



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO REFORZADO CON
FIBRAS AL IMPACTO DE UNA DETONACIÓN

LINA MARCELA ORTEGA SUA	506017
ANDERSON ESNEYDER ARIZA RONCANCIO	506018

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

BOGOTA

2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO REFORZADO CON
FIBRAS AL IMPACTO DE UNA DETONACIÓN

LINA MARCELA ORTEGA SUA 506017

ANDERSON ESNEYDER ARIZA RONCANCIO 506018

TRABAJO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR

Ing. LINA PATRICIA MURCIA

Cap. MIGUEL ALEJANDRO PLAZAS

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

BOGOTA

2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Bogotá, 20, noviembre de 2018.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

AGRADECIMIENTOS

Nos sentimos complacidos por esta etapa que culmino, agradecemos a nuestras familias por el apoyo continuo aun en los momentos más complicados, por los compañeros que a lo largo de este tiempo han contribuido a nuestro desarrollo y formación, a la Ing. Lina Murcia por su entrega y dedicación a la enseñanza y a formar mejores profesionales y al Centro de investigación CENAM por su asesoría y colaboración en la ejecución de este proyecto.



TABLA DE CONTENIDO

1	INDICE DE ILUSTRACIONES	8
2	INDICE DE TABLAS	9
3	TÍTULO	11
4	ALTERNATIVA: Trabajo de investigación	11
5	LINEA DE INVESTIGACIÓN: materiales	11
5.1	EJE TEMATICO: resistencia de materiales.....	11
6	INTRODUCCION.....	12
7	PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA	13
8	ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	14
9	OBJETIVOS	16
9.1	OBJETIVO GENERAL:	16
9.2	OBJETIVOS Específicos:	16
10	ALCANCE Y LIMITACIONES.....	17
11	marco de referencia	18
11.1	Generalidades.....	18
11.1.1	Propiedades fisicoquímicas.....	18
11.1.2	Características de los explosivos	20
11.1.3	Explosivos industriales	23
11.1.4	Detonadores	24
11.2	MARCO TEÓRICO.....	28
11.2.1	Efectos de la fibra en el concreto	29
11.2.2	Por material	31
11.2.3	Fibras sintéticas.....	32
11.2.4	Fibras naturales	33



11.2.5	Efectos de la fibra en el concreto	35
11.2.6	Demolición de estructuras	35
11.2.7	Demolición de elementos estructurales.	37
11.2.8	Mecanismos de rotura	44
12	ESTADO DEL ARTE	48
13	METODOLOGIA	50
13.1	FASE 1	50
13.1.1	Ventajas y aplicaciones del concreto reforzado con fibras.	50
13.1.2	Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras frente a las detonaciones.....	53
13.1.3	Elección de los detonadores evaluando propiedades.....	54
13.2	FASE 2.....	55
13.2.1	Diseño de mezcla	55
13.2.2	Dosificación de fibras.....	61
13.2.3	Elaboración de cilindros de concreto	62
13.2.4	Diseño de detonación.....	64
13.3	FASE 3.....	64
13.3.1	Materiales	64
13.3.2	Ejecución	65
13.3.3	Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.....	67
14	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	69
14.1	Ensayo a la compresión.....	69
14.2	Pruebas de detonación	70
15	RECOMENDACIONES.....	77
16	CONCLUSIONES	78
17	ANEXOS.....	79
18	BIBLIOGRAFIA	87



1 INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Desarrollo de una detonación.....	19
Ilustración 2. Partes del detonador eléctrico.....	24
Ilustración 3 Detonador no eléctrico.....	27
Ilustración 4 Control de la micro fisura y la macro fisura.	29
Ilustración 5 Concreto con fibras	31
Ilustración 6 Tipos de geometrías de fibras.	32
Ilustración 7 Fibras sintéticas.....	33
Ilustración 8. Fibras naturales.	34
Ilustración 9 Efectos de la fibra en el concreto.....	35
Ilustración 10 Sección transversal de un muro y geometría de las cargas	39
Ilustración 11. Esquemas de perforación de losas.....	42
Ilustración 12. Rotura de una viga.....	43
Ilustración 13 Variación de la tensión de pico con la distancia a la pared del barreno (Hagan).	45
Ilustración 14 Agrietamiento radial.	46
Ilustración 15 Grafica esfuerzo deflexión, fibras sintéticas	51
Ilustración 16 Grafica esfuerzo vs deflexión, fibras metálicas	52
Ilustración 17 Grafica esfuerzo vs deflexión, fibras de cáñamo.....	52
Ilustración 18 Curva carga vs deflexión.	53
Ilustración 19 Grafica %pasa –tamiz mm agregado grueso.....	56
Ilustración 20 Grafica %pasa –tamiz mm agregado fino	57
Ilustración 21 Grafica %pasa –tamiz mm granulometría combinada.	59
Ilustración 22 Dimensiones de formaletas para ensayos.	61
Ilustración 23 Pesos de fibras.	61
Ilustración 24 Perforación de especímenes.	64
Ilustración 25 Esquema campo detonación.	66
Ilustración 26. Resistencia a la compresión de fibras.....	70
Ilustración 27. Análisis de fisuras.	74
Ilustración 28. Análisis de pérdida de altura.	75
Ilustración 29. Análisis de radio de rotura.....	76



2 INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumos específicos y esquemas recomendados en función del material de cimentación	38
Tabla 2 Consumos específicos y esquemas recomendados en función del espesor del muro.	38
Tabla 3 Consumos específicos y esquemas recomendados en función del espesor del muro hormigón.....	40
Tabla 4 Parámetros de diseño de las voladuras en función de las dimensiones y materiales de construcción de los muros.	41
Tabla 5 Esquemas longitudes de perforación y cargas de los barrenos	42
Tabla 6 Esquemas longitudes de perforación diseño de voladuras	43
Tabla 7 Estado del arte.	48
Tabla 8. Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras.	50
Tabla 9 Especificaciones técnicas de las fibras.	51
Tabla 10 Características detonadores eléctricos.....	54
Tabla 11 Tabla tamizado agregado grueso.....	55
Tabla 12 Tabla tamizado agregado fino.	56
Tabla 13 Ensayo agregado fino.	57
Tabla 14 Ensayo agregado grueso.....	58
Tabla 15 Granulometría combinada.	58
Tabla 16 Características de materiales.	59
Tabla 17 Criterios de diseño de mezcla.	60
Tabla 18 Cálculos diseño de mezcla.	60
Tabla 19 Proporciones de materiales.....	60
Tabla 20 Dosificación de fibras.	61
Tabla 21 Materiales para elaboración de cilindros.	62
Tabla 22 Procedimiento.....	63
tabla 23 Materiales de detonación.....	65
Tabla 24 Procedimiento de detonación.	66
Tabla 25 Ensayo a compresión.....	68
Tabla 26 Resultados prueba a compresión.	69
Tabla 27 Medidas prueba de detonación.	71
Tabla 28. Prueba de detonación cilindro #1.	71



Tabla 29. Prueba de detonación. Cilindro #2.....	72
Tabla 30. Prueba de detonación. Cilindro #3.....	72
Tabla 31. Prueba de detonación. Cilindro #4.....	73
Tabla 32. Prueba de detonación. Cilindro #5.....	73
Tabla 33. Prueba de detonación. Cilindro #5.....	74



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

PERIODO: 2018-II

PROGRAMA ACADÉMICO: INGENIERIA CIVIL

ESTUDIANTE: LINA MARCELA ORTEGA SUA CÓDIGO 506017

ESTUDIANTE: ANDERSON ARIZA RONCANCIO CÓDIGO 506018

DIRECTOR: ING. LINA PATRICIA MURCIA CARO

3 TÍTULO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO REFORZADO CON
FIBRAS AL IMPACTO DE UNA DETONACION

4 ALTERNATIVA: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

5 LINEA DE INVESTIGACIÓN: MATERIALES

5.1 EJE TEMATICO: RESISTENCIA DE MATERIALES



6 INTRODUCCION

El concreto es uno de los materiales de construcción más usados en el mundo, con una alta durabilidad al paso del tiempo y diversas propiedades mecánicas, con la evolución de las nuevas tecnologías y en procura de mejorar su calidad, sus propiedades, el comportamiento estructural y sus aplicaciones, ha resultado en nuevas generaciones de concretos con mejores características y composición. Las cuales se han utilizado exitosamente en numerosas aplicaciones de la ingeniería civil¹.

Una de estas nuevas tecnologías que se han venido desarrollado en los concretos son las adiciones con fibras, haciéndolos más resistentes y optimizando los procesos; su utilidad es innumerable; caracterizándose por tener mayor resistencia y siendo una alternativa muy favorable. Además, de tener como función principal la de crear un puente a través de las grietas que desarrolla el concreto cuando es cargado o cuando es sometido a cambios ambientales extremos; uno de sus grandes beneficios es alcanzar una utilidad a largo plazo de la estructura, entendiéndose la utilidad como la disponibilidad de la estructura específica para mantener su resistencia e integridad, y proveer su función diseñada sobre la vida útil proyectada².

Considerando que uno de los principales puntos de análisis de los concretos reforzados con fibras, es el comportamiento de la resistencia y grado de fisuración dicho punto se tomará como alternativa para el presente proyecto; el cual se desarrollará sometiendo al concreto reforzado con fibras a una detonación controlada.

¹ (RAMAN, S.N.; Jumaat, M.Z.; Mahmud, H.; Zain, M.F, 2007)

² (SAIF Eldeen, y otros, 2007)



7 PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA

Los explosivos son materiales los cuales ya se han sometido a diferentes pruebas de calidad y se conocen sus principales características como: potencia, densidad, velocidad detonación, ecuación de isentropía, resistencia al agua, compatibilidad de los sistemas de iniciación con el explosivo; entre otras lo que permite elaborar pruebas controladas en los materiales analizar.

Al analizar estos materiales frente al impacto de una fuerza de choque dará una idea más acertada de que tipos de fibra utilizar, tomando una mejor decisión de acuerdo con la necesidad a emplear. Las explosiones se dan cuando un material inestable líquido o sólido se expande dentro de un gas en un lapso extremadamente corto (milisegundos), de modo que ocupa un volumen entre cientos a miles de veces mayor de su volumen original.

Los gases empujados por la explosión impactan la atmosfera alrededor del punto de detonación creando una onda de choque. Dicha carga impacta las estructuras y materiales con una magnitud que depende de la distancia y del tamaño de la detonación.

El concreto al recibir este tipo de cargas (dinámicas y cíclicas) podría evitar colapsar por su capacidad de resistencia mecánica y su capacidad de deformación. La generación de esfuerzos internos y de deformaciones absorbe la energía probando sus límites. Un concreto reforzado convencional cederá fácilmente a la magnitud de la explosión. Esto se debe a que la capacidad de deformación del concreto en general es muy limitada), un concreto reforzado con fibras le permite al material llegar a su máxima resistencia a la tensión fallar y seguir funcionando, de modo que el elemento no colapse.

Evaluando el incremento en la tenacidad del material para mejorar la resistencia del mismo en la fase postfisuración. Las estructuras que pueden ser susceptibles a ataques externos, tanto de explosiones como de proyectiles, se suelen incorporar fibras a la composición del concreto mejorando la resistencia al impacto del material.

Es de vital importancia reconocer los tipos de fibra pueden mejorar las carencias que el material pueda presentar de acuerdo con la resistencia y el esfuerzo al que vaya ser sometido en este caso los detonadores. Por ello se genera la siguiente incógnita ¿Cómo evaluar la resistencia de un concreto adicionado con fibras ante los impactos generados por una detonación?



8 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Como antecedentes del uso de los explosivos en demoliciones de estructuras y el objetivo base de esta investigación, se analizó, se identificó y se construyó una base de datos apoyada en los siguientes autores:

Título: Manual De Perforación Y Voladuras De Rocas.

Autor: Carlos López Jimeno,

Año de publicación: 2003, España.

Tipo de documento: Libro

Comentario: Expone claramente la historia de los explosivos y su utilidad en la Ingeniería Civil, la preparación de agentes explosivos, fabricación de detonadores etc. además proporciona el conocimiento básico sobre los sistemas de perforación, los tipos de explosivos, accesorios disponibles y las variables que intervienen en el diseño de las voladuras; en el capítulo 31 particularmente trata sobre la utilidad en estructuras y proyectos de obra pública.

Título: Programa De Simulación Para Demolición De Estructuras Porticadas En Concreto Con Utilización De Explosivos.

Autor: Camilo Eduardo Quintero y Alexander Silva Mora

Año de publicación: 2003, Bogotá.

Tipo de documento: Documento de sitio web. Repositorio trabajos de grado Universidad Militar Nueva granada

Comentario: Tiene como objetivo brindar a la Ingeniería Civil un programa de computador que realice todos los cálculos necesarios para ejecutar una demolición con explosivos. El documento presenta información básica relacionada con los explosivos y accesorios utilizados en demoliciones, expone los conceptos y técnicas en el diseño de las voladuras, desarrollando ejemplos de diseño en forma manual que a su vez se comparan con los datos que arroja el programa. El software realiza todos los cálculos involucrados en la demolición de estructuras porticadas en concreto; tales como cantidad de Indugel, posición de las cargas explosivas dentro de la estructura, tiempos de retardo, entre otros.

Título: Evaluación Comparativa De La Resistencia A Compresión Y A Flexión Del Concreto Convencional, Concreto Con Fibra De Acero Sikafiber Cho 80/60 Nb, Y Concreto Con Fibra Sintética Sikafiber Force Pp/Pe-700/55.

Autor: Pedro Ramón Patazca Rojas y Jorge Emhilssen Tafur Bustamante

Año de publicación: 2013, Chiclayo Perú

Tipo de documento: Documento de sitio web. Repositorio trabajos de grado Universidad Señor de Sipán.



Comentario: El autor realizo un estudio comparativo de tres tipos de concreto: concreto convencional, normal o patrón (CP), concreto con fibra de acero y concreto con fibra sintética; a una resistencia de diseño $f'c$ 210 kg/cm², a los cuales se realizaron ensayos a compresión y a flexión (incluyendo absorción de energía) teniendo en cuentas las normas técnicas peruanas vigentes hasta el momento de su publicación. Se evalúa el concreto: fresco y endurecido, teniendo en cuenta, resistencia, tenacidad y tiempo de curado. Concluyendo que el uso de fibras de tales como acero y sintéticas, aumentan considerablemente la tenacidad y la resistencia del concreto, sin influir en el aumento de la resistencia a compresión. Siendo la fibra de acero la que obtuvo mejores resultados.

Teniendo en cuenta la información recopilada anteriormente y el tema de este proyecto, se abordan temas desde el concreto reforzado con fibras, como detonaciones en el concreto, pero no se visualiza que exista una investigación que correlacione estos dos temas de gran importancia en la ingeniera civil. Por esta razón el tema que se plantea en la investigación es innovador ya que aportara a la comunidad académica y la formación profesional de estudiantes y docentes; una alternativa diferente para evaluar la resistencia de concretos reforzados con diferentes tipos de fibras, a la detonación.



9 OBJETIVOS

9.1 OBJETIVO GENERAL:

Analizar la resistencia de un concreto reforzado con: fibras metálicas, sintéticas y cáñamo, ante el impacto generado por una detonación.

9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

-) Recopilar y comparar las teorías de los concretos reforzados con fibras, sus propiedades, características e impacto de los explosivos, con el fin de aplicar estas teorías a la resistencia de un concreto.
-) Plantear los diseños de mezcla y diseño de perforaciones en cilindros de concreto reforzado con fibras, con el fin de obtener un proceso controlado por la detonación de un explosivo.
-) Realizar pruebas de campo con detonadores, con el propósito de identificar el comportamiento de un concreto reforzado con fibras ante la fuerza de la detonación de un explosivo.



10 ALCANCE Y LIMITACIONES

Teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos en el área de estructuras y materiales vistos a lo largo del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Católica De Colombia; se pretende evaluar la resistencia de un concreto reforzado con fibras sintéticas, metálicas y cáñamo al impacto de una detonación, dicha investigación aportara al conocimiento de profesionales, estudiantes y académicos interesados en el desarrollo de nuevas técnicas para determinar la resistencia del concreto, con el fin de diseñar estructuras de concreto más durables y resistentes.

Para el correcto desarrollo de este proyecto se tuvo en cuenta las siguientes limitantes: las normas vigentes de la ley colombiana frente al uso y adquisición de explosivos necesarios para el desarrollo del proyecto, la seguridad, la compra a menudeo de las fibras, el correcto diseño de la mezcla de concreto y la disposición de tiempo por parte de las entidades competentes, para el correcto desarrollo del procedimiento.



11 MARCO DE REFERENCIA

11.1 GENERALIDADES

Los materiales explosivos son compuestos o mezclas de sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso, que por medio de reacciones químicas de óxido-reducción, se transforman en un tiempo muy breve, del orden de una fracción de microsegundo, en productos gaseosos y condensados, cuyo volumen inicial se convierte en una masa gaseosa que llega a alcanzar altas temperaturas y muy elevadas presiones.

Así, los explosivos comerciales son una mezcla de sustancias, combustibles y oxidantes, que, al ser operadas de la forma adecuada dan lugar a una reacción exotérmica rápida, que genera una serie de productos gaseosos a alta temperatura y presión, químicamente más estables, y que ocupan un mayor volumen, aproximadamente 1 000 a 10 000 veces mayor que el volumen original del espacio donde se alojó el explosivo.

Los explosivos constituyen una herramienta básica para la explotación minera y para obras de ingeniería civil.

11.1.1 Propiedades fisicoquímicas

Combustión: reacción química capaz de desprender calor pudiendo o no, ser percibida por nuestros sentidos, y que presenta un tiempo de reacción bastante lento.

Deflagración: proceso exotérmico en el que la transmisión de la reacción de descomposición se basa principalmente en la conductividad térmica. Es un fenómeno superficial en el que el frente de deflagración se propaga por el explosivo en capas paralelas, a una velocidad baja, que generalmente no supera los 1 000 m/s. La deflagración es sinónimo de una combustión rápida. Los explosivos más lentos al ser activados dan lugar a una deflagración en la que las reacciones se propagan por conducción térmica y radiación.

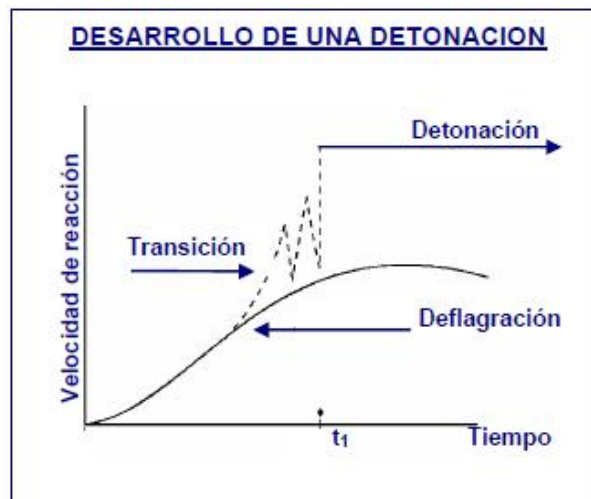
Detonación: Es un proceso fisicoquímico caracterizado por su gran velocidad de reacción y por la formación de gran cantidad de productos gaseosos a elevada

temperatura, que adquieren una gran fuerza expansiva (que se traduce en presión sobre el área circundante).

En los explosivos detonantes la velocidad de las primeras moléculas gasificadas es tan grande que no ceden su calor por conductividad a la zona inalterada de la carga, sino que los transmiten por choque, deformándola y produciendo calentamiento y explosión adiabática con generación de nuevos gases. El proceso se repite con un movimiento ondulatorio que afecta a toda la masa explosiva y que se denomina “onda de choque”, la que se desplaza a velocidades entre 1 500 a 7 000 m/s según la composición del explosivo y sus condiciones de iniciación.

Un carácter determinante de la onda de choque en la detonación es que una vez que alcanza su nivel de equilibrio (temperatura, velocidad y presión) este se mantiene durante todo el proceso, por lo que se dice que es auto sostenida, mientras que la onda deflagrantes tiende a amortiguarse hasta prácticamente extinguirse, de acuerdo con el factor tiempo entre distancia (t/d) a recorrer.

Ilustración 1 Desarrollo de una detonación.



Fuente: (EXSA, 1986) *Manual Practico De Voladura*. Lima, Peru.

Tanto en la deflagración como en la detonación la turbulencia de los productos gaseosos da lugar a la formación de la onda de choque. La región de esta onda donde la presión se eleva rápidamente se llama “frente de choque”. En este frente ocurren las reacciones químicas que transforman progresivamente a la materia explosiva en sus productos finales. Por detrás del frente de choque, que avanza a lo largo de la masa de explosivo, se forma una zona de reacción, que en su último tramo queda limitada por un plano ideal, que se denomina “Plano de Chapman-Jouguet (CJ)”, en el cual la reacción alcanza su nivel de equilibrio en cuanto a velocidad, temperatura, presión de gases, composición y densidad, lo que se



conoce como condiciones del estado de detonación. En el plano “CJ” los gases se encuentran en estado de hipercompresor³.

