Evaluación de la Resistencia a Tracción de una Mezcla Hidráulica con la Adición de Fibras de Fique, para el uso de Pavimentos Hidráulicos

Autora

Melissa Andrea Durán Osorio

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2022

Evaluación de la Resistencia a Tracción de una Mezcla Hidráulica con la Adición de Fibras de Fique, para el uso de Pavimentos Hidráulicos

Autora

Melissa Andrea Durán Osorio

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero(a) Civil

Directora

Yee Wan Yung Vargas

Ph.D. Ingeniería Civil

Codirectora Externa

Diana Patricia Urrea Ramírez

MSc. Esp, Ingeniera Civil

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2022

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a DIOS, por darme su amor y sabiduría, y especialmente por regalarme esas bendiciones que me permitieron caminar segura para lograr cumplir mi meta de ser ingeniera.

A esas bendiciones que DIOS me regalo:

Mi papá Cristo por darme la vida, todo su amor, su apoyo, enseñanzas y por estar siempre para mí, en cada paso que doy, soy consciente de todo el esfuerzo que hizo y sigue haciendo por mí, no podré agradecerte lo suficiente, te amo piski.

Mi mamá Rosalba por darme la vida, su amor, cuidados, enseñanzas, confianza, por ser mi orgullo y razón de ser, quien no solo me enseñó que DIOS existe, si no que abrió mi mente a la maravillosa verdad de que Dios es mi mejor amigo, te amo to.

A mi hermano Roma por hacer parte de este proceso de aprendizaje, por siempre estar a mi lado apoyándome y alentándome a seguir adelante.

"Bendiciones que han hecho de mi lo que hoy soy una profesional y con mucho orgullo"

Agradecimientos

A DIOS, por haberme dado las armas necesarias para seguir adelante y forjar mi camino en el sendero correcto, por bendecirme y levantarme en los momentos difíciles.

A mi familia en general, por el apoyo, cariño y la confianza brindada.

A la Universidad de Pamplona por darme la oportunidad de pertenecer a esta gran institución.

A la Universidad Francisco de Paula Santander-Cúcuta por facilitarme el préstamo de las instalaciones y los equipos de laboratorio.

A mi directora de tesis, Ing. Yee Wan Yung Vargas por su apoyo, continúa disponibilidad en brindarme su ayuda y asesoramiento para el desarrollo de esta investigación.

A mi codirectora de tesis, Ing. Diana Patricia Urrea Ramírez, por su cariño, apoyo, consejos y enseñanzas, que fueron herramientas fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

A todo el personal de la Facultad de Ingeniería Civil, en especial al Ingeniero Diego Sánchez Tapiero y Ceudiel Mantilla García, por su apoyo durante el desarrollo de esta tesis y sus recomendaciones para agilizar todos los procesos.

Al señor Manuel Ricardo Ramon, por su colaboración, dedicación y enseñanza como colega en este proceso.

A mis compañeros de estudio por compartir conocimientos y lindas experiencias en este proceso.

Tabla de contenido

Resumen 1

Introducción 3

Capítulo 1: Evaluación de la Resistencia a Tracción de una Mezcla Hidráulica con la Adición de Fibras de Fique, para el uso de Pavimentos Hidráulicos 5

1.1 Planteamiento del problema 5

1.2 Formulación del problema 6

1.3 Objetivos 7

1.3.1 Objetivo General. 7

1.3.2 Objetivos específicos 7

1.4 Justificación 7

Capítulo 2: Estado del Arte 10

2.1 Antecedentes 10

Capítulo 3: Marco Contextual 16

3.1 Marco Teórico 16

3.1.1 Pavimentos hidráulicos. 16

3.1.1.1 Subrasante. 18

3.1.1.2 Sub-base. 18

3.1.1.3 Losa (superficie de rodadura). 18

3.1.2 Materiales para la elaboración del concreto. 18

3.1.2.1 Cemento Portland. 18

3.1.2.2 Agregados. 22

3.1.2.3 Agua. 28

3.1.2.4 Fibra de fique. 30

3.1.2.5 Concreto. 38

3.1.2.5.1 Propiedades del concreto fresco. 39

3.1.2.5.2 Proceso de fraguado. 41

3.1.2.5.3 Propiedades del concreto endurecido. 42

3.1.3 Diseño de mezclas de concreto. 45

3.1.3.1 Método de dosificación. 46

3.2 Marco Referencial 54

3.2.1 Descripción del lugar donde se llevará a cabo el desarrollo de la investigación. 55

3.2.2 Lugar de procedencia de los materiales a utilizar. 57

3.2.2.1 Fibra de fique 58

3.2.2.2 Agregados..... 58
3.3 Marco conceptual..... 58
3.3.1 Cemento..... 58
3.3.2 Concreto..... 58
3.3.3 Agregados..... 58
3.3.3.1 Agregado fino:..... 59
3.3.3.2 Agregado grueso:..... 59
3.3.4 Agua..... 59
3.3.5 Aditivos..... 60
3.3.6 Fibras..... 60
3.3.7 Fibras de fique..... 60
3.3.8 Fique..... 60
3.4 Marco legal..... 61
Capítulo 4. Administración del proyecto..... 75
4.1 Recursos..... 75
4.1.1 Recursos humanos..... 75
4.1.2 Recursos institucionales..... 75
4.1.3 Recursos financieros..... 75
Capítulo 5: Diseño Metodológico..... 79
5.1 Etapas de investigación..... 79
5.1.1 Etapa I..... 79
5.1.2 Etapa II..... 79
5.1.3 Etapa III..... 80
5.1.4 Etapa IV..... 80
5.2 Tipo de investigación..... 81
5.3 Población y muestra..... 81
5.3.1 Población..... 81
5.3.2 Muestra..... 81
5.4 Técnicas de recolección de información..... 82
5.5 Diseño y elaboración de las mezclas de concreto...... 83
5.5.1 Procedimiento de dosificación..... 83
5.6 Metodología experimental..... 89
5.6.1 Ensayos sobre agregados pétreos...... 89
5.6.2 Ensayos sobre el cemento hidráulico...... 96
5.6.3 Fabricación diseño de mezclas hidráulicas...... 98

5.6.4 Ensayos sobre las mezclas hidráulicas..... 99
5.7 Análisis e interpretación de los resultados..... 103
5.7.1 Ensayos realizados al agregado fino...... 103
5.7.2 Ensayos realizados al agregado grueso...... 104
5.7.3 Ensayos realizados al cemento...... 107
5.7.4 Ensayos para la fabricación de la mezcla hidráulica..... 107
5.7.5 Ensayos realizados a las mezclas hidráulicas...... 109
5.8 Resultados de fallos a la compresión...... 109
5.9 Resultados de fallos a la tracción..... 115
Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones..... 120
Referencias..... 122
Apéndices..... 126
Apéndice A. Diseño mezcla de concreto..... 126
Apéndice B. Datos de humedad natural de los agregados..... 127
Apéndice C. Datos de masa unitaria de los agregados..... 128
Apéndice D. Datos de análisis granulométrico de los agregados..... 130
Apéndice E. Peso y absorción de los agregados..... 133
Apéndice F. Resistencia al desgaste y abrasión, máquina de los ángeles..... 134
Apéndice G. Peso específico del cemento..... 135
Apéndice H. Reporte de cilindros mezcla hidráulica convencional..... 137
Apéndice I. Reporte de cilindros mezcla hidráulica modificada al 0,5%..... 138
Apéndice J. Reporte de cilindros mezcla hidráulica modificada al 1,0%..... 139
Apéndice K. Reporte de cilindros mezcla hidráulica modificada al 1,5%..... 141
Apéndice L. Registro fotográfico de cilindros ensayados..... 142
Apéndice M. Reporte de viguetas mezcla hidráulica convencional a los 7,14 y 28 días..... 143
..... 144
Apéndice N. Reporte de viguetas mezcla hidráulica modificada al 0,5%..... 145
Apéndice O. Reporte de viguetas mezcla hidráulica modificada al 1,0 %..... 146
Apéndice P. Reporte de viguetas mezcla hidráulica modificada al 1,5%..... 148

Lista de Figuras

Figura 1 Capas que conforman el pavimento rígido o hidráulico. 17
Figura 2 Plantas de fique. 31
Figura 3 Detalle de un filamento de fibra de fique 32
Figura 4 Cortado, desfibrado y lavado del fique 37
Figura 5 Localización departamento de Norte de Santander 56
Figura 6 Localización de Pamplona 57
Figura 7 Agregado fino (Arena). 77
Figura 8 Agregado grueso (Grava). 77
Figura 9 Fibra de fique en forma de rollo y cortada en 4 cm de longitud. 78
Figura 10 Determinación del contenido de humedad de agregados finos. 91
Figura 11 Determinación del contenido de humedad de agregados gruesos. 92
Figura 12 Determinación de masa unitaria suelta. 92
Figura 13 Determinación de masa unitaria compacta. 93
Figura 14 Determinación de gravedad especifica del agregado fino. 93
Figura 15 Granulometría de agregados. 94
Figura 16 Toma del peso del agregado grueso sumergido en agua. 94
Figura 17 Máquina de los ángeles, ensayo de desgaste del agregado grueso. 95
Figura 18 Determinación del peso específico del cemento. 97
Figura 19 Proceso de curado. 99
Figura 20 Ensayo de asentamiento. 100
Figura 21 Toma, elaboración y curado de muestras de cilindros. 100
Figura 22 Ensayo de resistencia a la compresión. 101
Figura 23 Toma, elaboracion y curado de muestras de Viguetas. 101
Figura 24 Ensayo de resistencia a tracción. 102
Figura 25 Resistencia a la compresión vs. Edad de fallo. 114
Figura 26 Resistencia a tracción vs edad de fallo. 118

Lista de Tablas

Tabla 1 Características de los compuestos del cemento. 21
Tabla 2 Clasificación de los agregados según su tamaño. 23
Tabla 3 Estructura física de la hoja de fique. 32
Tabla 4 Propiedades mecánicas de la fibra de fique 35
Tabla 5 Características físicas de la fibra de fique. 36
Tabla 6 Composición química del fique. 36
Tabla 7 Clasificación del concreto según la masa unitaria 45
Tabla 8 Valores de asentamiento recomendados para diversas clases de construcción. 48
Tabla 9 Valores recomendados de TMN según el tipo de construcción. 49
Tabla 10 Valores recomendados para el contenido de aire en el concreto para varios grados de exposición. 50
Tabla 11 Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y TMN del agregado. 51
Tabla 12 Relación entre la resistencia a la compresión y algunos valores de la relación a/c. 52
Tabla 13 Recursos financieros del proyecto. 76
Tabla 14 Numero de especímenes de concreto. 82
Tabla 15 Verificación de las especificaciones granulométricas para agregado grueso según la NTC 174. 86
Tabla 16 Verificación de las especificaciones granulométricas para agregado fino según la NTC 174. 87
Tabla 17 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto (B/Bo) 88
Tabla 18 Ensayos sobre agregados pétreos. 90
Tabla 19 Cantidades de material para ensayo de desgaste dependiendo del tipo de granulometría. 96
Tabla 20 Carga abrasiva para ensayo de desgaste. 96
Tabla 21 Ensayos sobre el cemento hidráulico. 97
Tabla 22 Fabricación de mezclas hidráulicas. 98
Tabla 23 Ensayos sobre mezclas hidráulicas. 99
Tabla 24 Resultados de ensayos realizados al agregado fino. 103
Tabla 25 Resultados de ensayos realizados al agregado grueso. 105
Tabla 26 Resultados de ensayos realizados al cemento. 107
Tabla 27 Resultados de ensayos para la fabricación de la mezcla hidráulica. 108
Tabla 28 Resultados del diseño de la mezcla hidráulica. 109
Tabla 29 Resultados fallos de concreto convencional. 110
Tabla 30 Resultado de fallos de concreto con 0.5% de fibra de fique. 111
Tabla 31 Resultado de fallos de concreto con 1,0% de fibra de fique. 112
Tabla 32 Resultado de fallos de concreto con 1,5% de fibra de fique. 113
Tabla 33 Resultados de fallos a la tracción de concreto convencional. 115
Tabla 34 Resistencia ala tracción muestras concreto modificado con fibra de fique al 0,5%. 116

Tabla 35 Resistencia ala tracción muestras concreto modificado con fibra de fique al 1,0%. 116
Tabla 36 Resistencia ala tracción muestras concreto modificado con fibra de fique al 1,5%. 117

Resumen

Con el desarrollo del presente trabajo de investigación se evaluó la respuesta mecánica a tracción sobre una mezcla hidráulica modificada con el uso de fibra de fique como aditivo, para optar por el título de ingeniera civil de la Universidad de Pamplona-Colombia.

Se utilizó agregados pétreos de la planta de rio Pamplonita, suministrados por el depósito de materiales la FLECHA, ubicada en la ciudad de Pamplona, Norte de Santander, que fueron llevados al Laboratorio de la Universidad de Pamplona, en donde se realizó diversos ensayos para obtener sus propiedades mecánicas.

La metodología aplicada en el presente trabajo requirió de la fabricación de mezclas hidráulicas sin aditivo, las cuales se llamaron mezclas hidráulicas convencionales (MHC) y de fabricación de mezclas hidráulicas con el uso de fibra de fique en proporciones de 0,5%, 1%, 1,5%, las cuales se llamaron mezclas hidráulicas modificadas (MHM1, MHM2 y MHM3),la inclusión del aditivo se ejecutó con respecto al volumen total de la mezcla, posteriormente se realizó la caracterización de los materiales empleados para el diseño y fabricación de las mezclas hidráulicas, después de determinado el diseño de la mezcla tanto convencional como modificada, se procedió a fabricar en el laboratorio las mezclas hidráulicas, 6 cilindros y 6 viguetas con concreto convencional, y 18 cilindros y vigas modificadas con fibras. Se dejaron fraguar por 24 horas, colocándolas en una pileta de curado, para posteriormente determinar la resistencia a la tracción de las muestras a las edades de 7, 14 y 28 días. Los resultados muestran que el porcentaje óptimo de fibra para garantizar una mayor resistencia a la tracción, fue de 1,5%.

Palabras claves:

Concreto Reforzado con fibra, Fibra de Fique, Resistencia a la tracción, Pavimento, Durabilidad, INVIAS, NTC

Introducción

El uso de recursos renovables y amigables con el entorno en las diferentes actividades que ejecuta el ser humano, es uno de los temas más considerados actualmente debido a la creciente preocupación por la conservación de las riquezas naturales establecidas en la sociedad. La construcción de edificaciones, vías, y demás obras civiles es una de aquellas actividades que está afectando al medio ambiente, puesto que este interviene, modifica y en diversos casos se destruye a causas de acciones inherentes a la construcción. Es por ello que hoy en día se localizan múltiples alternativas en el ámbito económico y ambiental, potenciando el desarrollo económico-social sostenible obteniendo la disminución de costos en cada uno de los procesos en la construcción ingenieril en pro a la mejora de las condiciones de vida del ser humano existente y futuro.

El concreto hidráulico, es uno de los componentes de la construcción en los que su configuración ha permanecido exacta con sus cuatro elementos, formando así uno de los materiales estructurales de mayor uso en el mundo, presentando limitaciones al comportamiento a la flexión dando su alta fragilidad y baja deformación o arqueamiento ante las fisuras y fallas. (Rodríguez & Díaz, 2019)

Este proyecto principalmente se encuentra basado en la fabricación de mezclas hidráulicas con el uso de fibra de fique en diferentes proporciones con respecto al volumen total de la mezcla donde se permite obtener un producto que cumple con los requerimientos físicos y mecánicos especificados en las normas técnicas colombianas (NTC). Para este trabajo se manejan mezclas adicionadas con 0,5%, 1,5% y 1,5% de fibra, y mediante la evaluación de la resistencia a la compresión y resistencia a la tracción ofrecidas por las diferentes mezclas de concretos adicionadas con estos materiales , se pretende dar a

conocer alternativas confiables y amigables con el medio ambiente para la fabricación de concretos con el fin de sustituir la malla electrosoldada, exponiendo una resistencia secundaria seguida a la fisura por medio de la unión de ellas con la matriz del concreto; de igual forma esta investigación va dirigida a personas que quieran innovar en el campo de la construcción siguiendo la metodología usada para la realización de cada una de los ensayos que es la establecida por las normas técnicas nacionales lo cual garantiza la confiabilidad de los procesos y los resultados, así mismo el emplear estos materiales biodegradables generan ventajas económicas lo cual reduce considerablemente el costo de las obras.

Capítulo 1: Evaluación de la Resistencia a Tracción de una Mezcla Hidráulica con la Adición de Fibras de Fique, para el uso de Pavimentos Hidráulicos

1.1 Planteamiento del problema

Uno de los retos en la construcción es la constante búsqueda de nuevos materiales, que aporten propiedades de adherencia, resistencia y mejores comportamientos a diferentes temperaturas, tradicionalmente el concreto es sin duda uno de los principales materiales de construcción debido a sus propiedades de resistencia y durabilidad frente a otros materiales; pero a su vez posee desventajas cuando este material es sometido a cambios de temperaturas y esfuerzos de tracción.

Es por ello que los impactos ambientales que se han generado son debido a la mala explotación de materiales como lo son grava y arena sobre los ríos de la región, es necesario buscar nuevas alternativas de fibras naturales para la modificación del concreto hidráulico para pavimentos.

Por otro lado se enmarcan tres aspectos fundamentales relacionados con la ingeniería, el desarrollo tecnológico en general y la reducción de costos asociados a la producción de materiales de construcción; innovación, en cuanto a la utilización de este material orgánico en el concreto; tercero y último, la utilización de un material que exista en casi todas las partes de nuestro territorio colombiano, asociado a la reducción del volumen de residuos sólidos generados, tanto a nivel domiciliario como industrial. (Pinzón, 2013)

Después de realizar una búsqueda de fibras naturales que han sido utilizadas en diversos proyectos de investigación, se determinó por usar la fibra natural fique ya que Colombia es

el principal productor de esta fibra, pero no se ha explotado del todo sus potenciales usos en la industria de la construcción, sino que se ha visto limitado a la industria artesanal.

Dentro de las investigaciones que se han realizado entorno al uso de fibras naturales como agregado al concreto, se ha evidenciado que la fibra de fique, es una fibra vegetal de muy bajo costo la cual se encuentra con gran facilidad y abundancia en el país, adicional a esto presenta propiedades a nivel físico y químico que le aportan importantes aumentos a las capacidades mecánicas del concreto, cuando esta fibra es agregada como fibra suelta, genera nuevas formas de utilización de dichas fibras para aumentar las propiedades mecánicas del concreto.

Esta fibra confiere un aporte significativo para la futura construcción de pavimentos rígidos de concreto concebidos mediante coladas masivas, pues se incluye una solución para controlar la fisuración por retracción plástica con aditamentos naturales que sean económicos, ecológicos y sostenibles; reduciendo así la aparición y propagación de dichas fisuras y, por ende, minimiza la ocurrencia de patologías mayores.

Por otra parte, “la fibra de fique o también llamado tela de costal, tiene normalmente mejor resistencia, por su construcción es más difícil que la vegetación lo traspase, mitiga tanto el impacto de la gota de lluvia que explota contra el suelo y retiene fácil las partículas de suelo que entran en movimiento, y además captura humedad” (Duque, 2019, pág. 1)

1.2 Formulación del problema

¿De qué manera, el uso de materiales alternativos en este caso como lo es la fibra de fique, contribuye al mejoramiento de la resistencia a la tracción y propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General. Evaluar la resistencia a tracción sobre mezclas hidráulicas convencionales y modificadas con fibra de fique como aditivo, para el uso en pavimentos rígidos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar la revisión del estado del arte de las investigaciones y proyectos que involucran el uso de fibra de fique en la fabricación de mezclas hidráulicas, para establecer parámetros de comparación con los resultados obtenidos en la realización de la presente investigación.

- Evaluar las propiedades físicas de los materiales pétreos, que se utilizaran para la fabricación de las mezclas hidráulicas con y sin aditivo de fibra de fique, para el control y comparación respecto a las normas del Instituto Nacional de Vías en el Articulo 500, capitulo 5 (INVIAS-2013).

- Establecer el porcentaje de fibra de fique óptimo para ser utilizado en la mezcla hidráulica modificada.

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas (Resistencia, trabajabilidad, densidad y uniformidad) de las mezclas hidráulicas convencionales y modificadas con fibra de fique, para establecer el incremento en la resistencia a tracción.

1.4 Justificación

Con estándares razonables, es seguro que la ingeniería civil es uno de los pilares del desarrollo mundial, por lo que enfrenta grandes desafíos, como el uso de materiales alternativos en diversos procesos constructivos, se trata desde luego en este caso, del uso de

fibra de fique al concreto hidráulico para evaluar resistencia a tracción en pavimentos, con la finalidad de reducir el impacto de este material en el medio ambiente. Por otro lado, teniendo en cuenta que el país está invirtiendo recursos para el desarrollo de su infraestructura vial; se empiezan a buscar nuevas alternativas en los materiales constructivos de este sector, es decir, la fibra natural de fique, siendo esta en la actualidad uno de los métodos que se están estudiando y ejecutando hacia la búsqueda de un mejor progreso del propio concreto, contribuyendo a la reducción de costos en las obras, de la misma forma se busca dar una alternativa atractiva, novedosa y asequible en la construcción.

Como es sabido y de acuerdo con la Federación Nacional De Cultivadores Artesanos Y Procesadores De Fique Fenalfique, Colombia es el principal productor de esta fibra, con una gran cantidad de industrias fiqueras, pero no se ha explotado del todo sus potenciales usos en la industria de la construcción, sino que se ha visto limitado a la industria artesanal, cuya materia prima es para la elaboración de sacos y también para la fabricación de artesanías como: bolsos, individuales, sombreros y tapetes; para lo cual, la venta del fique representaría una potencial fuente de ingresos que hoy en día no se explota por los pequeños y grandes empresarios de la región, de igual forma generaría un beneficio económico, para personas del común y constructores interesados en implementar esta nueva propuesta en sus pequeñas y grandes obras, puesto que estos materiales presentan un menor costo, además de la facilidad de adquisición de esta fibra, pero sobre todo pensamos estratégicamente en la importancia que recobra para el desarrollo agroindustrial del país, debido a que en la actualidad existe una gran demanda de fibra a nivel Nacional e

Internacional y una tendencia al uso de empaques biodegradables como política ambiental. (Fenalfique, 2022)

Desde el punto de vista de (Duque, 2019), según su investigación concluye “la fibra de fique parece ser una opción factible para la elaboración de una gran variedad de materiales que se utilizan en la industria de la construcción, logrando generar alternativas, beneficios y enriquecimientos de la ingeniería civil como disciplina, integrando factores relevantes en la actualidad como el impacto ambiental, social y económico. Por ello se requiere continuar con investigaciones tendientes a dilucidar su potencial como sustituto parcial o total en una mezcla.

Algo más que añadir, es que con el desarrollo de esta investigación de la mano de la Universidad de Pamplona, se estará contribuyendo con el fortalecimiento de la línea de investigación de Resistencia de Materiales y con esto los procesos que determinan la alta calidad de la universidad; por otra parte al desarrollar esta investigación se estará nutriendo la bibliografía e investigación sobre el uso de las fibras de fique, de igual forma se está enriqueciendo el aprendizaje y el conocimiento del ingeniero en formación a cargo de la investigación.

De acuerdo a lo anterior se considera que con la realización de este proyecto se logra generar alternativas, beneficios y el enriquecimiento de la ingeniería civil como disciplina, integrando factores relevantes en la actualidad, como el impacto ambiental, económico y social.

Capítulo 2: Estado del Arte

2.1 Antecedentes

Dado que el enfoque de esta investigación es analizar el comportamiento de la fibra natural en el concreto hidráulico, es necesario realizar la investigación de proyectos relacionados con esto.

Según Juárez, Rodríguez y Rivera desarrollaron en el 2003, la tesis **"Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto"- México,** refieren que las fibras se pueden usar con éxito para fabricar materiales de construcción; los productos elaborados con cemento portland y fibras naturales no procesadas, tal como el sisal, coco, caña de azúcar, bambú, yute, madera, etc. Han sido probados para determinar sus propiedades de ingeniería y su posible uso en la construcción, y aunque los resultados fueron alentadores, se encontraron algunas deficiencias respecto a su durabilidad. Por tal razón pretendieron encontrar tratamientos adecuados en la fibra del Agave Lechuguilla, los cuales les permitiesen aumentar la durabilidad del compuesto, reduciendo el deterioro que sufre la misma en el medio alcalino propio de las mezclas del concreto.

Manifiestan también, que el concreto sin ningún refuerzo tienen generalmente una alta resistencia, sin embargo, cuando se requiere propiedades específicas como resistencia a la tensión, a la flexión o al agrietamiento, es necesario reforzarlo.

Para ello elaboraron un programa experimental que consistió en realizar ensayos a los especímenes de concreto reforzado con fibras de Agave Lechuguilla y pruebas adicionales para determinar características peculiares de las fibras, tales como diámetro, longitud promedio, porcentaje de absorción de agua, densidad absoluta y porosidad. El concreto con que se fabricó los especímenes tuvieron relaciones agua/cemento (a/c) de 0.35

y 0.65, con dosificaciones de volúmenes de fibra de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 % (con respecto al total de la mezcla) y para cada volumen correspondió las siguientes longitudes de fibra respectivamente: 10-20,20-30, 30-40, 40-50 y 300 mm. Las propiedades mecánicas de los especímenes (75 x 75 x 280 mm de acuerdo la norma ASTM C 78-94) que se evaluaron fueron la resistencia a flexión y módulo de ruptura. Para minimizar el deterioro de las fibras propusieron impregnarlas con seis diferentes sustancias repelentes al agua (aceite de linaza, aceite de linaza más resina natural, parafina, parafina más resina natural, sellador para madera y creosota) de manera que no se alteraran las propiedades del concreto; de las cuales demostraron que la parafina sola era la que mejores resultados experimentó referentes al porcentaje de absorción y la resistencia al medio alcalino, así como el efecto de las sustancias protectoras en la resistencia a flexión de los especímenes.

Finalmente llegaron a las siguientes conclusiones:

(a) Las fibras de lechuguilla tienen significativas propiedades físico-mecánicas tal como su resistencia última a tensión, que les permite ser consideradas como posible refuerzo en el concreto.

(b) El tratamiento protector con parafina, le permite a la fibra reducir su capacidad de absorción de agua. Además, de mantener un porcentaje aceptable de su resistencia última a la tensión después de haber estado expuesta durante un año a un ambiente húmedo y alcalino, lo que resulta sumamente crítico.

(c) La fibra de lechuguilla permite un comportamiento dúctil después del agrietamiento de la matriz de concreto.

(d) Las fibras largas adicionadas en bajas cantidades, es decir, con porcentajes bajos del volumen total de la mezcla, proporcionan al concreto la capacidad para soportar mayores cargas de flexión en comparación con el concreto simple. (Juárez, Rodríguez, & Rivera, 2003)

De acuerdo con Barbosa y Mayorga en el año 2015, teniendo en cuenta su tesis **"Caracterización mecánica del concreto reforzado con fibras de fique modificando la matriz clementica con aditivo a base de humo de sílice"- Bogotá, Colombia,** compararon las propiedades de cinco (5) diferentes tipos de muestras de concreto modificado utilizando fibras de fique y un aditivo a base de Humo de Sílice. El estudio se fundamentó en la realización de ensayos de compresión y flexión, con el fin de observar los cambios en las propiedades mecánicas de la mezcla de concreto.

El aditivo utilizado fue Sika Fume y fue adquirido mediante la empresa Coval Comercial, que es distribuidor autorizado en Colombia y se adicionaron a la mezcla de concreto en proporciones de 5%, 7.5% y 10% del volumen total de la mezcla, además la fibra de fique utilizada se cortó en fracciones de 4cm y se agregó al concreto en proporciones de 18 kg/m^3 siguiendo recomendaciones de anteriores experiencias, donde se especifica que la longitud puede variar entre 13 y 70 mm.

Finalmente llegaron a concluir que:

(a) Para conocer de una mejor manera el alcance de la fibra escogida para el proyecto, hicieron uso de la fibra en longitudes de 4cm con un peso de 18kg/m3 adicionándola a una mezcla de concreto de 3000psi, donde determinaron que la adición de fique al concreto cumplía la función de refuerzo dado que las resistencias tanto de flexión

como a compresión no disminuyeron y aportaban considerablemente a evitar el fisuramiento mismo.

