETO															
Cilindro N°	Identificación - Localización	Dimensiones (mm)		Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Carga (kN)	Resistencia de Rotura		Resistencia Nominal (kg/cm ²)	Evolución (%)	Agregado Grueso Fracturado (%)	Tipo de Curado	Defectos del Especimen	Tipo de Fractura
		Longitud	Diametro					(kPa)	(kg/cm ²)						
1	TI1 - 27072017	304,9	153,8	2017-07-27	2017-08-10	14	161,0	218,6	22,3	210,9	11	83	Húmedo	Ninguna	Longitudinal
2	TI2- 27072017	304,2	154,4	2017-07-27	2017-08-10	14	175,5	237,9	24,3	210,9	12	85	Húmedo	Ninguna	Longitudinal

7.11.3 Resistencia a la flexión

Los ensayos para determinar la resistencia a la compresión fueron basados en la norma NTC 2871, el cual se utiliza para determinar la resistencia del concreto a la flexión mediante el uso de una viga simple con carga en los tercios medios.

- NTC 2871 método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión utilizando una viga simple con carga en los tercios medios.

Este método de ensayo se usa para determinar la resistencia a la flexión de especímenes preparados y curados de acuerdo con las normas ASTM C 42, ó ASTM C 31 ó ASTM C 192. Los resultados se calculan y reportan como el módulo de rotura. La resistencia que se determina variará si existen diferencias en el tamaño del espécimen, su preparación, condiciones de humedad, curado, o si la viga ha sido fundida o cortada al tamaño requerido

Los resultados de este método de ensayo se pueden usar para determinar el cumplimiento con las especificaciones o como base para operaciones de dosificación, mezcla y colocación de concreto. Se utiliza en ensayos de concreto para la construcción de losas y pavimentos.

El procedimiento se realizó sobre 2 vigas sin refuerzo longitudinal de 0,15m x 0,15m x 0,60 m y 2 vigas con refuerzo longitudinal de 0,15m x 0,15m x 0,55 m, los primeros ensayos fueron realizados a la mezcla 1 el día 27 de julio

(Img 072)



Ensayo viga a flexión

(Img 073)



Ensayo viga a flexión

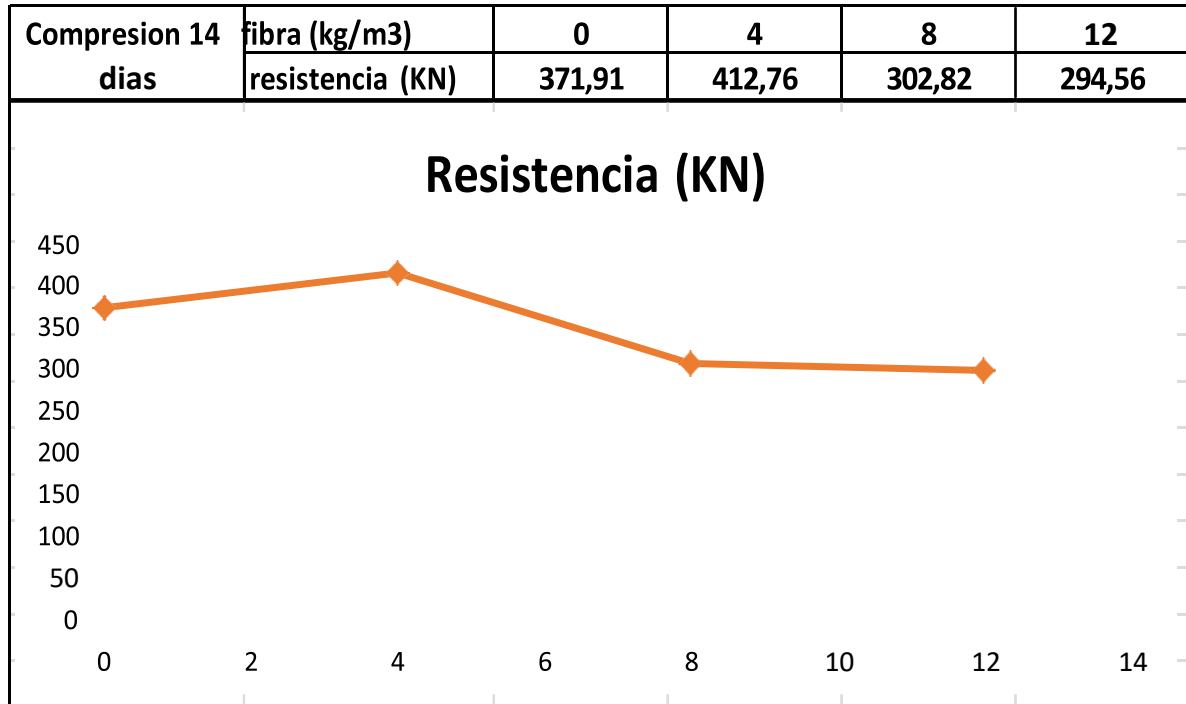
- *Resultados primero ensayos de laboratorio*