La zona de reacción en los altos explosivos es muy estrecha, sólo de algunos milímetros en los más violentos como TNT y dinamita gelatinosa y, por el contrario, es de mayor amplitud en los explosivos lentos o de flagrantés como el ANFO.

11.1.2 Características de los explosivos

Se deben reconocer las características de un explosivo antes de elegirlos para un uso determinado. Identificando las características básicas de un explosivo como son las de desempeño y las ambientales; las cuales se detallarán a continuación:

11.1.2.1 Características de desempeño

- **Potencia Explosiva:** se define como la cantidad de trabajo máximo que teóricamente pueden realizar los gases procedentes de la explosión, es el equivalente mecánico del calor de la explosión a volumen constante, esta característica depende de la composición del explosivo, y se mide por los efectos mecánicos que puede producir⁴.
- **Poder Rompedor:** indica la capacidad de quebrantar la roca, solamente por la onda de detonación y no junto con la presión de los gases, es muy importante para los explosivos de uso no confinado, al no ejercer sus gases grandes presiones, como en las cargas huecas y las de taqueo.
- **Velocidad De Detonación:** de este depende la fuerza destructora de un explosivo (poder rompedor). Se mide en metros por segundo y significa la rapidez con la que la onda de detonación o descomposición violenta del explosivo se propaga en la masa de éste.

³ (EXSA, 1986) Manual Practico De Voladura. Lima, Peru.

⁴ (FLESLER, Ariel, 2012) Características De Los Explosivos.



- En las especies químicas, puras y cristalizadas, la velocidad de detonación es máxima, al hacerse máxima su densidad. El diámetro del cartucho influye en la propagación segura, uniforme y máxima de la detonación. Requiere en cada explosivo un espesor mínimo del cartucho o carga, denominado diámetro crítico. Habitualmente el ensayo se realiza con cartuchos de 26 mm de diámetro, cebado con un detonador del número 8. Si la intensidad de iniciación no es lo suficiente potente, puede suceder que la velocidad de detonación no tome el valor máximo. Como la potencia de un explosivo aumenta la velocidad de detonación, la multiplicación medular es un perfecto procedimiento para obtener explosiones potentísimas con explosivos de escasa velocidad de detonación.
- Densidad de carga explosiva: Es el peso de un centímetro cúbico del mismo, puro cristalizado, expresado en gramos (densidad de cristal). Siendo la densidad de carga la relación que existe entre el peso del explosivo y el volumen del recipiente en que se verifica la explosión. La densidad del encartuchado es una característica importante del explosivo y depende en gran medida de la granulometría de los componentes sólidos y tipos de materias primas que son empleadas en su fabricación.
- Sensibilidad: Está determinada por la mayor o menor cantidad de energía que hay que comunicarle para que se produzca su explosión, considerando los siguientes aspectos relativos a la sensibilidad:
 - Sensibilidad al detonador, Los explosivos industriales, se inician por lo general con un explosivo de elevada potencia, estando éste ubicado en un detonador, cordón detonante o un multiplicador.
 - Sensibilidad a la onda explosiva, esta característica consiste en la capacidad de transmitir la explosión entre cartuchos de explosivos, colocados unos a continuación de otros en línea y con una cierta distancia de separación (explosión por simpatía).
 - Sensibilidad al choque y al rozamiento, cuando son sometidos a choques, impactos y fricciones, algunos explosivos industriales se inician.
- Cohesividad: habilidad de un explosivo de mantener su forma original, en ocasiones un explosivo debe mantener su forma original y otras en que debe fluir libremente.



11.1.2.2 Características ambientales

- Resistencia al agua: El comportamiento de los explosivos ante la humedad, varia sensiblemente dependiendo de su composición. A medida que aumentan las sales oxidantes, disminuye la resistencia al agua, especialmente en el caso del nitrato, al ser muy higroscópico. Al contrario, con la presencia de nitroglicerina o aditivos especiales en la composición del explosivo, mejoran su resistencia al agua por la producción de efectos impermeabilizantes de dichos productos.
- Humos: Son los productos resultantes de una explosión como gases, vapor de agua y productos sólidos finamente volatilizados, se les denominan humos. Si los humos contienen gases nocivos, como oxido de carbono o vapores nitrosos, su presencia en labores subterráneas o con ventilación deficiente, puede ocasionar molestias o intoxicaciones graves de las personas que se encuentren en su radio de acción, recomendándose el empleo de estos explosivos en explosiones a cielo abierto o con buena ventilación⁵.
- Para los trabajos subterráneos, la composición del explosivo debe tener una proporción suficiente de oxígeno capaz de asegurar una combustión completa. Los explosivos industriales poseen una composición, que cuando se produce su reacción química, produciendo humos de limitado contenido de gases nocivos. En las explotaciones mineras o lugares como los alcantarillados de las ciudades, donde se desprende metano u otros gases inflamables, se utilizan explosivos de seguridad.
- Flamabilidad: es la característica que tiene un explosivo para iniciar la reacción con facilidad a partir de una chispa, flama o fuego. Algunos explosivos explotan debido a una chispa mientras que otros pueden ser quemados y no detonan. La flamabilidad es importante desde el punto de vista del almacenamiento, transportación y uso.
- El ciclado del nitrato de amonio: El ciclado es la habilidad de un material para cambiar la forma de sus cristales con los cambios de temperatura. El fenómeno del ciclado puede afectar seriamente tanto el almacenamiento como el desempeño del cualquier explosivo que contenga nitrato de amonio. La mayoría de las dinamitas, tanto las de base nitroglicerina como las

⁵ (KONYA, 2008) Manual De Diseño De Voladuras

permisibles, contienen algún porcentaje de nitrato de amonio mientras que los agentes explosivos se componen casi en su totalidad de este compuesto.

- Estabilidad: Es la tendencia o facilidad de un explosivo para conservar su constitución química, frente a los agentes externos como a los internos. Siendo modificada por causas químicas (descomposición estructura química / luz, humedad, etc.). Se puede definir como la aptitud de una sustancia a permanecer químicamente inalterada, cuando se mantiene en condiciones de almacenamiento especificadas, esto quiere decir, que un explosivo debe de permanecer químicamente inalterado con el paso del tiempo, en condiciones normales de conservación. La estabilidad de un explosivo está garantizada si las condiciones de almacenamiento y el periodo del mismo es el adecuado.

11.1.3 Explosivos industriales

Los explosivos químicos industriales se clasifican según la velocidad de onda de choque, así:

- Explosivos lentos y de flagrantés, con menos de 2.000 m/s, comprenden las pólvoras, compuestos pirotécnicos y compuestos propulsores para artillería y cohetería, casi sin ninguna aplicación en la minería o ingeniería civil, salvo en el caso de rocas ornamentales.
- Explosivos rápidos y detonantes, con velocidades entre 2.000 y 7.000 m/s; se dividen en Primarios y Secundarios según su aplicación. Los Primarios por su alta energía y sensibilidad se emplean como iniciadores para detonar a los Secundarios, entre ellos se pueden encontrar los compuestos usados en los detonadores y multiplicadores (fulminato de mercurio, pentrita, hexolita, etc.). Los Secundarios son los que se aplican al arranque de rocas y aunque son menos sensibles que los Primarios desarrollan mayor trabajo útil. Estos compuestos pueden ser mezclas de sustancias explosivas o no, cuya variación es el precio de fabricación, en el mejor balance de oxígeno obtenido en su mezcla, confieren características a su sensibilidad.⁶

⁶ (C LOPEZ Jimeno, E Lopez Jimeno Y P Garcia, 2003) Manual De Perforación Y Voladura De Rocas.



11.1.4 Detonadores

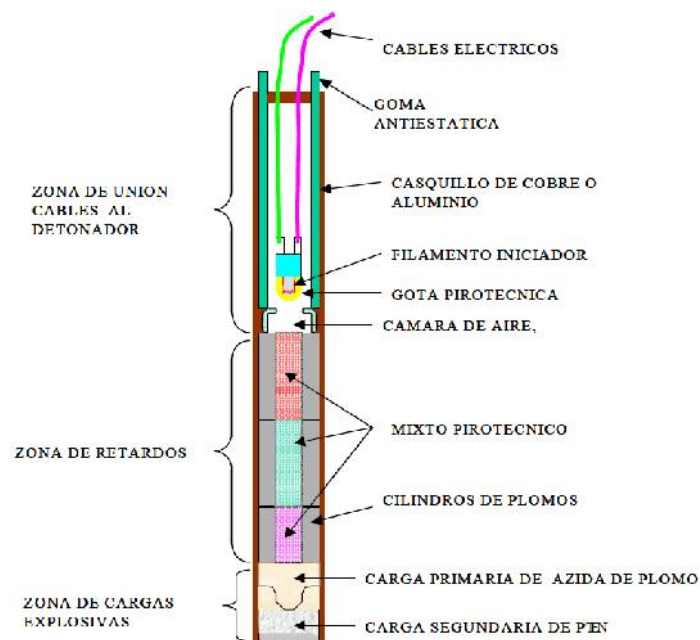
11.1.4.1 Detonadores eléctricos

Es un accesorio de detonación eléctrico de cargas explosivas capaz de convertir un impulso eléctrico en una detonación a través de la incandescencia de un filamento.

Este tipo de detonadores están constituidos, por una cápsula metálica de cobre o aluminio cerrada por un extremo, encontrándose en su interior un inflamador, un explosivo iniciador o primario y un explosivo base o secundario y en algunos tipos una cápsula retardadora.

El inflamador está formado por dos electrodos unidos entre sí por un filamento, los terminales de los electrodos opuestos al filamento están unidos al cableado eléctrico de cobre o hierro aislados por una envuelta de PVC, "llamados comúnmente rabizas", este cableado de los detonadores eléctrico es excitado para su activación por medio de la energía eléctrica producida por un explosor.

Ilustración2. Partes del detonador eléctrico.



Fuente (Manual de Tronadura de Enaex, 2006)



El funcionamiento de un detonador inicia cuando una corriente eléctrica pasa por los hilos de conexión atravesando la pequeña resistencia de la cerilla con una intensidad de corriente suficientemente grande, hace que se caliente la resistencia hasta alcanzar la temperatura de inflamación de la pasta explosiva que la rodea. En los detonadores de tiempo, la inflamación de la cerilla provoca la del elemento retardador, de manera que cuando este elemento retardador, termina de arder, la combustión llega a la carga primaria que detona haciendo detonar a su vez a la carga base o secundaria.

Si el detonador es instantáneo o de número cero, por no llevar portarretardo, la cerilla hace explotar directamente a la carga primaria y está a la carga base. Es decir, la inflamación de la cerilla y la explosión de las cargas son instantáneas en este caso.

La potencia de un detonador depende de la cantidad y tipo de explosivo que lleve. Los detonadores con potencia número 8 equivale a la carga de 0,7 gramos de pentrita.

Los detonadores eléctricos se clasifican en función de tres factores esenciales: sensibilidad, tiempos y uso. En función de las características eléctricas, se pueden clasificar los detonadores en tres tipos:

- Sensibles (S): estos detonadores son apropiados para lugares en los que no existe peligro de corrientes estáticas y extrañas. Uno de los hilos de este detonador es siempre de COLOR ROJO. Necesitan para su iniciación una corriente de una intensidad superior a 1,2 Amperios.
- Insensibles (I): estos detonadores son más seguros que los sensibles ante las corrientes extrañas. Su impulso de encendido es cinco veces mayor y su corriente de seguridad superior al doble. Este tipo de detonadores se utiliza en los casos en que, si bien no es previsible la existencia de energía peligrosa, se quiere tener una mayor seguridad. Uno de los hilos de este detonador es siempre de COLOR ROSA. Necesitan para su iniciación una corriente de una intensidad superior a 2,5 Amperios.
- Altamente Insensible (AI): estos detonadores reducen considerablemente los riesgos de autoencendido cuando existe energía peligrosa debido a líneas eléctricas, emisoras, electricidad estática, etc.; esto no quiere decir que los detonadores AI resulten totalmente seguros en todos los casos en los que exista este tipo de problemas, ya que a pesar de que su corriente de seguridad es veinte veces mayor y su impulso de encendido trescientas veces mayor que en los detonadores de tipo S, puede existir algún caso en



que estas corrientes peligrosas mencionadas, sobrepasen los límites de seguridad incluso de los detonadores AI. Necesitan para su iniciación una corriente de una intensidad superior a 25 A. Uno de los hilos de estos detonadores es siempre de color verde.

- En función de los tiempos de detonación, necesarios para obtener una buena secuenciación de las voladuras, se pueden clasificar en:
- Instantáneos: estos detonadores no llevan portarretardo, y por tanto la inflamación de la cerilla produce instantáneamente la explosión de la carga primaria y está de la carga base. Uno de los hilos de estos detonadores es siempre de color blanco.
- De microrretardo: estos detonadores llevan portarretardo, y por tanto la inflamación de la cerilla produce con un determinado desfase la explosión de la carga primaria y esta de la carga base. Uno de los hilos de estos detonadores es siempre de color amarillo.
- De retardo: estos detonadores llevan portarretardo, y por tanto la inflamación de la cerilla produce con un determinado (500 ms) desfase la explosión de la carga primaria y esta de la carga base. Uno de los hilos de estos detonadores es siempre de color azul. En función del uso, se pueden clasificar los detonadores en:
- De cápsula de aluminio: son de uso más general
- De cápsula de cobre: son detonadores adecuados para su utilización en ambientes con grisú o inflamables. La cápsula e hilos de alimentación son siempre de cobre. Se fabrican todas las gamas, tanto en lo que respecta a características eléctricas (S, I, AI), como a los tiempos
- Sísmicos: son detonadores que se fabrican con un tiempo de reacción inferior a un milisegundo, siempre que se inicien con la intensidad adecuada⁷.

Se emplean en voladuras que requieren de una exacta secuencia de salida de los tiros con el objeto de ir creando caras libres necesarias para la salida del material fragmentado, mejorando el avance en la voladura minimizando las vibraciones.

⁷ (FLESLER Ariel, 2012). Explosivos industriales.



11.1.4.2 Detonadores no eléctricos.

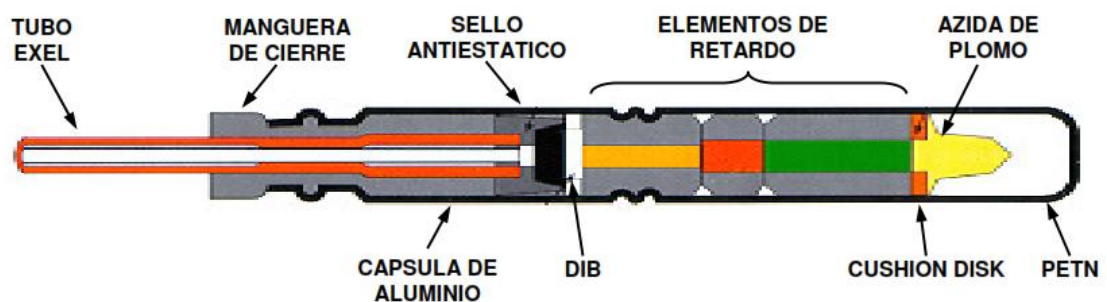
Los detonadores no eléctricos son tubos de choques que poseen un conector de plástico que indican el número correspondiente de retardo entre sus cualidades principales esta una carga de ruptura mínima de 25 kg, su velocidad de detonación es alrededor de 2000 m/s, el extremo inferior del detonador contiene una carga base de PENT y una carga primaria de Azida de plomo equivalente a una fuerza N° 12, resiste altas y bajas temperaturas, cuenta con transmisiones de radiofrecuencia con un uso simple.

Puede ser iniciados por detonadores eléctricos cordones detonantes (mínimo 5 g PETN/m) o retardo de línea troncal, se deben tener algunas precauciones en su manejo, protegerlos de impactos, no sostenerlos directamente del detonador, tener en un lugar apropiado fresco y seco para su almacenamiento, tienen una vida útil de 18 meses a partir de su fabricación sus principales aplicaciones son la minería subterránea y las obras civiles.

Los detonadores no eléctricos pueden usarse en la mayoría de las voladuras que requieran secuenciación de los barrenos de las mismas.

La potencia de un detonador depende de la cantidad y tipo de explosivo que lleve, se pueden usar conectores que son un elemento de retardo de superficie. Este incorpora un bloque conector de plástico con el retardo de baja potencia, engarzado a un tubo de transmisión.

Ilustración 3 Detonador no eléctrico.



Fuente: (Departamento Técnico Comercial, 2008)



11.2 MARCO TEÓRICO

El concreto tipo Portland tiene ciertas características: es relativamente resistente en compresión, pero débil en tensión y tiende a ser frágil. La debilidad en tensión puede ser superada por el uso de refuerzo convencional de acero y, en cierta medida, por la inclusión de un volumen suficiente de ciertas fibras⁸.

El uso de las fibras en materiales de construcción se remonta hasta antes de la aparición del cemento Pórtland y del concreto, las fibras siempre han estado presentes en materiales con usos estructurales similares al concreto como el adobe, la tapia pisada y los morteros de cal entre otros.

Las fibras vegetales son usadas en la tapia pisada y el adobe debido a que les ayudan a asumir esfuerzos de tensión y disminuyen su tendencia a la fisuración y mejorar el desempeño del material a esfuerzos de tensión. El uso de las fibras naturales como un componente más en materiales de relleno o aglomerantes, no es así nuevo y se remonta varios siglos atrás. En concreto existen referencias tempranas de experimentación con un refuerzo discontinuo (clavos, segmentos de cable, ganchos) que se remontan a 1910.

Las fibras han sido mayormente usadas e identificadas como un componente en materiales aglomerantes como tejas o prefabricados de asbesto-cemento. El asbesto agrega la tensión buscada, sin embargo, por consideraciones de salud estas fibras de asbesto han sido sustituidas por otras de diferentes materiales que no tienen ningún efecto sobre la salud humana.

Las fibras vegetales como cáñamo, pasto, fique, junco y pelo animal han sido tradicionalmente agregadas al adobe para disminuir su tendencia a la fisuración y mejorar el desempeño del material a esfuerzos de tensión. La introducción de “agregados” de forma específica y una resistencia a la tracción superior a la matriz en la que están embebidos, ha conferido cualidades adicionales que no alcanzarían, sin dicho refuerzo, el adobe, el yeso, el estuco, la cerámica o el concreto. Durante los últimos cincuenta años el empleo y estudio de las fibras en la construcción ha llevado al desarrollo y fabricación de tipos específicos de fibras que responden a diferentes necesidades. Hoy, existen, y se usan dentro de la composición del concreto, fibras de vidrio (especialmente resistentes a los álcalis), sintética, polivinilos, sinteticass, acero, carbono, entre otros. Es importante aclarar que las fibras tienen dos usos específicos en función de su trabajo dentro de la mezcla de concreto y de sus características físicas.

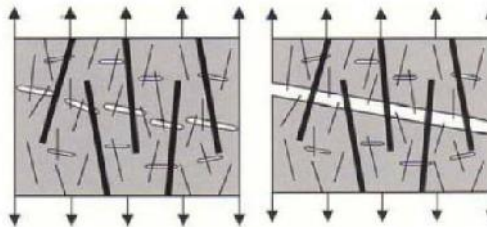
⁸ (IMCYC, A.C. Instituto Mexicano Del Cemento Y Del Concreto, 2007). El concreto en la obra problemas causas y soluciones



11.2.1 Efectos de la fibra en el concreto

La fibra ejerce un mecanismo de puenteo, con el fin de transmitir esfuerzos en el concreto agrietado y proporcionarle capacidad de seguir recibiendo carga aun en una condición agrietada, sin fallar; además de este mecanismo de puenteo, la longitud de la fibra tiene una acción diferenciada en el control de la micro fisura y la macro fisura⁹ Las fibras hacen poco para aumentar la resistencia a compresión, con incrementos del orden del 25%, incluso en elementos estructurales con reforzamiento convencional, la adición de fibras tiene poco efecto sobre la resistencia a compresión; sin embargo, las fibras hacen sustancialmente un incremento de la ductilidad post-agrietamiento o absorción de energía del material¹⁰.

Ilustración 4 Control de la micro fisura y la macro fisura.



Fuente: (PUJADAS A., P, 2008)

Las fibras alineadas en la dirección del esfuerzo de tensión pueden brindar un incremento alto en el esfuerzo a tracción directa, con valores hasta del 150%; para distribuciones aleatorias, el incremento es menor, pero puede alcanzar valores importantes del 60%, y cuyos resultados son similares para la tracción indirecta¹¹ Un aporte importante en esta acción mecánica es la tenacidad mostrada en el comportamiento post agrietamiento; es en la flexión desde el punto de vista mecánico donde las fibras tienen un efecto agregado mayor que en la compresión y la tracción, donde han sido reportados incrementos mayores al 100%.