(b) El porcentaje de variación entre las muestras de concreto convencional y las muestras con adición de fibras de fique y aditivo a base de Humo de Sílice varía entre el 20% y el 40%, concluyendo que la adición en cualquiera de las dosificaciones disminuye considerablemente la resistencia a la compresión del concreto, lo que descarta la posibilidad de adicionar el aditivo en los porcentajes considerados.

Los resultados mostraron que la adición del aditivo a base de Humo de Sílice no produjo un aumento en la resistencia del concreto reforzado con fibras de fique, sino que por el contrario la resistencia disminuyo a mayor porcentaje de aditivo. Sin embargo, no se descarta la utilización de fibras de fique para el reforzamiento de concreto puesto que la resistencia tanto de compresión como de flexión no disminuyó considerablemente entre las muestras de concreto y las muestras de concreto reforzado con fibras de fique sin aditivo. (Barbosa & Mayorga, 2015)

Teniendo en cuenta a Rodríguez y Diaz en el año 2019, en su tesis **“Análisis de la respuesta mecánica en la modificación del concreto hidráulico para pavimentos mediante fibra de fique”- Girardot Cundinamarca,** mencionan que hoy en día se localizan múltiples alternativas en el ámbito económico y ambiental, potenciando el desarrollo económico-social sostenible obteniendo la disminución de costos en cada uno de los procesos en la construcción ingenieril en pro a la mejora de las condiciones de vida del ser humano existente y futuro.

Se ha verificado que una opción viable para subsanar estas limitaciones es llevar a cabo la implementación de fibras o aditivos naturales al concreto tal como la fibra de fique seleccionada para esta investigación. con el fin de sustituir las fibras convencionales (fibras sintéticas, de vidrio, de polipropileno, y metálicas) exponiendo una resistencia secundaria seguida a la fisura por medio de la unión de ellas con la matriz del concreto. En dicho resultado se buscaron en primer lugar analizar los efectos producidos por el agregado de la fibra de fique a la resistencia a compresión y módulo de rotura del concreto hidráulico y en segundo lugar darles una aplicación acorde a los resultados obtenidos por los ensayos hechos en laboratorio.

Por consiguiente, en el análisis de la respuesta mecánica de la modificación del concreto hidráulico para pavimentos mediante fibra de fique, tuvo como finalidad analizar y experimentar por medio de ensayos de laboratorios la viabilidad de mejorar la resistencia de un concreto novedoso adicionándole fibra de fique, funcionando este como elemento para disminuir la fragilidad que selecciona los agregados y exponiendo una resistencia secundaria seguida a la fisuras por medio de la unión de las fibras con la matriz del concreto, para dichos ensayos se determinaron los porcentajes de 0.3%, 0.5%, 0.7% de la fibra natural, todo esto del volumen total de la mezcla, procediendo a elaborar 6 cilindros y 6 viguetas con concreto convencional, y 18 cilindros adicionándole las fibras con longitudes de 4cm, en las edades de 7, 14 y 28 días.

Finalmente llegaron a las siguientes conclusiones:

(a) Se descarta el posible manejo de un concreto modificado con fibra de fique para resistencias a la compresión, dado que evidenciaron una disminución porcentual al

momento de ser fallado frente a resultados de un concreto convencional (sin adición de fibra de fique).

(b) Los ensayos de laboratorio para la flexión con adición de fibra de fique es satisfactorio arrojando resistencias por encima de la de un concreto convencional (sin adición de fibra de fique)

(c) La proporción optima de fibra de fique para una mayor resistencia a la flexión en un posible uso para losas de pavimentos es de 0.5%, exponiendo una resistencia secundaria seguida a las fisuras por medio de la unión de ellas con la matriz del concreto. (Rodríguez & Díaz, 2019)

Capítulo 3: Marco Contextual

3.1 Marco Teórico

En la actualidad el cumplimiento de las normas de calidad se ha convertido en parte fundamental en los procesos de producción de cualquier material de construcción, pero todo esto, con el fin de obtener resultados de la más alta calidad y aptos para ser empleados en obras de ingeniería civil.

De acuerdo con lo anterior, para producir concretos con las características de resistencia y durabilidad requeridas, se hace necesario la inspección mediante ensayos de laboratorio tanto de la materia prima como del producto terminado, como lo establecen las Normas Técnicas Colombianas y la Norma Sismo Resistente (NSR10).

A continuación, se describen cada uno de los materiales utilizados para la elaboración del concreto, sus propiedades y los ensayos de laboratorio que se les deben practicar, para realizar la respectiva caracterización y poder llevar a cabo la dosificación de mezclas, además, se definen las propiedades físicas y mecánicas del concreto con sus respectivos ensayos de prueba.

3.1.1 Pavimentos hidráulicos. Se le llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito las cuales son transmitidas a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos.

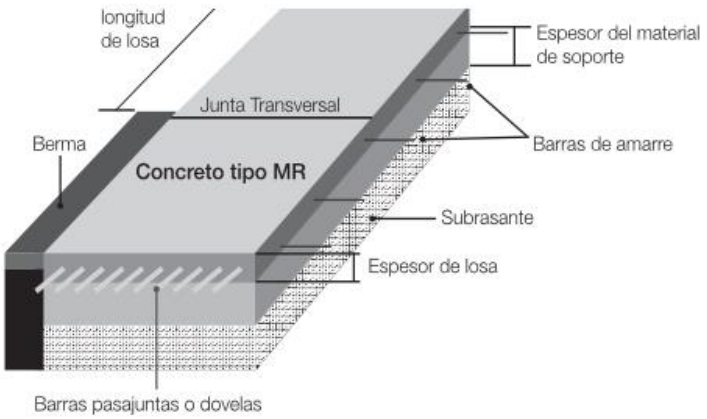
Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos o hidráulicos y flexibles.

Un pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años.

Las capas que conforman el pavimento rígido o hidráulico son: subrasante, sub-base y losa o superficie de rodadura; la figura 1 muestra detalladamente las capas que conforman un pavimento rígido.

Figura 1 *Capas que conforman el pavimento rígido o hidráulico.*



Nota. Fuente: (INVIAS, 2013)

3.1.1.1 Subrasante. La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos.

3.1.1.2 Sub-base. Esta capa es la porción de la estructura del pavimento rígido, se encuentra entre la subrasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; su función principal es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos.

3.1.1.3 Losa (superficie de rodadura). Capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base.

3.1.2 Materiales para la elaboración del concreto. Como bien sabemos, el concreto es producto de la elaboración de un diseño de mezclas, que consiste en seleccionar cada uno de los materiales constituyentes y dosificarlos en las cantidades o proporciones adecuadas, de manera que se pueda producir una mezcla lo más económica posible, con el grado requerido de trabajabilidad y que al final se puedan obtener las características deseadas tanto de resistencia como durabilidad; por esta razón es importante el estudio de cada uno de sus componentes (cemento, agregados, agua, aditivos), la correcta dosificación y la influencia de estos en el comportamiento y resistencia de todo tipo de esfuerzos aplicados al concreto.

3.1.2.1 Cemento Portland. El cemento portland es la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, procesados a altas temperaturas y mezclados con yeso. El nombre obedece a la similitud en el aspecto del cemento endurecido con una piedra que abunda en portland, Inglaterra. Fue patentado

en 1824 por Joseph Aspdin con un proceso que fue perfeccionado algunos años más tarde por Isaac Johnson en 1845 cuando logró con éxito fabricar este producto quemando una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del Clinker el cual después fue pulverizado obteniendo un compuesto fuertemente cementante. (Niño, 2010, p. 19)

(Niño, 2010, p. 20) da a conocer que el proceso de fabricación del cemento varía de acuerdo a las circunstancias particulares de la planta productora, pero en general todas realizan las siguientes etapas:

Etapas de la fabricación del cemento. A continuación, cada una de las etapas.

- Explotación de materias primas
- Dosificación, molienda y homogeneización de materias primas
- Clinkerización
- Enfriamiento
- Molienda de Clinker, adiciones y yeso
- Empaque y distribución

Clasificación del cemento portland. En la actualidad la tecnología ha llevado a la producción diferentes tipos de cemento, con el fin de lograr propiedades específicas en los concretos, que satisfagan las diferentes necesidades y permitan cumplir propósitos específicos. Teniendo en cuenta la norma NTC 30, hoy en día se cuenta con once clases de cemento portland.

El cemento debe cumplir con las especificaciones técnicas de las normas NTC 121 (Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones físicas y mecánicas) y NTC 321 (Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones químicas).

Es prudente advertir que para efectos del desarrollo de esta investigación se empleará el cemento portland tipo 1, el cual es de uso general y destinado a obras de concreto que no estén sujetas al contacto de factores agresivos, como son el ataque de sulfatos.

Propiedades del cemento. Entendido el proceso de fabricación del cemento, conocer cada una de sus propiedades nos ayuda a comprender mejor su comportamiento como material cementante.

A continuación, se hace mención de los aspectos más relevantes de las propiedades químicas del cemento:

- ✓ Propiedades químicas:

El cemento portland está constituido por cuatro compuestos principales conocidos normalmente como silicato tricálcico C_3S, silicato dicálcico C_2S, Aluminato tricálcico C_3A y ferroaluminato tetracálcico C_4AF, los cuales se forman en el interior del horno durante el proceso de clinkerización, donde las materias primas se transforman en productos más complejos, por medio de reacciones en estado sólido. (Barrera, 2010, p. 68).

En la tabla 1 se puede observar las características de los compuestos del cemento.

Tabla 1 *Características de los compuestos del cemento.*

Compuesto	Características
C_3S	De él dependen en gran parte las características de desarrollo de resistencia mecánica. Reacciona rápidamente con el agua, endureciendo en corto tiempo y tiene alto calor de hidratación.
C_2S	Reacciona lentamente con el agua, con un consecuente bajo de calor de hidratación y una contribución al desarrollo de la resistencia a partir de siete días.
C_3A	Reacciona de manera rápida con el agua y a una alta resistencia inicial. Además, confiere al concreto propiedades indeseables como cambios volumétricos y poca resistencia a la acción de los sulfatos, razón por la cual su contenido se limita entre el 5 y 15% según el tipo de cemento.
C_4AF	Presenta una alta estabilidad química, los cementos ricos en este compuesto tienen condiciones de empleo específicas en todos aquellos casos en que importe más la durabilidad frente a los ataques químicos, que las resistencias mecánicas.

Nota. Fuente: Datos tomados de (Niño, 2010)

A continuación, se hace una breve descripción de las reacciones químicas del cemento:

-Hidratación del cemento

-Formación de la pasta del cemento

-Calor de Hidratación

- ✓ Propiedades físicas y mecánicas:

Las propiedades físicas y mecánicas que se pueden evaluar en el cemento, como lo hace notar (Niño, 2010) son: densidad, finura, consistencia, tiempos de fraguado, fraguado rápido, expansión, fluidez, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión (p. 30). A continuación, se definen cada una ellas de acuerdo a lo propuesto por Niño Hernández.

-Densidad del cemento: Relación entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa. Su valor varía muy poco, y en un cemento Pórtland normal, suele estar muy cercano a 3,15 g/cm3.

Esto se hace aplicando la ecuación que establece que la densidad de un material es igual a su masa dividida por su volumen.

-Finura del cemento: La finura está íntimamente ligada con la velocidad de hidratación, desarrollo del calor, retracción y aumento de la resistencia. Esta se puede medir por métodos directo e indirectos (Procedimientos por tamizado, procedimiento del turbidímetro de Wagner y el método de permeabilidad al aire y se expresa por el área superficial de las partículas contenidas en un gramo del material, denominada "superficie específica" y se mide en cm^2/gr.

3.1.2.2 Agregados. Los agregados son materiales inertes que poseen resistencia propia suficiente, considerados un elemento esencial en la producción de concretos, ya que ocupan la mayor parte del volumen total de la mezcla, teniendo en cuenta a (Niño, 2010), el volumen de los agregados en una mezcla de concretos oscila entre 56% y 81%. Por otra parte, cabe señalar, que la razón principal para utilizar agregados dentro del concreto, es que estos actúan como material de relleno, haciendo más económica la mezcla.

Otra definición es dada por (Portugal, 2007) dice que:

Los agregados son materiales de forma granular, generalmente de origen natural, que al estar unido con el cemento portland y un porcentaje agua, llegando conformar el material más usado en la industria de la construcción llamado concreto u hormigón. Para que algún material se pueda considerar agregado debe tener las ciertas características, entre las cuales se encuentra, tener una resistencia propia adecuada.

Los agregados se clasifican dependiendo su tamaño en agregado grueso y fino. Para diferenciar un agregado fino de un agregado grueso, se tiene en consideración el tamiz No 4 (aberturas de 4,76mm) donde todo material que pase de dicho tamiz es considerado agregado fino o arenas, y el retenido denominado agregado grueso o grava. Sin embargo, también existe lo que se conoce como fracciones muy finas que no deben superar el 5% del material que pasa el tamiz No 200, las cuales no son recomendadas para su uso en concretos. (Cantillo, 2013), en la tabla 2 se observa la clasificación de los agregados de acuerdo a su tamaño.

Tabla 2 *Clasificación de los agregados según su tamaño.*

Tamaño en mm.	**Denominación más común.**	**Clasificación.**	**Uso como agregado de mezclas.**
<0,002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
0,002 – 0,074	Limo	Fracción fina	No recomendable
0,0074 – 4,76 #200 - #4	Arena	Agregado fino	Material apto para mortero o concreto
4,76 – 19,1 #4 – ¾”	Gravilla	Agregado grueso	Material apto para concreto
19,1 – 50,8 ¾” – 2”	Grava	Agregado grueso	Material apto para concreto
50,8 – 152,4 2” – 6”	Piedra	Agregado grueso	
>152,4 6”	Rajón, piedra bola	Agregado grueso	Concreto ciclópeo

Nota. Fuente: Tomado de tecnología del concreto y el mortero.

Los agregados según su procedencia pueden ser naturales o artificiales. Los agregados de origen natural se obtienen de la explotación de depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de rio), de glaciares (Cantos rodados) y de canteras de rocas y piedras naturales. Según (Garcia, 2010) afirma que contamos con tres tipos de rocas naturales (Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas)

Según la densidad (gravedad específica) de los agregados, estos se pueden clasificar en agregados livianos, agregados de peso normal y agregados pesados. Los agregados livianos son utilizados normalmente en la producción de concretos livianos y en la elaboración de bloques de albañilería liviana, los agregados de peso normal, como la grava, la arena y la piedra triturada son utilizados en obras de concreto en general de peso normal, por último, los agregados pesados se caracterizan por su alta densidad y son generalmente utilizados en concretos para macizos de anclaje, para protección contra radiación nuclear. (Barrera, 2010)

Por otra parte, la norma NSR-10 establece las características que deben cumplir los agregados para concreto, basado en la NTC colombiana, como son:

- Agregado de peso normal: cumplir lo estipulado en la NTC 174 (ASTM C33)

- Agregado liviano: cumplir lo estipulado en la NTC 4045 (ASTM C330).

También recomienda en el numeral (C.3.3.2) el valor máximo permitido de tamaño de agregado grueso, como se indica a continuación:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.

- 1/3 de la altura de la losa

- 3/4 del espaciamiento mínimo entre las barras o alambre individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales y/o paquetes de ductos.

Como se ha resaltado anteriormente, las propiedades de los agregados afectan directamente las características de los concretos elaborados, debido a esto es importante seleccionarlos y evaluarlos correctamente.

A continuación, se sintetizan las propiedades físicas y químicas relevantes:

✓*Propiedades químicas*

Las exigencias químicas que se deben hacer a los agregados para evitar su reacción en la masa del concreto, son las de evitar sustancias presentes agresivas y componentes geológicos o mineralógicos agresivos, entre los cuales el más frecuente parece ser la sílice activa.

✓*Propiedades físicas*

(Niño, 2010) señala que las propiedades físicas más importantes de los agregados en el comportamiento mecánico de las mezclas de concreto son: granulometría o gradación, densidad, porosidad, masa unitaria y forma y textura de las partículas.

El análisis granulométrico, además de permitir determinar la distribución de los tamaños y la ausencia o exceso de los mismos dentro de una masa de agregado, permite sacar valores que luego son usados como parámetros en los diseños o como factores de calidad, según (Gutiérrez de lópez, 2003), entre ellos tenemos:

Tamaño máximo: Se conoce como la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad de la muestra, es decir indica la dimensión de la partícula más grande que se encuentra en la muestra.

Tamaño máximo nominal: El tamaño máximo nominal indica el tamaño promedio de partículas más grandes que se encuentran dentro de una masa de agregado grueso. Por lo

general, en un análisis granulométrico, el tamaño máximo y el máximo nominal no coinciden, razón por la cual se deben indicar claramente en las especificaciones.

Módulo de finura: El módulo de finura es conocido como el número que se obtiene al dividir por 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices de la serie normalizada. El valor de este módulo es mayor cuando, el agregado contiene granos más gruesos y decrece cuando el agregado disminuye de tamaño. Se interpreta como la indicación del tamiz en que, supuestamente, quedaría retenido o pasaría el 50% del material.

Porcentaje de finos: Se define como el porcentaje que pasa el tamiz Icontec N°. 200 (0.074mm).

Formas de las partículas del agregado: La forma de las partículas del agregado depende principalmente del tipo de roca que lo originó, y en algunos casos, depende del método de obtención, como en el caso de obtención de agregados por trituración. Es importante destacar que la forma de las partículas en un agregado influye de forma directa o indirecta en el comportamiento del concreto, ejerciendo un efecto sobre la trabajabilidad, la resistencia y otras propiedades. Según estudios realizados se considera que las formas perjudiciales son las partículas muy alargadas y/o escamosas. (Niño, 2010)

Textura: Esta propiedad está relacionada con la dureza, forma, y estructura de la roca original, dando origen a agregados lisos o ásperos. (Niño, 2010)

Densidad: Esta propiedad es definida como la relación entre la masa y el volumen de una masa determinada y está directamente relacionada con la roca original de la cual proviene.

Porosidad y absorción: La porosidad es un parámetro importante, asociado a la capacidad de absorción de agua u otro líquido que tienen los agregados, a mayor porosidad

de un agregado implica menor resistencia mecánica, y cuanto menor sea la absorción, el material es más compacto y de mejor calidad.

Para determinar la absorción de los agregados se deben seguir las indicaciones dadas en las normas Icontec NTC 237 y NTC 176, para agregados finos y gruesos, respectivamente.

Masa unitaria o peso unitario: Hace referencia a la relación entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido. Es decir, el material dentro del recipiente sufre un acomodo de las partículas dejando el menor espacio entre ellas; el mayor peso unitario se tendrá cuando quepa más material dentro del mismo volumen, lo que depende naturalmente de la granulometría, tamaño, forma y textura del agregado. El método para la determinación de la masa unitaria de los agregados se encuentra descrito en la norma Icontec NTC 92. (Niño, 2010)

✓*Propiedades mecánicas*

A continuación, se hace una breve descripción de las propiedades mecánicas más determinantes en los agregados.

Resistencia: Es de gran importancia que el agregado utilizado en una mezcla de concreto tenga una resistencia tal que no llegue a fallar antes que la pasta de cemento endurezca. Por lo general al emplear los agregados en obras de ingeniería, tal es el caso de concretos hidráulicos, la resistencia de éstos, se relaciona directamente con la resistencia del agregado, resistencia estrechamente relacionada con la estructura de los granos de la partícula, o con el proceso de trituración y explotación (Gutiérrez de lópez, 2003)

Dureza: Es la resistencia que ofrece el agregado a la acción del roce y al desgaste diario, y depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia del agregado. Para determinar esta propiedad se emplea el ensayo de resistencia al desgaste en la máquina de los Ángeles, ensayo descrito en las normas NTC 90 y 98, y que tiene en cuenta la gradación y tamaño del material. (Gutiérrez de lópez, 2003)

Tenacidad: La tenacidad es la resistencia que ofrece el agregado al impacto, y tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles al impacto pueden alterar su granulometría y por consiguiente la calidad de la obra. (Gutiérrez de lópez, 2003)

Adherencia: La adherencia del agregado es una característica importante que depende de la forma, textura y tamaño de las partículas y se considera como una interacción entre la zona de contacto agregado – pasta, la cual es producida por fuerzas de origen físico químico. (Niño, 2010)

3.1.2.3 Agua. El agua es tan importante en la mezcla del concreto dado que permite que el mismo genere una capacidad ligante; para un volumen específico de cemento debe de haber una cantidad optima de agua total para la hidratación de la mezcla, el agua restante solo funciona para darle una mejor fluidez y manejabilidad en mezclas frescas, pero en ocasiones queda dentro del concreto agua que sobra y cuando se fragua produce porosidad lo que a su vez reduce la resistencia dada.

Las sustancias para la calidad del agua según López (Gutiérrez de lópez, 2003) son:

•Aguas que lleven solidos disueltos menores de 2000ppm suelen ser aptas para el mezclado, si sobre pasan los mismo deberán ser sometidos a ensayos de laboratorio donde encuentren su efecto en la resistencia del concreto.

•En altas aglomeraciones de carbonatos, de potasio o de bicarbonatos en el agua pueden reaccionar con el cemento y reducir la resistencia del concreto

• Para evitar problemas en el manejo es necesario tener en cuenta que el ph de las aguas acidas debe de estar por debajo de 3.

• El mineral de aceite dentro de agua superiores a 2% reduce la resistencia de la mezcla. (Gutiérrez de lópez, 2003)

De los procesos de fraguado y endurecimiento, surge la clasificación de dos tipos de agua a utilizar en la preparación de concretos y morteros, el agua de mezclado y el agua de curado. A su vez el agua de mezclado se divide en agua de hidratación y agua evaporable.

A continuación, se hace una síntesis de cada una de ellas:

- Agua de mezclado

Es la cantidad de agua por volumen de concreto que requiere el cemento para hidratarse de manera que la pasta adquiera fluidez que le permita la lubricación a los agregados en estado plástico. En el momento en que se forma la pasta se encuentra dos formas básicas de agua: de hidratación y evaporable. (Parra & Bautista, 2010)

- Agua de curado

Está definida como el conjunto de agua adicional para que se hidrate la pasta completamente, esta hace referencia al conjunto de condiciones como humedad y

temperatura, requeridas para la hidratación no interrumpida de la pasta hasta que la totalidad del cemento se hidrate, permitiendo así, que el concreto alcance sus propiedades potenciales. (Parra & Bautista, 2010)

3.1.2.4 Fibra de fique. El fique es una planta nativa de la América tropical, especialmente de la región andina de Colombia y Venezuela, luego se fue expandiendo hacia las Antillas y hacia la costa oriental del Brasil. Esta planta pertenece al género de Furcracea de donde comprenden cerca de 20 especies diferentes de onde se extrae de sus hojas fibra textil conocida popularmente como fique. (Pérez, 1974)

Por lo tanto son plantas grandes, de tallo erguido, su altura varía entre 2 metros y 7 metros, densamente poblado de hojas de color verde, en forma radial, largas de 1 metro a 3 metros, angostas de 10 centímetros a 20 centímetros, carnosas, puntiagudas, acanaladas, y con un dentado espinoso, en algunas variedades, presentando líneas o estrías tenues de unos 3 milímetros de largo, a medida que la planta crece, se desarrolla en la base un tronco corto que lleva de 75 a 100 hojas cuya longitud varía de 150 centímetros a 200 centímetros y su anchura de 15 centímetros a 20 centímetros en la parte más ancha cerca de la mitad, angostándose a 10 centímetros cerca de la base, la cual tiene un espesor de 6 a 8 centímetros. Su flor es de color blanco verdoso, llamada maguey o escapo, sólo florece una vez en su ciclo de vida y luego le sobreviene la muerte. Las semillas germinan en la misma planta y sus propágulos (bulbillos) caen ya formados al suelo por lo que su vida varía entre 10 y 20 años. Su vida útil (producción de fibra, jugos, etc.) comienza entre los 3 y 6 años, dependiendo de las condiciones que enfrente. (Navarro & Ramírez, 2014) La figura 2 muestra la planta de fique.

Figura 2 Plantas de fique.

Nota. Fuente: (Vivo Boreal, 2018)

Su análisis científico la define:

• Reino: Vegetal

• Phylum: Tracheophyta

• Subclase: Monocotyledonae

• División: Spermatophyta

• Clase: Angiopermae

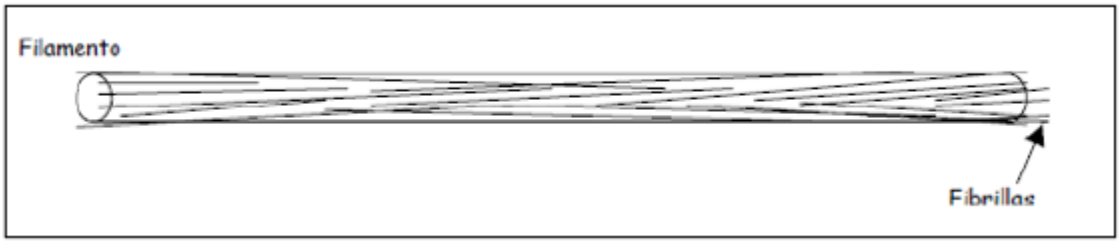
• Orden: Liliflorae (Liliales)

• División: Spermatophyta

• Familia: Agavaceae

Estas plantas de fique, cuentan con hojas de color verde claro por encima y ceniza por debajo; se distingue por sus espinas encorvadas en sus bordes y un aguijón pequeño en las puntas. Además; están compuestas por filamentos, y estos a su vez de fibrillas que están unidas entre sí por una goma; la figura 3 muestra el detalle de un filamento de fibra de fique.

Figura 3 *Detalle de un filamento de fibra de fique*



Nota. Fuente: Tomada de tintura del fique con colorantes naturales. Ecofibras Ltda.

En la tabla 3 se puede observar la estructura física de la hoja de fique. La planta de fique presenta estructuras peculiares de defensa contra condiciones de aridez, como hojas carnosas de reducido número de estomas, con capa cerosa y presión osmótica dentro de las células relativamente baja. Resiste una sequía relativa. Poco resistente a la humedad excesiva.

Tabla 3 *Estructura física de la hoja de fique.*

Componente	% en la hoja	% útil	Usos
Fibra	5	4	Industria textil, empaques
Jugo	70	40	Extracción de esteroides
Estopa	8	3	Pulpa de papel
Bagazo	17	10	Material de construcción, abonos

Nota. Fuente: Tomado de (Navarro & Ramírez, 2014) en su proyecto de grado evaluación de las propiedades mecánicas de un material compuesto reforzado con fibra de fique y fibra de vidrio en una matriz de resina epóxica.

Partes de la planta de fique: La descripción morfológica de la planta de fique es la siguiente:

- Raíces: Formadas por el desarrollo de la radícula de los bulbos o de los hijuelos, estas se ramifican y dan origen a las raíces secundarias. Su forma es fasciculada, son perennes y profundas.

- Tallo: Corto con un buen desarrollo, de forma cilíndrica. Crecimiento erguido, superficie ligeramente rugosa en la que se encuentran visibles las cicatrices foliares que han caído.

- Yemas: Su posición es terminal, aunque existen yemas laterales y adventicias, generalmente durmientes, que permanecen inactivas por periodos largos, hasta que encuentran un ambiente propicio para su desarrollo, dando origen a ellos. La mayoría de las yemas son de hojas, pero hay una yema terminal florífera.

- Hojas: Son persistentes, verticiladas, sésiles y simples. Su forma es laminar, más o menos diez veces más largas que anchas y acuminadas. En algunas variedades recurrentes, los bordes según la variedad pueden ser enteros, dentados; Tienen vernación con voluta y cuando están desarrolladas son carnosas. Pueden llegar a medir hasta 3 metros.

- Fruto: Es una cápsula en donde se alojan varias semillas aladas.

- Semillas: Tienen endospermo carnoso que rodea el pequeño embrión. (Fique, 2007)

La utilización de fibras en la construcción no es nueva, pues los antepasados usaban paja y pasto en el barro para mayor adherencia ya fuera en los muros o en el mismo bloque de arcilla.

Según el ministerio de agricultura y desarrollo rural, en la industria del fique solo se utiliza un 4% de la hoja de la cual se extrae la fibra; y el 96% se desecha porque se

desconocen sus innumerables usos. La fibra es adquirida de las hojas de la planta del fique, sacando hebras con diversas dimensiones. (Agencia de noticias UN, 2019)

Por tal razón expertos colombianos han creado diferentes opciones para usar el fique, entre éstas la sustitución de las cuerdas de plástico que sostienen las plantas de plátano y otros cultivos, por cuerdas de fique pues este producto se degrada, es más económico y no se pierde tiempo al recogerlo. La fibra, al ser biodegradable, se usa además como biomanto o manto natural para proteger sembrados y como agro textil para reducir los daños por erosión en carreteras, vías, oleoductos y gasoductos.