(Tabla 26) - Resultado ensayo resistencia a flexión Mezcla 1(10 de Agosto de 2017)

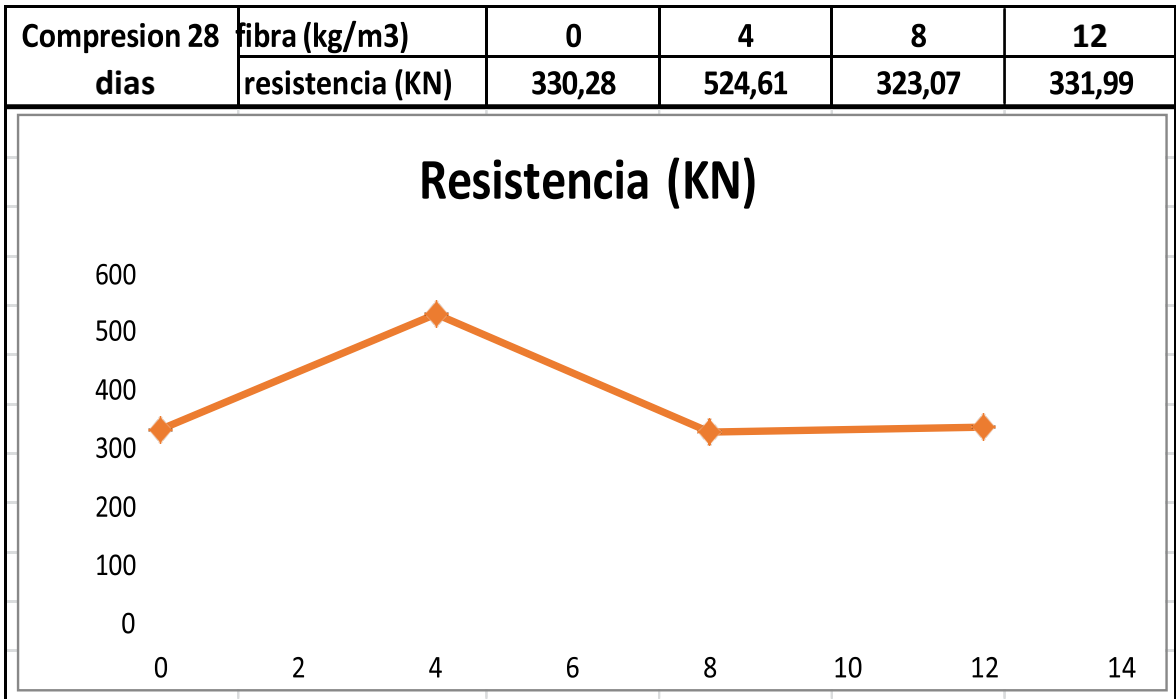
LABORATORIO DEL CONCRETO															
Vig ueta N°	I dentificaci ón - Localizaci ón	(mm) Dimensiones			Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	E dad (Días)	C arga (N)	Resistencia de Rotura		Resiste ncia Nomina l (kg/cm ²)	Evolu ación (%)	Condi ción Superfi cial del Espéci men	Tipo de Contac to Espéci men - Apoyos	Tipo de Obtenc ión del Espéci men
		Distan cia Entre Apoyo s	Anc ho	Altu ra				(MP a)	(kg/c m ²)						
1	1 - RF13072 017	450	140	150	2017- 07-13	2017- 08-10	28	639 10	9,1 5	93,3	210,9	44,2	Húmedo	Cuñas	Fundido
2	3 - RF13072 017	450	153	150	2017- 07-13	2017- 08-10	28	704 48	9,2 0	93,8	210,9	44,5	Húmedo	Cuñas	Fundido
3	2 - 1307201 7	465	155	155	2017- 07-13	2017- 08-10	28	241 15	3,0 0	30,6	210,9	14,5	Húmedo	Cuñas	Fundido
4	4 1307201 7	450	150	150	2017- 07-13	2017- 08-10	28	223 64	3,0 0	30,6	210,9	14,5	Húmedo	Cuñas	Fundido