Hoy en día se emplean principalmente dos tipos de clasificación, así:

1. Por funcionalidad, y geometría y dosificación

⁹ (PUJADAS A., P, 2008) Durabilidad del hormigón con fibras de sintética

¹⁰ (VAN Chanh, 2005) Steel fiber reinforced concrete. in: proceedings of JSCE – VIFCEA

¹¹ (VAN Chanh, 2005) Steel fiber reinforced concrete. In: Proceedings of JSCE – VIFCEA



11.2.1.1 Microfibras.

Normalmente son fibras de plástico, sintética, nylon, que ayudan a reducir la segregación de la mezcla de concreto y previenen la formación de fisuras durante la construcción¹².

Estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Se dosifican en el concreto para volúmenes entre 0.03% a 0.15% del mismo. Su dosificación en peso oscila entre 0.3 a 1.2 kg/m³ de concreto. Se trata de dosificaciones extremadamente bajas pero muy eficientes que previenen la fisuración del concreto por retracción plástica. Estas fibras tienen diámetros entre 0.023 mm a 0.050 mm, pueden ser monofilamento o fibriladas. Las microfibras al tener diámetros tan pequeños se califican con un parámetro denominado Denier. Denier es el peso en gramos de 9.000 metros de una sola fibra.

11.2.1.2 Macrofibras.

Estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. Las macrofibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm. La relación de aspecto (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100.

Las macrofibras generalmente son metálicas, sintéticas o naturales, las cuales se utilizan como refuerzo distribuido en todo el espesor del elemento y orientado en cualquier dirección. Las fibras actúan como malla electrosoldada y varillas de refuerzo, incrementando la tenacidad del concreto y agregando al material capacidad de carga posterior al agrietamiento, las macrofibras se incluyen en el concreto para aumentar la tenacidad del material, es decir para hacer que las estructuras, incluso después del agrietamiento de la matriz, puedan seguir siendo cargadas.

Las dosificaciones en términos de peso varían así de acuerdo con la densidad del material, las fibras de acero requieren entre 20 a 50 kg/m³ de concreto y las fibras sintéticas (sintética) entre 2 a 9 kg/m³. Las macrofibras actúan en estado endurecido, es decir antes de las 24 horas no tienen mayor efecto. Las macrofibras se incluyen y mezclan en el concreto como si fuesen un agregado más, normalmente exigen un tiempo de mezclado adicional entre 3 a 5 minutos para garantizar su completa dispersión. Para las dosificaciones y volúmenes, las macrofibras metálicas o sintéticas no alteran la resistencia a la compresión y lo

¹² (IMCYC, A.C. Instituto Mexicano Del Cemento Y Del Concreto, 2007)

hacen de una manera muy leve (o despreciable) sobre las resistencias a la tensión y flexión.

11.2.2 Por material

11.2.2.1 Fibras metálicas

Algunas fibras de acero tienen extremos conformados para mejorar la resistencia al arrancamiento de la matriz a base de cemento. Presentan módulo de elasticidad relativamente alto y se puede aumentar su adherencia o unión con la matriz de cemento a través del anclaje mecánico o de la rugosidad superficial¹³.

El concreto con fibras de acero en estructuras sometidas al agua en alta velocidad han mostrado que pueden durar hasta tres veces más que las alternativas en concreto convencionales. El concreto reforzado con fibras de acero se emplea además en prefabricados de concreto donde sea necesario el aumento de la resistencia al impacto o a la tenacidad. Las fibras de acero también se usan ampliamente en el concreto lanzado en aplicaciones de capas delgadas, especialmente en la estabilización de la inclinación de taludes y revestimiento de túneles, en pavimentos de aeropuertos y en las capas de revestimiento de las pistas, en los tableros de puentes, pisos industriales y pavimentos de autopistas.

Ilustración 5 Concreto con fibras



Fuente: Mallas electro soldadas vs fibras para reforzar el concreto

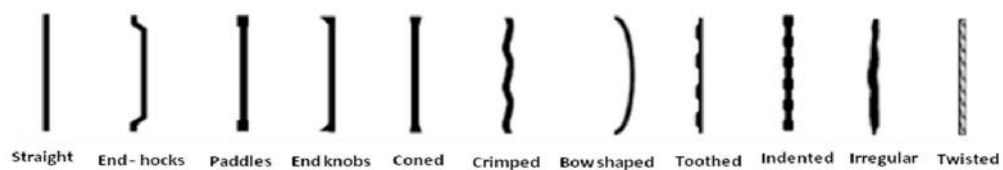
¹³ (STEVEN H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, And William C. Panares, 2008) Design And Control Of Concrete Mixtures 15° Edi pg 144-150



Son secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón)¹⁴.

Dependiendo del sistema de fabricación, hay fibras de diferentes tamaños, secciones, rugosidad superficial y formas. Pueden ser trefiladas en frío, cortadas o maquinadas. Su forma puede ser variable, recta, ondulada o con aplastamientos. Normalmente tienen deformaciones a lo largo de la fibra o en sus extremos. Esta última modalidad es más eficaz para aumentar la adherencia en el concreto. Para comparar una fibra con otra se utilizan tres conceptos: relación de esbeltez, anclaje y resistencia a la tracción del alambre. Una forma fácil de comparar el desempeño de dos fibras es revisando la relación de esbeltez (longitud/diámetro)¹⁵.

Ilustración 6 Tipos de geometrías de fibras.



Fuente: Consejo superior de investigaciones científicas

Las dosificaciones de fibras de acero oscilan normalmente entre 15 y 25 kg/m³ para pisos convencionales. En pisos sin juntas, normalmente se emplean dosificaciones mayores de 30 kg /m³ y para aplicaciones en concretos lanzados como los utilizados en túneles la dosificación es de 40 kg/m³.

11.2.3 Fibras sintéticas

Las fibras sintéticas son las que se fabrican por el hombre y son resultado de la investigación y el desarrollo de las industrias petroquímicas y textiles. Los tipos de fibras usadas en concreto son: acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y sintética.

¹⁴ (El Editor S.A.S., 2015) Mallas electro soldadas vs fibras para reforzar el concreto

¹⁵ (CSIC, Consejo Superior De Investigaciones Científicas, 2016) Informes de la construcción



Ilustración7 Fibras sintéticas



Fuente: 360° en concreto

Las fibras sintéticas pueden reducir la contracción plástica y, consecuentemente, la fisuración; además pueden ayudar al concreto después que se fisura. Se producen como monofilamentos cilíndricos continuos que se pueden cortar en longitudes específicas o como filmes y cintas. Estas fibras se componen de finas fibrillas de sección transversal rectangular¹⁶.

Las fibras sintéticas son generalmente utilizadas en: tablonos de cemento, la producción de tejas, mortero, concreto pretensado, entre otros. Una aplicación importante de las fibras sintéticas es, además, el Whitetopping ultra delgado, para retardar el desarrollo de baches en esta estructura de pavimento.

Al igual que las fibras metálicas, las macrofibras están diseñadas para mejorar las características mecánicas del concreto y se suministran en longitudes y diámetros distintos. La proporción de la mezcla depende de la longitud y el diámetro, pero las dosificaciones usualmente empleadas están comprendidas entre 1 y 2% en volumen (9 a 18 kg/m³), si bien existen aplicaciones con contenidos mínimos del 0,1%, o máximos del 8%, en volumen.

11.2.4 Fibras naturales

Las fibras naturales mantienen sus resistencias sólo durante un período relativamente corto (a menudo mucho menos de un año), debido a su tendencia a degradarse en la matriz alcalina, especialmente en ambientes, cálidos y húmedos.

¹⁶ (NAPURI, 2013)360° En Concreto, que es el concreto reforzado con fibras.



Cuando las fibras pierden su resistencia, el producto es equivalente a un concreto no reforzado, esta pérdida de resistencia no necesariamente es una desventaja, para algunas de las aplicaciones. Las fibras mantienen unida la mezcla húmeda, evitando el agrietamiento durante el moldeado y secado, y da al producto suficiente resistencia para soportar el transporte, la manipulación e instalación. Sin embargo, en ese momento el concreto habrá alcanzado su resistencia total, y como el agrietamiento se ha evitado en las etapas iniciales, podría ser más resistente que un producto similar hecho sin refuerzo.

Entre sus aplicaciones se encuentran y techos, baldosas planas para pisos y pavimentos, paneles ligeros para pared y elementos para enchapados, lucidos para mampostería de concreto o muros de concreto y otros usos no estructurales.

Las ventajas que se pueden considerar son: se puede emplear una gran variedad de fibras naturales localmente disponibles (incluso subproductos agrícolas) y baratas, si son fabricados y aplicados correctamente, los productos FC/MC puede ser los materiales durables más barato producido localmente, la alcalinidad de la matriz de concreto evita que las fibras sean atacadas por hongos y bacterias.¹⁷

Son secciones discretas de origen como cañamo, coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%.

Ilustración 8. Fibras naturales.



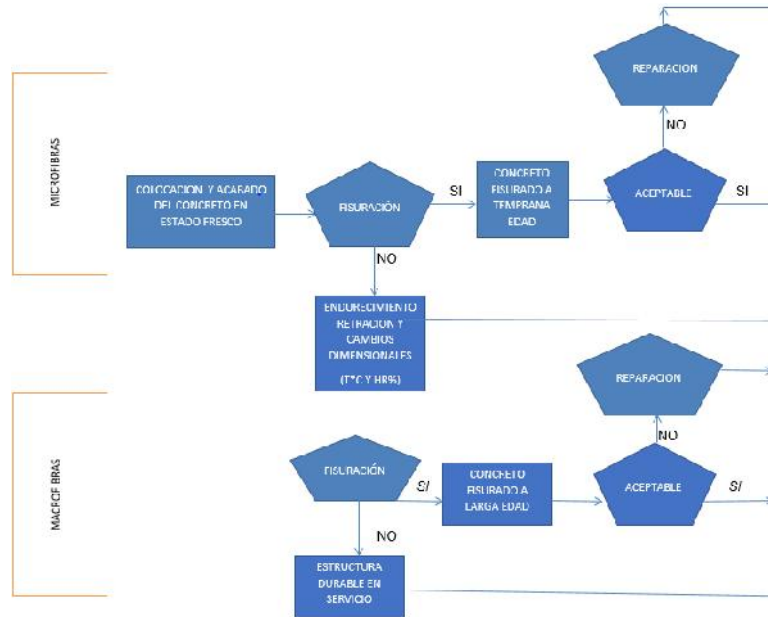
Fuente: 360° en concreto.

¹⁷ (ALVARADO, 2002) Concretos Base cemento portland reforzados con fibras naturales



11.2.5 Efectos de la fibra en el concreto¹⁸

Ilustración 9 Efectos de la fibra en el concreto.



Fuente (SIKA Colombia, 2013).

11.2.6 Demolición de estructuras

La utilidad de los explosivos en los trabajos de demolición de estructuras civiles: edificios, puentes, chimeneas, etc., constituye un sistema económico y a veces complementario de los convencionales llevado a cabo manual o mecánicamente.

La demolición de edificios se desarrolló durante la segunda guerra mundial en el centro de Europa con el fin de la reconstrucción de las ciudades y por sus ventajas se propago mundialmente

Los trabajos referentes a los explosivos consisten en colocar pequeñas cargas en puntos estratégicos de las estructuras para provocar su desequilibrio y fragmentación.

¹⁸ (SIKA Colombia, 2013) Concreto reforzado con fibras



11.2.6.1 Principios generales

- La rotura de elementos constructivos mediante la eliminación de uniones y seccionado de partes rígidas para que su propio peso realice el mayor trabajo de destrucción
- División y reparto de las cargas con el fin de conseguir una rotura completa, manteniendo un control máximo sobre las proyecciones y vibraciones generadas
- Ejecución y aplicación adecuada de la secuencia de encendido para lograr la calidad de la estructura en la dirección deseada

Las ventajas de las demoliciones con explosivos sobre los sistemas clásicos se resumen en:

- Menor costo, especialmente cuando las construcciones son de gran altura.
- Mayor rapidez de ejecución.
- Gran seguridad cuando se realizan sobre vías de tráfico o en las proximidades.
- Perturbaciones ambientales generadas en un periodo de tiempo muy limitado.
- Elevado control de los trabajos.
- Se puede emplear procedimientos de carga de escombros convencionales.

Algunos de los inconvenientes que conllevan son:

- Se obliga un proyecto y estudio completo de la voladura.
- Tiempo dedicado a la obtención de permisos y trámites legales.
- Imposibilidad de recuperar algunos elementos constructivos de valor.
- Necesidad de interrumpir el tráfico en las proximidades a la obra durante la ejecución de la voladura.
- En ocasiones no se dispone de planos de las estructuras y se desconocen las características de los materiales de que están compuestas.

Las medidas de seguridad que deben observarse durante la realización de los trabajos son:

- Las cargas del explosivo deben ser cubiertas con protecciones adecuadas: bandas de goma, redes, sacos terreros, etc. Para evitar proyecciones
- Para eliminar la formación de polvo, antes y durante la voladura debe procederse a un riego con agua de la estructura a demoler
- El área circundante a la voladura debe ser evacuada e inspeccionada antes del disparo

- Si en las proximidades existen edificios es aconsejable efectuar un estudio vibro grafico
- Si se utilizan cargas adosadas lo que no es práctica habitual, se deben controlar los efectos de la onda aérea y proyecciones.

11.2.6.2 Diámetros de perforación y tipos de explosivos.

En las demoliciones con explosivos se utilizan cargas individuales muy pequeñas generalmente inferiores a 50 g y los barrenos donde se alojan se encuentran en puntos de difícil acceso.

Las perforadoras más utilizadas son los martillos con un diámetro de taladro de 38mm estos equipos suelen tener un peso de 25 kg cuando se perforan barrenos verticales con longitudes de hasta 3.6m y martillos ligeros de unos 12 kg para barrenos horizontales con una longitud máxima de 1m. Solo en caso de grandes estructuras al aire libre donde no haya riesgo de proyecciones es posible utilizar carros perforadores con una gran gama de diámetros entre 50 y 65mm¹⁹.

Debido a que la mayoría de los elementos a fragmentar están constituidos por hormigón, mampostería de ladrillo y muy raras veces de mampostería de piedra las sustancias explosivas adecuadas son aquellas que poseen una elevada energía de tensión y por consiguiente las que tienen densidades y velocidades de detonación altas. Con un grado de sensibilidad y seguridad grande. Así pues, son los explosivos gelatinosos en cartuchos de 22 y 26 mm de diámetro los más empleados generalmente.

11.2.7 Demolición de elementos estructurales.

En el diseño de las voladuras se hace una primera división entre elementos estructurales aislados y las estructuras o construcciones completas.

Dentro del primer grupo se consideran los siguientes elementos:

- Cimentaciones
- Muros de mampostería y hormigón
- Pilares
- Losas
- Cubiertas y vigas

¹⁹ (C LOPEZ Jimeno, E Lopez Jimeno Y P Garcia, 2003) Manual de perforación y voladura de rocas



11.2.7.1 Cimentaciones

Las cimentaciones se perforan con barrenos verticales con unas longitudes que dependen de las dimensiones de las mismas y según un esquema cuadrado $B=S^{20}$

Tabla 1 Consumos específicos y esquemas recomendados en función del material de cimentación

MATERIAL	CONSUMO ESPECIFICO CE(kg/m ³)	ESQUEMA DE PERFORACION B-S(m)
Hormigon en masa de mala calidad	0.25-0.30	0.70-0.80
Hormigon en masa de buena calidad y resistencia	0.30-0.40	0.60-0.70
Hormigon armado en superficie	0.60-0.75	0.50-0.60
Hormigon armado con alta densidad de armaduras	0.80-1.0	0.50-0.55
Hormigon especial armado de tipo militar	1.5-2.0	0.40-0.50

Fuente: Manual De Perforación Y Voladura De Rocas

11.2.7.2 Muros.

Se distinguen los siguientes tipos de muros

- Muros de ladrillo que forman parte de los elementos de carga de la estructura
- Muros de hormigón que pertenecen a la estructura portante
- Muros de hormigón empotrados en su base, pero sin estar sometidos a esfuerzos

11.2.7.3 Muros De Ladrillo.

Con el fin de ahorrar perforación esta se realizará a la altura de los huecos existentes, ventanas o puertas, para conseguir una mejor rotura del material y una perforación más cómoda

El número de filas no debe ser en ningún caso inferior a 2 y se aumentara si se desea conseguir el vuelco del muro

Los esquemas recomendados se encuentran la siguiente tabla

Tabla 2 Consumos específicos y esquemas recomendados en función del espesor del muro.

²⁰ (C LOPEZ Jimeno, E Lopez Jimeno Y P Garcia, 2003)Manual De Perforación Y Voladura De Rocas



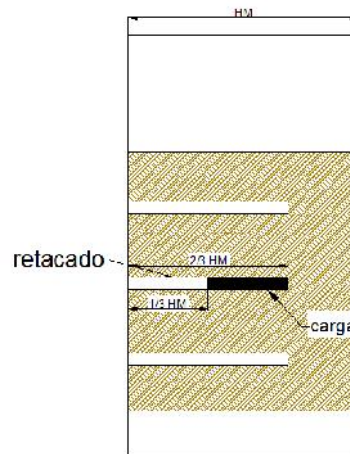
ESPEJOR-HM(cm)	ESQUEMA B-S (cm)	Nº DE FILAS
35	30x30	2
45	35x35	2
60	45x45	2
70	55x55	3
>100	55x55	3

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas.

Según la calidad del material consistencia y riesgo de proyecciones el consumo específico oscila entre 0.5 y 1 kg/m³.

Las longitudes de perforación dependen del espesor del muro Hm en condiciones normales los barrenos se perforan con $L=2/3 Hm$ dejando un retacado $T=1/3 Hm$ y una zona de carga de igual dimensión²¹.

Ilustración 10 Sección transversal de un muro y geometría de las cargas



Fuente: Manual De Perforación Y Voladura De Rocas.

²¹ (C LOPEZ Jimeno, E Lopez Jimeno Y P Garcia, 2003) Manual de perforación y voladura de rocas



11.2.7.4 Muros de hormigón.

En el caso de muros de hormigón armado que constituyan parte de la estructura portante los esquemas empleados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3 Consumos específicos y esquemas recomendados en función del espesor del muro hormigón.

ESPEJOR-HM(cm)	ESQUEMA B-S (cm)	Nº DE FILAS
35	30x30	2
45	35x35	2
60	45x45	3
70	55x55	3

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

Al igual que en el caso anterior las longitudes de los barrenos serán de $2/3$ del espesor del muro, pero los consumos específicos aumentarán hasta 0.9-1.5 kg/m³.

- Muros De Hormigón Empotrados En Su Base

En estos casos donde los muros suelen ser altos estrechos y empotrados en la base, los barrenos se practican verticales para conseguir trocear el hormigón y permitir su posterior desescombros. No se recomienda que los barrenos tengan una longitud superior a 1.5 m para evitar las desviaciones que podrían causar problemas de proyecciones al existir zonas con altas concentraciones de carga.

En la siguiente tabla se recogen los parámetros de diseño de voladuras en función de las dimensiones y materiales de construcción de los muros.



Tabla 4 Parámetros de diseño de las voladuras en función de las dimensiones y materiales de construcción de los muros.

TIPO DE MURO	ESPEJOR-Hm (cm)	ESPACIAMIENTO -S(cm)	NºFILAS	CONSUMO ESPECIFICO CE (kg/m3)
HORMIGON EN MASA	20	30	1	0.2-0.3
	30	30	1	0.2-0.3
	40	30	1	0.2-0.3
	50	40	1	0.2-0.3
HORMIGO ARMADO	20	30	1	0.3-05
	30	30	1	0.3-05
	40	30	1	0.3-05
	50	40	1	0.3-05
	60	40	2	0.3-05
	70	40	2	0.3-05

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

En este tipo de voladuras se aconseja realizar unas pequeñas pruebas experimentales en un tramo del muro para determinar los esquemas y cargas idóneas

11.2.7.5 Pilares.

Los pilares suelen ser generalmente de hormigón armado con secciones cuadas, rectangulares o circulares. La perforación de los barrenos se realiza en la dirección de la cara del pilar de mayor dimensión, en pilares con una anchura menos de 40 cm los barrenos se perforan en una sola fila con un espaciamiento igual a 40 cm. La longitud de perforación debe ser 2/3 de la dimensión de la cara mayor ocupando la carga y el retacado longitudinales a 1/3 de la cara mayor, la altura de corte de los pilares varía entre 1.5 a 2.5m para pilares mayores a 40cm pueden disponerse cada 2m otras auxiliares con un par de barrenos cada una de ellas. El consumo específico de explosivo varía en función del material y condiciones de entorno entre los 0.7 y 1.5 kg/m3



11.2.7.6 Losas.

Las voladuras de losas se realizan mediante dos procedimientos:

- Carga para fracturación total: se aplica indistintamente a losas de hormigón en masa o de hormigón armado
- Carga para apertura de hendiduras: es más frecuente en el hormigón armado donde una vez abierta la hendidura se procede al corte con soplete de los rebardos de acero

En la siguiente tabla se indican los esquemas, longitudes de perforación y cargas de los barrenos recomendadas.