La fibra de fique se obtiene al separar la corteza de las hojas de las fibras de cabuya que están en su interior. Se hace por métodos manuales o con desfibradora portátil de motor a gasolina o diésel. En la obtención de la fibra, el proceso de fermentado es fundamental a la hora de determinar la calidad de la fibra. La acción de los microorganismos y levaduras aumentan la temperatura, descomponiendo orgánicamente la materia, es decir, soltando el ripio. Los compuestos químicos del jugo hacen que se desprendan los restos de celulosa quedados entre las fibras.

La fibra debe tener un proceso de secado (aéreo), ya que cuando la fibra es secada en mangas o potreros se presentan una serie de inconvenientes que afectan la calidad de la fibra y contribuyen a su rechazo. En invierno la cabuya tiende a negrearse o se mohosea; también se dificulta alcanzar el grado de humedad máximo requerido de 12%. La fibra (cabuya) debe estar libre de ripio y suciedades. La fibra se selecciona por diferentes grupos de cabuya seca de acuerdo con las siguientes características: Calidad obtenida, cabuyas cortas y largas, humedad de la cabuya, no mayor del 12%. (Navarro & Ramírez, 2014)

En la tabla 4 se muestran las propiedades mecánicas, también constituye la estructura principal de las paredes celulares del tejido vegetal y está compuesta por celulosa, y algunas impurezas como ligninas y pigmentos (Pinzón, 2013).

Tabla 4 *Propiedades mecánicas de la fibra de fique*

Propiedades	Promedio	Mínimo	Máximo
Resistencia a la tensión (Mpa)	305.15	200.00	625.20
Módulo de elasticidad (Gpa)	7.52	5.50	25.50
% de elongación a la fractura	4.96	3.20	5.70

Nota. Fuente: Datos tomados del estudio: Análisis de la resistencia a compresión y flexión del concreto modificado con fibra de fique de (Pinzón, 2013)

En las tablas 5 y 6 se puede observar las características físicas y químicas de la fibra de fique.

Tabla 5 *Características físicas de la fibra de fique.*

Características físicas	
Longitud	80 a 120 cm
Color	Habano
Textura	Dura
Brillo	Opaco
Absorción a la humedad	Mala
Absorción al calor	Superficial
Efectos de los oxidantes	Variable
Efectos ante los ácidos	Mala
Efecto ante los álcalis	Resistente
Punto de fusión	No se funde
Resistencia a la luz solar	Regular
Elongación	3.50%
Resistencia (100g de fibras)	26 kg

Nota. Fuente: Ecofibras Ltda.

Cada filamento está constituido por fibrillas elementales soldadas entre sí por una goma (lignina). Los extremos de las fibrillas se sobreponen para formar filamentos multicelulares a lo largo de la hoja y son estos los que conforman la fibra de fique, en la tabla 6 se muestra su composición química.

Tabla 6 *Composición química del fique.*

Composición química	
Cenizas	2.6%
Fibras	1.58%
Pentosas	17.65%
Lignina	12%
Celulosa	62.70%

Nota. Fuente: (Pinzón, 2013)

"Colombia es el país con mayor producción de fibra de fique, de acuerdo a la Federación Nacional de Cultivadores de Fique (2017)" lo que favorecerá la producción de mezclas hidráulicas en el país.

Originaria de la América Tropical, especialmente en Colombia, Venezuela, Ecuador y Costa Rica. Colombia es el principal productor de esta fibra en el mundo por sus condiciones climáticas y ha estado relacionada con las actividades de la vida campesina desde tiempos prehistóricos.

En nuestro país el proceso para la extracción de la fibra de cabuya se sintetiza en cinco fases que se detallan a continuación:

- Cortado(cosecha)
- Desfibrado
- Lavado
- Secado
- Escarmenado. (Eurofique, 2019)

En la figura 4 podemos observar estos procesos (cortado, desfibrado y lavado) para la extracción de la fibra de fique.

Figura 4 *Cortado, desfibrado y lavado del fique*

Nota. Fuente: (Eurofique, 2019)

El corte debe ser recto y cerca del tallo, de abajo hacia arriba. La planta debe quedar con un mínimo entre 15 y 20 hojas para que continúe su proceso biológico.

El desfibrado consiste en separar la corteza de las hojas de las fibras de cabuya que están en su interior. Se realiza con desfibradoras portátiles. Posteriormente se extrae el jugo de la fibra natural de fique y se lava con abundante agua para quitarle el color verdoso y adquiere un color amarillo que una vez seco se vuelve blanco. El lavado se realiza en tanques con el fin de evitar la contaminación de las aguas. (Eurofique, 2019)

3.1.2.5 Concreto. El concreto es uno de los materiales de construcción más ampliamente utilizado a nivel mundial, ya que es resistente, presenta facilidad para trabajar y moldearlo, y nos brinda además de sus características como elemento estructural una gran economía, razones que lo hacen muy competente y de gran preferencia en el campo de la construcción para el desarrollo de todo tipo de proyectos de ingeniería.

De acuerdo con (Niño, 2010) las propiedades más características del concreto son: la manejabilidad, la velocidad del fraguado, la durabilidad o resistencia con el paso del tiempo, la masa unitaria, la estabilidad de volumen; y la apariencia, entre otras.

Es importante decir, que la variación de las propiedades mencionadas y las características del concreto en los diferentes estados, dan origen a la clasificación de concretos en diferentes tipos, por lo cual es importante conocer las propiedades y características propias de cada estado. De este conocimiento también se derivan las medidas de control que se deben efectuar para garantizar la calidad de un concreto.

A continuación, una breve descripción de las propiedades del concreto en estado fresco, de acuerdo a lo dicho por (Niño, 2010), en el capítulo 7, en su libro: Tecnología del concreto- Tomo 1.

3.1.2.5.1 Propiedades del concreto fresco. Las propiedades en estado fresco del concreto deben permitir que se llenen adecuadamente las formaletas y los espacios alrededor del acero de refuerzo o armadura, así como también obtener una masa homogénea sin grandes burbujas de aire o agua atrapada.

Las propiedades del concreto en estado fresco, que pueden ser determinadas mediante métodos de ensayo, son los siguientes:

•*Trabajabilidad o manejabilidad.* Técnicamente, la trabajabilidad determina cual es el trabajo utilizado en vencer la fricción entre los componentes del concreto, y entre éste y el encofrado o refuerzo, para lograr una compactación adecuada, sin que se produzca segregación alguna.

•*Ensayo de Asentamiento.* Es una medida del grado de fluidez de la mezcla, refiriéndose a la consistencia de la mezcla. Este factor indica qué tan seca o fluida está la mezcla cuando se encuentra en estado plástico, y no constituye por sí misma una medida directa de la trabajabilidad.

Para concretos cuyo asentamiento sea inferior a 25mm, no es aplicable este ensayo, así como para concretos elaborados con fibras y agregados muy livianos. Para concretos con fibras, su consistencia se mide en función del tiempo que tarda la mezcla en fluir a través del cono invertido, así como es señalado en la NTC 3689. Para ensayos en concretos livianos, es usual emplear conos de mayor altura para compensar la diferencia en masa.

Las diferentes medidas de asentamiento obtenidas en la práctica, han dado origen a una clasificación de la mezcla de acuerdo con su consistencia:

- ✓ Mezcla muy seca. Asentamiento inferior a 2 cm. Empleada en prefabricados de alta resistencia.

- ✓ Mezcla seca. Medidas de asentamiento entre 2,5 y 3,5 cm. Utilizada en la construcción de pavimentos colocados con terminadora vibratoria.

- ✓ Mezcla semi-seca. Asentamientos entre 3,5 y 5 cm. Aplicaciones en pavimentos y cimentaciones en concreto simple. Mezcla mediana. Asentamientos entre 5 y 10 cm empleada en pavimentos, losas, muros y vigas.

- ✓ Mezcla húmeda. Asentamiento entre 10 y 15cm. Utilizada en la elaboración de elementos esbeltos.

- ✓ Mezcla muy húmeda. Presenta asentamientos mayores a 15 cm, empleada en la construcción de elementos muy esbeltos y pilotes construidos in situ.

•*Ensayo de Remoldeo.* Este ensayo fue creado por Powers, y mide la trabajabilidad con base en el esfuerzo que se hace para cambiar la forma de una muestra de concreto. El esfuerzo se mide en base al número de sacudidas necesarias para que ocurra el cambio de forma. Debido a los requerimientos del ensayo, éste no es usado en campo sino en laboratorios.

•*Masa unitaria.* Tanto para el concreto fresco como para el concreto endurecido, la masa unitaria depende del tamaño máximo, la granulometría y la densidad de los agregados. También se ve afectada por la cantidad de agua y la cantidad de aire presente en la mezcla.

El ensayo de rendimiento volumétrico descrito en la norma NTC 1926, mide la masa unitaria de un concreto de masa normal.

•*Contenido de aire.* El aire atrapado normalmente en diámetros mayores a 1 mm, representa un problema para el concreto, pues disminuye la resistencia, reduce las secciones afectivas de los elementos y causa un mal aspecto.

•*Contenido de agua.* El contenido de agua es un factor determinante para el desempeño del concreto, por lo cual debe tratar de utilizar en la mezcla la cantidad de agua estipulada en los diseños.

3.1.2.5.2 Proceso de fraguado. Durante el fraguado, el concreto pasa de un estado plástico, donde se deforma indefinidamente por la aplicación de carga, a uno en que se comporta de manera elástica ante la acción de la misma. Durante este proceso se observan cambios en el concreto, como el tiempo de fraguado y la contracción plástico. (Garcia, 2010)

Tiempo de Fraguado. Tiempo que tarda el concreto en pasar de estado plástico ha estado endurecido. De acuerdo con estos tiempos, el concreto puede clasificarse como: concretos de fraguado lento, de fraguado normal, o de fraguado rápido.

Contracción plástica. Se conoce como el fenómeno por el cual se presentan cambios de volumen producidos durante el fraguado, los cuales se manifiestan por la aparición de fisuras y son debidos a una reducción en el volumen del sistema cemento – agua, causado tanto por el inicio del proceso de hidratación como por la pérdida de agua de mezclado por evaporación.

A continuación, se esbozan algunos aspectos importantes de las propiedades del concreto endurecido, tal como lo describe (Niño, 2010), en Tecnología del concreto – Tomo 1 (Materiales, propiedades y diseño de mezclas).

3.1.2.5.3 Propiedades del concreto endurecido. Las propiedades mecánicas del concreto están gobernadas por la resistencia de la pasta endurecida, los agregados y la interface pasta- agregados, las cuales a su vez son modificadas por procesos de colocación y condiciones de curado.

Dependiendo de las propiedades de sus componentes y de la interacción entre ellos, el concreto es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

Dentro de las muchas propiedades que posee el concreto se puede mencionar: la masa unitaria, las propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, acústicas, y su apariencia entre otras.

Resistencia. Es la habilidad de resistir esfuerzos de compresión, tracción, flexión y corte. El concreto presenta alta resistencia a los esfuerzos de compresión y poca resistencia a los esfuerzos de tracción, por lo tanto, es la resistencia a la compresión simple la característica de mayor importancia.

De acuerdo a la resistencia, los concretos se clasifican en: Concretos de resistencia normal, no superior a los 42 MPa; concreto de alta resistencia, entre los 42 y los 100 MPa; y el concreto de ultra alta resistencia, ubicado en valores superiores a los 100 MPa. Todos valores medidos a los 28 días de vida del concreto. Si la resistencia del concreto es superior a los 100Mpas, este es considerado como de ultra alta resistencia.

Por su naturaleza, el concreto es una mezcla endurecida y heterogénea cuya resistencia depende únicamente de los siguientes factores:

- ✓ La resistencia de la pasta endurecida
- ✓ La resistencia propia de las partículas del agregado
- ✓ La adherencia entre la pasta y los agregados.

Factores que inciden en la resistencia del concreto:

El factor más importante en la resistencia de un concreto es la relación agua cemento, sin embrago para obtener una mezcla con las propiedades requeridas de trabajabilidad, bien dosificada y en condiciones normales de mezclado, curado y métodos de ensayo, también influyen otros elementos como el tipo y calidad del cemento, las características del agregado, el tipo y cantidad de los aditivos, el fraguado y la edad.

La relación agua/cemento (a/c): Se describe como la cantidad de agua en masa, sin incluir el agua absorbida por los agregados, sobre la cantidad de cemento en masa. A mayor cantidad de agua, menor será la resistencia del cemento, dicha propiedad fue demostrada por Duff Abrams en el año 1918.

Contenido y tipo de cemento: La cantidad de cemento utilizado influye en el comportamiento del concreto, de esta manera, una mayor cantidad de cemento genera una mayor resistencia, solo hasta cierto límite, después del cual, el cemento no logra hidratarse correctamente pasando a formar una parte inerte del concreto.

Características de los agregados: La textura y forma, la granulometría, la resistencia y el tamaño máximo.

Tipo y dosificación de aditivos: La dosificación de los aditivos debe hacerse siguiendo las especificaciones e instrucciones dadas por los fabricantes, pues estos utilizados en cantidades menores o mayores a las recomendadas no produce los efectos deseados sobre la resistencia del concreto.

Fraguado del concreto: las condiciones de tiempo y temperatura durante el proceso de fraguado son otro de los factores que afectan la resistencia del concreto.

Curado del concreto: Es la prevención del secado prematuro del concreto, bajo un nivel de temperatura favorable por un periodo específico. Este periodo debe ser por lo menos 7 días a una temperatura mínima de 10°C y máximo de 32°C. En concretos acelerados el tiempo puede reducirse a 3 días.

Edad del concreto: Los concretos convencionales alcanzan su resistencia de diseño a los 28 días. Los de alta resistencia, se especifica un periodo entre 56 a 90 días.

A continuación, se considera particularmente las diferentes fuerzas a las que se somete un concreto.

Resistencia a la compresión. Para propósitos de diseño estructural, la resistencia a la compresión es el criterio de calidad.

La medida de la resistencia a la compresión se efectúa por medio de ensayos normalizados. En Colombia, se utilizan los procedimientos de las normas NTC 550 y NTC 673 en donde se encuentran descritos métodos de elaboración y ensayo de los especímenes.

La resistencia a la compresión se mide con una prensa, que aplica carga sobre la superficie superior de un cilindro a una velocidad especificada mientras ocurre la falla. La carga a la cual falla el cilindro queda registrada, y este valor se divide por el área de la sección transversal del cilindro obteniéndose así el esfuerzo de rotura del concreto. Se toma como estándar, la resistencia máxima a la compresión a los 28 días.

Estos cilindros, son muestras tomadas del concreto en campo o en laboratorio, y el procedimiento de elaboración de los mismos se encuentra especificado en las normas técnicas NTC 550 y NTC 1377.

Masa unitaria. La masa unitaria del concreto depende en gran parte de la masa unitaria de los agregados. La masa unitaria del concreto endurecido es igual a la masa del concreto recién mezclado, menos el agua evaporable.

En el concreto endurecido, la masa unitaria puede determinarse por medio de métodos nucleares tales como los descritos en la norma ASTM C 1040, y están basados en transmisión directa e indirecta de rayos gama.

En la tabla 7 se presenta la clasificación del concreto según su masa unitaria.

Tabla 7 *Clasificación del concreto según la masa unitaria*

Masa unitaria (Kg/m^3)	Descripción
500 – 2000	Concreto ligero
2000 – 2500	Concreto normal (convencional)
2600 - 5600	Concreto pesado

Nota. Fuente: (Niño, 2010).

3.1.3 Diseño de mezclas de concreto. Según (Niño, 2010), el conocimiento de las propiedades del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido tiene como finalidad primordial la de determinar el diseño de la mezcla.

Una mezcla debe diseñarse tanto para estado fresco como estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad y economía, y para concreto endurecido son las de resistencia, durabilidad, y en algunos casos el peso volumétrico.

Para proporcionar los ingredientes en una mezcla de concreto se bebe seguir un procedimiento, para lo cual se han sugerido muchos métodos dentro de los cuales se encuentran los analítico, experimentales, semianalíticos y empíricos.

El método empleado para el diseño de las mezclas de concreto para el presente proyecto es el método americano ACI (American Concrete Institute), descrito por Niño Hernández, en Tecnología del Concreto – Tomo 1, ya que es el más conocido y el más ampliamente usado. Se fundamenta en el principio básico de la relación agua/cemento desarrollado por Abrams, que consiste en seguir una serie de pasos para determinar la cantidad de cada material en peso y volumen, para $1m^3$ de concreto.

Cabe señalar que en el método ACI, el proporcionamiento de los agregados se hace teniendo en cuenta que estos cumplan las especificaciones granulométricas de la norma ASTM C33; en caso contrario se puede emplear el procedimiento alterno propuesto por la Road Note Laboratory (RNL), que consiste en hacer una optimización granulométrica.

3.1.3.1 Método de dosificación. Para el diseño de mezclas se recurre tanto a datos reales como datos empíricos o de experiencia que, con la ayuda de tablas, gráficas y ábacos, se obtiene una guía para alcanzar combinaciones optimas de los materiales.

La optimización de las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con las características deseadas con los materiales disponibles, se logra mediante el sistema de ajuste y reajuste. Dicho sistema consiste en preparar una primera mezcla de prueba con unas proporciones iniciales calculadas por los métodos que se explican a continuación. A la mezcla de prueba se le efectúa el ensayo de asentamiento y si su valor es diferente del recomendado, se reajustan las cantidades. Cuando se logra el asentamiento deseado con las proporciones reajustadas, se elaboran muestras de cilindros a los que se les determine su resistencia a la compresión; se compara con la resistencia especificada y si son diferentes, se vuelven a ajustar las cantidades. Una vez reajustadas las cantidades, se elabora otra mezcla que debe cumplir con el asentamiento y la resistencia requerida; si por algún motivo

no se cumple ninguno de los requerimientos debido a particularidades que no se detectan con los ensayos corrientes que se efectúan a los materiales, se pueden hacer ajustes similares a los indicados hasta lograr los resultados deseados.

Los criterios de dosificación de mezclas de concreto incluyen los siguientes pasos:

- Elección del asentamiento.
- Elegir el tamaño máximo nominal.
- Estimar el contenido de aire,
- Estimar la cantidad de agua de mezclado.
- Estimar la cantidad de agua/cemento (a/c).
- Calcular la cantidad de cemento.
- Verificar si los agregados cumplen las recomendaciones granulométricas.
- Estimación del contenido de grava.
- Estimar el contenido de agregado fino
- Ajustar la cantidad de agua por el contenido de humedad del agregado
- Ajustar las mezclas de prueba.

Elección del asentamiento. El asentamiento se selecciona teniendo en cuanta los parámetros contemplados en la tabla 8**,** es decir, la consistencia requerida de la mezcla, el tipo de estructura y las condiciones de colocación del concreto y el grado de manejabilidad solicitados por el diseño. Cuando el asentamiento no se encuentra especificado en la tabla mostrada, se puede adoptar un valor apropiado para la obra, recordando siempre que se beben usar mezclas con la mínima consistencia que permitan una colocación eficiente.

Tabla 8 *Valores de asentamiento recomendados para diversas clases de construcción.*

Asentamientos recomendados para concretos de diferentes grados de manejabilidad		
Consistencia	Asentamiento (cm)	Tipo de estructura y condiciones de colocación
Muy seca	0 – 2,0	Pilotes o vigas prefabricadas de alta resistencia con vibradores de formaleta
Seca	2,0 – 3,5	Pavimentos con máquina terminadora vibratoria.
Semi seca	3,5 - 5,0	Pavimentos con vibradores normales. Fundaciones de concreto simple. Construcciones en masa voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración.
Media	5,0 – 10,0	Pavimentos compactados a mano. Losas medianamente reforzadas, con mediana compactación, columnas, vigas, fundaciones y muros reforzados con vibración.
Húmeda	10,0 – 15,0	Revestimiento de túneles. Secciones con demasiado refuerzo. Trabajos, donde la colocación sea difícil. Normalmente no es apropiado para compactarlo con demasiada vibración.

Nota. Fuente: (Niño, 2010).

Elección del tamaño máximo nominal. El tamaño máximo nominal (TMN) está limitado por las dimensiones de la estructura, como se mencionó anteriormente según la NSR -10, se trata de elegir una adecuada granulometría, tener una masa más compacta y con menos vacíos. La tabla 9 muestra los valores recomendados del TMN para los diferentes tipos de construcciones.

Tabla 9 *Valores recomendados de TMN según el tipo de construcción.*

	Tamaño máximo nominal en mm (pulgadas)			
Dimensión mínima del elemento (cm)	**Muros reforzados, vigas y columnas**	**Muros sin refuerzo**	**Losas muy reforzadas**	**Losas sin refuerzo o poco reforzadas**
6 – 15	12(1/2'') – 19(3/4")	19(3/4")	19(3/4") – 25(1")	19(3/4") - 38(1 ½")
19 – 29	19(3/4") – 38(1 ½")	38(1 ½")	38(1 ½") – 76(3")	
30 – 74	38(1 ½") – 76(3")	76(3")	38(1 ½") – 76(3")	76(3")
75 ó más	38(1 ½") – 76(3")	152(6")	38(1 ½") – 76(3")	76(3") - 152(6")

Nota. Fuente: (Niño, 2010), Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.

Estimación del contenido de aire. Con el objeto de tener un mejor criterio acerca de la cantidad de aire en el concreto, en la tabla 10 se enseñan los valores que recomienda el ACI 318 S-08 para varios grados de exposición.

Tabla 10 *Valores recomendados para el contenido de aire en el concreto para varios grados de exposición.*

Agregado grueso		**Porcentaje promedio aproximado de aire atrapado**	**Porcentaje promedio total de aire recomendado para los siguientes grados de exposición**		
Pulgadas	**mm**		**Suave**	**Mediano**	**Severo**
3/8	9,51	3,0	4,5	6,0	7,5
1 /2	12,50	2,5	4,0	5,5	7,0
3/4	19,10	2,0	3,5	5,0	6,0
1	25,40	1,5	3,0	4,5	6,0
1 1 /2	38,10	1,0	2,5	4,5	5,5
2	50,8	0,5	2,0	4,0	5,0
3	76,1	0,3	1,5	3,5	4,5
6	152,4	0,2	1,0	3,0	4,0

Nota. Fuente: (Niño, 2010).

Estimación de la cantidad de agua de mezclado. La cantidad de agua por volumen unitario de concreto que se requiere para producir un asentamiento dado depende del tamaño máximo del agregado, la forma y textura de las partículas, así como de la gradación de los agregados, de la cantidad de aire incluido y de los aditivos reductores de agua (cuando son utilizados).

Según estudios desarrollados se puede obtener estimativos aproximados de la cantidad de agua de mezclado. En la tabla 11 se puede observar el criterio suministrado por el ACI.

Tabla 11 *Requerimientos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes asentamientos y TMN del agregado.*

Agua en kilogramos por metro cubico de concreto para los tamaños máximos de agregado indicados								
Concreto sin aire incluido								
Asentamiento cm	10 mm	12,5 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm	70 mm	150 mm
3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	-
Contenido de aire (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Concreto con aire incluido								
Asentamiento cm	10 mm	12,5 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm	70 mm	150 mm
3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	-
Contenido de aire (%)	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3

Nota. Fuente: (Niño, 2010).

Elección de la relación agua/cemento (a/c). La relación agua cemento, medida en peso, es uno de los factores más importante en el diseño de mezclas de concreto y por lo tanto se le debe prestar mucha atención a su escogencia, la relación a/c requerida se determina básicamente por requisitos de resistencia, durabilidad, impermeabilidad y acabado.

Si la relación a/c no se puede llevar a cabo mediante pruebas de laboratorio o registros de experiencia, por limitaciones de tiempo, se pueden usar las relaciones planteadas en la tabla 12**,** solo para concretos elaborados con cemento portland tipo l.

Tabla 12 *Relación entre la resistencia a la compresión y algunos valores de la relación a/c.*

Resistencia a la compresión a los 28 días		**Concreto sin inclusor de aire (relación absoluta por peso)**	**Concreto con inclusor de aire (relación absoluta por peso)**
Kg/cm^2	**PSI**		
175	2500	0,68	0,56
210	3000	0,58	0,50
245	3500	0,52	0,46
280	4000	0,47	0,42
315	4500	0,43	0,38
350	5000	0,40	0,35

Nota. Fuente: (Niño, 2010).

Cálculo del contenido de cemento. El cálculo de la cantidad de cemento por metro cúbico de concreto es muy sencillo. Teniendo la relación agua cemento y el contenido de agua calculados en los pasos anteriores, inmediatamente se despeja el contenido de cemento según la expresión 1.

$$\boldsymbol{C = \frac{a}{a/c}} \quad \textbf{(1)}$$

Verificación de las especificaciones granulométricas. La verificación se lleva a cabo bien sea elaborando una curva granulométrica de los agregados de que se dispone y compararla con la recomendada en la norma técnica NTC 174, o bien tabulando.

Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino. Dependiendo de si están o no dentro del rango granulométrico recomendado por la NTC 174, la dosificación de grava y arena se puede lograr por uno de los métodos siguientes.

- Método ACI: Se utiliza cuando los agregados cumplen con las recomendaciones granulométricas NTC 174.

- Método de la Road Note Laboratory: Se utiliza cuando los agregados no cumplen con las recomendaciones granulométricas NTC 174.

Ajuste de la cantidad de agua de mezclado debido a la humedad de los agregados. Las partículas de agregado, debido a la porosidad de los granos, siempre tendrán algún grado de humedad, y para su dosificación se asume que están en condición sss (saturada superficialmente seca). Por tal razón siempre tendrán un exceso de agua libre o un defecto, cantidad que no es independiente del agua de mezclado y por lo tanto se debe restar la cantidad de exceso o sumar la cantidad en defecto.

Para la determinación del sobrante o faltante de agua se puede utilizar la expresión 2 propuesta por el ingeniero Diego Sánchez:

$$A = M(H \pm Abs) \quad \textbf{(2)}$$

Donde:

A= Agua de exceso o defecto respecto a la condición sss

M= peso de la muestra seca, en kg

H= humedad del agregado en tanto por uno

Abs= Absorción del agregado en tanto por uno

La humedad se determina con la expresión 3:

$$H = \frac{M_h - M}{M} \quad \textbf{(3)}$$

Donde:

H= humedad de la muestra en tanto por uno

M_h= peso de la muestra húmeda en gramos

M= peso de la muestra seca, en gramos.

El cálculo de la absorción se puede lograr mediante la expresión 4:

$$Abs = \frac{M_{SSS} - M}{M} \quad \textbf{(4)}$$

Donde:

Abs= Absorción del agregado.

M= peso de la muestra seca, en gramos.

Msss= peso de la muestra en estado sss, en gramos.

Ajuste a las mezclas de prueba. Con el diseño explicado anteriormente se pueden encontrar unas cantidades que teóricamente producen un concreto con las propiedades deseadas. Sin embrago se deben comprobar por medio de las mezclas de prueba, las cuales deben realizarse de acuerdo con la norma ASTM C3.

Los ajustes de la mezcla de prueba se pueden llevar a cabo siguiendo el procedimiento sugerido por el ACI.

3.2 Marco Referencial

El desarrollo del proyecto de investigación “EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DE UNA MEZCLA HIDRÁULICA CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRÁULICOS” tiene como finalidad de mejorar las propiedades del concreto mediante la adición de fibras de

fique, asimismo analizar y experimentar por medio de ensayos de laboratorios la viabilidad de mejorar la resistencia de un concreto novedoso adicionándole una fibra natural como lo es la de fique para sustituir la malla electrosoldada, al mismo tiempo se pretende dar una alternativa novedosa y confiable para personas dedicadas o interesadas en la construcción.