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

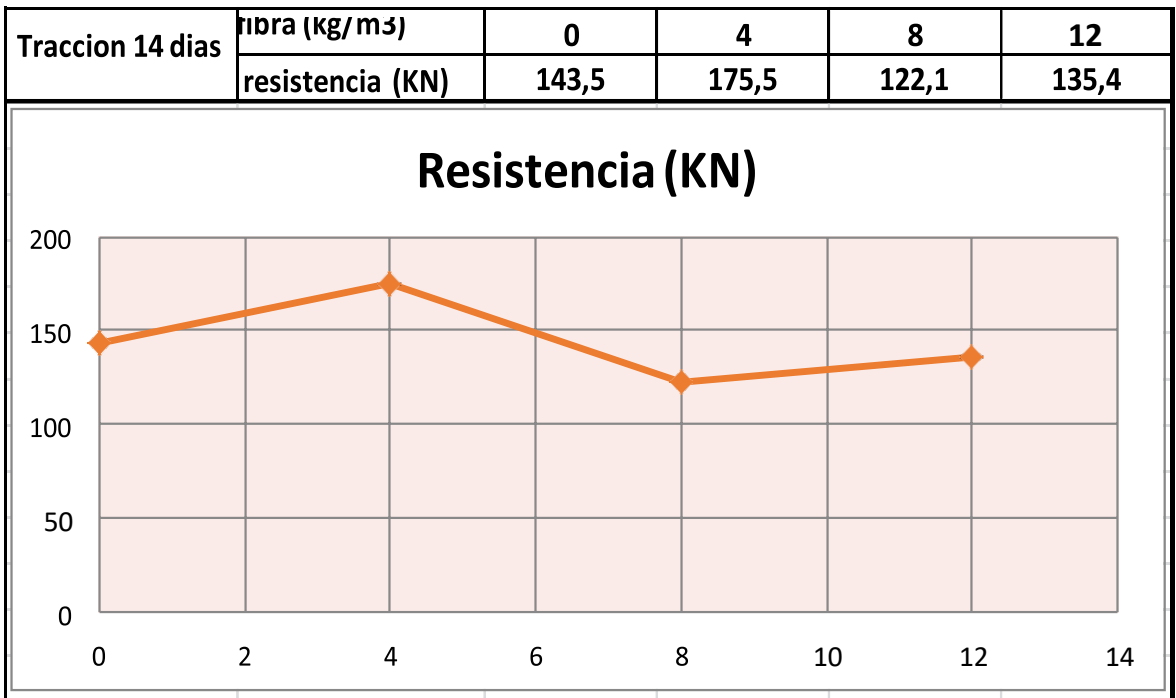
14.1 Compresión 14 Días Se puede evidenciar que a los 14 días se ve un incremento a la compresión en las muestras que tenían 4kg/m³