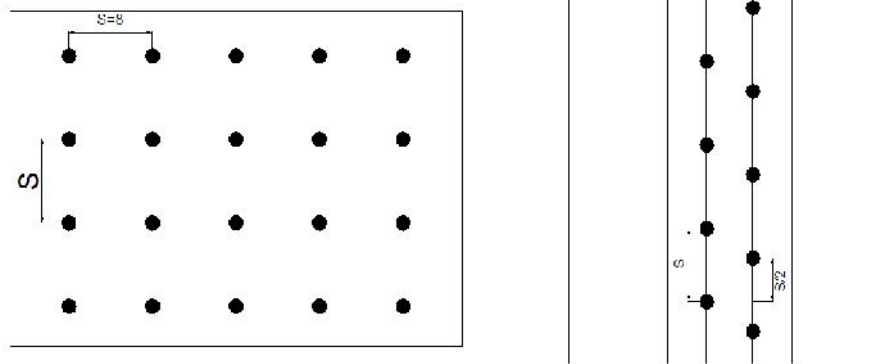
Tabla 5 Esquemas longitudes de perforación y cargas de los barrenos

MATERIAL	ESPESESOR(cm)	LONGITUD DE PERFORACION(m)	ESQUEMA BXS (cm)	ESPECIFICO CE (kg/m ³)
HORMIGON EN MASA	30	20	30x30	0.3-0.5
	40	25	40x40	0.3-0.5
	50	35	50x50	0.3-0.5
HORMIGO ARMADO	30	20	20x20	0.5-0.7
	40	30	30x30	0.5-0.7
	50	40	35x35	0.5-0.7

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

Cuando se desean efectuar voladuras de hendidura, se utilizan al menos dos líneas de barrenos y se sube el consumo específico de explosivo hasta 0.7y 0.8 kg/m³.

Ilustración 11. Esquemas de perforación de losas.



Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

Al igual que para los muros, es aconsejable hacer pequeñas voladuras de prueba para ajustar las cargas y los esquemas.

11.2.7.7 Cubiertas.

Por cubiertas se entiende a los techos de hormigón armado y las bóvedas en la tabla se relacionan los criterios de diseño para realizar estas voladuras.

Tabla 6 Esquemas longitudes de perforación diseño de voladuras

ESPESOR(cm)	LONGITUD DE PERFORACION(m)	ESQUEMA BXS (cm)	CONSUMO ESPECIFICO CE (kg/m ³)
20	15	30x30	0.5-0.7
30	20	30x30	0.5-0.7
40	30	30x30	0.5-0.7
>50	2/3xHm	50x50	0.5-0.7

Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

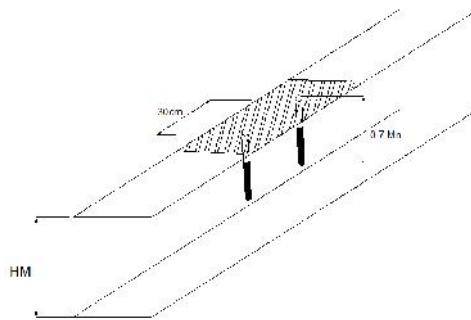
11.2.7.8 Vigas

Con la voladura de estos elementos estructurales se persiguen dos objetivos

- Transformar el punto de corte en una rótula.
- La fragmentación o taqueo del material para su manipulación posterior.

La perforación se realiza verticalmente siendo suficiente en cada punto de corte con dos barrenos espaciados 30 cm la longitud de perforación se toma como 0.7 veces el canto de la viga y la carga específica entre 0.6 y 0.8 kg/m³.

Ilustración 12. Rotura de una viga



Fuente: Manual de perforación y voladura de rocas

11.2.8 Mecanismos de rotura

En el momento que una carga explosiva se detona en una roca, suele estar caracterizadas por dos etapas:

- Etapa 1: Tiene un gran impacto producido por la onda de choque, relacionada a la Energía de Tensión, durante poco tiempo.
- Etapa 2: intervienen gases producidos por la zona de reacción que a alta presión y temperatura son portadores de la Energía Termodinámica o de Burbuja.

En la desintegración de materiales rocosos con explosivos actúan diversos factores de mecanismos de rotura entre los más relevantes están:

11.2.8.1 Trituración de la roca.

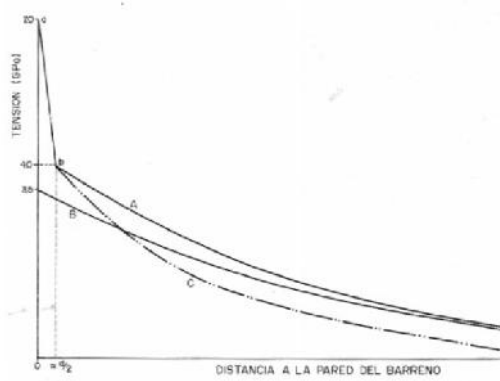
En el inicio de la explosión, la presión de onda de choque que se propaga de forma cilíndrica alcanza valores que superan ampliamente la resistencia dinámica a compresión de la roca provocando la fragmentación de su estructura Inter cristalina e intergranular.

El tamaño del anillo de roca triturada aumenta con la presión de detonación del explosivo y con el acoplamiento de la carga a las paredes del barreno²².

²² (Manual de perforación y tronadura de rocas, 1981)



Ilustración 13 Variación de la tensión de pico con la distancia a la pared del barreno (Hagan).



Fuente: Hagan, TN

El mecanismo de rotura consume aproximadamente el 30% de la energía que transporta la onda de choque, desintegrando la roca con un volumen muy pequeño, del orden del 0,1% del volumen total que corresponde al arranque normal de un barreno. No es necesario utilizar explosivos potentes que generen tensiones en la roca de las paredes de los barrenos muy elevadas, de ahí que en algunos casos se aconseje el desacoplamiento de las cargas y el aumento de la «ES» a costa de la «ET».

11.2.8.2 Agrietamiento radial.

En el momento de que la onda de choque rodee la roca, el barreno está sometido a una intensa compresión radial que produce componentes de tracción, en los planos tangenciales del frente de dicha onda. Cuando estas fuerzas sobrepasen la resistencia dinámica a tracción de la roca se inicia la formación de una densa zona de grietas alrededor de la zona triturada que rodea al barreno.

Los tamaños de estas grietas dependen la intensidad de la onda de choque: En la pared del barreno o en el límite exterior del anillo de roca triturada, y La disminución de la resistencia dinámica a tracción de la roca y el factor de atenuación de la energía de tensión.

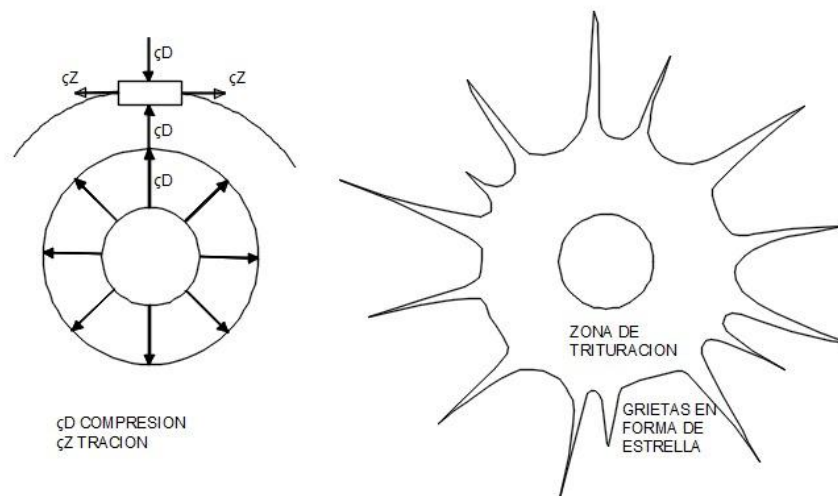
Por otra parte, Detrás de esa zona interior de intenso agrietamiento, algunas fracturas regresan de forma importante distribuidas aleatoriamente alrededor del barreno.



La velocidad de propagación de las grietas es de 0,15 a 0,40 veces la de la onda de choque, aunque las primeras micro fisuras se desarrollan en un tiempo muy pequeño del orden de 2 ms²³.

Cuando la roca presenta fracturas naturales la extensión de las grietas guarda una estrecha relación con éstas. Si las columnas de explosivo son interceptadas longitudinalmente por fracturas existentes, éstas se abrirán por efecto de la onda de choque y se limitará el desarrollo de las grietas radiales en otras direcciones. Las fracturas paralelas a los barrenos, pero a alguna distancia de éstos, interrumpir la propagación de las grietas radiales.

Ilustración 14 Agrietamiento radial.



Fuente: Instituto Tecnológico Geo-minero De España

11.2.8.3 Reflexión de la onda de choque.

En el momento que la onda de choque alcanza una superficie libre se generan dos ondas, una de tracción y otra de cizallamiento. Esto ocurre antes de que se generen grietas, más que una distancia equivalente a un tercio de la que existe desde la carga a esa superficie libre.

²³ (Manual de perforación y tronadura de rocas, 1981)



La fracturación es causada generalmente por la onda de tracción reflejada. Si las tensiones de tracción superan la resistencia dinámica de la roca se producirá hacia el interior el fenómeno conocido por descostramiento o «spalling». En las rocas las resistencias a tracción alcanzan valores entre un 5 y un 15% de las resistencias a compresión²⁴.

Si la carga de explosivo necesaria para producir la rotura de la roca por la acción exclusiva de la reflexión de la onda de choque sería ocho veces mayor que la carga normal.

²⁴ (Manual de perforacion y tronadura de rocas, 1981)



12 ESTADO DEL ARTE

La resistencia mecánica de una roca es la capacidad de oponerse a su destrucción bajo una carga exterior, estática o dinámica; en el caso del concreto esta capacidad depende de variables como el diseño de mezcla, las condiciones ambientales, la eficiencia del curado, los materiales adicionales que se utilicen para mejorar su resistencia, entre otros.

Esto hace que los índices de crecimiento de la resistencia no pueden ser de carácter general para todos los concretos.

Actualmente en el mercado existe variedad de fibras para concretos, se encuentran de acero, plástico, vidrio, de materiales naturales como: (cáñamo, celosa de madera) y otros sistemas con una gama de espesores y tamaños, con el fin de complementar la excelente resistencia a la compresión del concreto, mejorando la baja resistencia a la tracción. El comportamiento de la resistencia mecánica del concreto ha conllevado desarrollar distintas investigaciones para aumentar la resistencia antes estos refuerzos, pretendiendo dentro una gama de materiales llegar a solucionar esta cuestión²⁵.

Dichas investigaciones lideradas por empresas, universidades y académicos han obtenido como producto: tesis de grado, artículos etc., los cuales satisfacen la necesidad de evaluar la resistencia del concreto reforzado con fibras, a la compresión, tracción, tensión, tenacidad; sin embargo, según las investigaciones realizadas no se evidencia alguna premisa que involucre las características mecánicas del concreto reforzado con fibras ante el impacto de una detonación.

A continuación, se evidencia algunas de las investigaciones relacionadas con respecto al tema:

Tabla 7 Estado del arte.

INVESTIGACIONES		
TEMA	ENTIDAD	AÑO
Elaboración de un modelo evolutivo híbrido de algoritmos genéticos y redes neuronales artificiales para dosificaciones de mezclas de concreto reforzadas con fibras metálicas ²⁶	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	2016

²⁵ (MENDOZA Carlos Javier, 2011)

²⁶ (GONZÁLEZ Salcedo, Luis Octavio Delvasto Arjona, Silvio Guerrero Zuñiga, Aydee Patricia, 2016) Repositorio Universidad de los Andes



Influencia de las fibras de sintética en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido ²⁷	CONCRETO Y CEMENTO INVESTIGACION Y DESARROLLO	2011
Estudio del comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto para pavimento reforzado con fibras metálicas ²⁸	UNIVERSIDAD JAVERIANA	2013
Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero ²⁹	SCIENCE DIRECT	2013
Uso de las fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en el concreto ³⁰	UNIVERSIDAD AUTONOMA NUEVO LEON	2016
Evaluación del efecto en la contracción del concreto con fibras estructurales de sintética ³¹	UNIVERSIDAD JAVERIANA	2014
Evaluación del desempeño a tensión por compresión diametral del concreto reforzado con Fibras de acero ³²	UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	2013
Revestimientos de túneles en concreto reforzado con fibras metálicas ³³	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CARACAS UNIVERSITA DI BERGAMO ITALIA	2004
Evaluación del comportamiento de vigas en voladizo de concreto reforzado con fibras metálicas ante cargas dinámicas ³⁴	UNIVERSIDAD JAVERIANA	2012

Fuentes: Manual de perforación y voladura de rocas.

²⁷ (MENDOZA Carlos Javier, 2011) Concreto Y Cemento Investigación Y Desarrollo

²⁸ (VILLAREAL, 2013) Universidad Pontificia Javeriana

²⁹ (CARRILLO Julian, Gonzales Giovanny, Aperador William, 2013) Correlaciones Entre Las Propiedades Mecánicas Del Concreto Reforzado Con Fibras De Acero

³⁰ (JUÁREZ Alvarado, Cesar Antonio, Rodriguez Lopez Patricia, Rivera Villarreal Raymundo, 2016) Universidad Autónoma Nuevo León

³¹ (Manzano Valbuena, 2014) Repositorio Universidad Pontificia Javeriana

³² (CARRILLO Julian, Angelica P Barrera Peñaloza, Dago A. Acosta, 2013) Universidad Militar Nueva Granada

³³ (LUCA, Cominoli, 2004) Revestimientos De Túneles En Concreto Reforzado Con Fibras Metálicas

³⁴ (GONZÁLEZ, 2012) Universidad Javeriana

13 METODOLOGIA

13.1 FASE 1

Recopilar y comparar las teorías de los concretos reforzados con fibras, las propiedades, características e impacto de los explosivos, con el fin de aplicar estas teorías a la resistencia de un concreto.

13.1.1 Ventajas y aplicaciones del concreto reforzado con fibras.

A continuación, se referencian las ventajas y aplicaciones del concreto reforzado con fibras.

Tabla 8. Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras.

FIBRAS	VENTAJAS	APLICACIONES
SINTETICO	Controla la contracción plástica de mejor forma que la malla electro soldada	Pavimentos
	Reduce segregación	Pisos Industriales
	Minimiza la exudación	Elementos Prefabricados
	Proporciona control de retracción plástica	
	Excelente dispersión en el concreto	White-Toppings
	Reducción de la permeabilidad	Concretos Lanzados
	Aumenta la resistencia a la flexión	
Resistencia a la corrosión		
CAÑAMO	Baja Elasticidad	Bloques
	Baja Tenacidad	Techos
	Alta Flexibilidad	Aislante Acústico
	Facilidad para enlazarse	
	Puede ser reciclado hasta 7 veces	
	El aglomerado del cañamo resiste el doble que el de madera	
METALICAS	Resistencia al impacto o tenacidad	Obras Subterráneas
	Refuerzo multidireccional	
	Distribución homogénea en el concreto.	
	Mejora las propiedades mecánicas del concreto.	Lanzado En Túneles.
	Mejora el control de fisuras.	Estabilización De Taludes.
	Aumenta la resistencia al impacto.	
	Reemplaza al refuerzo convencional (malla electro soldada).	
	Fácil aplicación y almacenamiento.	Pavimentos
Reduce costos de operación.		

Fuente: (Dramix, 2015) (CARVAJAL Corredor Ivan Leonardo, Terreros Rojas Eduardo, 2017) (TOXEMENT, 2016)

Las fibras elegidas para la ejecución del proyecto por sus propiedades y accesibilidad de compra al menudeo fueron: metálicas de la marca Bekaert serie



Dramix® 3D 65/35BG, sintéticas de la marca Toxement serie TUF – STRAND SF y cáñamo común.

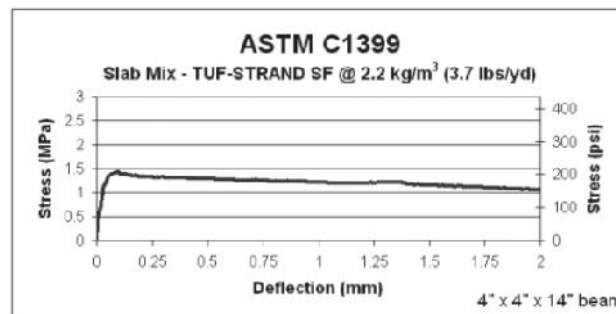
A continuación, se evidencian las especificaciones técnicas de las fibras elegidas, además de las curvas de algunas propiedades mecánicas de cada fibra, basada en las fichas técnicas de cada proveedor con excepción del cáñamo que es una fibra natural y no se encuentra en el mercado estos datos fueron tomadas de investigaciones y trabajos de grado, las cuales se referencias en el anexos1,y 2 respectivamente

Tabla 9 Especificaciones técnicas de las fibras.

ESPECIFICACIONES TECNICAS	FIBRA		
	SINTETICAS	CAÑAMO	METALICA
Gravedad Especifica	0.92	1.47	
Resistencia ala tension MPA	600-650	N.A	1345
Longitud de Fibra (mm)	50	50	35
Diametro (mm)	0.4	0.8	0.55
Dosificacion Tipica kg/cm3	1.8-1.2	1.8-1.2	9
Color	Blanca	Marron Claro	Gris Metal

Fuente: (Dramix, 2015) (CARVAJAL Corredor Ivan Leonardo, Terreros Rojas Eduardo, 2017) (TOXEMENT, 2016)

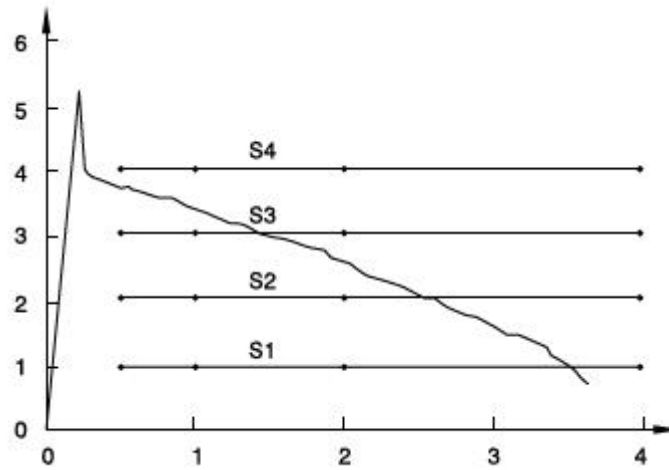
Ilustración 15 Grafica esfuerzo deflexión, fibras sintéticas



Average Residual Strength (ARS) at given deflection					
deflection	0.5 mm	0.75 mm	1 mm	1.25 mm	Average
ARS - MPa	1.29	1.24	1.21	1.19	1.23
ARS - psi	187	180	176	172	179

Fuente: (TOXEMENT, 2016)

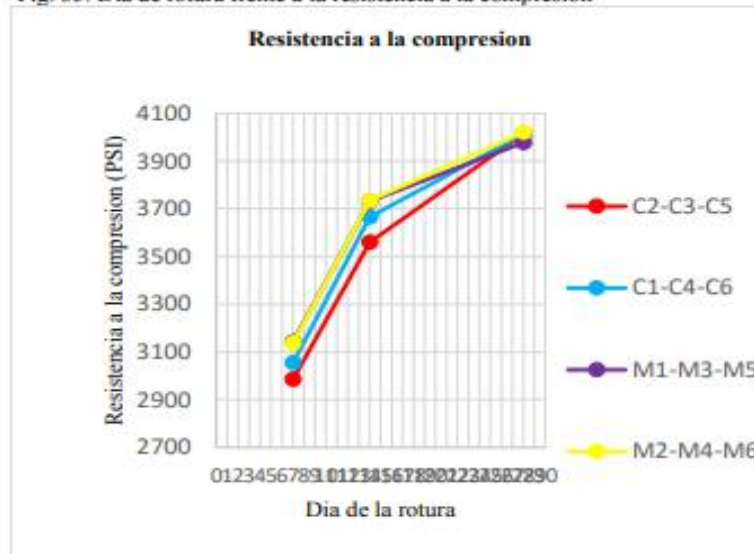
Ilustración 16 Grafica esfuerzo vs deflexión, fibras metálicas



Fuente: (Dramix, 2015)

Ilustración 17 Grafica esfuerzo vs deflexión, fibras de cáñamo.

Fig. 35. Dia de rotura frente a la resistencia a la compresión



Fuente: (CARVAJAL Corredor Ivan Leonardo, Terreros Rojas Eduardo, 2017)

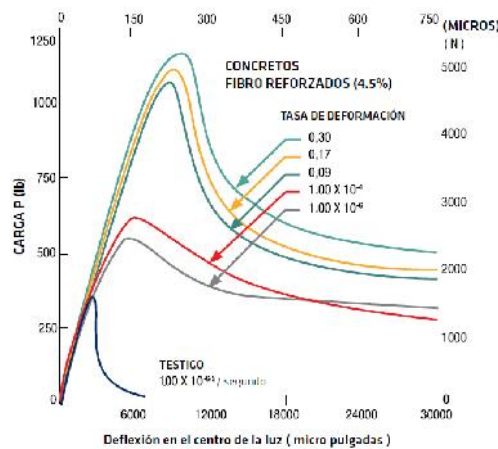


13.1.2 Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras frente a las detonaciones.