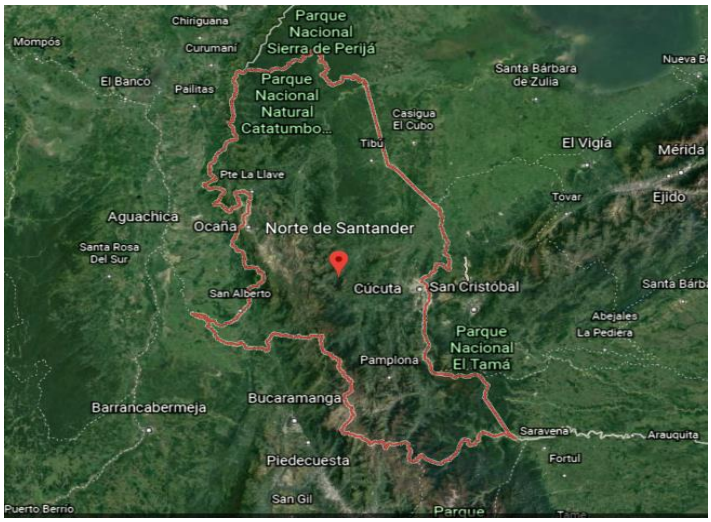
Es importante establecer el lugar donde se realizará la investigación, en este caso la procedencia de los materiales a usar, dicho lo anterior podemos precisar que la investigación se desarrollará de la mano con la Universidad de Pamplona, Norte de Santander.

A continuación, se describen en forma general aspectos relevantes sobre la ubicación, empresas y comunidades involucradas en el suministro de materiales, o que influyen de manera directa en la investigación.

3.2.1 Descripción del lugar donde se llevará a cabo el desarrollo de la investigación. En este orden de ideas, el departamento de Norte de Santander es el que lidera en el desarrollo de esta investigación, puesto que uno de sus municipios, Pamplona, se desarrollará dicho proyecto, de igual modo todos los materiales a usar, proceden de sus provincias, ríos, etc.

Es así como se da paso a mencionar aspectos de interés de este departamento, la figura 5 muestra la ubicación del departamento de Norte de Santander.

Figura 5 *Localización departamento de Norte de Santander*



Nota. Fuente: Google Earth, Vista aérea 2022.

Norte de Santander es uno de los 32 departamentos de Colombia. Está ubicado al oeste del país en la región Andina, limitando al norte y este con Venezuela, al sur con Boyacá, al suroeste con Santander y al oeste con Cesar. Con 21.648 km^2 es el noveno departamento menos extenso. Cuenta con 40 municipios agrupados en 6 subregiones, 2 provincias y un área metropolitana. Su capital es la ciudad de Cúcuta. (División Politico Administrativa de Colombia, 2021)

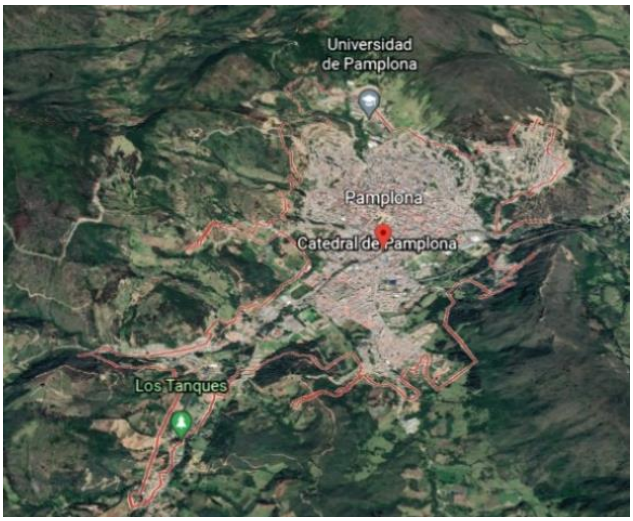
El Clima del Departamento de Norte de Santander está determinado principalmente por la posición geográfica y por su relieve. Norte de Santander tiene un clima tropical modificado y suavizado por la altitud y las variaciones del relieve, lo cual hace que se presenten marcadas diferencias entre los elementos climáticos. (Toda Colombia, 2019)

Debido a sus recursos naturales y su ubicación geográfica, Norte de Santander se ha convertido en un eje económico y comercial del país, este departamento fue creado en la Gran Colombia. (Santander, 2021)

El municipio de Pamplona fue fundado el 1 de noviembre de 1549, por Pedro de Ursúa y Ortún Velasco de Velásquez. Su temperatura promedio es de 16 °C.

Se caracteriza por su producción manufacturera y su industria corresponde a la producción de tejidos, conocida como la ciudad estudiantil del oriente colombiano por su excelente calidad de instituciones educativas. (Cucutanuestra, s.f.). La figura 6 muestra la localización de Pamplona, Norte de Santander.

Figura 6 *Localización de Pamplona*



Nota. Fuente: Google Earth, Vista aérea 2022.

Está situada en las coordenadas 72°39' de longitud al oeste de Greenwich y a 7° y 23' de latitud norte. Se encuentra situada a 2200 metros sobre el nivel del mar.

Pamplona, limita al norte con Pamplonita y Cucutilla, al sur con los municipios de Cácota y Mutiscua, al oriente con Labateca y al occidente con Cucutilla. Tiene una extensión total de 456 km. (Cucutanuestra, s.f.)

3.2.2 Lugar de procedencia de los materiales a utilizar. Los materiales necesarios para el desarrollo de este proyecto tienen su origen, como ya se hizo notar en el

departamento de Norte de Santander; establecer la procedencia de los materiales a usar en la investigación es de suma importancia puesto que de ello depende en gran parte las propiedades y características que el material presenta, como se indica a continuación:

3.2.2.1 Fibra de fique: Este material se obtuvo en la plaza de mercado.

3.2.2.2 Agregados: Planta rio Pamplonita, suministrados por el depósito de materiales la FLECHA.

3.3 Marco conceptual

3.3.1 Cemento: Para los efectos de esta norma es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene sílice alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. (NTC 31, 1982)

3.3.2 Concreto: Material compactado, resistente a la compresión derivado de la mezcla de cemento, agregados finos y grueso, agua y eventualmente aditivos. (Abanto, s.f.)

3.3.3 Agregados: Los agregados son componentes derivados de la trituración natural o artificial de diversas piedras, y pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra. Material granular, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o morteros hidráulicos (Norma sismo resistente, 2010)

Lo que se puede concluir de lo anterior es que los agregados son aquellos que predominan en la mezcla de concreto aportando resistencia, trabajabilidad y durabilidad deseada por el diseño; estos se dividen en:

3.3.3.1 Agregado fino: Material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 Mieras (0.074 mm.). (Gutiérrez de lópez, 2003)

Características de un buen agregado fino según (Gutiérrez de lópez, 2003) :

• Debe de hacerse una buena degradación del material para que pueda llegar a un llenado de vacíos y realizar una mejor compactación.

• La aparición de materia orgánica en el material a utilizar puede cambiar parcialmente o en su totalidad el proceso de fraguado, para esto debe ser lavado.

3.3.3.2 Agregado grueso: Material retenido en el tamiz No. 4, con un tamaño entre 7.6 cm y 4.76 mm. (Gutiérrez de lópez, 2003)

Características de un buen agregado grueso según (Gutiérrez de lópez, 2003) :

• Deberá de existir una buena degradación con tamaños intermedios ya que si hace falta el mezclado tendrá inconvenientes de segregación.

• Dependiendo de la estructura se exige un tamaño máximo adecuado.

• La densidad optima aparente deberá estar entre rangos de 2.3 y 2.9 g/cm^3, cuanto más alta sea su densidad, su calidad es mucho mejor y su absorción disminuye.

• Lo recomendable para el límite de una resistencia al desgaste frente a la máquina de los ángeles debe ser menor al 35% en pavimentos rígidos y en estructuras diferentes menores al 40%.

3.3.4 Agua: Casi cualquier agua natural que se pueda beber (potable) y que no tiene un sabor u olor marcado, puede utilizarse como agua de mezclado en la elaboración de concreto. Las impurezas excesivas en el agua de mezclado, pueden afectar no sólo el

tiempo de fraguado, la manejabilidad, la resistencia del concreto y la estabilidad volumétrica (variación dimensional), sino que también pueden provocar eflorescencia o corrosión en el refuerzo. Siempre que sea posible, debe evitarse el agua con altas concentraciones de sólidos disueltos. (Norma sismo resistente, 2010)

3.3.5 Aditivos: Un aditivo es un material distinto del agua, agregados y cemento hidráulico usado como ingrediente en concretos y morteros añadido a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado.

Hoy en día, los aditivos se consideran un ingrediente más del concreto y se emplean para modificar las propiedades de modo que lo hagan más adecuado para condiciones de trabajo particulares. (Gutiérrez de lópez, 2003)

3.3.6 Fibras: La norma ASTM C 1116 define las fibras como "filamentos delgados y alargados en forma de paquetes, redes o cadenas de cualquier material natural o manufacturado que puede ser distribuido en todo el concreto fresco. (ASTM C-1116 - 03, 2017)

3.3.7 Fibras de fique: La cabuya es una fibra natural áspera, dura y resistente que se obtiene al procesar su materia prima conocida como penco. De acuerdo a la región donde crece, el penco puede adoptar la siguiente denominación: fique, agave, sisal, mezcal, pita y maguey. (Jurado & Checa, 2014)

3.3.8 Fique: Plantas grandes, con un tallo sin ramificación de hasta 1.5 m de alto, hojas numerosas, más de 100, dispuestas en una roseta hacia la base de la planta, largas y angostas, de hasta 2 m de largo y 20 cm de ancho, carnosas, erguidas, acanaladas, verdes o verde azul, con o sin aguijones en las márgenes y en las puntas. Inflorescencias muy largas

y ramificadas, hasta 6 m de alto, erguidas y saliendo del centro de la roseta de hojas, con muchas flores grandes y fragantes, de color blanco verdoso. (Vivo Boreal, 2018)

3.4 Marco legal

Con el propósito de realizar los procesos necesarios que determinaran la confiabilidad y éxito de los resultados obtenidos mediante el desarrollo del proyecto en estudio, se hace necesario realizar todos los procesos bajo lo establecido por la normatividad vigente establecida, se trata desde luego en el desarrollo de este proyecto, la norma INVIAS-13 Capitulo 5 y las normas NTC, promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC.

- **Norma: NTC 30**

  Nombre: Cemento Portland – Clasificación y nomenclatura.

  Descripción: Esta norma establece la clasificación y nomenclatura de los cementos Portland de acuerdo con sus cualidades y usos. (NTC 30, 1966)

- **Norma: NTC 32**

  Nombre: Tejido de alambre y tamices para propósitos de ensayo.

  Descripción: ✓ Establecer estadísticamente las distintas proporciones de tamaño de los agregados que intervienen en el proceso de fabricación del hormigón. (NTC 32, 2002)

- **Norma: NTC 77**

  Nombre: Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.

Descripción: ✓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. (NTC 77, 2007)

- **Norma: NTC 98**

Nombre: Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37,5 mm, utilizando la máquina de los ángeles.

Descripción: Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de los agregados gruesos de tamaños menores a 37,5 mm, usando la máquina de Los Ángeles (Véase la Nota 1).

NOTA 1 El procedimiento de ensayo para agregados gruesos mayores de 19 mm está contenido en la NTC 93.

✓ Los valores normativos están de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Véase la norma NTC-ISO 1000.

✓ Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si hay alguno, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las

prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las regulaciones a usar. (NTC 98, 2006)

- **Norma: NTC 121**

Nombre: Especificación de desempeño para cemento hidráulico.

Descripción: Esta Norma Técnica se refiere a cementos hidráulicos para uso tanto general como especial. No hay restricciones sobre la composición del cemento o de sus componentes (véase la Nota 1).

Nota 1. Hay 2 normas de ASTM relacionadas con cemento hidráulico, la ASTM C 150 para cemento portland y ASTM C595 para cementos adicionados. Dichas normas contienen requisitos prescriptivos y de desempeño.

✓ Esta norma clasifica los cementos con base en requisitos específicos para uso general, alta resistencia temprana, resistencia al ataque por sulfatos y calor de hidratación. Se indican requisitos opcionales para la propiedad de baja reactividad con agregados reactivos álcali-sílice y para cementos con incorporadores de aire.

✓ Los valores estándar expresados, deben estar bien sea bajo el Sistema internacional de unidades o en el sistema ingles de unidades, y considerados separadamente. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes, por lo tanto, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en la no conformidad con la norma.

✓ El texto de esta norma hace referencia a notas y notas al pie de página que proveen material explicativo. Estas notas y notas al pie de página (excluyendo aquellas referentes a tablas y figuras) no son requisitos de la Norma.

✓ Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer las prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias. Las mezclas frescas de cemento hidráulico son cáusticas y pueden causar irritaciones en la piel y tejidos, debido a exposición prolongada. Se recomienda el uso de guantes, traje de protección y protección visual. En caso de exposición, lavar la parte afecta con abundante agua. En el caso de los ojos, se deben lavar con agua limpia por lo menos durante 15 min. Se debe evitar el contacto del cuerpo con el agua residual del mortero, concreto, pasta o lechada. Retire el traje contaminado inmediatamente luego de la exposición. En cualquier caso, se debe tener asistencia médica idónea. (NTC 121, 1982)

- **Norma: NTC 129**

  Nombre: Práctica para la toma de muestras de agregados.

  Descripción: Establece los procedimientos para extraer y enviar muestras representativas de los agregados pétreos naturales para hormigones y mortero para los siguientes propósitos:

  ✓ La investigación preliminar de la fuente potencial de suministros.

  ✓ El control del producto de la fuente de suministro.

  ✓ El control de las operaciones en el sitio de construcción. (NTC 129, 1995)

- **Norma: NTC 174**

Nombre: Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto.

Descripción: ✓ 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.

✓ 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.

✓ 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.

✓ Esta norma también es para uso en especificaciones de proyectos, para definir la calidad del agregado, su tamaño máximo y otros requisitos de gradación específicos. Las personas responsables de seleccionar las proporciones de la mezcla de concreto también deben determinar las proporciones de agregado fino y grueso y la adición de una mezcla de agregados de diferente tamaño, si se requieren o aprueban.

✓ Los valores se deben regir de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Véase la NTC 1000 (ISO 1000).

- ✓ El texto de esta norma hace referencia a notas corrientes que brindan material explicativo. Estas notas (se excluyen las de las tablas y las de las figuras) no se deben considerar requisitos de esta norma.

Agregado liviano: NTC 4045 (ASTM C330), requisito de NSR (2010). (NTC 174, 2000)

- **Norma: NTC 321**

Nombre: Cemento portland: especificaciones químicas.

Descripción: Los ensayos deben realizarse de acuerdo a la norma ICONTEC 184. EMPAQUE Y ROTULADO, 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 de los bultos en kg.
- ✓ Deberá suministrarse información similar en el aviso de expedición que acompañe al pedido del cemento a granel. Todos los bultos deberán estar en buenas condiciones en el momento de la inspección en fábrica. (NTC 321, 1982)

- **Norma: NTC 396**

Nombre: Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.

Descripción: Esta norma establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto en la obra y en el laboratorio.

✓ Esta norma puede involucrar materiales, maniobras y equipos peligrosos; sin embargo, no implica referirse a los problemas de seguridad asociados con su empleo. Es responsabilidad del usuario constatar antes de su empleo las prácticas y condiciones tanto de seguridad como de sanidad y, además, determinar la aplicación de éstas. (NTC 396, 1992)

- **Norma: NTC 673**

Nombre: Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

Descripción: ✓ Este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados.

✓ La presente norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas adecuadas de salud y seguridad, así como determinar la aplicación de las limitaciones regulatorias antes de su uso. Las mezclas frescas de concreto o mortero hidráulico son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas al contacto directo con la piel. Cualquier caso de exposición se debe tratar con la atención de un profesional médico. (NTC 673, 2010)

- **Norma: NTC 1377**

Nombre: Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio.

Descripción: ✓ Esta norma establece los procedimientos para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto que se puede compactar por apisonamiento o vibración, como se describe en la presente norma.

✓ Los valores se regirán de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (Véase la NTC 1000. Metrología).

✓ Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer las prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias. (NTC 1377, 1994)

- **Norma: NTC 2871**

Nombre: Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión.

Descripción: Este método de ensayo se utiliza para determinar la resistencia del concreto a la flexión mediante el uso de una viga simple con carga en los tercios medios.

✓ Los valores indicados en SI se deben considerar como los normalizados. El equivalente en unidades del sistema inglés (libra-pulgada) se incluye con carácter informativo.

✓Esta norma no pretende tratar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con esta norma. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas adecuadas de seguridad industrial y salud, y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso. (NTC 2871, 2004)

- **Norma: NTC 3459**

Nombre: Concretos agua para la elaboración de concreto.

Descripción: Esta norma tiene por objeto determinar el método para establecer por medio de ensayos, si el agua es apropiada para la elaboración de concreto. Los ensayos a que se refiere esta norma no proporcionan información con respecto a la durabilidad del concreto a largo plazo.

Generalidades: El agua debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. Si contiene sustancias que le produzcan color, olor o sabor inusuales, objetables o que causen sospecha, el agua no se debe usar a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta, o información que indique que no perjudica la calidad del concreto. (NTC 3459, 2001)

- **I.N.V-E 122-13**

Nombre: Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo -agregado.

Descripción: Esta norma se refiere a la determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad), por masa, de suelo, roca, y mezclas de suelo-agregado. Por simplicidad, de aquí en adelante, la palabra "material" se refiere a suelo, roca o mezclas de suelo-agregado, la que sea aplicable.

- **I.N.V-E 123-13**

Nombre: Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos.

Descripción: Se refiere a la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de las partículas de un suelo. La distribución de las partículas mayores de 75 µm (retenidas en el tamiz No. 200) se determina por tamizado, mientras que la distribución de los tamaños de las partículas menores de 75 µm se determina por un proceso de sedimentación empleando un hidrómetro. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V-E 213-13**

Nombre: Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.

Descripción: ✓Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada progresivamente decreciente. Este método también se puede aplicar usando mallas de laboratorio de abertura redonda, y no se empleará para agregados recuperados de mezclas asfálticas.

✓Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, el establecimiento de prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y la aplicación de limitaciones regulatorias con anterioridad a su uso. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V -E 216-13**

Nombre: Contenido total de agua evaporable de los agregados por secado.

Descripción: Se aplica para determinar la humedad evaporable en una muestra de agregado por secado del agua libre y de la contenida en los poros permeables al agua. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V -E 217-13**

Nombre: Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto y compactado.

Descripción: Determinar la densidad (peso unitario) de agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos, en condición suelta o compactada. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V -E 218-13**

Nombre: Resistencia a la degradación de los agregados de tamaños menores de 37,5 mm por medio de la máquina de los ángeles. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V -E 219-13**

Nombre: Resistencia a la degradación de los agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (3/4'') por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles.

Descripción: Mide la degradación de un agregado pétreo con una composición granulométrica definida, como resultado de una combinación de acciones que incluyen abrasión, impacto y molienda en un tambor de acero rotatorio que contiene 12 esferas metálicas. A medida que gira el tambor, una pestaña de acero recoge la muestra y las esferas de acero las arrastra hasta que caen por gravedad en el extremo opuesto del tambor, creando u efecto de impacto y trituración. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V-E 223-13**

Nombre: Gravedad específica y absorción de agregados gruesos.

Descripción: Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación de gravedades específicas, satura y superficialmente seca y aparente, así

como la absorción, después que los agregados con tamaño igual o mayor a 4,75 mm (tamiz No.4) han estado sumergidos en agua durante 15 horas. Este método no se debe aplicar a agregados pétreos livianos. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V-E 402-13**

Nombre: Elaboración y curado en el laboratorio de muestras de concreto para ensayos de compresión y flexión.

Descripción: ✓ Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto compactado por apisonado o vibración como se describe en la presente norma.

✓ Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

✓ Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien emplee esta norma, establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V-E 403-13**

Nombre: Refrentado de cilindros de concreto.

Descripción: Especifica los aparatos, materiales y procedimientos necesarios para llevar a cabo el refrentado de cilindros de concreto, frescos o endurecidos, y de concreto extraídos mediante rotación. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V-E 404-13**

Nombre: Asentamiento del concreto de cemento hidráulico (slump).

Descripción: Una mezcla de concreto fresco se coloca y consolida por varillado en un molde tronco-cónico. Al levantar el molde, el cono de concreto se desploma. Se mide la distancia vertical entre las posiciones inicial y final de la superficie superior del concreto en su parte central. (INVIAS, 2013)

- **I.N.V-E 410-13**

Nombre: Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

Descripción: Este método de ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tanto cilindros moldeados como núcleos extraídos, y está limitado a concretos con una densidad superior a 800 kg/m³ (50 lb/pie³). (INVIAS, 2013)

- **I.N.V-E 414-13**

Nombre: Resistencia a la flexión del concreto método de la viga simple cargada en los tercios de la luz.

Descripción: ✓ Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, por medio del uso de una viga simple cargada en los tercios de la luz.

✓ El valor del módulo de rotura indicado en MPa (lb/pulg²) se considerará como el normalizado.

✓ Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

✓ Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso, si los hay. Es responsabilidad de quien la emplee, establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su empleo. (INVIAS, 2013)

Capítulo 4. Administración del proyecto

4.1 Recursos

4.1.1 Recursos humanos

Para el desarrollo del presente Proyecto se cuenta con el apoyo de la estudiante del programa de ingeniería civil (autora del mismo), de la directora y codirectora externa.

Estudiante: Melissa Andrea Durán Osorio (Estudiante de proyecto de grado).

Directora: Yee Wan Yung Vargas, Ingeniera Civil, especialista en Vías y Transporte, magister en Ingeniería-Infraestructura y Sistemas de Transporte, doctora Ingeniería-Ingeniería Civil.

Codirectora externa: Diana Patricia Urrea Ramírez, Ingeniera Civil, especialista en mecánica de suelos y cimentaciones, especialista en gerencia de proyectos, magister en Ingeniería-Civil con la Universidad Eafit de Colombia Sede Medellín.

4.1.2 Recursos institucionales

Se hará uso del apoyo que brindan los recursos institucionales de con los que cuenta Biblioteca “José Rafael Faría Bermúdez” de la Universidad de Pamplona, y los laboratorios de suelos y pavimentos (Programa de Ingeniería Civil) de la Universidad de Pamplona y Laboratorio de suelos (Programa de Ingeniería Civil) de la Universidad Francisco de Paula Santander-Cúcuta.

4.1.3 Recursos financieros

En la tabla 13 se describen los recursos de materiales para el desarrollo de la presente investigación.

Tabla 13 *Recursos financieros del proyecto.*

Tipo de recurso	Recurso	Descripción	Fuente financiador	Monto (Pesos)
Humano	Melissa Andrea Durán Osorio	Estudiante autora del proyecto	-	-
	Yee Wan Yung Vargas	Directora del proyecto	-	-
	Diana Patricia Urrea Ramirez	Codirectora externa del proyecto	-	-
Tecnológico	Recurso 1	Computador	Recursos propios	2100076
	Recurso 2	internet		
	Recurso 3	Calculadora		
Materiales	Recurso 1	Cemento	Recursos propios	66000
	Recurso 2	Arena		56000
	Recurso 3	Triturado		64000
	Recurso 4	Fibra de fique		20000
	Recurso 5	Lapiceros		2500
Operación	Recurso 1	Transporte	Recursos propios	165000
Imprevistos	Variación de costos estimados, recursos adicionales.		Recursos propios	49471,52
Total				2523047,52

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En cuanto al material de río o agregados necesarios para el desarrollo de la tesis, se obtuvieron mediante la planta del rio pamplonita, suministrados por el depósito de materiales LA FLECHA, en Pamplona, Norte de Santander, de igual manera el tipo de cemento portland tipo 1, y la fibra de fique se obtuvo de la plaza de mercado de este mismo municipio.

En la figura 7 se observa el agregado fino (arena) usado para este proyecto.

Figura 7 *Agregado fino (Arena).*

Nota. Fuente: Autora del proyecto

En la figura 8 se observa el agregado grueso (grava) utilizado para este proyecto.

Figura 8 *Agregado grueso (Grava).*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 9 se muestra la fibra de fique en forma de rollo y cortada en 4cm de longitud dispuesta a adicionársele a la mezcla hidráulica.

Figura 9 *Fibra de fique en forma de rollo y cortada en 4 cm de longitud.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Capítulo 5: Diseño Metodológico

5.1 Etapas de investigación

5.1.1 Etapa I: *Recolección e información antecedente y obtención de materiales.*

Recolección de materiales: Valiéndose de fuentes primarias, Normas del Instituto Nacional de Vías en el artículo 500, capitulo 5 (INVIAS-2013), Norma Sismo Resistente Colombiana en su título C, y las normas técnicas que este considere, y fuentes secundarias como el uso del internet, textos científicos, libros, revistas científicas y tesis de investigación.

Ubicar las fuentes de material y obtención del mismo: Mediante un análisis de alternativas viables para la obtención de los materiales a usar, como se ha establecido paginas atrás, fibra de fique, se determinó emplear estas fibras encontradas principalmente en el mercado del municipio de Pamplona en el departamento de Norte De Santander, en forma de rollos, posteriormente se procede a la gestión para el suministro de este material y por último se realiza la adquisición del mismo.

5.1.2 Etapa II: *Ensayos de laboratorio.*

Esta fase cumple con realizar el segundo objetivo específico, el cual consiste en evaluar las propiedades físicas de los materiales pétreos, que se utilizaran para la fabricación de las mezclas hidráulicas con y sin aditivo de fique, para esto se hace necesario realizar ensayos estipulados en la normatividad de INVIAS-13, capitulo 5(Granulometría, humedad, gravedad específica, densidad, módulo de finura del agregado fino, desgaste de los agregados máquina de los ángeles, índice de aplanamiento y alargamiento del agregado grueso, determinación del equivalente de arena, porcentaje de caras fracturadas, porcentaje

de absorción, asentamiento cono de Abraham), las cuales se realizaron en el laboratorio de la Universidad de Pamplona, departamento de Norte de Santander.

5.1.3 Etapa III: *Diseño y elaboración de la mezcla.*

En el desarrollo de la tercera etapa se lleva a cabo el cumplimiento del tercer objetivo específico, el cual consiste en establecer el porcentaje de fibra de fique óptimo para ser utilizado en la mezcla hidráulica modificada.

Que se utilizaran para la elaboración de la mezcla hidráulica con y sin aditivo con los diferentes porcentajes 0.5%, 1% y 1.5% con muestras en forma de cilindro para la compresión y de vigas para la tracción, para realizar dicha evaluación es necesario realizar los cálculos y ensayos de laboratorio de acuerdo a lo establecido en la NSR10, en el titulo C, igualmente de acuerdo con las normas técnicas colombianas, NTC, promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, normatividad de INVIAS-13, así mismo a falta de ellas deben seguirse las normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM).

5.1.4 Etapa IV: *Ensayos de resistencia a tracción y compresión y análisis de resultados.*

En esta etapa del proyecto se realiza pruebas de laboratorio para los ensayos a tracción sobre viguetas y ensayos de resistencia a la compresión con cilindros.

También se lleva a cabo un análisis comparativo y representaciones graficas mediante barras de los resultados obtenidos en los procesos realizados en la III ETAPA, con el propósito de determinar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas hidráulicas convencionales y modificadas con fibra de fique, para establecer el incremento

en la resistencia a tracción. con lo cual se da fin al tercer objetivo específico, llegado a este punto en el desarrollo de la investigación se procede a emitir las conclusiones y recomendaciones que los autores consideren convenientes y necesarias, siendo así cabe resaltar que tras determinar las conclusiones de la investigación se define la aptitud de los concretos diseñados usando fibra de fique.

5.2 Tipo de investigación

Método experimental. El método experimental ha sido uno de los que más resultados ha dado. Aplica la observación de fenómenos, que en un primer momento es sensorial. Con el pensamiento abstracto se elaboran las hipótesis y se diseña el experimento, con el fin de reproducir el objeto de estudio, controlando el fenómeno para probar la validez de las hipótesis. (Behar, 2008)

5.3 Población y muestra

5.3.1 Población

Para el desarrollo del proyecto de investigación se usarán materiales biodegradables, económico y no se pierde tiempo al recogerlo, para este caso fibra de fique presente en el Pamplona, Norte de Santander.

5.3.2 Muestra

Para cada mezcla se elaboraron dos especímenes, cilindros y vigas, con estas se evaluaron los diferentes resultados, según la norma NTC 1377 numeral 4.5 debería hacerse tres o más muestras para cada día de fallo, pero debido a las cuestiones de tiempo y disponibilidad de las viguetas que se encontraban para el uso se decidió solo realizarse dos especímenes para cada ensayo a los 7, 14 y 28 días; las cuales serán de concreto simple sin fibra y con fibra de fique orientadas al azar.

En la tabla 14 se puede observar que la muestra es de 24 especímenes de concreto (Cilindros) para ensayarlos a compresión y 24 especímenes de concreto (Viguetas) para ensayarlas a tracción.