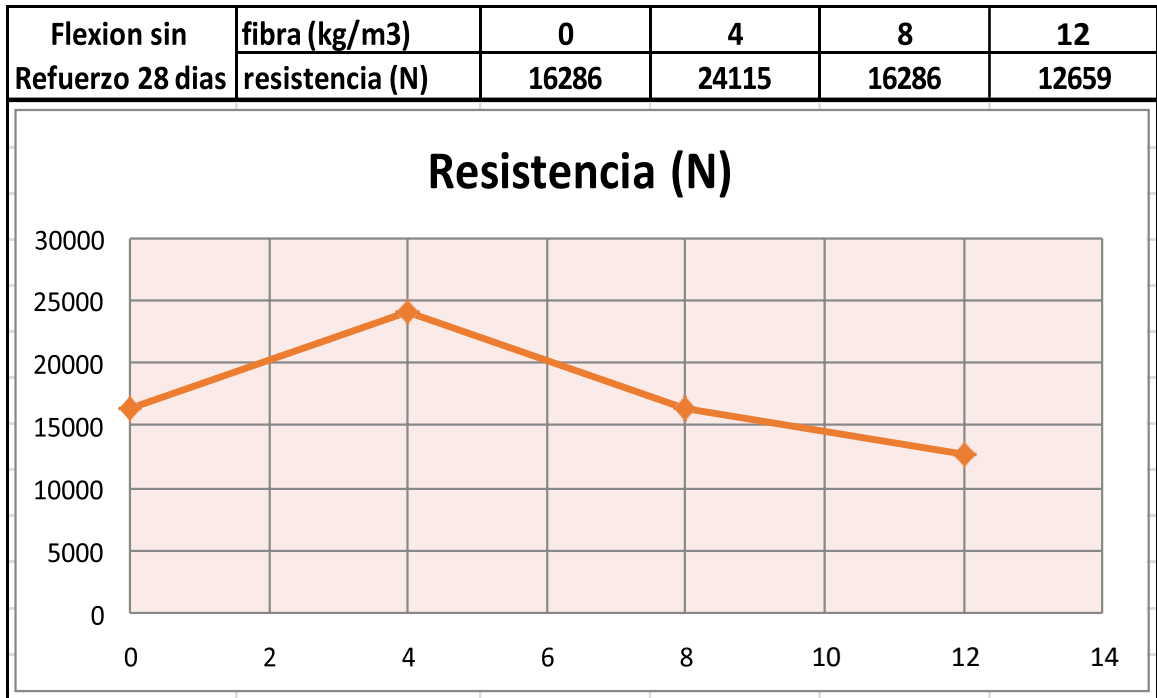
- ✓ **Compresión 28 Días** A los 28 días de curado se observa un incremento aun mayor a las muestras con 4 kg/m³