El concreto es uno de los principales materiales usados en las obras civiles, por su fácil manejo y propiedades mecánicas. Sin embargo, se requiere evaluar cuál es su comportamiento ante los explosivos, ya sea que estos sean de carácter terrorista o simplemente para demoliciones. Con las nuevas tecnologías de aditivos al concreto, las fibras de diferentes materiales se han posicionado en el mercado con el fin de aumentar las propiedades del concreto.

A continuación, se observa un ensayo de la compañía Sika, en el que se analiza el comportamiento de una viga con concreto libro reforzado expuesta a diferentes velocidades de impacto.

Ilustración 18 Curva carga vs deflexión.



Fuente: (SIKA Colombia, 2013)

Según la compañía la gráfica ejemplifica que:

Cuando la velocidad de carga 1×10^{-6} micro deformaciones/segundo, el concreto reforzado con fibras (volumen de 1.5%) de acero, fue capaz de deformarse antes de la primera fisura (de $75 \mu\text{m}$ a $150 \mu\text{m}$), allí la resistencia a se multiplicó por un factor cercano a 1.5 (de 1500 N a 2300 N), mejorando propiedades como tenacidad y absorción de energía frente al concreto simple.

Al aumentar la velocidad de carga, la resistencia dinámica del concreto reforzado con fibras aumenta más de un 100% y la capacidad de absorción de energía con



ella hasta en un 70% para la velocidad más alta de 300.000 micro deformación/seg (0.3).³⁵

13.1.3 Elección de los detonadores evaluando propiedades

La elección de un explosivo adecuado para una operación determinada depende de una cuidadosa evaluación basada en: las condiciones que vienen impuestas por las legislaciones vigentes de cada país en este caso de Colombia; características de desempeño del explosivo como: potencia explosiva, poder rompedor, velocidad de detonación, densidad de carga explosiva, sensibilidad, cohesividad, flamabilidad, ciclado del nitrato de amonio, estabilidad, entre otras; y las características de las rocas a detonar, el tipo y lugar de trabajo a ejecutar, la presencia de agua, la seguridad del explosivo, la toxicidad de los gases y el diámetro del barrenado.

Tabla 10 Características detonadores eléctricos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DETONADORES ELECTRICOS	TIPO DE DETONADOR		
	S	I	AL
Resistencia de puente ohmios Ω	1.2-1.6	0.4-0.5	0.03-0.05
Impulso de encendido mw seg	0.8-3	8.-13	1.100-2.500
Corriente de seguridad (A)	0.18	0.45	4
Corriente de encendido en serie recomendada	1.2	2.5	25

Fuente: (RODRIGUEZ, 2014)

Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriormente mencionadas se evaluaron en las fichas técnicas suministradas por Capital Miguel Alejandro Plazas descritas en los anexos 3 Y 4, las ventajas de los detonadores eléctricos y no eléctricos más accesibles, más adecuados y se eligió el detonador Eléctrico Sísmico Insensible N° 12, debido a que la iniciación, exactitud y dispersión de capsulas que provee es más confiable y asertiva para el proyecto en mención.

³⁵ (SIKA Colombia, 2013) Concreto reforzado con fibras



13.2 FASE 2

Plantear los diseños de mezcla y diseño de perforaciones en los especímenes de concreto reforzado con fibras, con el fin de obtener un proceso controlado por la detonación de un explosivo.

13.2.1 Diseño de mezcla

El diseño de mezcla de concreto fue suministrado por Perforación Y Ensayos G&M, garantizando una resistencia a la compresión de 3500 psi, a continuación se relacionan la características físicas del agregado cumpliendo la normatividad establecida por el INVIAS, utilizando el método analítico de Fuller Thomson, que busca mediante una granulometría combinada de los agregados ajustar a una curva típica correspondiente a las investigaciones hechas por Weymouth, W. Fuller y S E. Thompson para el diseño de mezcla. Para más información ver el anexo N°6

13.2.1.1 Granulometrías

) Agregado grueso.

Tabla 11 Tabla tamizado agregado grueso

P. Total (gr)= 5233,0		P. Retenido= 6152,5		Error = 17,6%		Norma	INVE- 630.2.2.2.	
Tamiz	mm.	Peso Retenido	P. Retenido Corregido	% retenido.	% acum.	% que pasa	Límites - (AG-2)	
us standard							Inferior	Superior
2 1/2"	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%			
2"	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%			
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%		
1"	25,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	100%	
3/4"	19,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	95%	100%
1/2"	12,5	837,3	837,3	16,0%	16,0%	84,0%		
3/8"	9,500	2391,5	2391,5	45,7%	61,7%	38,3%	20%	55%
No.4	4,750	1936,2	1936,2	37,0%	98,7%	1,3%	0%	10%
No.8	2,360	10,5	10,5	0,2%	98,9%	1,1%	0%	5%
	Fondo	57,5	57,5	1,1%	100,0%	0,0%		
	Total	5233,0	5233,0					

Fuente: (GyM, 2018)



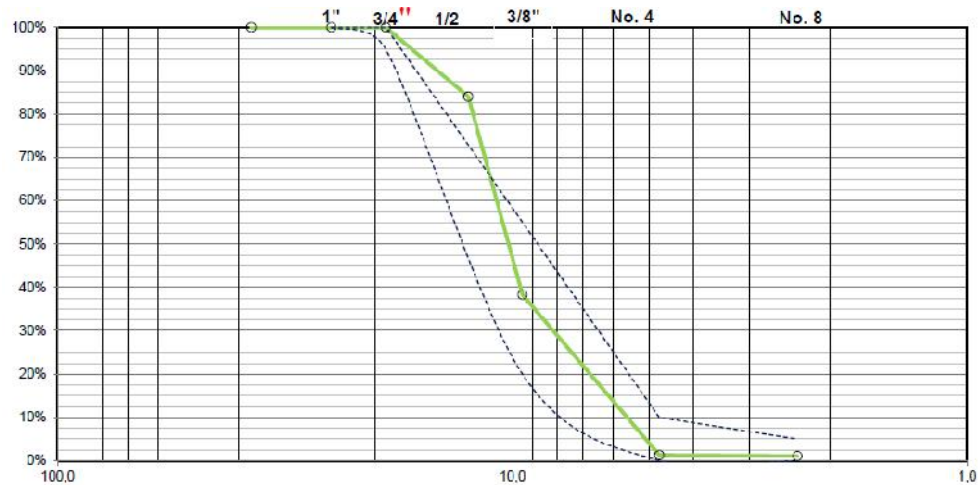
) Agregado fino.

Tabla 12 Tabla tamizado agregado fino.

P. Total (gr)-	4368,0	P. Retenido- 4184,5		Error - 4,2%		Norma	INVL 630.2.2.1 C	
Tamiz	mm.	Peso Retenido	P. Retenido Corregido	% retenido.	% acum.	% que pasa	Límites	
US Standard							Inferior	Superior
3/8"	9,500	17,5	17,5	0,4%	0,4%	99,6%	100%	100%
No.4	4,750	131,0	131,0	3,0%	3,4%	96,6%	95%	100%
No.8	2,360	323,2	323,2	7,4%	10,8%	89,2%	80%	100%
No.16	1,180	720,7	720,7	16,5%	27,3%	72,7%	50%	85%
No.30	0,600	1214,3	1214,3	27,8%	55,1%	44,9%	25%	60%
No.50	0,300	1161,9	1161,9	26,6%	81,7%	18,3%	10%	30%
No.100	0,150	615,9	615,9	14,1%	95,8%	4,2%	2%	10%
Fondo		183,5	183,5	4,2%	100,0%	0,0%		
Total		4368,0	4368,0					

Fuente: (GyM, 2018)

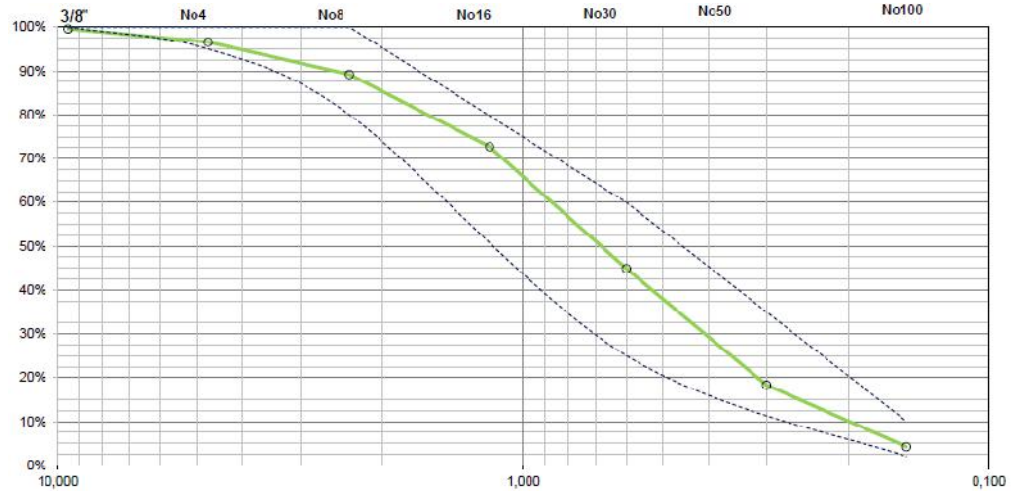
Ilustración 19 Grafica %pasa –tamiz mm agregado grueso



Fuente: (GyM, 2018)



Ilustración 20 Grafica %pasa –tamiz mm agregado fino



Fuente: (GyM, 2018)

A continuación, se identifican: las masas unitarias, el peso específico y absorción de los agregados finos y gruesos, según lo establecido en las NTC 237 y 176 y en INVIAS I.N.V.E. – 222 y 223.

) Agregado fino.

Tabla 13 Ensayo agregado fino.

MASAS UNITARIAS						
RECIPIENTE		MATERIAL SUELTO		MATERIAL COMPACTADO		
Volumen (cm ³)	3.252,0	Rec+Agregado	12.125	12.128	Rec+Agregado	12.602
			12.130			12.605
			12.128			12.600
Peso	7.116 gramos	Agregado	5.018	Agregado	5.487	
MASA UNITARIA SIIFITA (M.U.S.)		1.549,01 Kg/m ³				
MASA UNITARIA COMPACTADA (M.U.C.)		1.687,00 Kg/m ³				
PESOS ESPECIFICOS Y ABSORCION						
A: Peso al aire de la muestra seca (g)	492,5	g.		DENSIDAD APARENTE (g./cm ³)	2,58	
B: Peso picnómetro aforado lleno de agua (g)	715,1	g.				
C: Peso picnómetro aforado + agua + muestra (g)	1023,9	g.		DENSIDAD NOMINAL (g./cm ³)	2,62	
S: Peso muestra saturada con superficie seca (g)	500,0	g.				
Volumen probeta.	500,0	cm ³		ABSORCION	1,5%	

Fuente: (GyM, 2018)



) Agregado grueso.

Tabla 14 Ensayo agregado grueso.

MASAS UNITARIAS						
RECIPIENTE		MATERIAL SUELTO			MATERIAL COMPACTADO	
Volumen (cm ³)	3.252,0	Rec+Agregado	10.411	10.407	Rec+Agregado	11.134
			10.410			11.132
			10.401			11.140
Peso	7.115 gramos	Agregado	3.292		Agregado	4.020
MASA UNITARIA SUELTA (M.U.S.)		1.012,00	Kg/m ³			
MASA UNITARIA COMPACTADA (M.U.C.)		1.236,00	Kg/m ³			
PESOS ESPECIFICOS Y ABSORCION.						
Canasta seca	671	g.			DENSIDAD APARENTE (g./cm ³)	2,33
Canasta mojada	685,7	g.				
Muestra Seca	1080,2	g.			DENSIDAD NOMINAL (g./cm ³)	2,51
Muestra S.S.S sumergida	650,2	g.				
Muestra S.S.S. en el aire	1113,7	g.			ABSORCION	3,1%

Fuente: (GyM, 2018)

) Granulometría combinada.

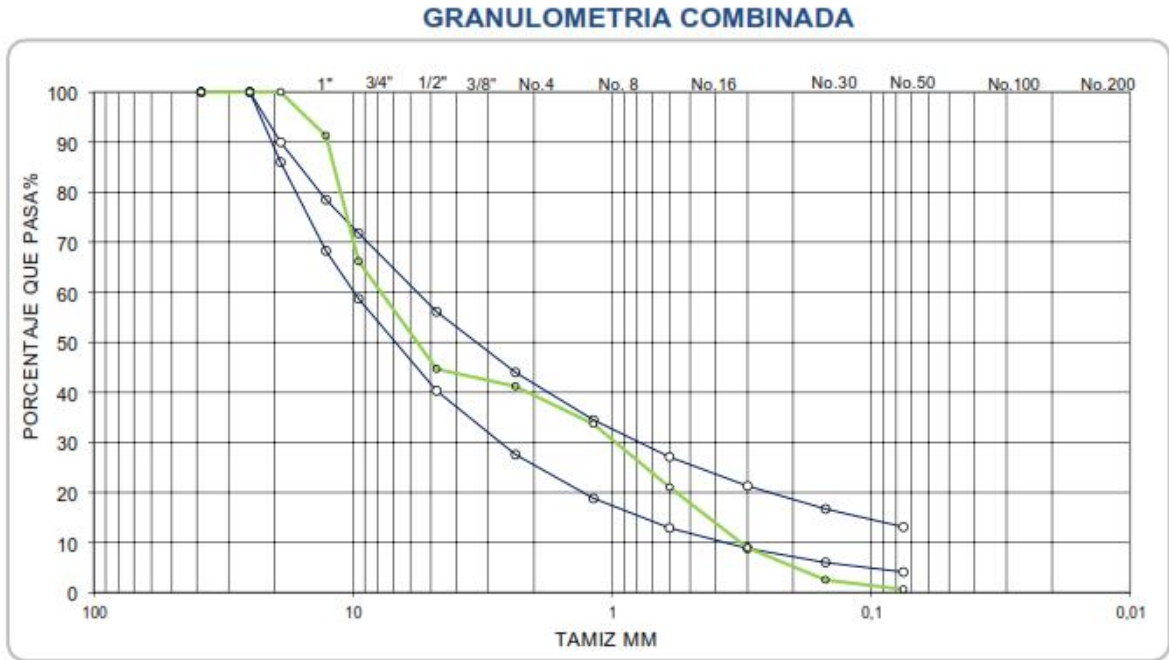
Tabla 15 Granulometría combinada.

ESPECIFICACION METODOFULLER- THOMSOM		LIMITES GRANULOMETRICOS				% PASA COMBINADO	
		Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Reten-Acum	50%	50%
			4.800,5				4.775,10
MINIMO	MAXIMO	Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Reten-Acum		% Pasa
100	100	1-1/2"	0,0	0,0	0,0		100,0
100	100	1"	0,0	0,0	0,0		100,0
86	90	3/4"	0,0	0,0	0,0		100,0
68,3	78,5	1/2"	418,7	8,7	8,7		91,3
58,7	71,8	3/8"	1.204,5	25,1	33,8		66,2
40,3	56,1	No. 4	1.033,6	21,5	55,3		44,7
27,6	44	No. 8	166,9	3,5	58,8		41,2
18,8	34,5	No. 16	360,4	7,5	66,3		33,7
12,9	27,1	No. 30	607,2	12,6	79,0		21,0
8,8	21,3	No. 50	581,0	12,1	91,1		8,9
6	16,7	No. 100	308,0	6,4	97,5		2,5
4,1	13,1	N°200	91,8	1,9	99,4		0,6
		Pasa 200	25,4	0,5	99,9		

Fuente: (GyM, 2018)



Ilustración 21 Grafica %pasa –tamiz mm granulometría combinada.



Fuente: (GyM, 2018)

) Características de los materiales, procedimiento y criterios de diseño.

Tabla 16 Características de materiales.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES			ARENA	GRAVA
Densidad Aparente	g/cm ³		2.576	2.331
Densidad Nominal	g/cm ³		2.615	2.512
Masa Unitaria Sueita	kg/m ³		1.542	1.012
Masa Unitaria Aplanada	kg/m ³		1.687	1.236
Absorción	%		1.5%	3.1%
Modulo de finura			2.74	
Tamaño Máximo	mm			19
Superficie				Angular rugosa

Fuente: (GyM, 2018)

Tabla 17 Criterios de diseño de mezcla.

CRITERIOS DE RESISTENCIA DE DISEÑO			
Resistencia especificada a la compresión f'_c		Resistencia requerida para diseño de mezclas	
Menos de 210		$f'_c + 70 \text{ Kg/cm}^2$	
De 210 a 350		$f'_c + 85 \text{ Kg/cm}^2$	
Más de 350		$f'_c + 100 \text{ Kg/cm}^2$	
RESISTENCIA DE DISEÑO APLICADA			
Teórica	De Diseño	Aplicada	
246,13	295,36	296	Kg/cm ²

Fuente: (GyM, 2018)

Tabla 18 Cálculos diseño de mezcla.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO			
VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO			
$b_o =$	<input type="text" value="0,50"/>	$b_a = \frac{\text{Masa Unitaria Aislada}}{\text{Densidad Aparente}} = \frac{1.236.00}{2331} =$	<input type="text" value="0,53"/>
			$b =$ <input type="text" value="0,265"/>
		Agregado grueso	0,265 m³ por m³ de concreto
CONTENIDO DE AIRE: Concreto sin aire incluido			
VOLUMEN DE AGUA REQUERIDO: Para el asentamiento y tamaño máximo del agregado tenemos en (tabla 11.7)			
		Volumen de agua	193,0 lit por m³ de concreto
RELACION DE AGUA CEMENTO: Acorde al tipo de cemento (portland I) y a la resistencia requerida (tabla 11.13)			
		Cantidad de cemento	402,1 kg por m³ de concreto
VOLUMEN DE AGREGADO FINO			
Cemento =	$\frac{\text{Cantidad de Cemento}}{\text{Peso específico del cemento}} = \frac{402,1}{3030} =$	0,133	m ³ /m ³
Agregado grueso		=	0,265 m ³ /m ³
contenido de agua		=	0,1930 m ³ /m ³
		Total	0,591
Volumen de partículas de arena		=	1 - 0,591 = 0,409
		Agregado Fino	0,409 m³ por m³ de concreto

Fuente: (GyM, 2018)

) Proporciones de materiales.

Tabla 19 Proporciones de materiales.

PROPORCIONES						
	En Masa		En volumen suelto por m ³		Por Bulto de cemento	Volumen Suelto
Cemento	402	Kg/m ³	8,0	Bultos (50 Kg)	1,00	Bulto (50 kg)
Arena	690	Kg/m ³	0,447	m ³ / m ³	1,716	kg / m ³
Grava	328	Kg/m ³	0,324	m ³ / m ³	0,815	kg / m ³
PROPORCIONES RECOMENDADAS PARA MEZCLA EN SITIO					1,00	: 1,7 : 0,8
Volumen en obra por bulto de cemento						
Arena:	6,0		baldados de arena/bulto cemento			
Gravilla:	5,0		baldados de Gravilla /bulto cemento			
Nota: volumen del balde 10 litros						

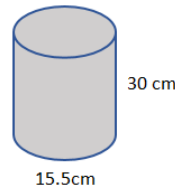
Fuente: (GyM, 2018)

13.2.2 Dosificación de fibras

Se tienen en cuenta las dimensiones de los cilindros para calcular el volumen de concreto necesario de la siguiente forma:

$$v = \pi r^2 h = \pi * 0.0775^2 * 0.30 = 0.006m^3 * 12 = 0.068m^3$$

Ilustración 22 Dimensiones de formaletas para ensayos.



Fuente: Propia

Se tuvo en cuenta para la dosificación de las fibras la recomendación de las fichas técnicas del material por cada proveedor de la siguiente forma

Tabla20 Dosificación de fibras.

TIPO	REFERENCIA	PROVEEDOR	DOSIFICACIÓN	
			KG/M3	KG/0.006M3
SINTÉTICA	Tuf-Strand Sf	Toxement	1.8 - 12	0.0504
METÁLICAS	Dramix 3d	Bekaert	9.0 - 15	0.0504
CÁNAMO	Na	Na	9	0.0504

Fuente: Propia

Ilustración 23 Pesos de fibras.



Fuente: Propia

13.2.3 Elaboración de cilindros de concreto

Se funden diez especímenes de concreto reforzado con fibras (tres sintéticas, 3 metálicas, tres de cáñamo y uno de concreto simple), de acuerdo con la norma NTC 550 “Concretos. Elaboración Y Curado De Especímenes De Concreto En Obra”.