Tabla 14 *Numero de especímenes de concreto.*

Tipo de cilindro y vigueta	**Edad en días**			**Subtotal**
	7	**14**	**28**	
Mezclas hidráulicas convencionales (MHC)	2	2	2	6
Mezclas hidráulicas modificadas (MHM1)	2	2	2	6
Mezclas hidráulicas modificadas (MHM2)	2	2	2	6
Mezclas hidráulicas modificadas (MHM3)	2	2	2	6
TOTAL (MUESTRAS)				**24**

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

5.4 Técnicas de recolección de información

Las técnicas de recolección de información utilizadas para desarrollar la investigación en estudio, se realiza mediante uso de fuentes primarias, Normas del Instituto Nacional de Vías en el artículo 500, capitulo 5 (INVIAS-2013), Norma Sismo Resistente Colombiana en su título C, y las normas técnicas que este considere, y fuentes secundarias como el uso del internet, textos científicos, libros, revistas científicas y tesis de investigación.

5.5 Diseño y elaboración de las mezclas de concreto.

Una vez conocidas las propiedades de los materiales para la elaboración de concretos, se procedió a determinar la dosificación más práctica y económica de los materiales disponibles.

El método empleado para el diseño de las mezclas de concreto para el presente proyecto es el método americano ACI (American Concrete Institute), descrito por (Niño, 2010) en Tecnología del Concreto – Tomo 1, ya que es el más conocido y el más ampliamente usado. Se fundamenta en el principio básico de la relación agua/cemento desarrollado por Abrams, que consiste en seguir una serie de pasos para determinar la cantidad de cada material en peso y volumen, para 1m3 de concreto, los criterios de dosificación de mezclas de concreto incluyen los siguientes pasos:

5.5.1 Procedimiento de dosificación

- Elección del asentamiento

El asentamiento se seleccionó teniendo en cuenta los parámetros contemplados en la Tabla 8, como son, la consistencia requerida de la mezcla, el tipo de estructura, las condiciones de colocación del concreto y el grado de manejabilidad solicitados por el diseño. Se eligió un rango de asentamiento entre 5 y 10 cm, con grado de trabajabilidad medio, el cual es recomendado para diversas clases de construcción como son: Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano, columnas, vigas, fundiciones y muros, con vibración.

- Elegir el tamaño máximo nominal

El Tamaño Máximo Nominal se obtuvo mediante los resultados del ensayo granulométrico de los agregados gruesos (triturado). Se obtuvo un TMN de ¾" (19 mm).

- Estimar el contenido de aire

Debido a que se considera que el concreto diseñado no estará expuesto a ambientes agresivos ni a ciclos de congelamiento y deshielo no se incorpora aire a las mezclas de concreto, sino, que se estima la cantidad de aire atrapado de acuerdo con la tabla 10, donde se enseñan dichos valores.

De acuerdo con lo anterior y para un TMN de 19mm (3/4"), se estimó un contenido de aire atrapado del 2%.

- Estimar la cantidad de agua de mezclado

Según estudios desarrollados se puede obtener estimativos aproximados de la cantidad de agua de mezclado. Según el criterio suministrado por el ACI que se muestra en tabla 11, para un TMN igual a ¾" (19mm), con un asentamiento máximo de 7,5 cm y considerando que el concreto no tiene aire incluido, la cantidad de agua de mezclado adoptada será de 225 kg/m^3.

- Estimar la cantidad de agua/cemento (a/c)

La relación a/c requerida se determina básicamente por requisitos de resistencia, durabilidad, impermeabilidad y acabado.

De acuerdo con las relaciones planteadas en la tabla 12, la relación agua / cemento usada para el diseño de mezclas, adoptando una resistencia de diseño de 3000PSI (21MPas), será de 0,58.

- Calcular la cantidad de cemento

Teniendo la relación agua cemento y el contenido de agua, calculados en los pasos inmediatamente anteriores se despeja el contenido de cemento según la expresión 6:

$$C = \frac{a}{a/_c} \textbf{ (6)}$$

$$C = \frac{200kg/m3}{0{,}58} = 387{,}9\text{kg/m}^3$$

Por tanto, la cantidad de cemento será de $387{,}9\text{kg/m}^3$de concreto.

El volumen por metro cúbico de concreto será dependiendo a la expresión 7:

$$Vc = \frac{C}{Dc} \textbf{ (7)}$$

$$Vc = \frac{387{,}9}{3100} = 0{,}125\ m3$$

El volumen de cemento estimado para un metro cúbico de concreto será de 0,125 m^3.

- Verificar si los agregados cumplen las recomendaciones granulométricas.

En la tabla 15 se muestra la verificación de las especificaciones granulométricas para agregado grueso según la norma NTC 174.

Tabla 15 *Verificación de las especificaciones granulométricas para agregado grueso según la NTC 174.*

Comparación con parámetros de la NTC 174				
No. Tamiz	**NTC 174 (Lim. inferior)**	**Muestra % pasa**	**NTC 174 (Lim. Superior)**	**Cumple o no Cumple**
1	100	100	100	✓ Cumple
3/4	90	93,14	100	✓ Cumple
1/2		51,57		
3/8	20	32,06	55	✓ Cumple
No. 4	0	7,20	10	✓ Cumple

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la tabla 16 se muestra la verificación de las especificaciones granulométricas para agregado fino según la norma NTC 174.

Tabla 16 *Verificación de las especificaciones granulométricas para agregado fino según la NTC 174.*

Comparación con parámetros de la NTC 174				
No. Tamiz	**NTC 174 (Lim. inferior)**	**Muestra % pasa**	**NTC 174 (Lim. Superior)**	**Cumple o no Cumple**
3/8	100	100	100	✓ Cumple
No. 4	95	96,54	100	✓ Cumple
No. 8	80	93,39	100	✓ Cumple
No. 16	50	83,23	85	✓ Cumple
No. 30	25	57,32	60	✓ Cumple
No. 50	10	27,13	30	✓ Cumple
N0. 100	2	7,22	10	✓ Cumple

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

- Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.

Como se puede observar en las tablas de verificación de especificaciones granulométricas, tanto para el agregado fino como para el agregado grueso, todos los tamaños están dentro del rango granulométrico recomendado por la NTC 174, por tal motivo se debe estimar el contenido de arena y grava por el método ACI, y este consiste en hallar el volumen de agregado grueso por metro cúbico de concreto. En la tabla 17 se observa el volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto, es decir (B/Bo).

Tabla 17 *Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto (B/Bo)*

Máximo tamaño nominal de agregados		**Volumen de agregado secado en el horno por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino**			
		Módulo de finura			
Pulgadas	**mm**	**2,40**	**2,60**	**2,80**	**3,00**
3/8	9,51	0,50	0,48	0,46	0,44
½	12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
¾	19,1	0,66	0,64	0,62	0,60
1	25,4	0,71	0,69	0,67	0,65
1 ½	38,1	0,75	0,73	0,71	0,69
2	50,8	0,78	0,76	0,74	0,72
3	76,1	0,82	0,80	0,78	0,76
6	152,4	0,87	0,85	0,83	0,81

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Haciendo uso de la tabla 17 tenemos que la expresión 8 es la siguiente:

$$Bo' = \frac{MUC}{dg} \qquad \textbf{(8)}$$

Por lo tanto, queda que la expresión 9 es igual a 0,7

$$\left(\frac{b}{bo}\right) = 0{,}7 \qquad \textbf{(9)}$$

Para detallar los datos de todo el diseño de la mezcla (Ver apéndice A)

5.6 Metodología experimental

Partiendo del hecho de que el concreto es el material más usado en procesos de construcción y considerando la importancia del uso de materiales alternativos en la construcción, se procedió a diseñar y fabricar mezclas hidráulicas con la inclusión de fibra de fique en porcentajes de 0,5%, 1,0% y 1,5% con respecto al volumen total de la mezcla. El planteamiento de la metodología se soporta en estudios de laboratorio realizados por etapas.

5.6.1 Ensayos sobre agregados pétreos.

Puede observarse los parámetros de las especificaciones para los ensayos sobre los agregados pétreos en la tabla 18.

Tabla 18 Ensayos sobre agregados pétreos.

Ensayos sobre agregados pétreos		
Ensayo	**Norma**	**Parámetros**
Humedad natural	I.N.V-E 122 NTC 1776	-
Masa Unitaria	I.N.V-E 217 NTC 92	-
Análisis granulométrico	I.N.V-E 213 Agregado grueso Agregado fino	 1'' y ¾'' 2,3 – 3,1
Peso específico y absorción	I.N.V-E 222 Agregados finos I.N.V-E 223 Agregados gruesos	4% máximo
Resistencia al desgaste de los agregados gruesos por medio de la máquina de los ángeles	I.N.V-E 218 NTC 98	40% máximo
Peso unitario seco aparente (Pm)	I.N.V E- 217	-

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 10 se puede observar la determinación de contenido de humedad de los agregados finos (arena natural y seca).

Figura 10 *Determinación del contenido de humedad de agregados finos.*

Muestra de arena natural

M1 M2 M3

Muestra de arena

Nota. Fuente: Autora del proyecto

En la figura 11 se puede observar la determinación de contenido de humedad de los agregados gruesos (triturado natural y seco)

Figura 11 *Determinación del contenido de humedad de agregados gruesos.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 12 se puede observar la determinación de masa unitaria suelta de los agregados pétreos.

Figura 12 *Determinación de masa unitaria suelta.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 13 se puede observar la determinación de masa unitaria compactada de los agregados pétreos.

Figura 13 *Determinación de masa unitaria compacta.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 14 se muestra la determinación de la gravedad especifica del agregado fino.

Figura 14 *Determinación de gravedad especifica del agregado fino.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 15 se muestra la realización del ensayo de granulometría sonde se determinó el tamaño máximo (TM), tamaño máximo nominal (TMN) y módulo de finura (MF) de los agregados.

Figura 15 *Granulometría de agregados.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 16 se puede observar la preparación de muestra para el ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos, la muestra seca superficialmente con una toalla, y por último se aprecia el agregado grueso sumergido en agua.

Figura 16 *Toma del peso del agregado grueso sumergido en agua.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 17 se muestra el método que se emplea para determinar la resistencia al desgaste de los agregados naturales o triturados empleando la citada máquina de los ángeles

Figura 17 *Máquina de los ángeles, ensayo de desgaste del agregado grueso.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la tabla 19 se observa las cantidades de material para ensayo de desgaste de los agregados, dependiendo de su granulometría.

Tabla 19 *Cantidades de material para ensayo de desgaste dependiendo del tipo de granulometría.*

Tamiz Icontec	**Cantidad de muestra en gramos gradación**			
Pasa/retiene	**A**	**B**	**C**	**D**
38,1mm – 25,4mm	1250 ± 25			
25,4mm – 19,0mm	1250 ± 25			
19,0mm – 12,7mm	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,7mm – 9,51mm	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,51mm – 6,35mm			2500 ± 10	
6,35mm – 4,76mm			2500 ± 10	
4,76mm – 2,38mm				5000 ± 10
Total	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Nota. Fuente: (INVIAS, 2013)

En la tabla 20 se muestra el tipo de carga abrasiva, número de esferas y la masa de estas para el ensayo de desgate de los agregados.

Tabla 20 *Carga abrasiva para ensayo de desgaste.*

Tipo	**Numero de esferas**	**Masa de las esferas**
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Nota. Fuente: (INVIAS, 2013)

5.6.2 Ensayos sobre el cemento hidráulico.

La tabla 21 muestra los ensayos realizados sobre el cemento hidráulico.

Tabla 21 *Ensayos sobre el cemento hidráulico.*

Ensayos sobre el cemento hidráulico		
Ensayo	**Norma**	**Parámetros**
Densidad especifica	I.N.V-E 307	3,0 – 3,2 g/cm^3

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 18 se observa el procedimiento para realizar el peso específico del cemento.

Figura 18 *Determinación del peso específico del cemento.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

5.6.3 Fabricación diseño de mezclas hidráulicas.

La tabla 22 muestra la fabricación para realizar las mezclas hidráulicas.

Tabla 22 *Fabricación de mezclas hidráulicas.*

Fabricación de mezclas hidráulicas		
Ensayo	**Norma**	**Parámetros**
Curado del concreto	Método ACI	
Selección del asentamiento.	Método ACI	Consistencia media: 5cm - 10 cm
Selección del tamaño máximo nominal.	Método ACI	19(3/4") – 25(1")
Estimación del contenido de aire.	Método ACI	2%
Estimación de la cantidad de agua de mezclado	Método ACI	225 Kg/m^3
Selección de la relación agua-cemento.	Método ACI	0,58
Contenido de cemento	Método ACI	-
Estimación del contenido de agregados.	Método ACI	0,66 – 0,71

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 19 se observa el proceso de curado de los especímenes de cilindros y vigas.

Figura 19 *Proceso de curado.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

5.6.4 Ensayos sobre las mezclas hidráulicas

La tabla 23 muestra los ensayos realizados sobre las mezclas hidráulicas.

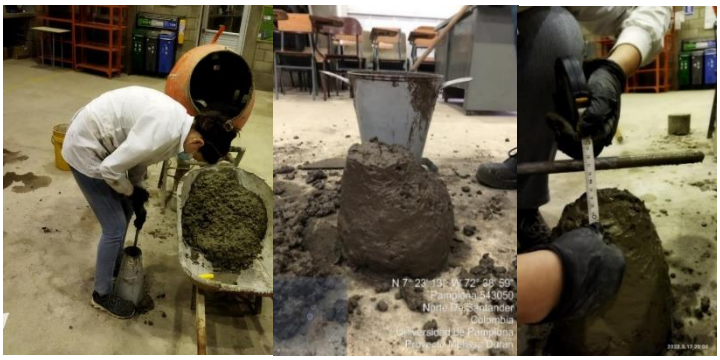
Tabla 23 *Ensayos sobre mezclas hidráulicas.*

Ensayos sobre las mezclas hidráulicas		
Ensayo	**Norma**	**Parámetros**
Ensayo de asentamiento	I.N.V-E 404 NTC 396	5cm – 10 cm
Ensayo de compresión de cilindro de concreto.	I.N.V-E 410	3000 PSI
Ensayo de tracción de viguetas de concreto.	I.N.V-E 414	-

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 20 se muestra el procedimiento del ensayo de asentamiento al concreto en estrado fresco.

Figura 20 *Ensayo de asentamiento.*



Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 21 se muestra la realización de la mezcla hidráulica y el curado de muestras de los cilindros.

Figura 21 *Toma, elaboración y curado de muestras de cilindros.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 22 se puede observar el proceso para ensayar los cilindros a compresión.

Figura 22 *Ensayo de resistencia a la compresión.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

En la figura 23 se puede observar la toma, elaboración y curado de muestras ara las viguetas.

Figura 23 Toma, elaboracion y curado de muestras de Viguetas.

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

El procedimiento del ensayo de resistencia atracción se describe en la figura 24.

Figura 24 *Ensayo de resistencia a tracción.*

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

5.7 Análisis e interpretación de los resultados

5.7.1 Ensayos realizados al agregado fino.

En la tabla 24 se resumen los resultados obtenidos sobre el agregado fino.

Tabla 24 *Resultados de ensayos realizados al agregado fino.*

Agregado Fino			
Ensayo	**Norma**	**Parámetro**	**Valor obtenido**
Contenido de humedad	I.V.V E-122 NTC 1776	No hay ningún valor aceptado como referencia para este método de ensayo	8,36%
Masa unitaria	I.N.V E- 217 NTC 92	No hay ningún valor aceptado como referencia para este método de ensayo	1,54 g/cm^{3}compacta 1,36 g/cm^3 suelta
Análisis granulométrico	I.N.V E- 213	2,3 – 3,1	2,35
Peso específico y absorción	I.N.V E- 222	-	7,45%
Peso unitario seco aparente (Pm)	I.N.V E- 217	-	3,61 gr/cm^3

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

De acuerdo al ensayo realizado, se obtuvo un valor del contenido de humedad para el agregado fino de 8,36%. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice B)

La masa unitaria obtenida con el ensayo para mezcla suelta es de 1,36 g/cm^3 y de 1,54 g/cm^3 para mezcla compacta, valores admitidos por las especificaciones para concretos NTC-174. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice C)

En cuanto a la determinación de los tamaños del agregado fino se encontró que la arena utilizada presentó un módulo de finura de 2,35 tamaño considerado como aceptable de acuerdo a la norma: (2,38 – 3,15) para elaboración de concretos. El módulo de finura se obtuvo al dividir por 100 la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz de la serie normalizada. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice D)

El porcentaje máximo de Absorción obtenido es de 7,45 %. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice E)

El peso unitario seco aparente (Pm) es de 3,61gr/cm^3.

5.7.2 Ensayos realizados al agregado grueso.

A continuación, en la tabla 25 se observan los resultados obtenidos de los ensayos realizados al agregado grueso.

Tabla 25 *Resultados de ensayos realizados al agregado grueso.*

Agregado Grueso			
Ensayo	**Norma**	**Parámetro**	**Valor obtenido**
Contenido de humedad	I.V.V E-122 NTC 1778	No hay ningún valor aceptado como referencia para este método de ensayo	1,62%
Masa unitaria	I.V.V E- 217 NTC 92	No hay ningún valor aceptado como referencia para este método de ensayo	1,56 g/cm^3 compacta 1,41 g/cm^3 suelta
Análisis granulométrico	I.V.V E- 213	1'' y ¾''	TM: 1'' y TMN: ¾''
Peso específico y absorción	I.V.V E- 223	-	1,94%
Peso específico nominal (Pe)	I.V.V E- 217	-	2,68 g/cm^3
Resistencia al desgaste de los agregados por medio de la máquina de los ángeles	I.V.V E- 218 NTC 98	40% maximo	29,93%

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

De acuerdo al ensayo realizado, se obtuvo un valor del contenido de humedad para el agregado grueso de 1,62%. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice B)

La masa unitaria obtenida con el ensayo para mezcla suelta es de 1,41 g/cm^3 y de 1,56 g/cm^3 para mezcla compacta, valores admitidos por las especificaciones para concretos NTC-174. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice C)

Se realizó el ensayo de granulometría a los agregados y se obtuvieron los siguientes tamaños: Tamaño Máximo (TM) de 1" y Tamaño Máximo Nominal (TMN) iguala a ¾". Además, se graficaron los limites inferior y superior según las especificaciones dadas en la NTC 174 (Especificaciones de los agregados para hormigón), para verificar el cumplimiento con los parámetros establecidos en la norma en mención.

Según (Niño, 2010) los resultados de la clasificación de los agregados atendiendo a los parámetros de tamaño máximo y tamaño máximo nominal se hallaron de acuerdo a los siguientes conceptos:

- El tamaño máximo corresponde a la abertura del menor tamiz de la serie de tamices que permite el paso del 100% del material.

- El tamaño máximo nominal es el de la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice D)

La densidad cumple con los parámetros establecidos dentro del rango de valores de 2,3 a 2,8 g/cm3, así como también el porcentaje máximo de Absorción obtenido, que fue de 1,94 %, el cual está dentro de los límites permitidos tanto para las especificaciones técnicas de Invias como la NTC-174, las cuales plantean un límite máximo permitido de 4%. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice E)

Si el % de desgaste supera el 40%, se dice que el material no es apto para construcción, no tiene la capacidad de soportar el desgaste a la abrasión, en este caso dio un

porcentaje de 29,93%, material apto con una resistencia a la abrasión de casi al 70%. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice F)

5.7.3 Ensayos realizados al cemento.

En la tabla 25 se aprecian los resultados del ensayo realizado al cemento.

Tabla 26 *Resultados de ensayos realizados al cemento.*

Cemento			
Ensayo	**Norma**	**Parámetro**	**Valor obtenido**
Peso especifico	I.V.V E- 307	3,0 – 3,2 g/cm^3	3,10 g/cm^3

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

El peso específico del Cemento Portland Cemex Tipo I utilizado para el desarrollo de este proyecto fue de 3.10 gr/cm^3 calculado mediante la Norma ICONTEC NTC 221, lo que demuestra que es un cemento portland con densidad normal. Datos tomados en el laboratorio de la Universidad de Pamplona (Ver Apéndice G)

5.7.4 Ensayos para la fabricación de la mezcla hidráulica

En la tabla 27 se muestran los valores obtenidos para la fabricación de la mezcla hidráulica.

Tabla 27 *Resultados de ensayos para la fabricación de la mezcla hidráulica.*

Fabricación de mezclas hidráulicas			
Ensayo	**Norma**	**Parámetros**	**Valor obtenido**
Curado del concreto	Método ACI		
Selección del asentamiento.	Método ACI	Consistencia media: 5cm - 10 cm	7,5
Selección del tamaño máximo nominal.	Método ACI	19(3/4") – 25(1")	19(3/4") – 25(1")
Estimación del contenido de aire.	Método ACI	2%	2%
Estimación de la cantidad de agua de mezclado	Método ACI	225 Kg/m^3	225 Kg/m^3
Selección de la relación agua-cemento.	Método ACI	0,58	0,58
Contenido de cemento	Método ACI	-	387,9 Kg/m^3
Estimación del contenido de agregados.	Método ACI	0,66 – 0,71	0,7

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

5.7.5 Ensayos realizados a las mezclas hidráulicas.

La metodología de los ensayos de asentamiento, a compresión y tracción, se describen en la tabla 28.

Tabla 28 *Resultados del diseño de la mezcla hidráulica.*

Mezclas hidráulicas			
Ensayo	**Norma**	**Parámetro**	**Valor obtenido**
Asentamiento	I.N.V E- 404	Consistencia media: 5cm – 10 cm	7,5 cm
A compresión de cilindros de concreto	I.N.V E- 410	3000 PSI	3105,97
A Tracción de viguetas de concreto	I.NVE- 414	-	34,17

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

5.8 Resultados de fallos a la compresión.

Se puede apreciar en las siguientes tablas (29, 30, 31 y 32) los resultados de las muestras realizadas a compresión (cilindros), de concreto convencional, con sus respectivos porcentajes de adición de fibra natural de fique, en los cuales encontramos lo días en los que se realizó la muestra, días de fallo (7,14,28), llevándonos a encontrar su resistencia dada por la prensa.

Tabla 29 *Resultados fallos de concreto convencional.*

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER

EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS

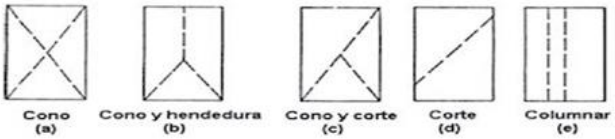
RESISTENCIA A LA COMPRESION MUESTRAS CONCRETO CONVENCIONAL 3000 PSI.

ESTUDIANTE:
MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO

DESCRIPCIÓN:
RESISTENCIA A LA COMPRESION

Elemento	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Volumen (cm3)	Peso (gr)	Densidad (gr/cm3)	Fecha de fundida	Fecha de prueba	Edad en dias	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia dada		Resistencia esperada		Tipo de falla
												Kg/cm2	Lbs/pulg2	Kg/cm2	Lbs/pulg2	
Convencional 1	15,4	30,5	186,27	5681,10	13104	2,31	18/02/2022	25/02/2022	7	230,43	12,8	143,20	2033,44	126,54	1800	E
Convencional 1,2	15,2	30,3	181,46	5498,20	12973	2,36	18/02/2022	25/02/2022	7	200,1	12,9	138,45	1965,99	126,54	1800	E
Convencional 2	15,3	30,5	183,85	5607,56	12974	2,31	18/02/2022	4/03/2022	14	333,45	18,9	192,73	2736,77	168,70	2700	E
Convencional 2,1	15,3	30,4	183,85	5589,17	12931	2,31	18/02/2022	4/03/2022	14	256,42	16,2	165,19	2345,70	168,70	2700	E
Convencional 3	15,4	30,3	186,27	5643,84	12896	2,28	18/02/2022	18/03/2022	28	338,87	21,2	216,18	3069,76	210,90	3000	E
Convencional 3,1	15,4	30,3	186,27	5643,84	13060	2,31	18/02/2022	18/03/2022	28	448,11	21,7	221,28	3142,18	210,90	3000	E

Tipos de falla



Observaciones

Muestras elaboradas y curadas en el laboratorio de suelos de la Universidad de Pamplona y llevadas al laboratorio de suelos del Instituto ISER para ser falladas.El métod usado para realizar el diseño de la mezcla de concreto fue el METODO ACI,acorde a la norma I.N.V-E 410-13, los resultados obtenidos despues de fallar las muestras de concreto son muy buenas ya que cumplen con las especificaciones del diseño.

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Nota. Para visualizar el reporte arrojado por la máquina de los cilindros con mezcla hidráulica convencional (Ver Apéndice H)

Tabla 30 *Resultado de fallos de concreto con 0.5% de fibra de fique.*

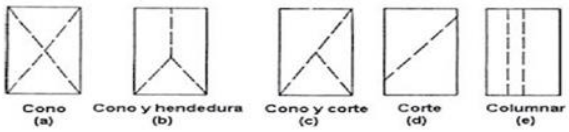
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER

EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS

RESISTENCIA A LA COMPRESION MUESTRAS CONCRETO MODIFICADA CON FIBRA DE FIQUE AL 0,5%.	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	RESISTENCIA A LA COMPRESION CON FIBRA DE FIQUE AL 0,5%

Elemento	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Volumen (cm3)	Peso (gr)	Densidad (gr/cm3)	Fecha de fundida	Fecha de prueba	Edad en dias	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia dada		Resistencia esperada		Tipo de falla
												Kg/cm2	Lbs/pulg2	Kg/cm2	Lbs/pulg2	
Probeta P1 fibra 0,5%	15,2	30,4	181,46	5516,35	12552	2,28	24/02/2022	3/03/2022	7	221,62	12,5	127,47	1810,07	126,54	1800	D
Probeta P1,1 fibra 0,5%	15,3	30,6	183,85	5625,94	12546	2,23	24/02/2022	3/03/2022	7	219,6	12,4	126,45	1795,59	126,54	1800	D
Probeta P1 fibra 0,5%	15,2	30,3	181,46	5498,20	12338	2,24	24/02/2022	10/03/2022	14	256,98	14,5	147,86	2099,61	168,70	2700	E
Probeta P1,2 fibra 0,5%	15,2	30,3	181,46	5498,20	12498	2,27	24/02/2022	10/03/2022	14	229,54	13	132,56	1882,35	168,70	2700	E
Probeta P1 fibra 0,5%	15,5	30,5	188,69	5755,12	12472	2,17	24/02/2022	24/03/2022	28	361,45	20,5	209,04	2968,37	210,90	3000	E
Probeta P1,3 fibra 0,5%	15,2	30,5	181,46	5534,49	12620	2,28	24/02/2022	24/03/2022	28	361,45	20,5	209,04	2968,37	210,90	3000	C

Tipos de falla



Observaciones

Muestras elaboradas y curadas en el laboratorio de suelos de la Universidad de Pamplona y llevadas al laboratorio de suelos del Instituto ISER para ser falladas.El métod usado para realizar el diseño de la mezcla de concreto fue el METODO ACI,acorde a la norma I.N.V-E 410-13, los resultados obtenidos despues de fallar las muestras de concreto añadiendoles al volumen total de la muestra el 0,5% de fibra de fique no son muy buenas ya que no cumplen con las especificaciones del diseño.

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Nota. Para visualizar el reporte arrojado por la máquina de los cilindros con mezcla hidráulica modificada al 0,5% (Ver Apéndice I)

Tabla 31 *Resultado de fallos de concreto con 1,0% de fibra de fique.*

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER

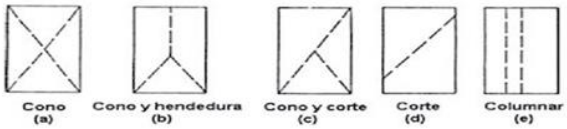
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS

RESISTENCIA A LA COMPRESION MUESTRAS CONCRETO MODIFICADA CON FIBRA DE FIQUE AL 1,0%.