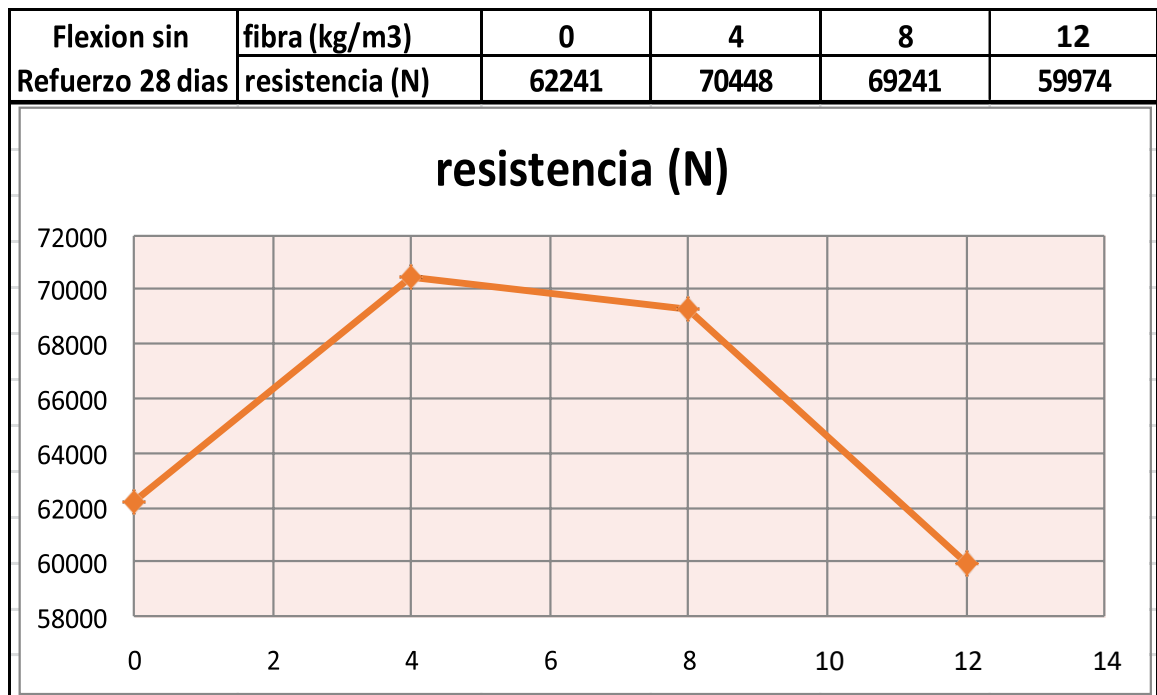
6.2 Tracción 14 Días



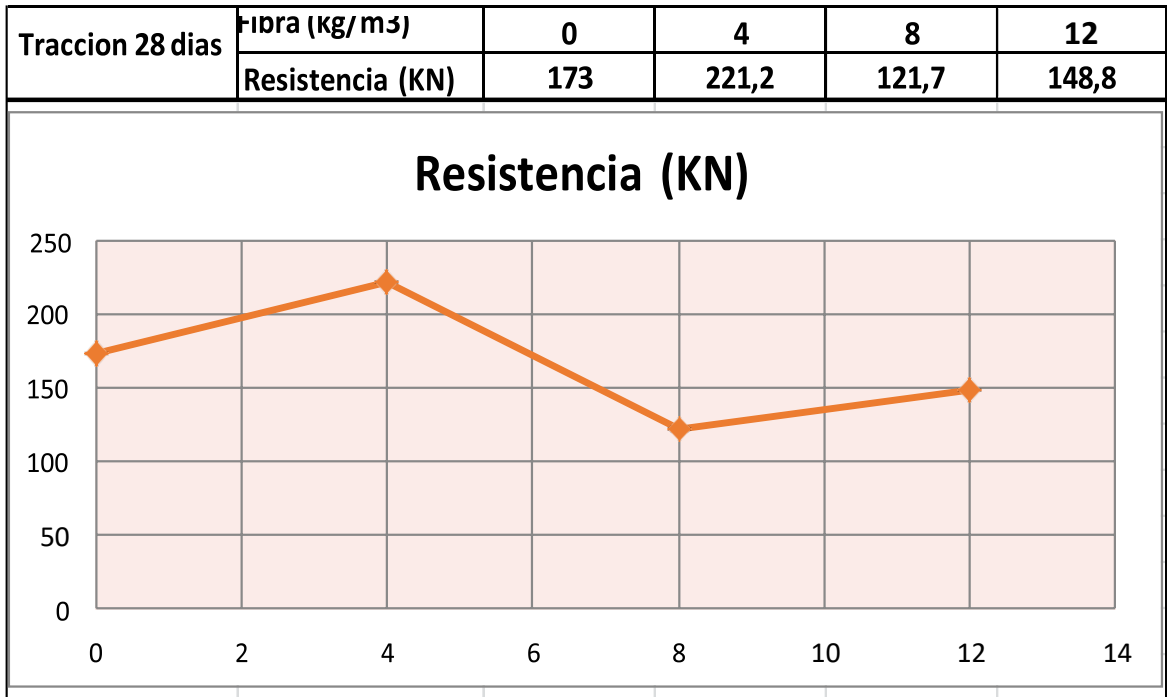
✓ **Tracción 28 Días**



6.3 Flexión Sin Acero 28 Días



✓ Flexión Con Acero 28 Días

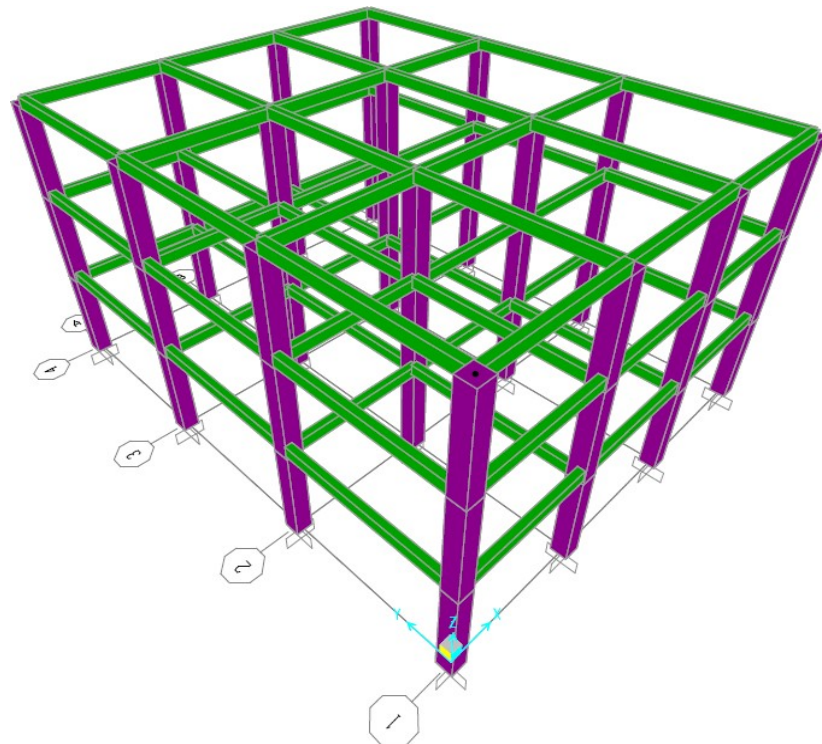


Del análisis de las gráficas y datos se determina lo siguiente:

- Se evidencia un aumento en la resistencia a la compresión de 35% para el diseño de mezcla de concreto reforzado con fibra de 4 kg/m³ con respecto al concreto convencional sin refuerzo.
- Se observa una reducción de la resistencia a la compresión para los diseños de mezcla con respecto a 8 y 12 kg/m³ donde se demuestra que la dosificación óptima es de 4 kg/m³.
- La Resistencia máxima a la compresión alcanzada con el diseño de mezcla de 4 kg/m³ de fibra a los 28 días es de 286.3 kg/cm² (28 Mpa) superior a los valores alcanzados por los otros diseños.

7. DISEÑO DE DOS OPCIONES DE EDIFICIOS DE VIVIENDA

El edificio es de uso habitacional típico de dos apartamentos de 80 m² por piso, estrato 3. Se diseñó un edificio de tres pisos en concreto reforzado de acuerdo con el “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente” NSR-10, vigente en Colombia.



Las dimensiones del edificio son:

Ejes A-B-C-D cada 4 m para un ancho de **12 m**.

Ejes 1-2-3-4 cada 5 m para un total de fondo de **15 m**

Área por piso: **180 m²**.

La altura de cada piso es de **3 m**.

Se diseñaron dos opciones:

- ✓ **Opción 1:** Concreto de **21 MPa**
- ✓ **Opción 2:** Concreto de $21 \times 1.25 = 26.3$ MPa, de acuerdo con el incremento en la resistencia a la compresión, del concreto reforzado con 4 kg/m³ de fibra sintética, hallado en la investigación.