Se utilizaron los siguientes materiales siguiendo las recomendaciones de norma técnica colombiana numeral 4, Aparatos (Ntc 550):

- 10 moldes cilíndricos de hierro fundido el cual no es absorbente y no es reactivo con el concreto con las siguientes dimensiones: altura de 30 cm con un diámetro de 15.5 cm.
- Varilla compactadora de acero cilíndrica, lisa, con ambos extremos compactadores y hemisféricos con las siguientes dimensiones: 600mm de largo y 16mm de diámetro.
- Martillo con cabeza de caucho con un aproximado de 0,4 kg.
- Herramienta menor: un palustre y una carretilla.

Tabla 21 Materiales para elaboración de cilindros.

MATERIALES	
10 Moldes cilíndricos de hierro fundido	
	
Varilla compactadora	Martillo con cabeza de caucho
	
Palustre	Carretilla
	
Fibras	
	

Fuente: Propia



13.2.3.1 Elaboración de especímenes en concreto (NTC 550).








El día 12 de septiembre de 2018 se funden 10 especímenes, siguiendo las indicaciones de la norma técnica colombiana numeral 8.

- Se impregnaron los 10 moldes cilíndricos con ACPM para evitar futuras adherencias del concreto en el molde.
- Se llenan los moldes con el concreto y las fibras simultáneamente en serie en tres capas de igual altura. Con el extremo de la varilla, se apisono cada capa con 25 golpes distribuidos uniformemente, con una penetración de 25mm.
- En seguida se golpeó suavemente de 10 a 15 veces el borde del molde con el martillo de caucho, se enrazaron los cilindros con el palustre.

Curado final (NTC 550): Se siguieron las indicaciones de la norma técnica colombiana para el curado de la muestra en según el numeral 9.

- El día 13 de noviembre se desencofran los especímenes, los cuales son almacenados en una mezcla agua con cal con la siguiente dosificación 3g de cal hidratada por cada litro de agua, a una temperatura de 21° C. Durante un periodo de 28 días.

Tabla 22 Procedimiento.

PROCEDIMIENTO		
Lubricacion de formaleta con ACPM	Concreto y Fibras	Apisonamiento
		
Liberacion de vacios	Enrase	Retiro de Formaletas
		
Curado		
		

Fuente: Propia.



13.2.4 Diseño de detonación

- Se perforan los especímenes en el centro a una profundidad de 5 cm y un diámetro de 10mm, de la siguiente forma:

Ilustración 24 Perforación de especímenes.



Fuente: Propia

13.3 FASE 3

Se gestionó la logística para el traslado de los especímenes y el material explosivo al campo de pruebas, para el día 13 de octubre de 2018 pasados 31 días de elaborados los cilindros, se lleva a cabo en las instalaciones de Agregados La Roca S.A.S, ubicado en la vía Mosquera - La Mesa, con el fin de identificar el comportamiento del concreto reforzado con fibras ante la fuerza de detonación de un explosivo.

Como primera medida se despeja la zona, acompañados de personal idóneo y competente el cual brindo capacitación en días anteriores sobre el correcto uso de los explosivos.

Para las pruebas en campo, fue necesario recopilar los siguientes materiales:

13.3.1 Materiales

1. Debido a las dificultades legales para la adquisición de los detonadores se logran obtener 6 detonadores sísmicos Insensibles de fuerza N°10, constituido por una cápsula metálica, aluminio, cerrada por un extremo. El cual posee un inflamador, un explosivo base y uno secundario. El inflamador



queda sujeto al casquillo mediante un tapón. Está provisto de un cable conductor de energía de color verde. Se requirió de una batería Varta Alcalina de 9 voltios para su iniciación puesto que son altamente sensibles.

2. Seis especímenes de concreto cilíndricos, dos de fibras de sintética, dos de fibras metálicas y dos de fibra de cáñamo.
3. Plastilina, cuya función es contener el detonador para evitar que se salga del cilindro.

tabla 23 Materiales de detonación.

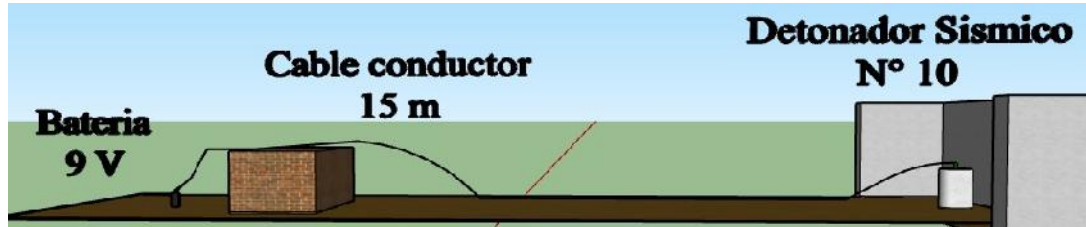
MATERIALES DE DETONACION			
BATERIA	90m DE CABLE CONDUCTOR	PLASTILINA	DETONADOR SISMICO N° 10
			

Fuente: Propia.

13.3.2 Ejecución

1. Se descarga la electricidad estática para la correcta manipulación de los detonadores.
2. Se cargan los especímenes de concreto con los detonadores en los agujeros realizados previamente a 5cm de profundidad, los cuales son protegidos con plastilina con el fin de contenerlos en cada cilindro de concreto.
3. Se toma distancia de 15m aproximadamente del lugar de detonación con el cable conductor.
4. Se conecta uno de los filamentos del cable conductor a uno de los polos de la batería de 9 voltios, posteriormente se inicia el conteo regresivo para activar la carga detonante, se detona el cilindro con el polo opuesto y el filamento restante. Se repite 5 veces más con los cilindros excedentes.
5. Se toman los datos necesarios para determinar el radio de fisura en cada uno de los cilindros.

Ilustración 25 Esquema campo detonación.




Fuente: Propia.

Tabla 24 Procedimiento de detonación.

PROCEDIMIENTO DETONACION	
Disposición de cilindros en un lugar adecuado	
Descarga de energía estática	
Carga con detonadores	
Protección de plastilina	
Armado de circuito	
Detonación	

Fuente: Propia

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p>	<p>EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL IMPACTO DE UNA DETONACION.</p>	<p>FECHA: NOVIEMBRE DE 2018 VERSIÓN 1.0</p>
---	---	---

13.3.3 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto

El martes 12 de octubre de 2018 en los laboratorios de la Universidad Católica de Colombia se llevó a cabo la prueba de Resistencia A La Compresión De Cilindros De Concreto I.N.V. E – 410 – 13 cuyo objetivo fue determinar la resistencia a la compresión de 4 cilindros 1 con fibras de cáñamo, 1 con fibras metálicas, 1 con fibras de polipropileno y una sin fibras, el cual fue necesario para el control de calidad del concreto, dosificación, mezclado, colocación, y aditivos.

Este ensayo requirió los siguientes elementos: un flexómetro, una maquina universal y una balanza.

13.3.3.1 Procedimiento

Con la ayuda del flexómetro se toman 3 medidas de los diámetros de cada uno de los especímenes para un cálculo del área transversal, se pesó cada uno de ellos con la ayuda de la balanza. Teniendo en cuenta que los cilindros tienen las mismas dimensiones, cuyo $r = 0.0775$ se calcula el área transversal de la siguiente forma:

$$A_{\text{transversal}} = \pi * 0.0775^2 = 0.0188\text{m}^2$$

Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior. Se limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior. Se alinea el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. Se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.

















El laboratorista encargado aplicó la carga continuamente sin golpes bruscos, hasta que el cilindro muestra un patrón de falla definido.

Se registró la carga máxima soportada por el cilindro durante el ensayo y se anotó el patrón de falla, ver anexo N°5.

A continuación, se evidencia el registro fotográfico del ensayo tomado:



Tabla 25 Ensayo a compresión.

FIBRA	Peso de la muestra KG	Maquina universal	Carga maxima KN	Tipo de falla
CAÑAMO				
	12.40 kg		409.3	transversal
METALICAS				
	12.40 kg		357.7	transversal
POLIPROPILENO				
	12.40 kg		461.2	conica y transversal
SIN ADITIVO				
	12.40 kg		453.7	conica y transversal

Fuente: Propia.



14 ANÁLISIS DE RESULTADOS

14.1 ENSAYO A LA COMPRESIÓN

Se calcula la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal determinada.

De la siguiente forma:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Tabla 26 Resultados prueba a compresión.

Nº MUESTRA	TIPO DE FIBRA	F KN	D (mm)	ϵ (%)	σ (GPA)	σ (MPA)	σ (PSI)
1	CAÑAMO	409.30	155	18869.19	0.0217	21.69	3146.08
2	SIN ADITIVO	453.70	155	18869.19	0.0240	24.04	3487.36
3	SINETICA	461.20	155	18869.19	0.0244	24.44	3545.01
4	METALICA	357.70	155	18869.19	0.0190	18.96	2749.46

Fuente: Propia

Los resultados obtenidos en el ensayo a compresión de concreto simple y del concreto fibro-reforzado con cáñamo, metálicas y sintéticas, con una edad de 30 días permite deducir que:

$$\sigma > \sigma \quad \text{si} \quad > \sigma \quad \text{ña} \quad > \sigma$$

Se logran obtener valores de resistencia a la compresión cercanos al diseño de mezcla elegido de 3500 psi, teniendo como base la muestra N.º 2, representativa del concreto simple con un valor de 3487 psi 0.36% menor frente al diseño de mezcla dado por Perforaciones y Ensayo G&M.

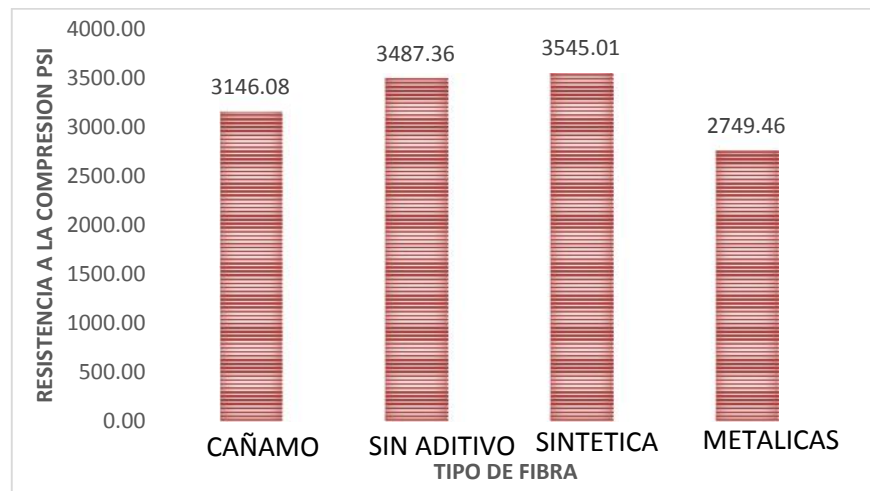
Se evidencia que la muestra N.º 3 compuesta por fibras sintéticas de Toxement de referencia TUF - STRAND SF supera el 100% de resistencia a la compresión frente a la muestra Nº2, demostrando que la dosificación dada por el fabricante es la correcta. Respecto a la muestra Nº1 compuesta de cáñamo tiene un 90.2% de resistencia frente a la Nº2, pese a que dicho tipo de fibra no se encuentra en el mercado y no cuenta con una respectiva ficha técnica se siguieron las indicaciones de las fibras sintéticas por sus similitudes dimensionales.



Finalmente, la resistencia a la compresión más baja es dada por las fibras metálicas de las cuales se componen la muestra N°4, lo cual se evidencia por su baja dosificación con respecto a su peso. Según la ACI American Concrete Institute, la resistencia máxima solo se ve afectada levemente por la presencia de fibras, con incrementos observados que van de 0 a 15 por ciento por volumen de fibras. Pero en este caso la fibra reduce la resistencia a la compresión del concreto analizado.

El tipo de falla presente en los especímenes de concreto compuesto por fibras de cáñamo, metálicas y de concreto simple es de tipo transversal, por otro lado, el espécimen compuesto por fibras sintéticas al realizar el ensayo de compresión se refleja una falla tipo cónica y transversal.

Ilustración 26. Resistencia a la compresión de fibras.



Fuente: Propia.

14.2 PRUEBAS DE DETONACIÓN

Las pruebas de detonación fueron usadas en 6 especímenes cilíndricos, dos con cada tipo de fibra (cáñamo, metálica, sintética). Los datos como altura, radio ruptura, y numero de fisuras, que a continuación se relacionan son los más relevantes visualmente:

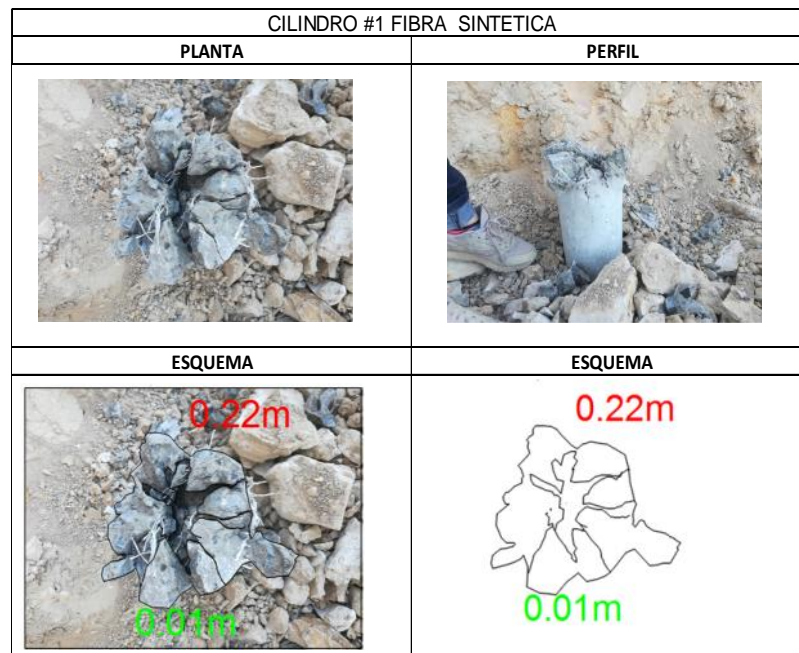


Tabla 27 Medidas prueba de detonación.

TIPO DE FIBRA	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	h4 (cm)	h menor (cm)	PROMEDIO	RADIO DE ROTURA (Cm)	DISTANCIA DE CENTRO A PRIMERA GRIETA	# DE FISURAS
SINTETICAS	23.50	25.00	20.30	22.50	20.00	22.26	22.00	1.00	13.00
	26.50	25.00	20.00	25.00	19.00	23.10	30.00	2.00	9.00
METALICA	20.20	21.20	20.00	20.30	18.50	20.04	17.00	1.00	5.00
	20.00	19.30	19.20	18.40	18.40	19.06	21.00	3.00	5.00
CAÑAMO	22.50	20.20	26.50	23.50	19.80	22.50	31.00	2.00	3.00
	21.80	22.00	22.50	21.50	21.50	21.86	29.00	6.00	5.00




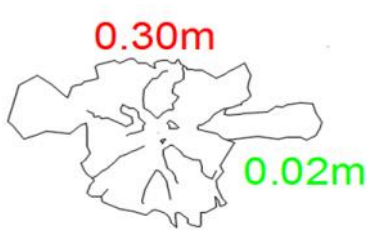
Fuente: Propia.

Tabla 28. Prueba de detonación cilindro #1.







Fuente: Propia.

Tabla 29. Prueba de detonación. Cilindro #2.

CILINDRO #2 FIBRA SINTETICA	
PLANTA	PERFIL
	
ESQUEMA	ESQUEMA
	



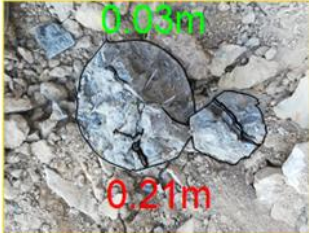
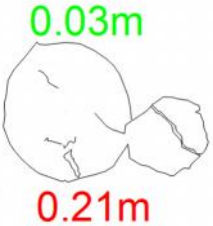
Fuente: Propia

Tabla 30. Prueba de detonación. Cilindro #3.

CILINDRO #3 FIBRA METALICA	
PLANTA	PERFIL
	
ESQUEMA	ESQUEMA
	




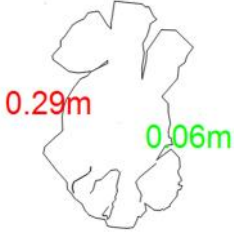
Fuente: Propia

Tabla 31. Prueba de detonación. Cilindro #4

CILINDRO #4 FIBRA METALICA	
PLANTA	PERFIL
	
ESQUEMA	ESQUEMA
	

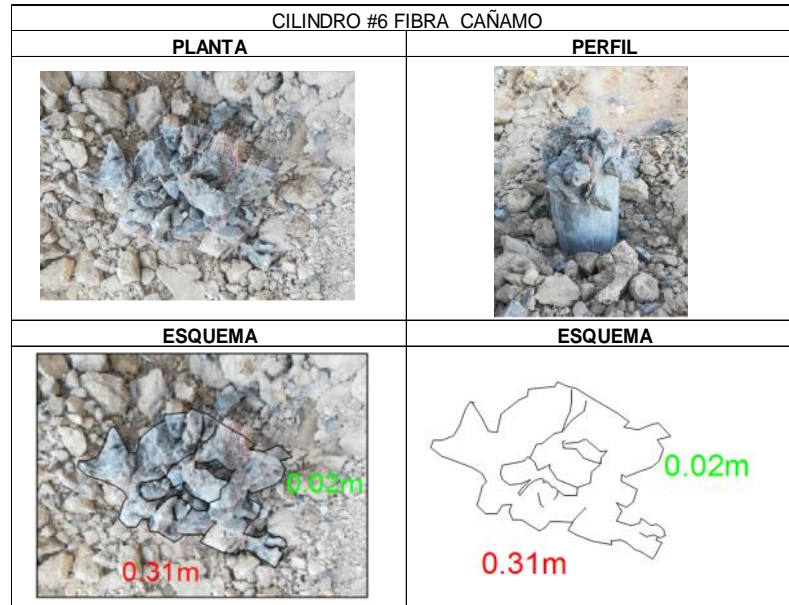
Fuente: Propia

Tabla 32. Prueba de detonación. Cilindro #5

CILINDRO #5 FIBRA CAÑAMO	
PLANTA	PERFIL
	
ESQUEMA	ESQUEMA
	

Fuente: Propia

Tabla 33. Prueba de detonación. Cilindro #5

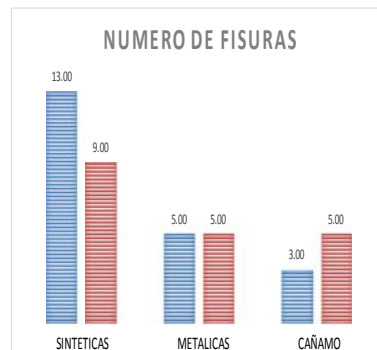


Fuente: Propia.

Con la anterior información se realiza el siguiente análisis:

Se identifica que el menor número de fisuras presentado fue en el concreto reforzado con cáñamo y el mayor número de fisuras fue el reforzado con fibras sintéticas, por su parte las fibras metálicas se encuentran en el rango medio de número de fisuras encontradas.

Ilustración 27. Análisis de fisuras.

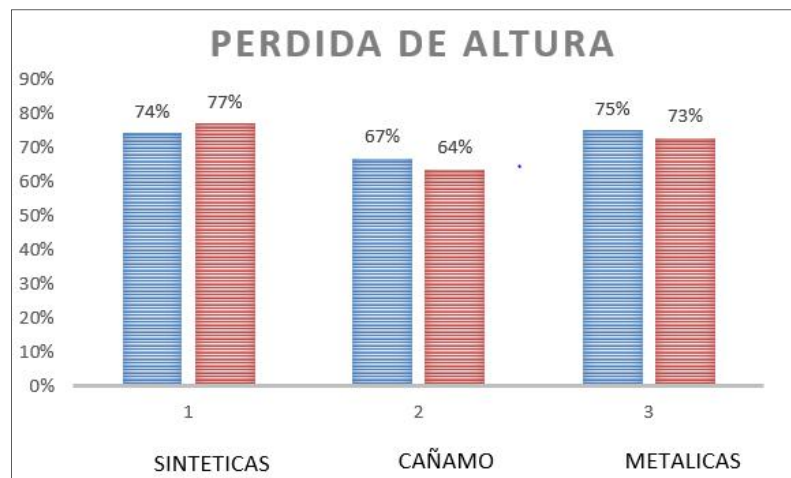


Fuente: Propia.



En cuanto a la pérdida de altura se evidencia que el concreto reforzado con cáñamo al ser sometido al impacto del detonador sísmico Insensible de fuerza N°10, tiene una pérdida de altura menor frente a las otras fibras con un promedio de 65% aproximadamente, mientras que el concreto reforzado con fibras sintéticas y metálicas, al ser sometido bajo estas fuerzas de detonación pierde altura en un orden del 75% aproximadamente.

Ilustración 28. Análisis de pérdida de altura.