ESTUDIANTE:
MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
DESCRIPCIÓN:
RESISTENCIA A LA COMPRESION CON FIBRA DE FIQUE AL 1,0%

Elemento	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Volumen (cm3)	Peso (gr)	Densidad (gr/cm3)	Fecha de fundida	Fecha de prueba	Edad en dias	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia dada		Resistencia esperada		Tipo de falla
												Kg/cm2	Lbs/pulg2	Kg/cm2	Lbs/pulg2	
Probeta P2 fibra 1,0%	15,5	30,2	188,69	5698,51	12443	2,18	28/02/2022	7/03/2022	7	200,2	11,3	115,23	1636,27	126,54	1800	E
Probeta P2,1 fibra 1,0%	15,5	30,4	188,69	5736,25	12702	2,21	28/02/2022	7/03/2022	7	216,9	12,3	125,43	1781,11	126,54	1800	B
Probeta P2 fibra 1,0%	15,4	30,2	186,27	5625,22	12511	2,22	28/02/2022	14/03/2022	14	276,9	15,7	160,1	2273,42	168,70	2700	E
Probeta P2,2 fibra 1,0%	15,4	30,2	186,27	5625,22	12712	2,26	28/02/2022	14/03/2022	14	253,6	14,4	146,84	2085,13	168,70	2700	E
Probeta P2 fibra 1,0%	15,2	30,4	181,46	5516,35	12705	2,30	28/02/2022	28/03/2022	28	352,4	20	203,94	2895,95	210,90	3000	B
Probeta P2,3 fibra 1,0%	15,3	30,1	183,85	5534,01	12424	2,25	28/02/2022	28/03/2022	28	348,2	19,7	200,88	2852,50	210,90	3000	E

Tipos de falla



Observaciones

Muestras elaboradas y curadas en el laboratorio de suelos de la Universidad de Pamplona y llevadas al laboratorio de suelos del Instituto ISER para ser falladas.El métod usado para realizar el diseño de la mezcla de concreto fue el METODO ACI,acorde a la norma I.N.V-E 410-13, los resultados obtenidos despues de fallar las muestras de concreto añadiendoles al volumen total de la muestra el 1,0% de fibra de fique no son muy buenas ya que no cumplen con las especificaciones del diseño.

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Nota. Para visualizar el reporte arrojado por la máquina de los cilindros con mezcla hidráulica modificada al 1,0% (Ver Apéndice J)

Tabla 32 *Resultado de fallos de concreto con 1,5% de fibra de fique.*

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER

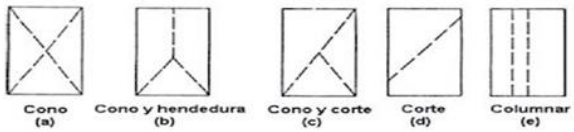
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS

RESISTENCIA A LA COMPRESION MUESTRAS CONCRETO MODIFICADA CON FIBRA DE FIQUE AL 1,5%.

ESTUDIANTE:
MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
DESCRIPCIÓN:
RESISTENCIA A LA COMPRESION CON FIBRA DE FIQUE AL 1,5%

Elemento	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Volumen (cm3)	Peso (gr)	Densidad (gr/cm3)	Fecha de fundida	Fecha de prueba	Edad en dias	Carga (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia dada		Resistencia esperada		Tipo de falla
												Kg/cm2	Lbs/pulg2	Kg/cm2	Lbs/pulg2	
Probeta P3 fibra 1,5%	15,5	30,4	188,69	5736,25	12453	2,17	21/02/2022	28/02/2022	7	200,13	11,3	115,23	1636,27	126,54	1800	D
Probeta P3,1 fibra 1,5%	15,3	30,4	183,85	5589,17	12572	2,25	21/02/2022	28/02/2022	7	209,24	11,8	120,33	1708,69	126,54	1800	E
Probeta P3 fibra 1,5%	15,3	30,4	183,85	5589,17	12352	2,21	21/02/2022	7/03/2022	14	274,94	15,6	159,08	2258,94	168,70	2700	D
Probeta P3,2 fibra 1,5%	15,4	30,2	186,27	5625,22	12543	2,23	21/02/2022	7/03/2022	14	251,48	14,2	144,8	2056,16	168,70	2700	E
Probeta P3 fibra 1,5%	15,4	30,5	186,27	5681,10	12475	2,20	21/02/2022	21/03/2022	28	347,82	19,7	200,88	2852,50	210,90	3000	E
Probeta P3,3 fibra 1,5%	15,4	30,5	186,27	5681,10	12588	2,22	21/02/2022	21/03/2022	28	363,45	20,6	210,06	2982,85	210,90	3000	E

Tipos de falla



Observaciones

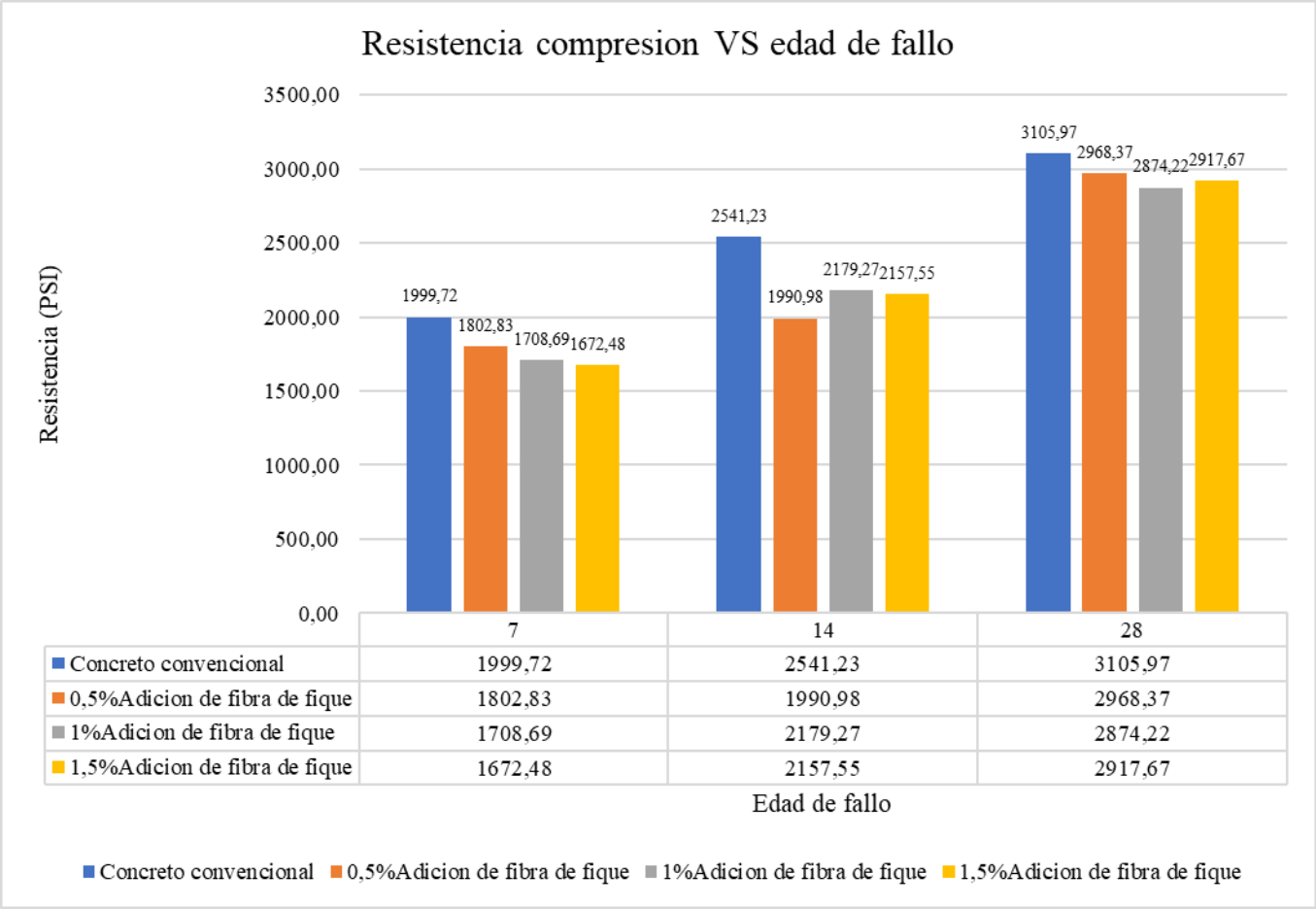
Muestras elaboradas y curadas en el laboratorio de suelos de la Universidad de Pamplona y llevadas al laboratorio de suelos del Instituto ISER para ser falladas.El métod usado para realizar el diseño de la mezcla de concreto fue el METODO ACI,acorde a la norma I.N.V-E 410-13, los resultados obtenidos despues de fallar las muestras de concreto añadiendoles al volumen total de la muestra el 1,5% de fibra de fique no son muy buenas ya que no cumplen con las especificaciones del diseño.

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Nota. Para visualizar el reporte arrojado por la máquina de los cilindros con mezcla hidráulica modificada al 1,5% (Ver Apéndice K)

A continuación, se presenta un resumen en la figura 25, la gráfica de RESISTENCIA A LA COMPRESION VS EDAD DE FALLO, en los tiempos de curado de 7 14 y 28 días, con la finalidad de comparar los valores de resistencia a la compresión que adquieren las muestras de concreto con los diferentes porcentajes de fibra de fique respecto a las muestras patrón.

Figura 25 *Resistencia a la compresión vs. Edad de fallo.*



Nota. Fuente: Autora del proyecto.

La figura 25 muestra que, a las edades de 7,14 y 28 días de curado, las muestras patrón alcanzan una resistencia que se esperó de acuerdo a las especificaciones del diseño de mezcla 3000 PSI, mientras que la fibra de 0.5,1.0 y 1.5 % para los fallos de compresión no fueron óptimos dando por debajo de las resistencias dadas en los fallos de los especímenes convencionales, lo cual significa que en estos tiempos no se perciben variaciones de importancia.

Registro fotográfico de algunos cilindros ensayados a compresión (Ver Apéndice L)

5.9 Resultados de fallos a la tracción

Se puede apreciar en las siguientes tablas (33, 34,35 y 36) los resultados de las muestras realizadas a tracción (vigas), de concreto convencional, con sus respectivos porcentajes de adición de fibra natural de fique, en los cuales encontramos los días en los que se realizó la muestra, días de fallo (7,14,28), dimensión total de la viga, dimensión entre apoyos de carga, llevándonos a encontrar su resistencia dada por la prensa.

Tabla 33 *Resultados de fallos a la tracción de concreto convencional.*

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER	
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS	
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MUESTRAS CONCRETO CONVENCIONAL 3000 PSI.	**ESTUDIANTE:** MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Elemento	Fecha de fundida	Fecha de prueba	Edad en dias	Logitud entre apoyos (cm)		Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso de la muestra (Kg)	Carga		MR (Kg/cm2)	MR Promedio (Kg/cm2)
				La	Lv				KN	Kg		
Viga convencional 1	16/03/2022	23/03/2022	7	45	52	15	15	29,9	14,1	1437,78	25,56	25,46
Viga convencional 1,2	16/03/2022	23/03/2022	7	45	52	15	15	30,2	13,99	1426,56	25,36	
Viga convencional 2	17/03/2022	31/03/2022	14	45	52	15	15	29,9	15,57	1587,67	28,23	28,20
Viga convencioanl 2,1	17/03/2022	31/03/2022	14	45	52	15	15	29,7	15,54	1584,61	28,17	
Viga convecional 3	18/03/2022	18/04/2022	28	45	52	15	15	29,74	16,9	1723,29	30,64	31,27
Viga convencional 3,1	18/03/2022	18/04/2022	28	45	52	15	15	30	17,6	1794,67	31,91	

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Nota. Para visualizar el reporte arrojado por la máquina de las viguetas con mezcla hidráulica convencional (Ver Apéndice M)

Tabla 34 *Resistencia ala tracción muestras concreto modificado con fibra de fique al 0,5%.*

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER	
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS	
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MUESTRAS CONCRETO MODIFICADA CON FIBRA DE FIQUE AL 0,5%.	**ESTUDIANTE:** MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO **DESCRIPCIÓN:** RESISTENCIA A LA TRACCIÓN CON FIBRA DE FIQUE AL 0,5%.

Elemento	Fecha de fundida	Fecha de prueba	Edad en dias	Logitud entre apoyos (cm)		Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso de la muestra (Kg)	Carga		MR (Kg/cm2)	MR Promedio (Kg/cm2)
				La	Lv				KN	Kg		
Viga 1 (0,5%)	16/03/2022	23/03/2022	7	45	52	15	15	29	14,3	1458,17	25,92	26,29
Viga 1,2 (0,5%)	16/03/2022	23/03/2022	7	45	52	15	15	29,1	14,7	1498,96	26,65	
Viga 2 (0,5%)	17/03/2022	31/03/2022	14	45	52	15	15	28,95	16,01	1632,54	29,02	29,23
Viga 2,1 (0,5%)	17/03/2022	31/03/2022	14	45	52	15	15	29,5	16,24	1655,99	29,44	
Viga 3 (0,5%)	18/03/2022	18/04/2022	28	45	52	15	15	29,65	17	1733,49	30,82	31,91
Viga 3,1 (0,5%)	18/03/2022	18/04/2022	28	45	52	15	15	29,61	18,2	1855,85	32,99	

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Nota. Para visualizar el reporte arrojado por la máquina de los cilindros con mezcla hidráulica modificada al 0,5% (Ver Apéndice N)

Tabla 35 *Resistencia ala tracción muestras concreto modificado con fibra de fique al 1,0%.*

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER	
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS	
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MUESTRAS CONCRETO MODIFICADA CON FIBRA DE FIQUE AL 1,0%.	**ESTUDIANTE:** MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO **DESCRIPCIÓN:** RESISTENCIA A LA TRACCIÓN CON FIBRA DE FIQUE AL 1,0%.

Elemento	Fecha de fundida	Fecha de prueba	Edad en dias	Logitud entre apoyos (cm)		Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso de la muestra (Kg)	Carga		MR (Kg/cm2)	MR Promedio (Kg/cm2)
				La	Lv				KN	Kg		
Viga 1 (1,0%)	16/03/2022	23/03/2022	7	45	52	15	15	29,65	14,73	1502,02	26,70	26,95
Viga 1,2 (1,0%)	16/03/2022	23/03/2022	7	45	52	15	15	29,56	15	1529,55	27,19	
Viga 2 (1,0%)	17/03/2022	31/03/2022	14	45	52	15	15	28,9	16,5	1682,51	29,91	30,18
Viga 2,1 (1,0%)	17/03/2022	31/03/2022	14	45	52	15	15	30,4	16,8	1713,10	30,46	
Viga 3 (1,0%)	18/03/2022	18/04/2022	28	45	52	15	15	30,02	17,8	1815,07	32,27	32,45
Viga 3,1 (1,0%)	18/03/2022	18/04/2022	28	45	52	15	15	29,9	18	1835,46	32,63	

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Nota. Para visualizar el reporte arrojado por la máquina de los cilindros con mezcla hidráulica modificada al 1,0% (Ver Apéndice O)

Tabla 36 *Resistencia ala tracción muestras concreto modificado con fibra de fique al 1,5%.*

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER	
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS	
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MUESTRAS CONCRETO MODIFICADA CON FIBRA DE FIQUE AL 1,5%.	**ESTUDIANTE:** MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN CON FIBRA DE FIQUE AL 1,5%.

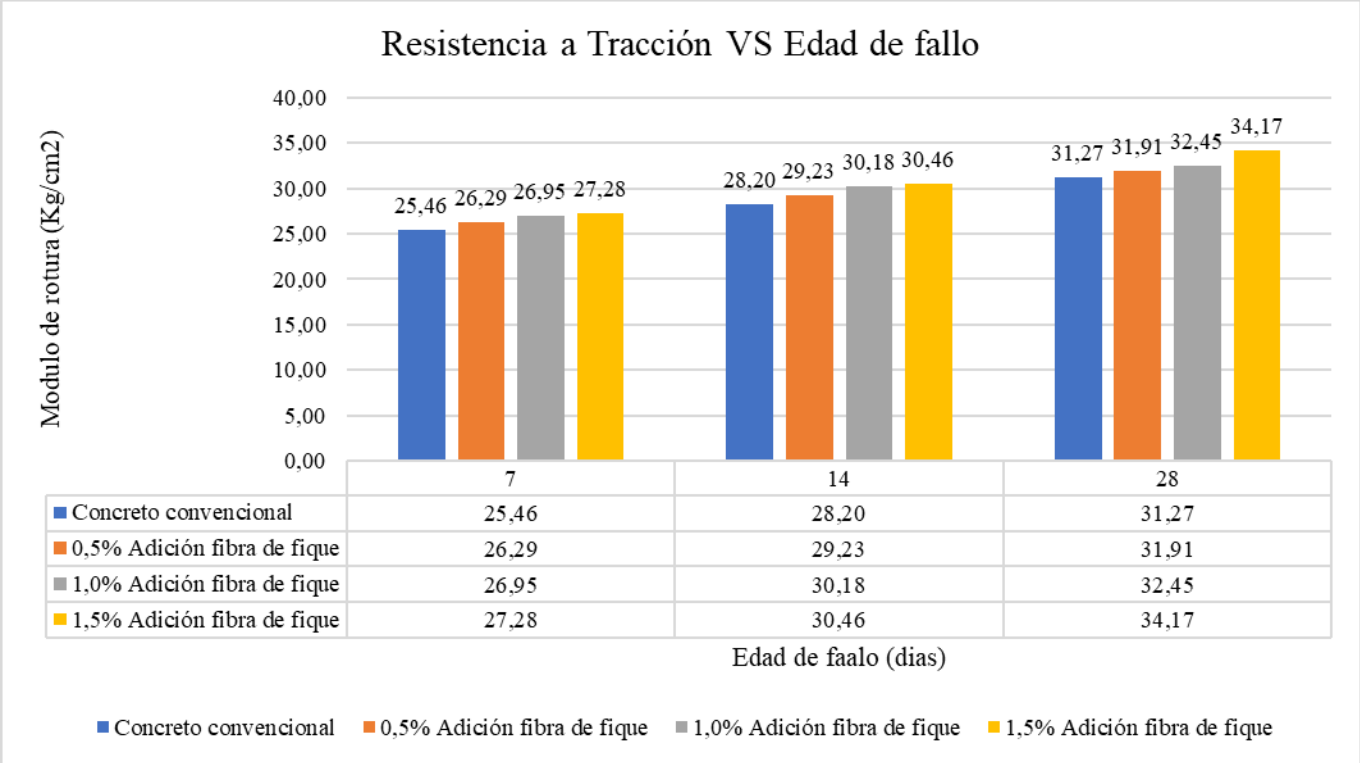
Elemento	Fecha de fundida	Fecha de prueba	Edad en dias	Logitud entre apoyos (cm)		Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso de la muestra (Kg)	Carga		MR (Kg/cm2)	MR Promedio (Kg/cm2)
				La	Lv				KN	Kg		
Viga 1 (1,5%)	16/03/2022	23/03/2022	7	45	52	15	15	29,65	15,1	1539,75	27,37	27,28
Viga 1,2 (1,5%)	16/03/2022	23/03/2022	7	45	52	15	15	29,56	15	1529,55	27,19	
Viga 2 (1,5%)	17/03/2022	31/03/2022	14	45	52	15	15	28,9	17,01	1734,51	30,84	30,46
Viga 2,1 (1,5%)	17/03/2022	31/03/2022	14	45	52	15	15	30,4	16,6	1692,70	30,09	
Viga 3 (1,5%)	18/03/2022	18/04/2022	28	45	52	15	15	30,02	19	1937,43	34,44	34,17
Viga 3,1 (1,5%)	18/03/2022	18/04/2022	28	45	52	15	15	29,9	18,7	1906,84	33,90	

Nota. Fuente: Autora del proyecto.

Nota. Para visualizar el reporte arrojado por la máquina de los cilindros con mezcla hidráulica modificada al 1,5% (Ver Apéndice P)

En la figura 26 se muestra un resumen de la resistencia tracción VS la edad de fallo.

Figura 26 *Resistencia a tracción vs edad de fallo.*



Nota. Fuente: Autora del proyecto.

A la edad de 7 días, las mezclas modificadas con fibra de fique con 0,5%, 1% y 1,5% mostraron un incremento respecto a las convencionales, respectivamente del 3,3%,5,85% y 7,15%.

De la misma forma se observó un incremento a la edad de 14 días, dando un incremento de 3,7%,7,02% y 8,01%.

Para finalizar también se llevó a cabo los cálculos para la edad de los 28 días, con respecto a las mezclas convencionales, dando resultados de incremento como 2,24%, 3,77% y 9,27%.

Interpretación de resultados:

Terminados los ensayos a tracción en las vigas de concreto f´c = 210 Kg/cm² a los 7,14 y 28 días de edad, se aprecia que el concreto reforzado con fibra de fique presenta un incremento en la resistencia a flexión, para el concreto modificado con fibra de fique a los 28 días se observa que alcanzó su mayor módulo de rotura al usar fibra al 1,5%, siendo esta de 34,17 Kg/cm2.

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones

1. De acuerdo a los resultados obtenidos, se evidencia una mayor resistencia a la flexión para las mezclas hidráulicas que contienen un porcentaje de fibra del 1,5%, para todas las edades. Caso contrario se encontró en el ensayo a compresión sobre mezclas hidráulicas con ese mismo porcentaje de fibra.

2. Las mezclas hidráulicas con inclusión de fibra de fique ofrecen una mayor resistencia cuando son sometidas a tracción, lo que para el dimensionamiento de la capa de rodadura en el pavimento rígido es ideal, ya que el módulo de rotura del concreto hidráulico incide sobre el mismo.

3. El asentamiento del concreto con fibra de 4cm no presento una variación significativa, disminuyó de 8 a 7 centímetros, debido a que la fibra de fique absorbió cierta cantidad de agua de la mezcla dejándola con menor fluidez, esta disminución no afectó la trabajabilidad manteniéndola como media.

4. Para el dimensionamiento de un pavimento rígido de acuerdo al Manual del Instituto Nacional de Vías requiere una resistencia mínima a la flexión de 38 Kg/cm2 a los 28 días, lo que, comparado con los valores obtenidos en la investigación realizada, muestra que solo las mezclas hidráulicas con inclusión del 1,5% de fibra de fique está cercano a ese valor. Lo que permite recomendar para estudios posteriores el uso de fibra de fique con porcentajes mayores al 1,5% con el objetivo de garantizar la obtención de módulos de rotura mayores.

5. Se recomienda para investigaciones posteriores el uso de material pétreo proveniente de otras fuentes diferentes a la utilizada en esta investigación, con el propósito de variar los componentes que son influyentes en los resultados.

6. De acuerdo a lo observado en los resultados, la adición de la fibra de fique es recomendable para la fabricación de mezclas hidráulicas en zonas de estudio donde no se pueda garantizar una resistencia mínima en las mezclas hidráulicas convencionales.

7. Dado a toda la información recolectada y resultados obtenidos en esta investigación, la modificación del concreto hidráulico mediante la adición de fibras naturales temporalmente da buenos resultados, pero a largo plazo no es recomendable llevarlo a cabo ya que las fibras naturales, en especial la de fique son biodegradables así que su composición o aparente función dentro del concreto hidráulico no será la misma.

8. Investigar posibles tratamientos químicos a las fibras de fique que le permitan aumentar su tiempo de uso.

Referencias

Abanto, C. (s.f.). *Tecnologia del concreto*. Obtenido de (Teoria y problemas): https://ingenieriacivilcusco.blogspot.com/2007/09/el-concreto.html

Agencia de noticias UN. (21 de Agosto de 2019). *Bioadoquines con fibras de coco y fique, nueva apuesta en construcción*. Obtenido de https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/bioadoquines-con-fibras-de-coco-y-fique-nueva-apuesta-en-construccion.html

ASTM C-1116 - 03. (1 de Noviembre de 2017). *ASTM C-1116 - 03 - Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete and Shotcrete*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/363217547/ASTM-C-1116-03-Standard-Specification-for-Fiber-Reinforced-Concrete-and-Shotcrete

Barbosa, G. C., & Mayorga, R. J. (21 de Abril de 2015). *Caracterización mecánica del concreto reforzado con fibras de fique modificando la matriz cementicia con aditivo a base de humo de silice*. Obtenido de http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/1390

Barrera, J. C. (2010). Análisis del comportamiento mecánico del cemento hidráulico adicionado con cenizas volantes provenientes de la central de generación térmica termopaipa.(Tesis pregrado) Universidad Pontificia Bolivariana.Colombia. Bucaramanga.

Behar, R. (2008). *Metodologia de la investigación.* Shalom.

Cantillo, M. Y. (2 de Septiembre de 2013). *Elaboración de una guía de modelos y procedimientos para el diseño de elementos estructurales acorde a la NSR-10 colombiana - primera parte – vigas de concreto reforzado.* Barranquilla (Tesis pregrado),Universidad de la costa. Obtenido de https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/676/1140831821%20-ELABORACI%C3%93N%20DE%20UNA%20GU%C3%8DA%20DE%20MODELOS%20Y%20PROCEDIMIENTOS%20PARA%20EL%20DISE%C3%91O%20DE%20ELEMENTOS%20ESTRU.pdf?sequence=1

Cucutanuestra. (s.f.). *Ccucutanuestra.com*. Obtenido de https://www.cucutanuestra.com/temas/geografia/municipios/region-sur/pamplona/pamplona.htm

División Politico Administrativa de Colombia. (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Norte_de_Santander

Duque, T. (2019). *Control de erosión utilizando productos de fibra natural*. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019670/Paginas/10.htm

Eurofique. (2019). *Fique y su proceso de transformación,II foro de innovación*. Obtenido de http://eurofique.info/fique-y-su-proceso-de-transformacion/

Fenalfique. (2022). *Federacion Nacional De Cultivadores Artesanos Y Procesadores De Fique Fenalfique*. Obtenido de https://fenalfique.com/

Fique, D. d. (19 de Enero de 2007). *Fique. Furcraea bedinghausii*. Obtenido de https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fique-furcraea-bedinghausii-t26858.htm

Garcia, C. j. (2010). *Determinación de la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto.* Bucaramanga: (Tesis pregrado) Universidad Pontificia Bolivariana-Colombia.

Gutiérrez de lópez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción.* Manizales: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

INVIAS. (2013). *Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras.* Obtenido de https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos

Juárez, a., Rodríguez, L., & Rivera, R. (2003). *Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en el concreto*. Obtenido de http://ingenierias.uanl.mx/22/usodefibras.PDF

Jurado, A. F., & Checa, G. C. (Marzo de 19 de 2014). *Mejoramiento de la calidad de la fibra de cabuya y su aplicación.* Obtenido de http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2658

Navarro, G. A., & Ramírez, Z. D. (2014). *Evaluación d elas propiedades mecánicas de un material compuesto reforzado con fibrade fique y fibra de vidrio en una matriz de resina epoxica.* Barranquilla.

Niño, H. J. (2010). Tecnología del concreto- Tomo I: Materiales, propiedades y diseño de mezclas. Tercera edición. Bogotá: Asociación colombiana de productores de concreto - ASOCRETO ISBN 978-958-8564-03-6.