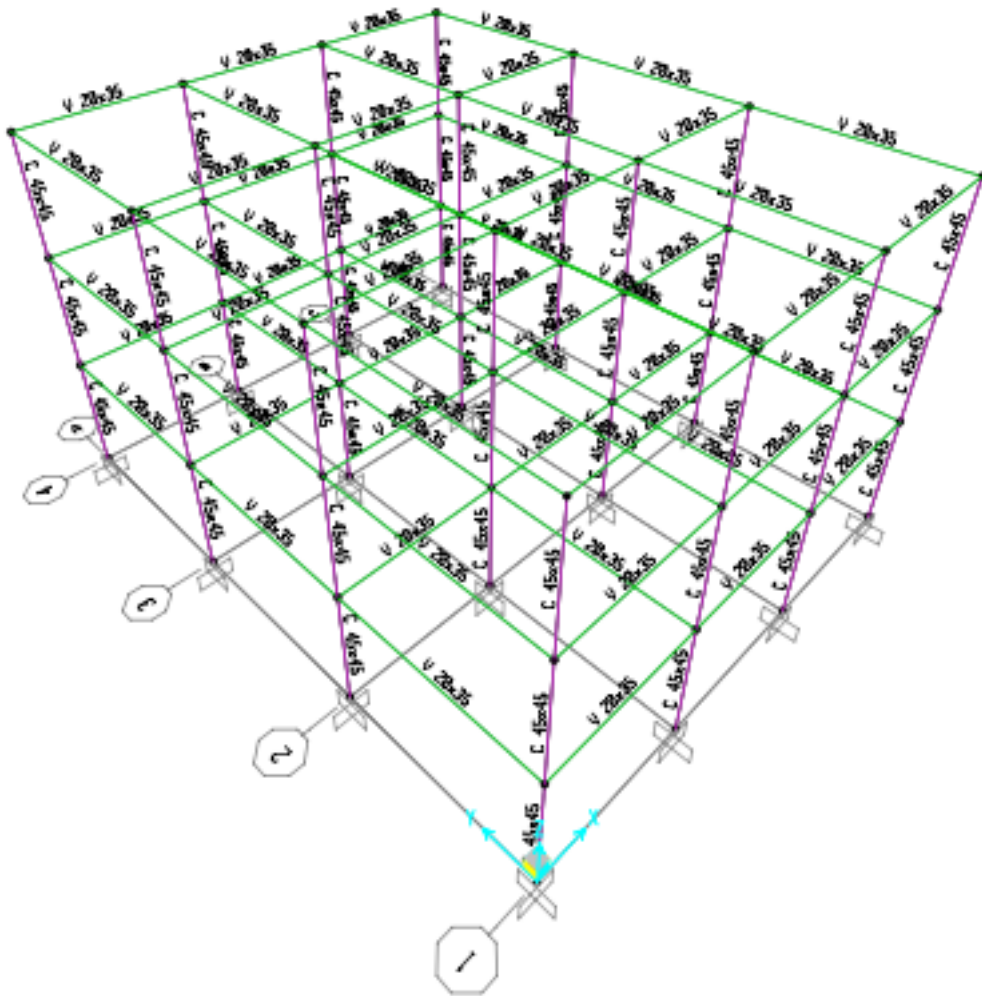
Peso:

Opción 1: Edificio en concreto de 21 Mpa (3000 psi) **122.1 Toneladas**

Opción 2: Edificio en concreto de 26.3 Mpa (3750 psi) **151.7 Toneladas**

La reducción en peso de la estructura reforzada con fibra sintética es del 20%, con respecto al edificio diseñado sin refuerzo en fibra sintética.

Anexos del diseño



Detalle dimensiones Diseño a 26.3 MPa

15. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO					
CONCRETO SIN FIBRA					
ITEM	DESCRIPCION	U. MEDIDA	CANT	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	SUMINISTRO E INSTALACION CONCRETO DE 21 Mpa (3000 PSI) PARA COLUMNAS	M3	36	\$ 630.000	\$ 22.680.000
2	SUMINISTRO E INSTALACION CONCRETO DE 21 Mpa (3000 PSI) PARA VIGAS AEREAS	M3	27,2	\$ 710.000	\$ 19.312.000
TOTAL					\$ 41.992.000

CONCRETO CON FIBRA					
ITEM	DESCRIPCION	U. MEDIDA	CANT	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	SUMINISTRO E INSTALACION CONCRETO DE 26,3 Mpa (3750 PSI) PARA COLUMNAS	M3	29,16	\$ 760.000	\$ 22.161.600
2	SUMINISTRO E INSTALACION CONCRETO DE 26,3 Mpa (3750 PSI) PARA VIGAS AEREAS	M3	21,69	\$ 830.000	\$ 18.002.700
TOTAL					\$ 40.164.300

DIFERENCIA ENTRE CONCRETO CONVENCIONAL SIN FIBRA Y CON FIBRA	CON FIBRA	\$ 40.164.300	\$ 1.827.700
	SIN FIBRA	\$ 41.992.000	

De acuerdo con lo anterior se puede precisar que el concreto con un material adicional, lo cual es la fibra sintética, refleja un resultado económico viable en comparación con el concreto convencional, Construdata, 2023.