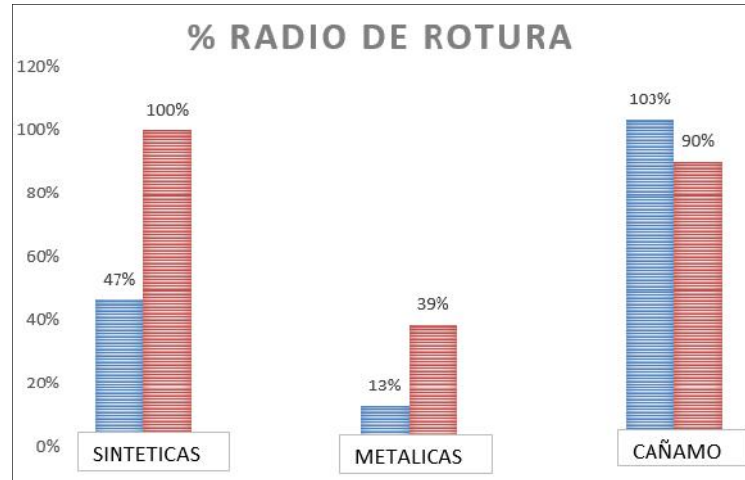


Fuente: Propia

Con respecto al porcentaje de rotura radial, se evidencia que en los especímenes analizados ante la fuerza de impacto del detonador sísmico Insensible de fuerza N°10, las fibras de cáñamo conservan un mayor puente de adherencia, teniendo una mayor resistencia a la tracción con 100% aproximadamente, lo cual se evidencio en el momento de la detonación ya que no se desprendió una cantidad importante de partículas. Las fibras metálicas por su parte tienen una baja resistencia a la tracción en el orden de 26% demostrado en la perdida de altura y numero de fisuras. En cuanto a las fibras sintéticas en la prueba de detonación se encuentran en un rango medio frente a las fibras de cáñamo y metálicas, con una variación del radio de rotura del 73% aproximadamente.



Ilustración 29. Análisis de radio de rotura.



Fuente: Propia

Relacionando el ensayo de compresión, frente a las pruebas de detonación se logra interpretar que:

Las fibras sintéticas de la marca Toxement aumenta la resistencia a compresión del concreto de 3500 psi y tiene un porcentaje de radio de rotura del 74% aproximadamente. Las fibras metálicas disminuyen considerablemente la resistencia a la compresión del concreto frente al concreto sin aditivo y tiene una baja resistencia a la tracción comparada con las demás fibras analizadas. por contraste el concreto reforzado con fibras de cañamo trabaja a compresión a un 90% frente al concreto sin aditivo y a un 100% aproximadamente de tracción.

De lo evaluación realizada se deduce que el concreto reforzado con fibras de cañamo, incrementa la tenacidad y resistencia del concreto al ser sometido al impacto de un detonador sísmico de fuerza N° 10.



15 RECOMENDACIONES

Una vez concluido el trabajo de investigación se considera que se puede lograr profundizar el análisis de resultados, si se cuenta con una completa adquisición de información, a lo que refiere las propiedades mecánicas de los detonadores, lo que conlleva a calcular la fuerza generada por la onda de choque y ser comparada a la resistencia del concreto frente a este impacto, concluyendo en una propuesta de un sistema de edificación con una mayor resistencia a la fuerza de choque.

Por otra parte, en los especímenes reforzados con fibras metálicas se deben evaluar la proporción de su dosificación ya que la expuesta por el proveedor no garantiza un nivel de competitividad con respecto a los demás especímenes.



16 CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad evaluar la resistencia de un concreto reforzado con fibras al impacto de una detonación, basándose en teorías por proveedores y académicos de fibras y explosivos; en el desarrollo del trabajo de investigación que ha dado lugar a la presente tesis se ha alcanzado los objetivos inicialmente planteados en cuanto a:

- La selección de un detonador con un rango de fuerza que estuviera en los rangos del diseño de mezcla planteado.
- Diseño de perforaciones en cilindros de concreto, con el fin de tener un proceso controlado a la detonación.
- Análisis resistencia frente a cambios presentados por una detonación

En la investigación se abordaron 4 etapas de recopilación y análisis de información, en campo de voladuras y resistencia de materiales, frente a un concreto reforzado con fibras.

Se decidió tomar 3 tipos de fibras dos comerciales y una natural con el fin de evaluar la resistencia a una detonación, de lo que refiere a la fibra natural (cáñamo) presenta un comportamiento similar a una fibra sintética y superior que una fibra metálica manejando una dosificación similar recomendada por el proveedor de la fibra.

Mediante el uso de medidas estandarizadas de las formaletas de los cilindros se pudo llegar a tener un grado de afectación a cada uno de estos especímenes y conocer el comportamiento grafico ante una onda de choque, se plantea para futuras investigaciones tener accesibilidad a la información de resistencia a la presión de choque de onda del detonador y del concreto con adición de fibras, con el fin de compararlo con la resistencia evaluada en el ensayo a compresión.

Respecto a los resultados obtenidos se logra evaluar la resistencia del concreto reforzado con fibras al impacto de una detonación, mediante el análisis grafico realizado, determinando que las fibras de cáñamo son más resistentes a la tracción.

Adicionalmente a esta evaluación se realizó el ensayo a compresión de los diferentes especímenes, con el objeto de comparar el comportamiento frente a los detonadores y garantizar el correcto uso del explosivo, evidenciando que el concreto reforzado con fibras sintéticas tienen mayor resistencia a la compresión frente al concreto reforzado con las otras fibras.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

17 ANEXOS

ANEXOS-1

FICHA TECNICA FIBRAS SINTETICAS

TUF - STRAND SF

Fibras sintéticas estructurales

ADITIVOS

Descripción

TUF - STRAND SF son fibras sintéticas estructurales mezcla de polipropileno / polietileno, monofilamento, las cuales se auto fibrilan cuando se incorporan en la mezcla de concreto, utilizadas exitosamente para reemplazar la malla electrosoldada y las fibras metálicas en una amplia variedad de aplicaciones.

Las fibras **TUF - STRAND SF** cumplen con la norma ASTM C-1116, para el tipo III (Syntetic Fiber – Reinforced Concrete o Shotcrete). Especificación para concreto y concreto lanzado reforzado con fibra, y están diseñadas específicamente para proveer una resistencia a la tensión equivalente a la de los refuerzos convencionales.

El concreto reforzado con **TUF - STRAND SF** tiene un reforzamiento tridimensional con incremento de la tenacidad a la flexión, la resistencia a la abrasión y al impacto. También ayuda a reducir la formación de fisuras por retracción plástica en el concreto.

Las macrofibras sintéticas cumplen con las partes aplicables del International Code Council (ICC), criterio de aceptación AC 32 para fibras sintéticas, tienen certificación UL para uso en construcción de sistemas metaldeck y son reconocidas por ACI 360 R-06 y SDI / ANSI.CI.O como alternativas al reforzamiento con malla electrosoldada.

Información Técnica

PROPIEDADES FISICAS

Material : Mezcla de Polipropileno / polietileno
Gravedad Específica : 0.92
Resistencia a Tensión : 600 - 650 MPa (87 - 94 Ksi)
Módulo de elasticidad : 9.5 GPa (1,388 Ksi)
Punto de llama (ASTM D-1929) : 330°C (625°F)
Longitud de fibra : 50 mm (2")
Aspect Ratio : 74
Color : Blanco
Absorción de agua : Despreciable
Resistencia a álcalis : Excelente
Resistencia a ácidos : Excelente
Resistencia a moho – hongos : Excelente
Dosis típica : 1.8 - 12 kg/m³
Denier : 3000

TUF - STRAND SF

Usos

- Elementos prefabricados en concreto.
- Concreto lanzado (recubrimiento de túneles, construcción de piscinas, estabilización de taludes).
- Pavimentos y Whitetopping
- Pisos de concreto en centros de distribución, pisos industriales, pisos de bodegas.

Ventajas

- Controla y mitiga la retracción y fisuración por retracción plástica, reduce la segregación y la exudación.
- Da un control tridimensional de la contracción plástica.
- Reduce el contenido de fibra y optimiza el espesor comparado con las fibras metálicas para aplicación de concreto lanzado.
- Excelente dispersión en concreto.
- Reduce el deterioro de equipos.
- Reduce el rebote del concreto lanzado cuando se compara con fibras de acero y otras fibras sintéticas.

TX40T231

OFICINA PRINCIPAL:

Calle 20C N° 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia.
PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133.

WWW.TOXEMENT.COM.CO



EUCLID GROUP
TOXEMENT

TUF - STRAND SF

Fibras sintéticas estructurales

- **TUF - STRAND SF** ha sido probada de acuerdo con ASTM C-1399, C-1550, C-1609 y C-1018 y EFNARC (Experts for Specialized Construction and Concrete Systems).
- Aplican los criterios de diseño considerados en ACI 360 R-06, capítulo 10.
- Certificación de uso UL / ULC para ensambles de metaldeck D900 series, como alternativa al uso de malla electrosoldada.
- Resistente a corrosión, no es magnética, no es un refuerzo estructural conductible.
- Reduce costos de colocación si se compara con la malla electrosoldada.
- Fácil de usar y puede ser adicionada a la mezcla de concreto en cualquier momento antes de la colocación.

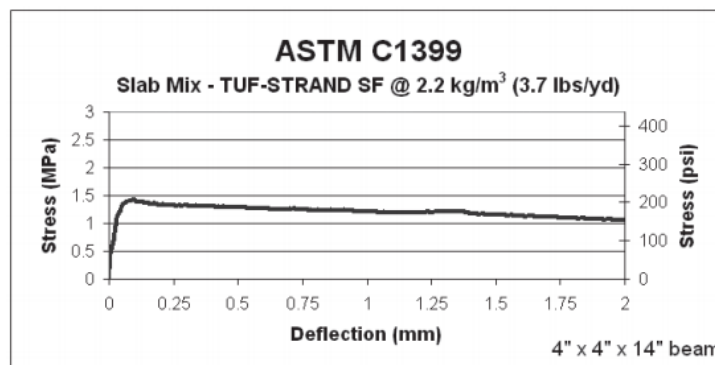
Dosificación

TUF - STRAND SF puede ser adicionado al concreto en un rango de 1.8 - 12 kg/m³ dependiendo de la aplicación y requerimientos del diseño de mezcla.

Para establecer la cantidad de **TUF - STRAND SF** necesaria para reemplazar la malla electrosoldada en una aplicación específica, consulte al Departamento Técnico de TOXEMENT.

Aplicación

- Las fibras **TUF STRAND SF** se pueden adicionar a la mezcla de concreto en cualquier momento antes de la colocación del concreto. Generalmente se recomienda adicionar la fibra en la planta de producción del concreto.
- Una vez adicionadas las fibras al concreto, se debe mezclar por un mínimo de 3 a 5 minutos a la máxima velocidad para asegurar la completa dispersión y homogeneización de las fibras en la mezcla.
- Para dosificaciones de 2 – 3 kg/m³ se puede preveer un asentamiento de 50 mm (2"). Para dosificaciones de 3 a 7 kg/m³ se puede esperar una pérdida de asentamiento de 75 a 125 mm (3 a 5 in).
- Para mantener la trabajabilidad deseada puede ser necesario usar aditivos reductores y/o plastificantes tales como EUCON 37, EUCON 1037 o aditivos de la serie PLASTOL.
- Adicione los aditivos de manera independiente a las fibras **TUF STRAND SF**.
- **TUF STRAND SF** es compatible con todos los aditivos de TOXEMENT.
- El uso apropiado de las fibras **TUF STRAND SF** no afecta la resistencia a la compresión o a la flexión del concreto o del concreto lanzado.



Average Residual Strength (ARS) at given deflection					
deflection	0.5 mm	0.75 mm	1 mm	1.25 mm	Average
ARS - MPa	1.29	1.24	1.21	1.19	1.23
ARS - psi	187	180	176	172	179

single test analysis - individual results may vary

ADITIVOS

TUF - STRAND SF

TX40T231

OFICINA PRINCIPAL:

Calle 20C N° 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia.
PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133.

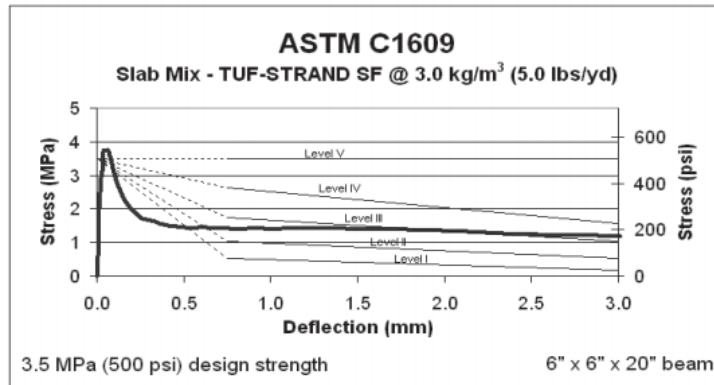
WWW.TOXEMENT.COM.CO



EUCLID GROUP
TOXEMENT

TUF - STRAND SF

Fibras sintéticas estructurales



P _{150,0.75}	f _{150,0.75}	P _{150,3.0}	f _{150,3.0}	T _{150,3.0}	JSCE	R _{a3} (%)
10.5 kN	1.4 MPa	9.0 kN	1.2 MPa	35 J	1.41 MPa	34.8
2360 lbs	200 psi	2020 lbs	175 psi	310 in lb	205 psi	

single test analysis - individual results may vary

ADITIVOS

TUF - STRAND SF

TX40T231

Recomendaciones Especiales

- Es necesario hacer ensayos preliminares para determinar las dosis óptimas de aditivo y fibra a utilizar, en función de los requerimientos de colocación y uso del concreto.
- El uso de fibras puede causar una pérdida aparente del asentamiento del concreto, la cual se puede compensar con el uso de aditivos plastificantes / reductores de agua.
- Las fibras nunca se deben adicionar a concretos con asentamiento cero. Asegúrese que el concreto tenga un asentamiento mínimo de 80 mm (3") antes de adicionar la fibra.
- En todos los casos consultar la Hoja de Seguridad del material antes de su uso.

Manejo y Almacenamiento

TUF - STRAND SF debe almacenarse en su empaque original, herméticamente cerrado y en lugares secos.

Vida útil en almacenamiento:

- 3 años.

Presentación

Bolsa : 2.27 kg
Granel

Las Hojas Técnicas de los productos TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web www.toxement.com.co para consultar la última versión.

Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los substratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previo a su empleo en gran escala. TOXEMENT se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.

Febrero 3 de 2016

OFICINA PRINCIPAL:

Calle 20C N° 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia.

PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133.

WWW.TOXEMENT.COM.CO



EUCLID GROUP
TOXEMENT



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

ANEXOS-2

FICHA TECNICA FIBRAS METALICAS

Dramix® Fibras de Acero para el Refuerzo del Concreto Lanzado (Shotcrete)



Dramix® son fibras de acero de alta resistencia a la tracción con extremos deformados para ofrecer un óptimo anclaje en el concreto. Su diseño basado en el equilibrio de la resistencia a la tracción del alambre con la resistencia a la deformación de sus anclajes asegura un desempeño más eficiente. La precisión en sus dimensiones asegura óptimas dosificaciones y la rentabilidad de su inversión.

La gama Dramix® ofrece fibras de alta relación de esbeltez (longitud/diámetro) que brindan una amplia red de fibras, aportando ductilidad al concreto y obteniendo elevados niveles de desempeño, ideal para el refuerzo estructural del concreto en losas apoyadas sobre suelo, shotcrete, elementos prefabricados de concreto y estructuras compatibles con el concreto reforzado con fibras de acero en general.

Características

- Norma de Fabricación EN 14889-1, Sistema 1 (Uso Estructural).
- Filamentos de alambre estirado en frío, cortados y deformados.
- Acero de bajo y alto contenido de carbono.
- Alta precisión en sus dimensiones.
- Presentación en fibras sueltas y encoladas.

Ventajas

- Refuerzo multidireccional.
- Distribución homogénea en el concreto.
- Mejora las propiedades mecánicas del concreto.
- Mejora el control de fisuras.
- Aumenta la resistencia al impacto.
- Reemplaza al refuerzo convencional (malla electrosoldada).
- Fácil aplicación y almacenamiento.
- Reduce costos de operación.

Aplicaciones

- Obras subterráneas.
- Lanzado en Túneles.
- Estabilización de taludes.

Presentaciones

- Sacos de 20 kg.
- Big Bag de 800 kg. y 1100 kg.



El desempeño del shotcrete reforzado con fibras de acero Dramix® está determinado principalmente por las siguientes características:

- Las atribuciones de las fibras en la matriz de concreto: geometría, relación de aspecto (longitud/diámetro), óptimo anclaje, resistencia a la tracción, etc.
- El aporte de la matriz de concreto.
- La cantidad de fibras en la mezcla.

Para poder definir las especificaciones del shotcrete reforzado con fibras de acero, debe realizarse un análisis de los siguientes aspectos:

- Dosificación mínima necesaria para asegurar un traslape mínimo entre fibras.
- Longitud total mínima de fibras.
- Dosificación en base al comportamiento:
 - Absorción de Energía (tenacidad).
 - Resistencia Residual.

Especificaciones Técnicas

Tipo de Fibra	Dramix® 3D 65/35BG	Dramix® 3D 45/35BL
Longitud (L)	35 mm	35 mm
Diámetro (D)	0.55 mm	0.75 mm
Relación de Esbeltez (L/D)	65	45
Resistencia a la Tracción	1,345 N/mm ²	1,225 N/mm ²
Dosificación Mínima(*)	15 kg/m ³	30 kg/m ³
Red de Fibra	14,531 Fibras/kg	7,814 Fibras/kg
Presentación de las Fibras	Encolada	Suelta
Tipo de Lanzado	Vía Húmeda	Vía Seca o Vía Húmeda

(*) Dosificación Mínima según Certificación Europea acorde con EN 14889-1.

Certificaciones

Dramix® dispone del Sello CE correspondiente a la Certificación Europea para fibras de uso estructural conforme a la norma EN 14889-1, Sistema 1. La norma EN 14889-1 establece los requerimientos para las fibras de acero para uso estructural, por ejemplo: dimensiones y tolerancias, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad, ductilidad, efecto en la consistencia del concreto (trabajabilidad), efecto en la resistencia del concreto, entre otros aspectos relacionados con el aporte de las fibras en las propiedades mecánicas del concreto. Para obtener esta certificación, el fabricante debe declarar la dosificación mínima para alcanzar una resistencia residual de flexión de 1.5 N/mm² para un CMOD=0.5 mm y una resistencia residual de flexión de 1 N/mm² para un CMOD=3.5 mm. CMOD (Crack Mouth Opening Displacement, por sus siglas en inglés) es el desplazamiento de la abertura de la boca de fisura en una viga sujeta a carga central, en ensayo de flexión acorde con EN 14651.

Esta certificación permite comparar fibras de acero con distintas características geométricas en función a su desempeño estructural o aporte en la resistencia residual de flexión del concreto reforzado con fibras de acero.

Recomendaciones

- Dramix® no debe ser adicionado como primer componente durante la mezcla de concreto.
- El concreto con fibra se lanza directamente desde el equipo lanzador de concreto.
- Utilice fibras de acero certificadas acorde con EN 14889-1.
- Las dimensiones de los paneles para los ensayos de absorción de energía deben cumplir con las especificaciones según EFNARC.

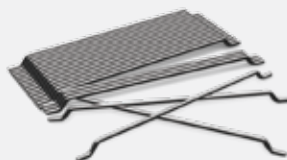


Más información en la web de Bekaert:



Tipos de Fibras de Acero Dramix®

Fibras de Acero para Vía Húmeda



Dramix® 3D 65/35BG

Gracias a su presentación en fibras encoladas, en paquetes, se asegura la correcta distribución de las fibras en la mezcla de concreto, optimizándose el uso de amplias redes de fibras con óptima trabajabilidad.

Fibras de Acero para Vía Seca



Dramix® 3D 45/35BL

Ideal para uso con equipos de lanzado manual para vía seca. Su presentación en fibras sueltas asegura una óptima distribución durante la preparación del concreto in situ o en la planta de concreto.

 **BEKAERT**

better together

Criterios de Desempeño

Según EN 14487-1 se establecen parámetros para especificar la ductilidad del shotcrete reforzado con fibras de acero, en términos de resistencia residual y su capacidad de absorción de energía.

La resistencia residual se puede establecer cuando las características del concreto se utilizan en un modelo de diseño estructural.

La absorción de energía medida a través del método de ensayo de panel cuadrado (EFNARC), se puede establecer cuando se enfatiza la cantidad de energía que se debe absorber durante la deformación de la roca.

1. Absorción de Energía

Para comprobar el comportamiento estructural del shotcrete reforzado con fibras de acero en la construcción de un túnel, se ha desarrollado un método de ensayo de punzonamiento y flexión sobre un panel cuadrado de shotcrete reforzado con fibras de acero, que simula con mucha efectividad el comportamiento de un revestimiento de túnel bajo la presión de la roca alrededor de un perno de anclaje. Este ensayo está normado según EN 14487 y también fue publicado en las recomendaciones de la EFNARC. Las dimensiones de los paneles de shotcrete reforzado con fibras de acero son: 600 mm x 600 mm x 100 mm, según EN 14488-5.