Norma sismo resistente. (Marzo de 2010). *NSR-10*. Obtenido de http://www.andi.com.co/Uploads/Reglamento_colombiano_construccion_sismo_resistente_636536179523160220.pdf

NTC 121. (5 de Mayo de 1982). *Ingenieria civil y arquitectura. Cemento portland. Especificaciones físicas y mecánicas.* Obtenido de https://www.academia.edu/39006642/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_121

NTC 129. (10 de Mayo de 1995). *Ingenieria civil y arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/206180146/NTC-129

NTC 1377. (27 de Julio de 1994). *Ingenieria civil y arquitectura. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio.* Obtenido de https://www.studocu.com/co/document/corporacion-universitaria-minuto-de-dios/materiales/ntc-1377-ntc-1377/21414357

NTC 174. (21 de Junio de 2000). *Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto.* Obtenido de https://www.studocu.com/co/document/pontificia-universidad-javeriana/mecanica-de-suelos/ntc-174-especificaciones-de-los-agregados/9590951

NTC 2871. (16 de Diciembre de 2004). *Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión (utilizando una viga simple con carga en los tercios medios.* Obtenido de https://es.scribd.com/doc/190106266/NTC-2871

NTC 30. (14 de Febrero de 1966). *Cemento portland.Clasificación y nomenclatura.* Obtenido de https://pdfslide.tips/documents/ntc-30-cemento-portland-clasificacion-y-nomenclaturapdf.html?page=1

NTC 31. (05 de Mayo de 1982). *Ingeniería Civil Y Arquitectura.Cemento.Definiciones*. Obtenido de https://www.academia.edu/15783621/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_31

NTC 32. (18 de Septiembre de 2002). *Tejido de alambres y tamices para propósitos de ensayo.* Obtenido de https://pdfslide.net/documents/ntc-32-tejido-de-alambre-y-tamices-para-propositos-de-ensayo.html

NTC 321. (4 de Agosto de 1982). *ngeniera civil y arquitectura. Cemento pórtland. Especificaciones químicas.* Obtenido de https://studylib.es/doc/8760889/norma-t%C3%A9cnica-ntc-colombiana-321

NTC 3459. (31 de Octubre de 2001). *Concretos. Agua para la elaboración de concretos.* Obtenido de https://es.slideshare.net/walterjavierafricanocepeda/ntc3459-concretos

NTC 396. (15 de Enero de 1992). *Ingenieria civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.* Obtenido de https://es.slideshare.net/samirkent2/ntc-396

NTC 673. (17 de Febrero de 2010). *Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especimenes cilíndricos de concreto.* Obtenido de https://es.slideshare.net/1120353985/ntc-673-compresion-concretos

NTC 77. (26 de Septiembre de 2007). *Concretos. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.* Obtenido de https://www.studocu.com/co/document/pontificia-universidad-javeriana/laboratorio-de-geotecnia/ntc-77-analisis-granulometrico/12107796

NTC 98. (15 de Diciembre de 2006). *Ingenieria civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37,5 mm utilizando la maquina de los angeles.* Obtenido de https://www.academia.edu/27252829/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_98_INGENIER%C3%8DA_CIVIL_Y_ARQUITECTURA_M%C3%89TODO_DE_ENSAYO_PARA_DETERMINAR_LA_RESISTENCIA_AL_DESGASTE_DE_AGREGADOS_GRUESOS_HASTA_DE_37_5_mm_UTILIZANDO_LA_M%C3%81QUINA_DE_LOS_%C3%81NGEL

Parra, M. M., & Bautista, M. A. (2010). *Diseño de una mezcla de concreto utilizando residuos industriales y escombros Bucaramanga (Tesis pregrado) Unversidad Pontificia iBolivariana.* Obtenido de http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_19858.pdf

Pérez, M. J. (1974). *El fique su taxonomia cultivo y tecnológia.* Obtenido de https://1library.co/document/download/z1d2818z?page=1

Pinzón, G. (Octubre de 2013). *Análisis de la resistencia a compresión y flexión del concreto modificado con fibra de fique*. Obtenido de https://docplayer.es/11217757-Analisis-de-la-resistencia-a-compresion-y-flexion-del-concreto-modificado-con-fibra-de-fique.html

Portugal, B. P. (2007). Tecnológia del concreto de alto desempeño. Arequipa.

Rodríguez, C. L., & Díaz, H. J. (2019). *Análisis de la respuesta mecánica en la modificación del concreto hidráulico para pavimentos mediante fibra de Fique*. Obtenido de http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5744/rodriguez%20Lizeth%20final%20ICONTEC%203.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Santander, D. N. (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Norte_de_Santander

Toda Colombia. (21 de Febrero de 2019). *La cara amable de Colombia*. Obtenido de https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/norte-de-santander/clima.html

Vivo Boreal. (6 de Diciembre de 2018). *El Fique – Conoce esta fibra natural y su trabajo artesanal*. Obtenido de https://vivoboreal.com/el-fique-conoce-esta-fibra-natural-y-su-trabajo-artesanal/

Apéndices

Apéndice A. Diseño mezcla de concreto

1. Caracterísiticas de los Agregados Petreos y Cemento

Agregado Grueso	Material de rio		**Agregado Fino**	Material de rio	
Tam. Maximo	29,16	mm	Modulo Finura	2,35	
M.U.S	1,412	g/cc	M.U.S	1,363	g/cc
M.U.C	1,561	g/cc	M.U.C	1,535	g/cc
D.apar.seca	2,55	g/cc	D.apar.seca	3,61	g/cc
Absorcion	1,94	%	Absorcion	7,45	%
Humedad natural	1,62	%	Humedad natural	8,36	%

Cemento	Portland tipo I				
Gs Cemento	3,1	g/cc	PUS cemento	1,23	g/cc

2. Requisitos de resistencia y manejabilidad de la mezcla de concreto

Resistencia requerida	210	kf/cm^2	Resistencia diseño	210	kg/cm^2
Asentamiento	7,5	cms	Relación A/C	0,58	
Contenido de Aire	2		Contenido de agua	225	lt/m3

3. Metodo de diseño: ACI 211 /ICONTEC 174

b/bo	0,7	Tabla ACI 211 (MF/Tmax)	
Pg	1092,430	Kg/m3	Peso seco AG
Vg	428,33	lt/m3	Volumen absoluto AG
Cemento	387,93	Kg/m3	

3.1. Cantidades de material por M3 de concreto

Material	Peso seco	Densidad	Volumen	% Agreg	Corrección	Peso/M3
	Kg/M3	g/cc	Lt/M3	en peso	humedad	Agr. Humedo
Cemento	387,9	3,1	125,1			387,9
A.Fino	727,7	3,6	201,5	40,0	21,8	788,5
A.grueso	1092,4	2,6	428,3	60,0	17,7	1110,1
Agua	225,0	1,0	225,0		3,1	221,9
Aire			20,0			
TOTAL	2433,0		1000,0			

4. Resumen diseño mezcla: Cantidades de material /M3 de concreto y Proporciones

	Peso seco	Proporcion	Peso humedo	Proporcion	Vol. suelto	Proporcio
	Kg/M3	Peso	Kg/M3	Peso	Lt/M3	Volumen
Cemento	387,9	1,0	387,9	1,0	315,4	1,0
A.Fino	727,7	1,9	788,5	2,0	534,0	1,7
A.grueso	1092,4	2,8	1110,1	2,9	773,5	2,5
Agua	225,0		221,9		225,0	

5. Cilindros prueba			Volumen 1 molde	0,005472	lt/cilindr
No. Cilindros	7		Volumen mezcla	37,11	lt
Cemento	14,40	kg	A.Fino	29,26	kg
Agua	8,23	lt	A.grueso	41,20	kg

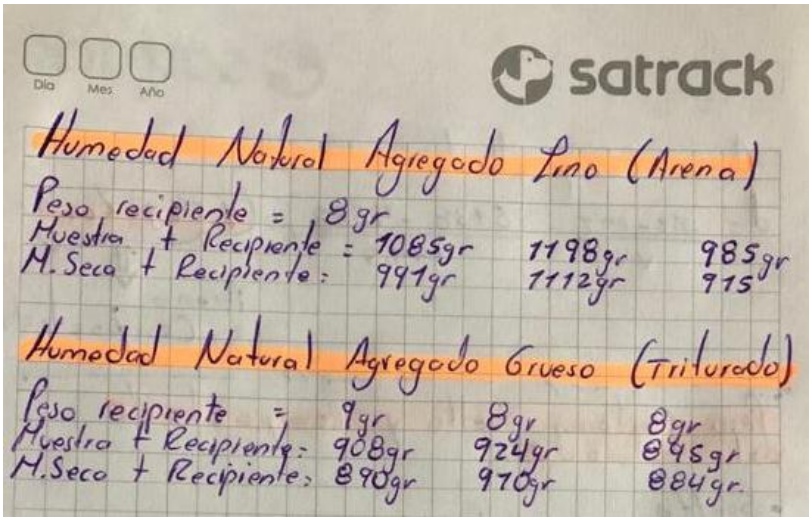
6, Proporciones en Volumen Suelto

Cemento	9,13	Bultos / m3
Arena	534,03	0,534 m3 / m3
Triturado	773,46	0,773 m3 /m3

7, Reducciòn a un Bulto de Cemento

Cemento	1 bulto de 42,5 Kg
Arena	0,059 m3/bulto
Triturado	0,085 m3/bulto

Apéndice B. Datos de humedad natural de los agregados



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER	
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS	
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO INVE - 122 - 07	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	INFORME DE ENSAYO

PRUEBA Nº	**1**	**2**	**3**
Wrecipiente (gr)	8	8	8
Whumedo+Wrecipiente (gr)	1085	1198	985
Wseco+Wrecipiente (gr)	991	1112	915
Wagua (gr)	94	86	70
Wsuelo seco (gr)	983	1104	907
Conteido de humedad (%)	9,56	7,79	7,72
Humedad Promedio (%)	**8,36**		

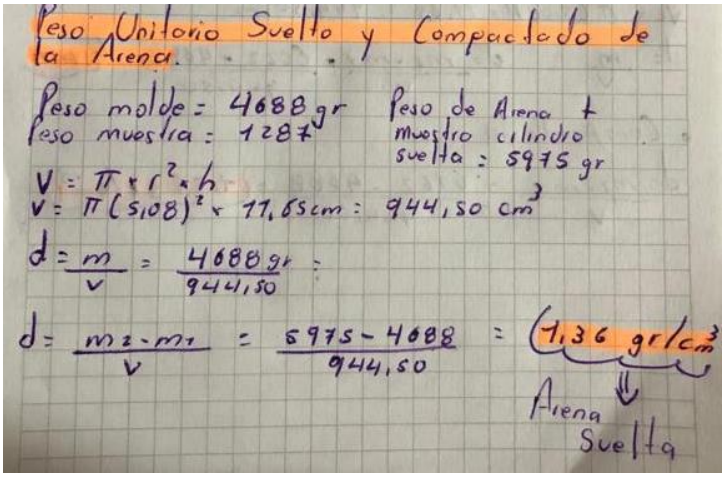
Observaciones: Ninguna

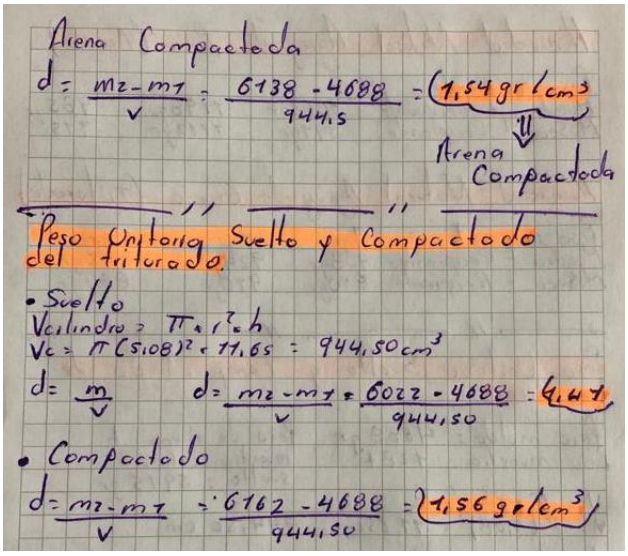
	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER
	EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO INVE - 122 - 07	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	INFORME DE ENSAYO

PRUEBA Nº	**1**	**2**	**3**
Wrecipiente (gr)	9	8	8
Whumedo+Wrecipiente (gr)	908	924	895
Wseco+Wrecipiente (gr)	890	910	884
Wagua (gr)	18	14	11
Wsuelo seco (gr)	881	902	876
Conteido de humedad (%)	2,04	1,55	1,26
Humedad Promedio (%)	**1,62**		

Observaciones: Ninguna

Apéndice C. Datos de masa unitaria de los agregados





UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER	
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS	
MASA UNITARIA DE LOS AGREGADOS FINOS NTC - 92	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	INFORME DE ENSAYO

ARENA	
Peso molde (gr)	4688
Volumen molde (cm3)	944,50

Masa unitaria	Muestra	(MUC) Compacta	(MUS) Suelta
W molde + agregado (gr)	1	6138	5975
W agregado (gr)		1450	1287
Masa unitaria (Kg/m3)		1535,20	1362,62
Masa unitaria (g/cm3)		**1,54**	**1,36**

$$MU = \frac{\text{W agregado}}{\text{Volumen molde}}$$

Observaciones: Ninguna

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER	
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS	
MASA UNITARIA DE LOS AGREGADOS GRUESOS NTC - 92	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	INFORME DE ENSAYO

TRITURADO DE 1/2''	
Peso molde (gr)	4688
Volumen molde (cm3)	944,50

Masa unitaria	Muestra	(MUC) Compacta	(MUS) Suelta
W molde + agregado (gr)	1	6162	6022
W agregado (gr)		1474	1334
Masa unitaria (Kg/m3)		1560,61	1412,38
Masa unitaria (g/cm3)		**1,56**	**1,41**

$$MU = \frac{\text{W agregado}}{\text{Volumen molde}}$$

Observaciones: Ninguna

Apéndice D. Datos de análisis granulométrico de los agregados

Analisis Granulometrico
• Modulo de Finura

Tamiz #	Peso Tamiz	Tamiz + Muestra	Peso Retenido
3/8			0
#4	647	681	34 gr
#8	545 gr	576	31 gr
#16	543 gr	643	100 gr
#30	524 gr	779	255 gr
#50	502 gr	799	297 gr
#100	1143 gr	639	146 gr
#200	450 gr	503	53 gr
Fondo	560 gr	583	18 gr

Peso de Solo la Arena: 992
Peso Recipiente: 8gr
992 - 8 = 984 gr

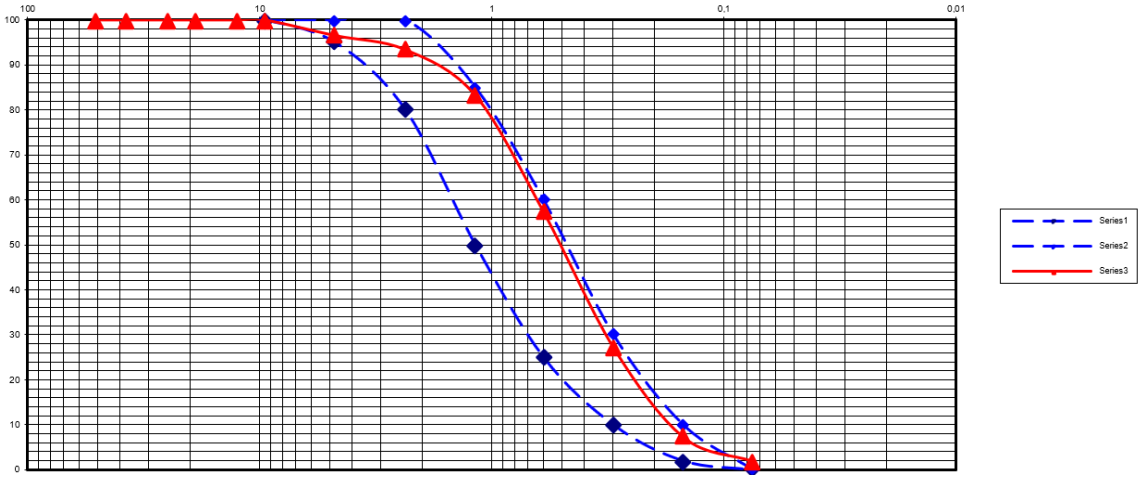
• Tamaño Máximo nominal

Tamiz #	Peso tamiz	Tamiz + Muestra	Peso Retenido
#1	658	658	0
#3/4	691	813	122
#1/2	677	1410	739
#3/8	661	1008	347
#4	590	1032	442
#8	545	607	62
Fondo	566	630	66

Molde + triturado Seco: 1786 gr
- el molde de 8gr = 1778 gr

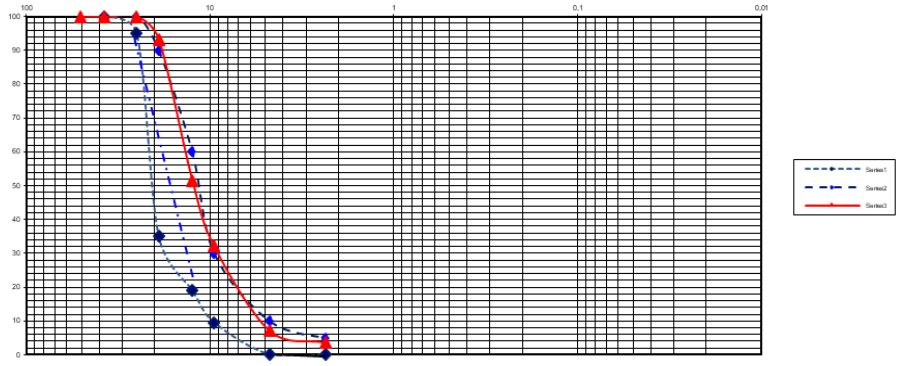
	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER
	EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS FINOS NTC - 77	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	INFORME DE ENSAYO DE AGREGADO FINO

Abertura tamiz		Limites		Peso retenido	Peso retenido	%	% retenido	% pasa
mm	pulg.	Inferior	Superior	gramos	acumulado (gr)	retenido	acumulado	
9,5	3/8	100	100	0	0	0,00	0,00	100,00
4,75	4	95	100	34	34	3,46	3,46	96,54
2,36	8	80	100	31	65	3,15	6,61	93,39
1,18	16	50	85	100	165	10,16	16,77	83,23
600 um	30	25	60	255	420	25,91	42,68	57,32
300 um	50	10	30	297	717	30,18	72,87	27,13
150 um	100	2	10	196	913	19,92	92,78	7,22
75 um	200	0	0	53	966	5,39	98,17	1,83
Fondo				18	984	1,83	100,00	0,00
Total				**984**		100,00		

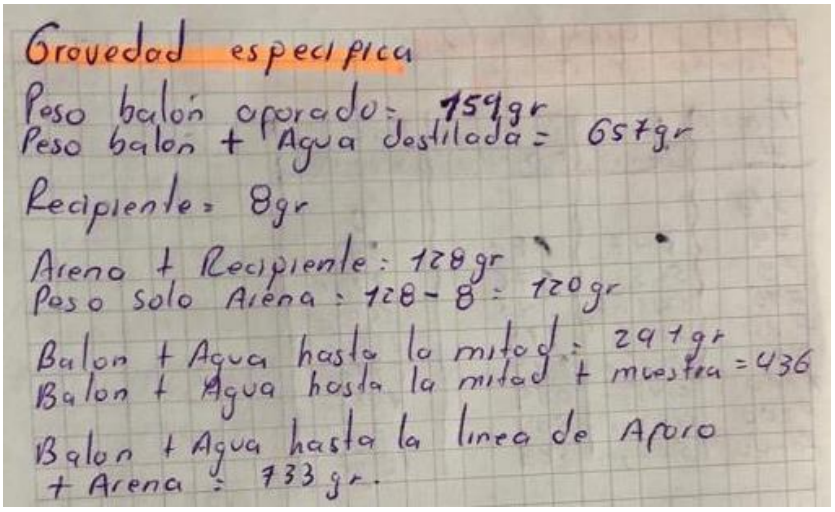


	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER
	EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS NTC - 77	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	INFORME DE ENSAYO DE AGREGADO GRUESO

Abertura tamiz		**Limites**		**Peso retenido**	**Peso retenido**	**% retenido**	**% retenido**	**% pasa**
mm	**pulg.**	**Inferior**	**Superior**	**gramos**	**acumulado (gr)**		**acumulado**	
25	1	95	100	0	0	0,00	0,00	100,00
19	3/4	35	90	122	122	6,86	6,86	93,14
12.5	1/2	25	60	739	861	41,56	48,43	51,57
9,5	3/8	9,5	30	347	1208	19,52	67,94	32,06
4,75	4	0	10	442	1650	24,86	92,80	7,20
300 um	8	0	5	62	1712	3,49	96,29	3,71
Fondo				66	1778	3,71	100,00	0,00
Total				**1778**		100,00		



Apéndice E. Peso y absorción de los agregados



	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER
	EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS
PESO ESPECIFICICO Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS INVE - 222 - 07	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	INFORME DE ENSAYO

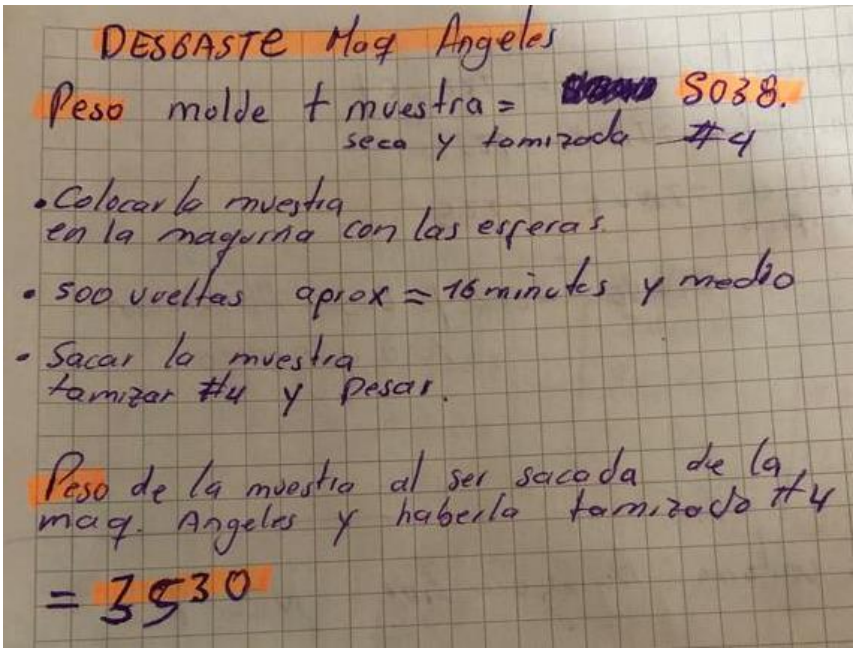
PRUEBA Nº	1
Wb= Peso del balon aforado vacio (gr)	159
Wbw= Peso del balon + agua + suelo hasta la linea de aforo (gr)	657
Wbe= Peso del balon + agua + suelo hasta la mitas para extraccion de vacios (gr)	436
Wbws= Peso del balon + agua + suelo hasta la linea de aforo (gr)	733
Ga= Peso o volumen de agua añadida a la muestra para completar el volumen del balon aforado (gr)	297
V= Volumen de la probeta (cm3)	500
Peso especifico nominal, Pe= $\frac{G}{(V-Ga)-(500-G)}$	1,68
Peso unitario seco aparete, Pm= $\frac{G}{(V-Ga)}$	**3,61**
Peso unitario saturado y superficialmente seco, Ps= $\frac{500}{(V-Ga)}$	2,46
% Absorcion = $\frac{500-G}{G} * 100$	**7,45**

	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER
	EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS
PESO ESPECIFICICO Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS INVE - 223 - 07	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	INFORME DE ENSAYO

NOMBRE	UNIDAD	VALOR
G= Peso de la muestra seca	gr	2479
Gs= Peso de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente	gr	2527
Gi= Peso de la muestra sumergida en agua	gr	1555

PESOS ESPECIFICOS Y ABSORCION			
PESO ESPECIFICO NOMINAL (Pe)	$Pe=\frac{G}{G-Gi}$	gr/cm3	**2,68**
PESO ESPECIFICO APARAENTE SECO (Pm)	$Pm=\frac{G}{Gs-Gi}$	gr/cm3	2,55
DENSIDAD APARENTE SATURADA (Ps)	$Ps=\frac{Gs}{Gs-Gi}$	gr/cm3	2,6
% ABSORCION	$\%\ Abs=\frac{Gs-G}{G}*100$	%	1,94

Apéndice F. Resistencia al desgaste y abrasión, máquina de los ángeles



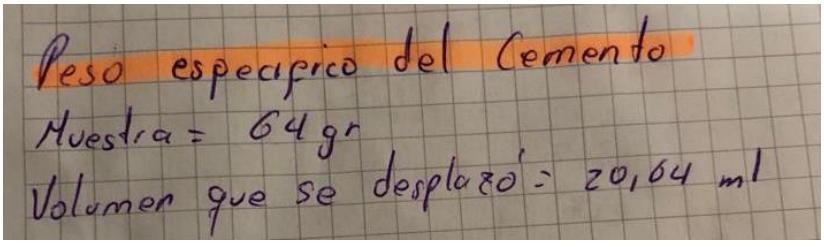
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER	
EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS	
RESISTENCIA AL DESGASTE Y ABRASION, MAQUINA DE LOS ANGELES NTC - 98	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	INFORME DE ENSAYO DE AGREGADO GRUESO

TAMIZ ICONTEC	**CANTIDAD DE MUESTRA EN GRAMOS**			
	GRADACION			
PASA / RETIENE	**A**	**B**	**C**	**D**
38,1mm - 25,4mm	1250 ± 25			
25,4mm – 19,0mm	1250 ± 25			
19,0mm – 12,7mm	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,7mm – 9,51mm	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,51mm – 6,35mm			2500 ± 10	
6,35mm – 4,76mm			2500 ± 10	
4,76mm – 2,38mm				5000 ± 10
TOTAL	**5000 ± 10**	**5000 ± 10**	**5000 ± 10**	**5000 ± 10**

TIPO	**NUMERO DE ESFERAS**	**MASA DE LAS ESFERAS**
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

PRUEBA Nº					
Gradacion empleada					1
Carga abrasiva					B
Revoluciones					500
Tamiz	**W tamiz vacion (gr)**	**W tamiz + muestra (gr)**	**W muestra (gr)**	**Datos del ensayo**	
1"	662	1912	1261	W de la muestra inicial sin lavar (gr)	5593
3/4"	643	1895	1260	P1 (W muestra lavada) (gr)	5038
1/2"	601	1859	1259	Perdida de muestra por lavado (gr)	555
3/8"	616	1873	1258	Muestra despues del ensayo (gr)	3530
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			5038	P2 (Muestra tamizada y lavada) (gr)	3530
% DE DESGASTE Y ABRASION $= \frac{P1-P2}{P1} * 100$					29,93

Apéndice G. Peso específico del cemento



	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-NORTE DE SANTANDER
	EVALUACION DE LA RESISTENCIA A TRACCION DE UNA MEZCLA HIDRAULICA CON LA ADICION DE FIBRAS DE FIQUE, PARA EL USO DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS

PESO ESPECIFICICO DEL CEMENTO NTC 221	**ESTUDIANTE:**
	MELISSA ANDREA DURÁN OSORIO
	DESCRIPCIÓN:
	CEMENTO TIPO I - LIQUIDO EMPLEADO (KEROSENE)

MUESTRA No.	MATERIAL gr	VOLUMEN DESPLAZADO ml	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO	
			gr/cm3	kg/m3
1	64	20,64	3,10	3101

Observaciones: Ninguna

Apéndice H. Reporte de cilindros mezcla hidráulica convencional.