16. CONCLUSIONES

- Se evidencia un aumento en la resistencia a la compresión de 35% para el diseño de mezcla de concreto reforzado con fibra de 4 kg/m³ con respecto al concreto convencional sin refuerzo
- Se observa una reducción de la resistencia a la compresión para los diseños de mezcla con respecto a 8 y 12 kg/m³ donde se demuestra que la dosificación óptima es de 4 kg/m³
- La Resistencia máxima alcanzada con el diseño de mezcla a 4 kg/m³ de fibra a los 28 días es de 524.61 KN superior a los valores alcanzados por los otros diseños.
- Se concluye que se recomienda su uso para edificaciones en concreto reforzado en elementos estructurales, por la reducción de las secciones transversales.
- Para un edificio de 3 pisos de uso habitacional se evidencio mediante el diseño estructural con el programa SAP 2000 una reducción en el peso de la estructura reforzada con fibra sintética del 20% con respecto a la estructura en concreto convencional.
- Se evidencia la reducción de las fuerzas sísmicas, reducción del tamaño de la cimentación, aumento de la ductilidad, y de la durabilidad del concreto reforzado con fibra sintética gracias a la reducción de la probabilidad de fisuras.
- De acuerdo a la cantidad de fibra sintética se observa que se pueden generar planos de falla o se reduce la resistencia a esfuerzo de compresión para valores de fibra mayores a 4 kg, apoyándonos en los estudios referenciados en el estado del arte.
- Se observa una reducción del 21% en el costo directo de construcción de la estructura en concreto reforzado con fibra sintética con respecto a la estructura en concreto convencional.

- Se observa una reducción del 3.3% en el costo directo de construcción de la estructura en concreto reforzado con fibra sintética con respecto a la estructura en concreto convencional
- Se concluye que se recomienda su uso para la construcción de la estructura en concreto reforzado de edificios, por las razones expuestas.

17.RECOMENDACIONES

- Realizar nuevas investigaciones encaminadas a determinar la estabilidad de la mezcla de concreto reforzada con fibra sintética a lo largo del tiempo.
- Investigar el comportamiento de los elementos estructurales al fuego y de acuerdo con la normativa colombiana vigente.
- Hacer estudios de durabilidad y patologías de las mezclas de concreto reforzadas con fibras sintéticas en diferentes ambientes.

18. BIBLIOGRAFÍA

Up Commons. (2010). Obtenido de

<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3324/55872-8.pdf> ”

Tecnologia de Losp Plasticos . (2011). Obtenido de

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/propiedades-mecanicas.html%E2%80%9D>

Arqhys Resistencia del concreto al corte. (2012). Obtenido de

<http://www.arqhys.com/contenidos/resistencia-concreto-corte.html>

Expedition Workshed. (2017). Obtenido de

<https://expeditionworkshed.org/workshed/tensile-failure-of-ordinary-concrete-brazilian-test/>

Civil, U. I. (2016). *Instituto Nacional de Vias.* Obtenido de

ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones_Normas_INV-07/Normas/Norma%20INV%20E-415-07.pdf

Chu, S., Li, V. C., & Zia, P. (2022). Fatigue performance of ECC link slab incorporated full RC girder joint-free bridges. *Advances in Bridge Engineering.*

Khan, M., Bilal, H., Jadoon, S., & Khan, M. N. (2022). Fiber Reinforced Concrete: A Review.

American Concrete Institute (2022). Fiber-Reinforced Concrete for Long-Term Durable Structures—Case Studies.

Caggiano, A., Xargay, H., & Serna, P. (2021). Performance of Fiber-Reinforced Concrete Structures under Various Load Conditions.

Li, V. C. (2023). Engineered Cementitious Composites (ECC) Using Synthetic Fibers for Structural Reinforcement.

19. WEBGRAFÍA

<http://blog.360gradosenconcreto.com/que-es-el-concreto-reforzado-con-fibras/>

<http://www.imcyc.com/ct2008/feb08/materia.htm>

<https://col.sika.com/es/produccion-de-concreto/sika-concrete-technology/noticias/concreto-reforzado-con-fibras.html>

<http://www.cemexcolombia.com/SolucionesConstructor/files/FibrasSinteticas.pdf>

<https://es.slideshare.net/Carlos42770095/concreto-reforzado-fibras>

<http://www.ehu.eus/ehusfera/epdzabaldu/2014/11/06/efecto-de-la-fibra-en-el-concreto-reforzado/>

<http://www.construsolmedellin.com/fibras-para-concreto.html>

<https://prodac.bekaert.com/es-MX/la-empresa/noticias/losas-de-concreto-reforzado-con-fibras-de-acero-para-infraestructura-minera>

<http://www.revistacyt.com.mx/pdf/julio2015/tecnologia.pdf>

<https://aben.springeropen.com/articles/10.1186/s43236-022-00009-9>