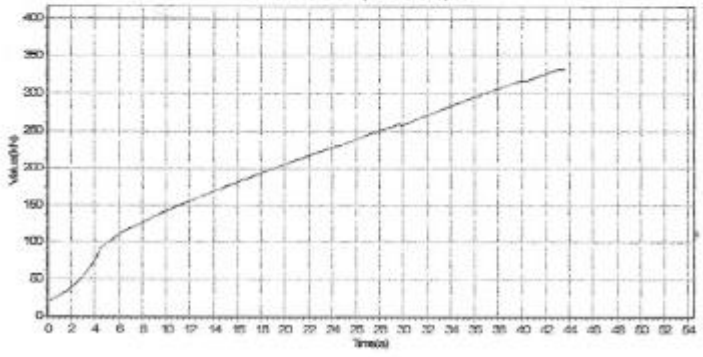
Concrete Compress Report

Test Num : 997 Test Date : 04-03-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon
FHECA TOMA	18/02/2022	FECHA FALLO	04/03/2022
EDAD EN DIAS	14 DIAS	UBICACION	CONCRETO NORMAL 3000 PSI
Specification(mm*mm*mm)	¡Ó150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	14	333.46	18,9	-	-	-	-	333.46	18,9

Concrete CompressGraph



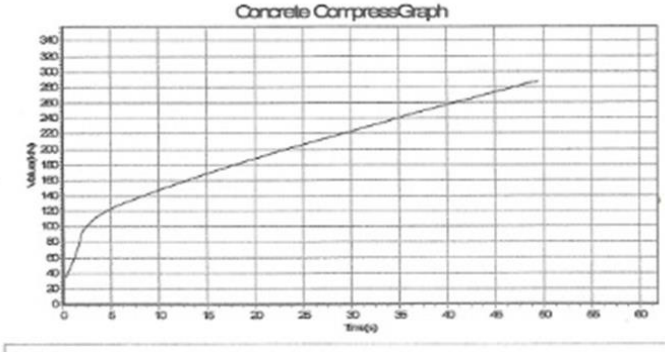
Concrete Compress Report

Test Num : 995 Test Date : 04-03-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon
FHECA TOMA	18/02/2022	FECHA FALLO	04/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		UBICACION	CONCRETO NORMAL
EDAD EN DIAS	14 DIAS	RESISTENCIA ESPERADA	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¡Ó150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	14	286.42	16.2	-	-	-	-	286.42	16.2

Concrete CompressGraph



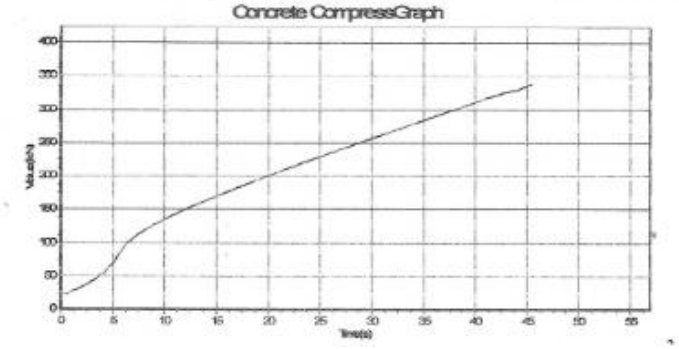
Concrete Compress Report

Test Num : 1002 Test Date : 18-03-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon
FHECA TOMA	18/02/2022	FECHA FALLO	18/03/2022
EDAD EN DIAS	28 DIAS	UBICACION	CONCRETO NORMAL 3000 PSI
Specification(mm*mm*mm)	¡Ó150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	28	338.87	21,2	-	-	-	-	338.87	21,2

Concrete CompressGraph



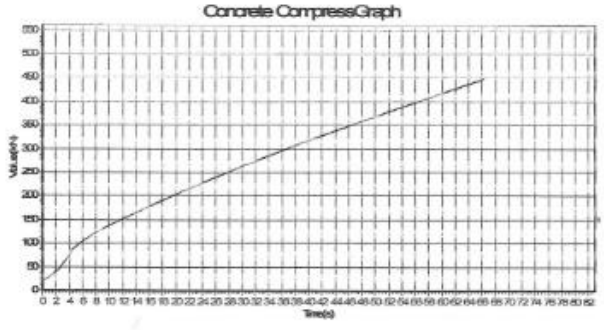
Concrete Compress Report

Test Num : 1001 Test Date : 18-03-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon
FHECA TOMA	18/02/2022	FECHA FALLO	18/03/2022
EDAD EN DIAS	28 DIAS	UBICACION	CONCRETO NORMAL 3000 PSI
Specification(mm*mm*mm)	¡Ó150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	28	448.11	21.7	-	-	-	-	448.11	21.7

Concrete CompressGraph



Apéndice I. Reporte de cilindros mezcla hidráulica modificada al 0,5%

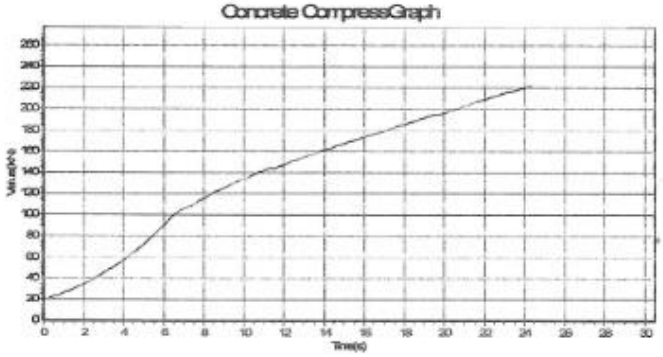
Concrete Compress Report

Test Num : 1048 Test Date : 24-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon
FHECA TOMA	24/02/2022	FECHA FALLO	03/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 0,5
Specification(mm*mm*mm)	Ø150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	7	221.62	12.5	-	-	-	-	221.62	12.5

Concrete CompressGraph



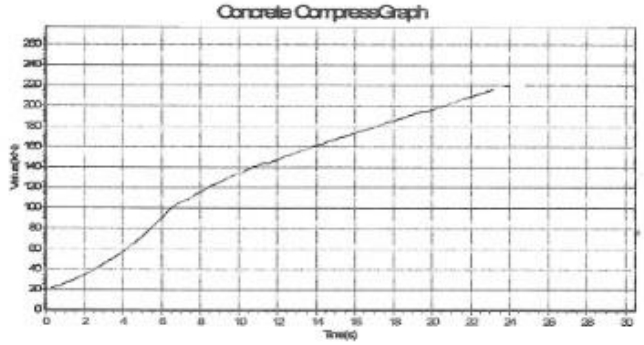
Concrete Compress Report

Test Num : 1050 Test Date : 24-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon
FHECA TOMA	24/02/2022	FECHA FALLO	03/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 0,5
Specification(mm*mm*mm)	Ø150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	7	219,6	12,4	-	-	-	-	219,6	12,4

Concrete CompressGraph



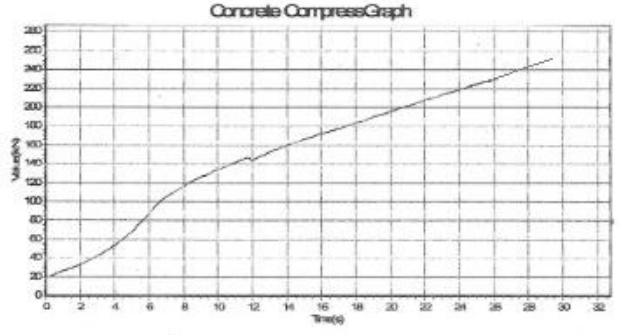
Concrete Compress Report

Test Num : 1055 Test Date : 24-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon
FHECA TOMA	24/02/2022	FECHA FALLO	10/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 0,5
Specification(mm*mm*mm)	Ø150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	14	256,98	14,5	-	-	-	-	256,98	14,5

Concrete CompressGraph



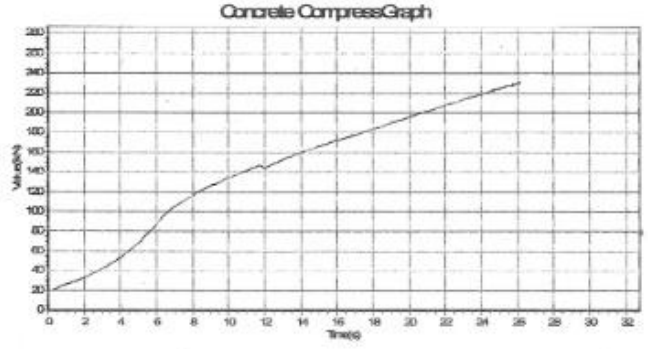
Concrete Compress Report

Test Num : 1058 Test Date : 24-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon
FHECA TOMA	24/02/2022	FECHA FALLO	10/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 0,5
Specification(mm*mm*mm)	Ø150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	14	229,57	13,0	-	-	-	-	229,57	13,0

Concrete CompressGraph



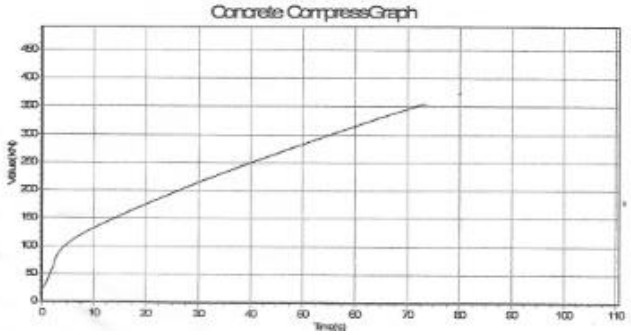
Concrete Compress Report

Test Num : 1061 Test Date : 24-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F
FHECA TOMA	24/02/2022	FECHA FALLO	24/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 0,5
EDAD EN DIAS	28 DIAS	RESISTENCIA ESPERADA	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¡Ô150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	28	361,45	20,5	-	-	-	-	361,45	20,5

Concrete CompressGraph



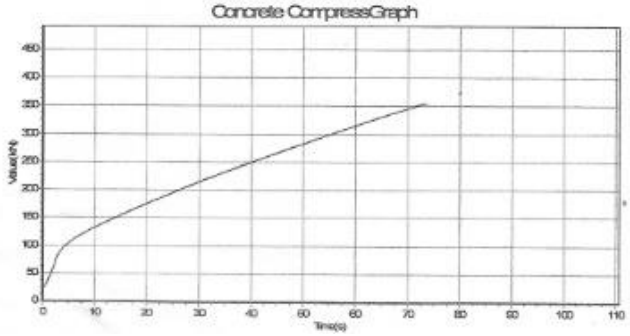
Concrete Compress Report

Test Num : 1061 Test Date : 24-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F
FHECA TOMA	24/02/2022	FECHA FALLO	24/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 0,5
EDAD EN DIAS	28 DIAS	RESISTENCIA ESPERADA	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¡Ô150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	28	361,45	20,5	-	-	-	-	361,45	20,5

Concrete CompressGraph



Apéndice J. Reporte de cilindros mezcla hidráulica modificada al 1,0%

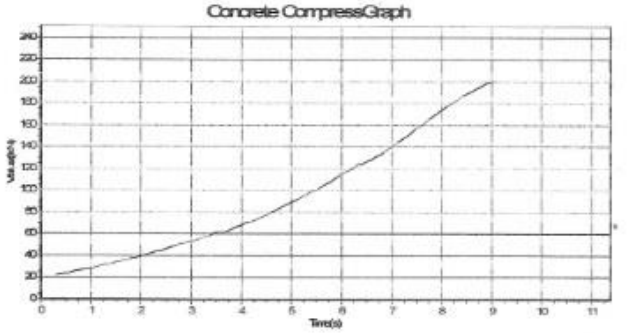
Concrete Compress Report

Test Num : 1045 Test Date : 28-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F.
FHECA TOMA	28/02/2022	FECHA FALLO	28/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		UBICACION	CONCRETO CON FIQUE AL 1%
Specification(mm*mm*mm)	¡Ô150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	7	200,20	11,3	-	-	-	-	200,20	11,3

Concrete CompressGraph



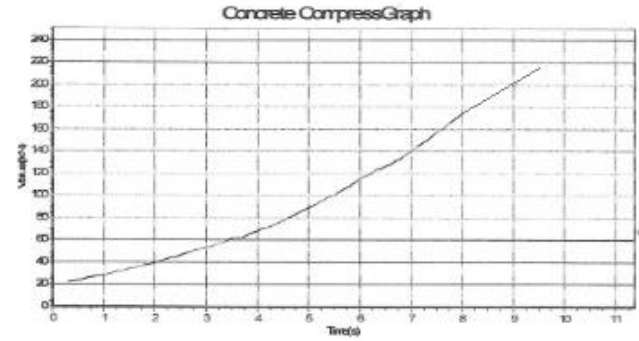
Concrete Compress Report

Test Num : 1046 Test Date : 28-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F.
FHECA TOMA	28/02/2022	FECHA FALLO	28/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		UBICACION	CONCRETO CON FIQUE AL 1%
Specification(mm*mm*mm)	¡Ô150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	7	216,9	12,3	-	-	-	-	216,9	12,3

Concrete CompressGraph



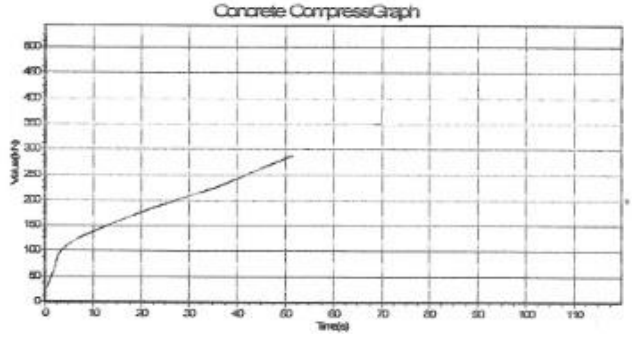
Concrete Compress Report

Test Num : 1040 Test Date : 28-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F.
FHECA TOMA	28/02/2022	FECHA FALLO	14/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 1%
EDAD EN DIAS	14 DIAS	RESISTENCIA ESPERADA	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¡Ö150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	14	276,9	15,7	-	-	-	-	276,9	15,7

Concrete CompressGraph



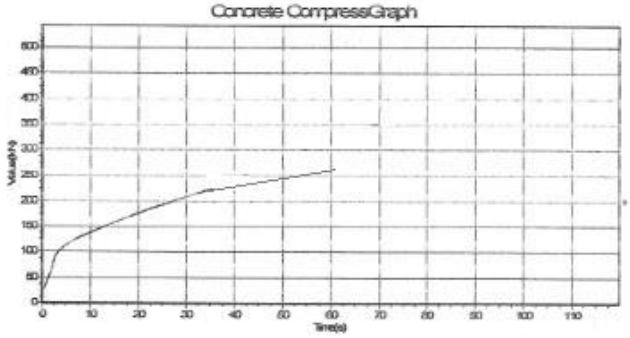
Concrete Compress Report

Test Num : 1041 Test Date : 28-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F.
FHECA TOMA	28/02/2022	FECHA FALLO	14/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 1%
EDAD EN DIAS	14 DIAS	RESISTENCIA ESPERADA	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¡Ö150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	14	253,6	14,4	-	-	-	-	253,6	14,4

Concrete CompressGraph



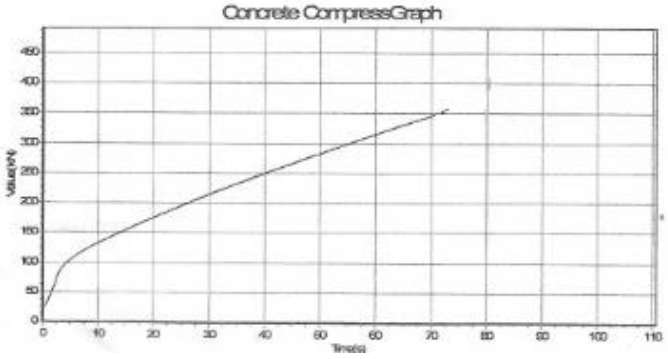
Concrete Compress Report

Test Num : 1035 Test Date : 28-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F
FHECA TOMA	28/02/2022	FECHA FALLO	7/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 1 %
EDAD EN DIAS	28 DIAS	RESISTENCIA ESPERADA	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¡Ö150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	28	352,4	20,0	-	-	-	-	352,4	20,0

Concrete CompressGraph



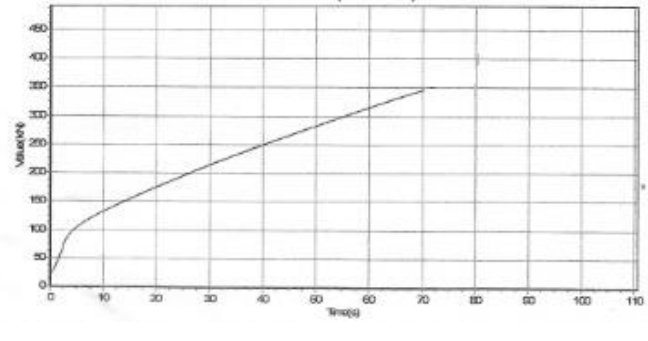
Concrete Compress Report

Test Num : 1034 Test Date : 28-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F
FHECA TOMA	28/02/2022	FECHA FALLO	7/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 1 %
EDAD EN DIAS	28 DIAS	RESISTENCIA ESPERADA	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¡Ö150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	28	348,2	19,7	-	-	-	-	348,2	19,7

Concrete CompressGraph



Apéndice K. Reporte de cilindros mezcla hidráulica modificada al 1,5%

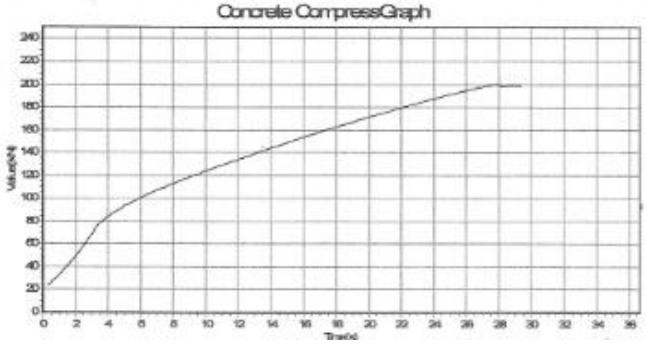
Concrete Compress Report

Test Num : 1012 Test Date : 21-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F.
FHECA TOMA	21/02/2022	FECHA FALLO	28/02/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 1,5
EDAD EN DIAS	7 DIAS	RESISTENCIA DE DISEÑO	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¦Ó150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	7	200.13	11.3	-	-	-	-	200.13	11.3

Concrete CompressGraph



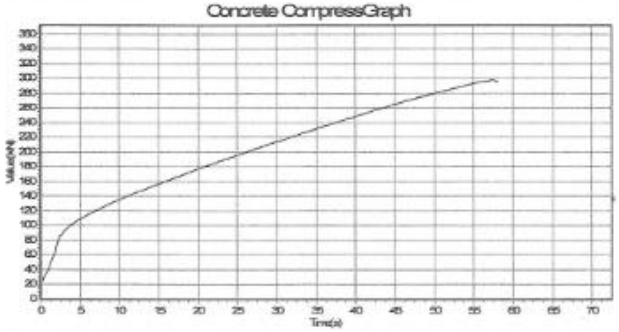
Concrete Compress Report

Test Num : 1013 Test Date : 21-02-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F
FHECA TOMA	21/02/2022	FECHA FALLO	28/02/202
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCREO CON FIQUE AL 1,5 %
EDAD EN DIAS	7 DIAS	RESISTENCIA DE DISEÑO	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¦Ó150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	7	209,24	11,8	-	-	-	-	209,24	11,8

Concrete CompressGraph



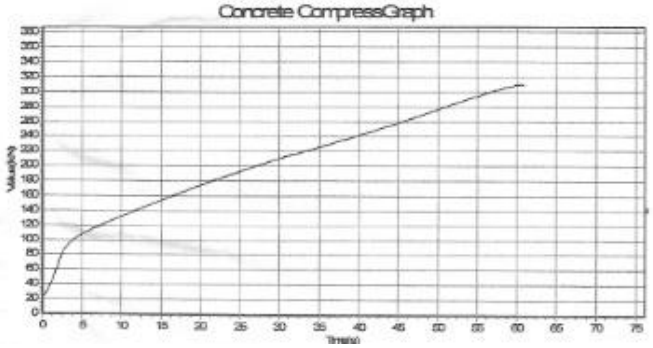
Concrete Compress Report

Test Num : 1020 Test Date : 07-03-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F.
FHECA TOMA	21/02/2022	FECHA FALLO	07/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 1,5
EDAD EN DIAS	14 DIAS	RESISTECIA DE DISEÑO	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¦Ó150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	14	274,94	15,8	-	-	-	-	274,94	15.6

Concrete CompressGraph



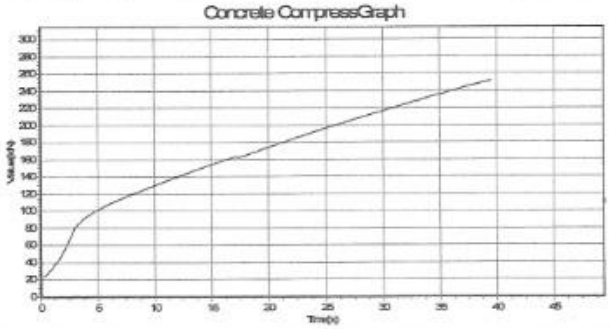
Concrete Compress Report

Test Num : 1021 Test Date : 07-03-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F.
FHECA TOMA	21/02/2022	FECHA FALLO	07/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	
EDAD EN DIAS	14 DIAS	RESISTENCIA ESPERADA	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¦Ó150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	14	251.48	14.2	-	-	-	-	251.48	14.2

Concrete CompressGraph



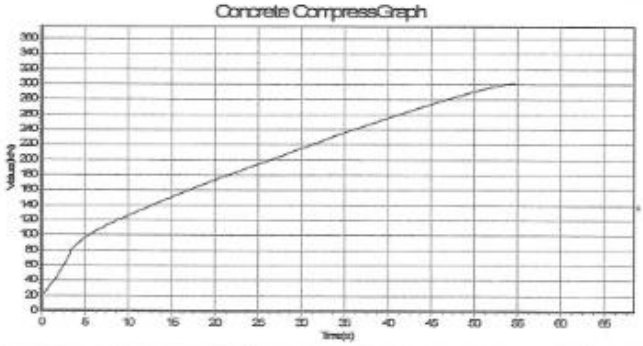
Concrete Compress Report

Test Num : 1028 Test Date : 21-03-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	
FHECA TOMA	21/02/2022	FECHA FALLO	21/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 1,5
EDAD EN DIAS	28 DIAS	RESISTENCIA ESPERADA	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¦Ô150.0*300.0	Strength level	C20

Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	28	347,82	19,7	-	-	-	-	347,82	19,7

Concrete CompressGraph



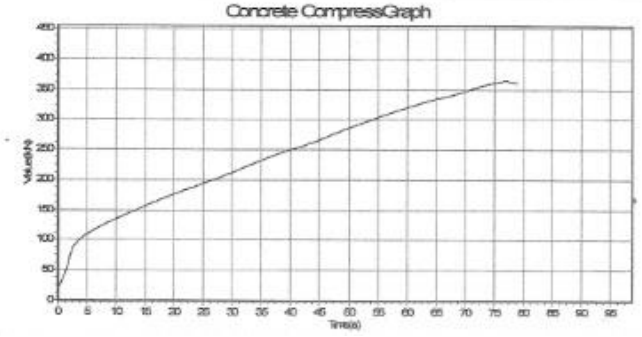
Concrete Compress Report

Test Num : 1029 Test Date : 21-03-2022

CLIENTE	MELISSA DURAN	RESAPONSABLE	MELISSA DURAN
LABORATORISTA	Manuel Ricardo Ramon F.	REVISO	Manuel Ricardo Ramon F.
FHECA TOMA	21/02/2022	FECHA FALLO	21/03/2022
FIRMA LABORATORISTA		TIPO DE CONCRETO	CONCRETO CON FIQUE AL 1,5
EDAD EN DIAS	28 DIAS	RESISTENCIA DE DISEÑO	3000 psi
Specification(mm*mm*mm)	¦Ô150.0*300.0	Strength level	C20

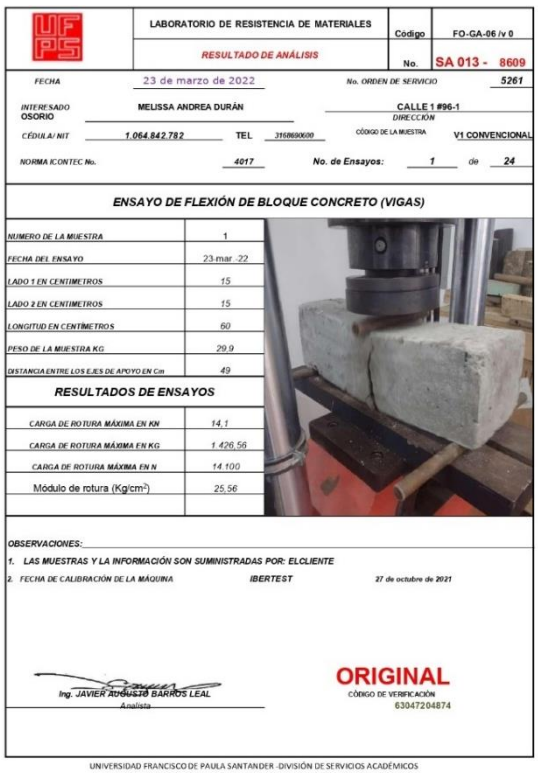
Area(mm*mm)	Days	1		2		3		Value(kN)	Strength(MPa)
		Press	Strength	Press	Strength	Press	Strength		
17662.5	28	363.48	20.6	-	-	-	-	363.48	20.6

Concrete CompressGraph



Apéndice L. Registro fotográfico de cilindros ensayados

Apéndice M. Reporte de viguetas mezcla hidráulica convencional a los 7,14 y 28 días.



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

RESULTADO DE ANÁLISIS

Código FO-GA-06 /v 0

No. SA 013 - 8609

FECHA 23 de marzo de 2022 No. ORDEN DE SERVICIO 5261

INTERESADO OSORIO MELISSA ANDREA DURÁN DIRECCIÓN CALLE 1 #96-1

CÉDULA/ NIT 1.064.842.782 TEL 3168690600 CÓDIGO DE LA MUESTRA V1 CONVENCIONAL

NORMA ICONTEC No. 4017 No. de Ensayos: 1 de 24

ENSAYO DE FLEXIÓN DE BLOQUE CONCRETO (VIGAS)

NUMERO DE LA MUESTRA	1
FECHA DEL ENSAYO	23-mar -22
LADO 1 EN CENTIMETROS	15
LADO 2 EN CENTIMETROS	15
LONGITUD EN CENTIMETROS	60
PESO DE LA MUESTRA KG	29,9
DISTANCIA ENTRE LOS EJES DE APOYO EN Cm	49

RESULTADOS DE ENSAYOS

CARGA DE ROTURA MÁXIMA EN KN	14,1
CARGA DE ROTURA MÁXIMA EN KG	1.426,56
CARGA DE ROTURA MÁXIMA EN N	14.100
Módulo de rotura (Kg/cm²)	25,56

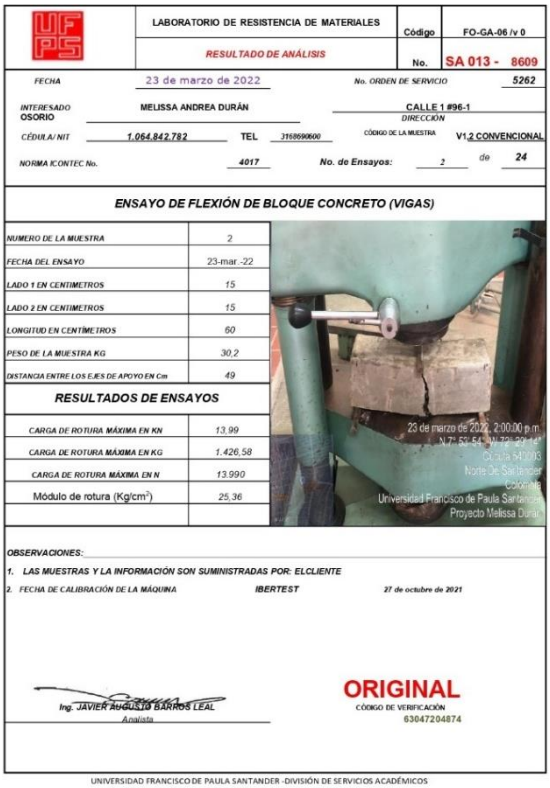
OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS Y LA INFORMACIÓN SON SUMINISTRADAS POR: ELCLIENTE
2. FECHA DE CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA IBERTEST 27 de octubre de 2021

Ing. JAVIER AUGUSTO BARROS LEAL
Analista

ORIGINAL
CÓDIGO DE VERIFICACIÓN
63047204874

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER -DIVISIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS
Avenida 12E -96 B.cobag. Telefax.753256 e-mail.diseraca@motilon.ufps.edu.co
CÚCUTA - COLOMBIA



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

RESULTADO DE ANÁLISIS

Código FO-GA-06 /v 0

No. SA 013 - 8609

FECHA 23 de marzo de 2022 No. ORDEN DE SERVICIO 5262

INTERESADO OSORIO MELISSA ANDREA DURÁN DIRECCIÓN CALLE 1 #96-1

CÉDULA/ NIT 1.064.842.782 TEL 3168690600 CÓDIGO DE LA MUESTRA V1,2 CONVENCIONAL

NORMA ICONTEC No. 4017 No. de Ensayos: 2 de 24

ENSAYO DE FLEXIÓN DE BLOQUE CONCRETO (VIGAS)

NUMERO DE LA MUESTRA	2
FECHA DEL ENSAYO	23-mar -22
LADO 1 EN CENTIMETROS	15
LADO 2 EN CENTIMETROS	15
LONGITUD EN CENTIMETROS	60
PESO DE LA MUESTRA KG	30,2
DISTANCIA ENTRE LOS EJES DE APOYO EN Cm	49

RESULTADOS DE ENSAYOS

CARGA DE ROTURA MÁXIMA EN KN	13,99
CARGA DE ROTURA MÁXIMA EN KG	1.426,58
CARGA DE ROTURA MÁXIMA EN N	13.990
Módulo de rotura (Kg/cm²)	25,36

OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS Y LA INFORMACIÓN SON SUMINISTRADAS POR: ELCLIENTE
2. FECHA DE CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA IBERTEST 27 de octubre de 2021

Ing. JAVIER AUGUSTO BARROS LEAL
Analista

ORIGINAL
CÓDIGO DE VERIFICACIÓN
63047204874

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER -DIVISIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS
Avenida 12E -96 B.cobag. Telefax.753256 e-mail.diseraca@motilon.ufps.edu.co
CÚCUTA - COLOMBIA