Las pruebas se llevan a cabo en laboratorio y consisten en aplicar una carga puntual en el centro del panel cuadrado apoyado por los cuatro lados. Se registra la curva de carga/deflexión y la prueba continúa hasta alcanzar una deflexión de 25 mm. A partir de la curva de carga/deflexión, se dibuja una segunda curva resultado de la absorción de energía (en Joules) en función a la deflexión del panel cuadrado. Este método simula con fidelidad el comportamiento del revestimiento y proporciona una buena idea de la capacidad de carga y absorción de energía del shotcrete reforzado con fibras de acero.

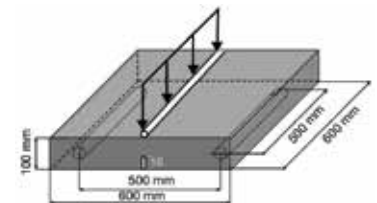
2. Resistencia Residual

Las especificaciones de resistencia residual están relacionadas con las condiciones de deformación del macizo rocoso. Un mayor grado de deformación demandará mayor capacidad de deflexión del revestimiento de shotcrete. Se establecen diversos niveles de deformación para proporcionar flexibilidad a los diseñadores en la elección de la deformación requerida del shotcrete bajo condiciones de servicio. Para fines de diseño, el límite de deflexión del nivel de deformación puede ser considerado en términos de rotación angular equivalente de una viga fisurada en el centro (EN 14488-3).

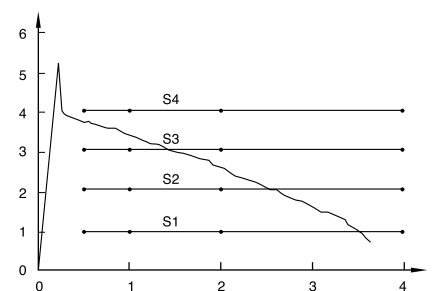
Se propone un método alternativo al ensayo de viga para determinar la resistencia residual a partir de muestras de shotcrete reforzado con fibras de acero con las mismas características del panel cuadrado usado para los ensayos de absorción de energía (EFNARC).

Algunas ventajas de este método alternativo son:

- La geometría y dimensiones de los especímenes, así como el método de lanzado usado en la operación, aseguran la distribución de las fibras en la matriz, tal como ocurre en la estructura real.
- La geometría de las muestras es la misma que para el ensayo de absorción de energía.
- Las muestras son obtenidas en la zona de trabajo o labor.
- No se requiere realizar cortes para obtener los especímenes, que pueda influir en los resultados.
- La dispersión es menor que con el método de viga convencional.
- La muesca en el centro del espécimen permite un proceso de fisuración lento, reduciendo el riesgo de colapso repentino.



Ensayo alternativo para determinar la resistencia residual con panel cuadrado.



Rangos de Deformación en Curva de Deflexión (mm) versus Resistencia Residual (MPa).



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

ANEXOS-3

DETONADOR NO ELECTRICO

Detonador No Eléctrico Dual

DESCRIPCIÓN

Consiste en un tubo de choque, de largo determinado por el diseño de la voladura. Contiene un detonador en un extremo con el tiempo de retardo requerido por la aplicación para iniciar la carga explosiva en el fondo de la perforación, y un detonador de Mili retardo en el otro extremo para inicio de Tubo de Choque. Este detonador No Eléctrico se encuentra alojado en un conector plástico tipo block, el cual está codificado por colores, de acuerdo al retardo del detonador de superficie que contenga.

CARACTERÍSTICAS

- Un detonador de fondo de alta potencia.
- El tiempo de retardo y longitud del tubo de choque se encuentran impresos en las etiquetas del tubo de choque.
- Conector con codificación de colores, capaz de contener 6 tubos.
- Tubo de choque color AMARILLO, con un mínimo de 25 kg de carga de ruptura, resistente a altas y bajas temperaturas, resistente al aceite por 4 días en ANFO a 40°C, resistente al agua.
- Iniciación confiable de tubos de choque en ambas direcciones, Booster APD, explosivos encartuchados y altos explosivos sensibles a cápsulas detonantes.
- La señal de iniciación en el tubo se propaga a través de pliegues, curvas, nudos y ligaduras.
- El tubo queda intacto después de su uso.

RANGO DEL PRODUCTO

LONGITUD DE TUBOS DE CHOQUE

La longitud mínima es de 3,6 m y la máxima de 30,4 m.

INICIACIÓN

Los detonadores ensamblados Dual, pueden ser iniciados con cualquiera de los productos señalados a continuación:

- Detonadores Eléctricos.
- Detonadores Electrónicos.
- Detonadores No Eléctricos Dual ENAEX.
- Retardo de línea troncal,

INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Detonador Ensamblado, No Eléctrico
Clase 1.1 B
N° NU: 0360
HDS-DET-01



EMBALAJE

- Dimensiones por caja: 560 x 290 x 260 (mm x mm x mm)
- Peso bruto de la caja: 18,9 kg
- Peso neto de la caja: 18,0 kg

*Para otros largos, consultar a Enaex Servicios

Longitud (m)	Unidades / Caja
3,6	200
4,2 - 4,8	190
10,0	110
12,2	90
15,2	80
16,0 - 17,3 - 18,0	75
20,0 - 24,4 - 30,4	50

RETARDOS

TIEMPO DE RETARDOS (MS)	TIEMPO DE RETARDO (MS)	TIEMPO DE RETARDO (MS)	COLOR DEL BLOCK PLÁSTICO
	9 / 600	9 / 1000	Blanco
17 / 500			Azul
	17 / 600	17 / 1000	Azul
	25 / 600	25 / 1000	Naranja
		35 / 1000	Verde
		42 / 1000	Amarillo

Nota:

- Como guía aproximada, por cada 2 m de tubo de choque usado en el ensamblaje, añadir 1 ms al período nominal de retardo del detonador.

ADVERTENCIA

Detonador No Eléctrico Dual

ALMACENAJE

- Almacenar en un lugar apropiado, de baja humedad y buena ventilación.
- Cumplir con los requisitos legales concernientes al almacenaje de su localidad.
- La vida útil del producto es de 36 meses a partir de la fecha de su fabricación.
- Las temperaturas sobre 90°C pueden producir explosiones espontáneas.
- Hacer rotar siempre las existencias (primero en entrar, primero en salir).

BENEFICIOS

- Adecuada precisión del retardo pirotécnico.
- Tubo de choque robusto, resistente a los abrasivos y no se enreda.
- Su uso es fácil y simple.
- Componentes altamente visibles.
- Económico, inventario reducido.
- Fiable.
- Bajo nivel de ruido.

APLICACIONES

Los detonadores no eléctricos Enaex son utilizados en canteras, minas a cielo abierto, en proyectos de ingeniería civil y en excavaciones de zanjas.

SEGURIDAD

- Transmisiones de radiofrecuencia.
- Radiaciones.
- Corrientes parásitas o vagabundas.
- Descargas electrostáticas.
- Quemado/calor/fricción.

PRECAUCIONES ESPECIALES

- Manipule con cuidado. Los daños al conector o al tubo pueden producir fallas de iniciación..
- Mantenga siempre los detonadores apuntando en dirección opuesta al suyo.
- Evitar golpear el detonador.
- Nunca tirar, estirar o retorcer el tubo de choque.
- Nunca conectar la voladura o disparo antes de haber finalizado con las operaciones de carguío y personal retirado de la zona. Para una aplicación confiable, asegúrense que el detonador se encuentre en la columna explosiva.

LÍMITES DE RESPONSABILIDAD

Esta información resume los mejores conocimientos a la fecha de su emisión sobre las capacidades del producto. Cada usuario deberá revisar previamente esta Ficha Técnica y dentro del contexto de la forma en que tiene intenciones de usar el producto. Para información adicional sobre este producto y su almacenaje, les agradecemos ponerse en contacto con Enaex a través de su administrador de servicios y/o al email: enaex@enaex.com.

ADVERTENCIA



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

ANEXOS-4

DETONADOR SISMICO FUERZA N°10

Descripción

El Detonador Eléctrico Sísmico sensible es un sistema de iniciación de cargas explosivas capaz de convertir un impulso eléctrico e una detonación.

La configuración especial del filamento metálico utilizado en la fabricación del Detonador Eléctrico Sísmico Insensible, especifica una resistencia baja, lo que asegura una efectiva alta energía de iniciación. Esta propiedad del filamento ofrece la mayor seguridad en términos de su funcionalidad en comparación con otros detonadores sísmicos disponibles en el mercado.

El Detonador Eléctrico Sísmico Insensible se caracteriza por tener un elemento electro-pirotécnico capaz de reaccionar en menos de 1,0 milisegundo entre el momento que recibe la energía recomendada y el instante en que se produce la detonación.

El Detonador Eléctrico Insensible se caracteriza por tener un elemento eléctrico-pirotécnico, capaz de reaccionar en menos de 1,0 milisegundo entre el momento en que recibe la energía recomendada y el instante en el que se produce la detonación. El elemento eléctrico-pirotécnico está ubicado en el interior de un dispositivo antiestático, y acoplado a los alambres conductores que están recubiertos por un tipo de plástico semiconductor.

El diseño interior del detonador que incluye el conjunto eléctrico-pirotécnico insensible y el tapón antiestático, fue desarrollado especialmente para prevenir detonaciones accidentales derivadas de la presencia de electricidad estática o corrientes vagabundas.



Propiedades Técnicas

(Foto referencial)

Tabla 1.- Características eléctricas de los Detonadores Eléctricos Sísmicos Insensibles.

Características Eléctricas	Sensibilidad
	Insensible
Resistencia del filamento (Bridge - resistance)	0,60 ± 0,2 (Ω)
Impulso de no Iniciación (No - firing impulse)	≤ 8 (mWs/Ω)
Corriente de no iniciación (No - firing current)	≤ 0,45 (A)
Impulso de Iniciación (All - firing impulse)	≥ 16 (mWs/Ω)
Corriente de iniciación (All - firing current)	≥ 1,5 (A)
Corriente de disparo recomendado para serie hasta de 5 detonadores	7 (A)
Resistencia eléctrica del conductor de Cu (Calibre 22 AWG)	0,0549 (Ω/m)

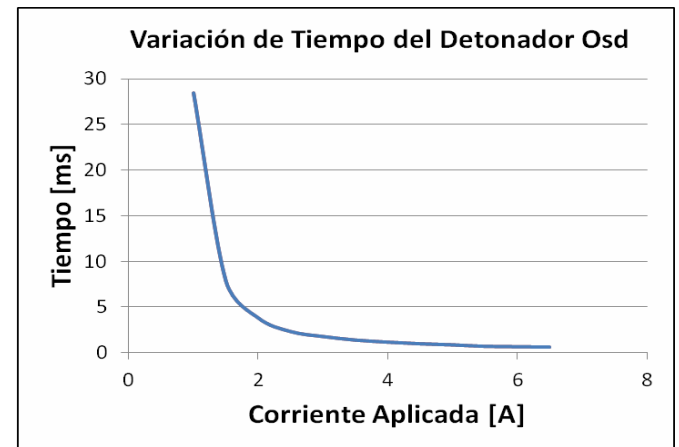
Tabla 2.- Características y especificaciones generales de los Detonadores Eléctricos.

Características Generales	
Largo cápsula	50 mm (1,97")
Fuerza	10
Test de Trauzl	30 cm ³ (mínimo)
Insensibilidad a impacto	2 Kg a 90 cm
Resistencia a la presión hidrostática	11 (bar) por 1 hora

Tabla 3.- Códigos de colores de revestimiento plástico.

Sensibilidad del Detonador
Insensible
Color revestimiento alambre Duplex Wire = Verde - Verde

Tabla 4.- Curva de respuesta para detonadores sísmicos Osd



Embalaje

Tabla 1.-Embalaje detonador eléctrico clasificación 1.4B

Largo (m)	Enrollado (Duplex Wire)	Unidades por Caja Interior	Unidades por Caja Exterior
10	Carrete	12	120
12	Carrete	12	120
15	Carrete	12	120
18	Carrete	12	120
20	Carrete	10	100
25	Carrete	10	100

Tabla 2.-Embalaje detonador eléctrico clasificación 1.

Largo (m)	Enrollado (Duplex Wire)	Unidades por Caja Interior	Unidades por Caja Exterior
10	Figura 8	20	200
12	Figura 8	20	200
15	Figura 8	15	150
18	Figura 8	15	150
20	Figura 8	15	150
25	Figura 8	15	150

Dimensiones embalaje exterior: 68,5 X 34,5 X 23,5 cm

Recomendaciones Generales de uso

- Siempre use una fuente de disparo que pueda entregar un flujo de corriente mayor a 10 Amperes al circuito de Detonadores Sísmicos Eléctricos Insensibles, para una óptima ejecución de voladura en detonaciones de pozos individuales.
- Siempre use conexiones en serie, limitando el número de Detonadores Sísmicos Eléctricos Insensibles a 25 y utilizando una fuente eléctrica confiable que pueda entregar la intensidad de corriente suficiente para la óptima iniciación del circuito de disparo.
- Nunca manipule o utilice detonadores eléctricos en general, cuando exista en el ambiente presencia de electricidad estática, corrientes vagabundas y/o tormentas eléctricas.
- Siempre mantenga los alambres semiconductores del detonador, cables de disparo y circuito de conexión de disparo en cortocircuito. Solo abrir el circuito para verificar continuidad e iniciar el disparo.
- Nunca conecte algún Detonador Sísmico Eléctrico Insensible en la misma línea en serie con otros detonadores eléctricos de distinta sensibilidad o distinto fabricante, debido a que pueden presentarse diferencias en las características de disparo y puede ocurrir falla.
- Siempre use los detonadores eléctricos de acuerdo a las recomendaciones entregadas por el fabricante.

Clasificación como Explosivo

Nombre autorizado: **Detonador Eléctrico**

Nombre correcto para envío: **Detonadores eléctricos**

Número UN :	0030	0255
Clasificación :	1.1B	1.4B

Todas las reglamentaciones relacionadas con la manipulación y uso de tales explosivos son aplicables.

Destrucción

La destrucción de materiales explosivos es peligrosa y requiere de entrenamiento especializado. Los métodos para una segura destrucción de explosivos pueden variar en cada caso dependiendo de las condiciones de la operación. Para mayor información y obtener adecuadas asesorías orientadas a prácticas seguras de destrucción de materiales residuales y productos obsoletos, favor contacte a un representante de Orica en su región.

Marcas Registradas

La palabra Orica, el Anillo y la marca Orica son marcas registradas del Grupo de Compañías Orica Explosives Technology Pty Ltd. ACN 075 659 35, 1 Nicholson Street, Melbourne, VIC, Australia.

Limitación de responsabilidad

Toda la información contenida en esta hoja de datos es precisa y está al día según la fecha indicada más abajo. Orica no puede anticipar o controlar las condiciones bajo las cuales esta información y estos productos pueden ser usados, cada usuario debe revisar la información en el contexto específico según la aplicación prevista. En la medida que lo permita la ley, Orica no se hará responsable por daños de cualquier naturaleza resultantes del uso o de la información contenida en esta hoja de datos. No se dan garantías explícitas o implícitas, a aparte de aquellas obligatorias por ley.

Adjunto encontrará la información de contacto para emergencias de su país.

ARGENTINA

Orica Argentina S.A.I.C.

Av. Libertador Gral. José de San Martín 521 (O) – 1° Piso Dpto. 2.
Tel:+54 264 422 3563 /3590/3969/4347/4413/6197/6330/6590
Fax: int. 3716

Teléfonos de Emergencia:

Dentro de Argentina: +264 4746333
Fuera de Argentina: +54 9 264 4746333

BOLIVIA

Orica Bolivia S.A.

Av. Sánchez Lima No. 2061- Edificio Rosario, Piso 4
Zona Sopocachi
La Paz, Bolivia
Tel: +591 2 2145055
Tel / Fax: +591 2 2125127

Teléfonos de Emergencia:

Dentro de Bolivia:
715 64644 / 715 43057 / 715 42756 / 715 64645
Fuera de Bolivia:
+ 591 715 64644 / + 591 715 43057
+ 591 715 42756 / + 591 715 64645

BRASIL

Orica Brasil Ltda.

Av. Mantiqueira, 317
Lorena – São Paulo – Brasil
Tel: 0800 – 118408

Teléfonos de Emergencia:

Dentro de Brasil: 0800 17 25 05 / (12) 2124 3111
Fuera de Brasil: +55 800 17 25 05

COLOMBIA

Orica Colombia S.A.S

Calle 104 No. 14 A 45 Oficina 602, Bogotá Colombia
Tel: +571 658 1100
Fax: +571 658 1090

Teléfonos de Emergencia:

Dentro de Colombia:
+310 590 1623 / +313 451 8958
Fuera de Colombia:
+57 310 590 1623 / +57 313 451 8958

CENTRO AMÉRICA

Orica Panama & Caribbean

Edificio Int'l. Business Park, Torre B, Of. 109
(Antigua Base Aérea de Howard)
Howard, Panamá Pacífico, Panamá City, Panamá
Tel: +507 831 2800 | +507 6400 3704
E-mail: roberto.neumann@orica.com

CHILE

Orica Chile S.A.

Planta:La Portada
Camino a Mejillones Km. 18,
Antofagasta - Chile
Tel: +56 55 2 565 600 / Fax: +56 55 2 565 633

Teléfonos de Emergencia:

Dentro de Chile: 55 2 565 600 / 9 873 4784
Fuera de Chile:+56 55 2 565 600 / +56 99 873 4784

PERÚ

Orica Mining Services Perú S.A.

Planta Huachipa: Ex Hacienda Nievería s/n Km. 3.5 Huachipa,
Lurigancho-Chosica, Lima - Perú
Planta Arequipa: Pampas Nuevas de Congata s/n
Uchumayo, Arequipa - Perú

Oficina: Av. Deonísio Derteano 144 Piso 20,
San Isidro, Lima - Perú
Tel: +51 1 217 6000 / Fax: +51 1 217 6001

Teléfonos de Emergencia:

Dentro de Perú: 217 6000
Fuera de Perú: +51 1 217 6000

VENEZUELA

Orica Venezuela CA

Carretera Nacional Morón-Coro. Km 1.
Instalaciones de CAVIM.
Morón, Estado Carabobo - Venezuela
Tel: +0058 242 3722955 / 1455
Fax: +0058 242 372 3981 / +0058 241 826 90 99

Teléfonos de Emergencia:

Dentro de Venezuela: +241 8269099 / +412 4436811
Fuera de Venezuela: +0058 241 8269099 /+58 412 4436811

CUBA

ULAEX S.A.

Oficina Comercial:
Aparthotel Brisas Edificio 3C22
Villa Panamericana. Habana del Este. La Habana – Cuba
Tel / Fax:+0053 7 7661086 /+0053 7 7663433 / +0053 7 7667379
E-mail: ulaex@ulaex.cu

Planta Industrial:

La Campana. Manicaragua, Villa Clara-Cuba
Tel / Fax: +0053 42 499112 / +0053 42 499142 / +0053 42 499143
E-mail: ventas@ulaex.cu

Teléfonos de Emergencia:

Dentro de Cuba: 05 2867633 / 05 2867625 / 042 499112 / 05 2630345
Fuera de Cuba: +0053 7 7661086 / +0053 5 2630345



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

ANEXOS-5

ENSAYO A COMPRESION



GRUPO ESCORIA 1

CÓDIGO ORDEN: _____

FECHA DE ENSAYO: 16/10/2018

EQUIPO UTILIZADO

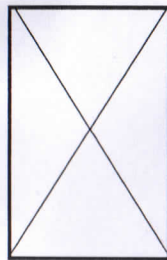
BALANZA: 81
CALIBRADOR: _____

MAQUINA UNIVERSAL:
FLEXÓMETRO: Uniflex 5m

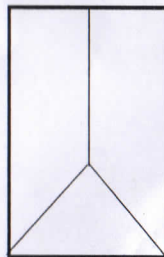
DESCRIPCION: CONVENCIONAL 7 DÍAS

REFERENCIA	<u>Optimo</u> 1			2			<u>Propi</u> 3			<u>Meta</u> 4			5		
DIÁMETRO (cm)	<u>15.3</u>	<u>16.5</u>	<u>15.6</u>	<u>15.5</u>	<u>15.5</u>	<u>15.5</u>	<u>15.5</u>	<u>15.5</u>	<u>15.5</u>	<u>15.5</u>	<u>15.5</u>	<u>15.5</u>			
ALTURA (cm)	<u>30.2</u>	<u>30.4</u>	<u>30.5</u>	<u>30.5</u>	<u>30.5</u>	<u>30.5</u>	<u>30.6</u>	<u>30.5</u>	<u>30.5</u>	<u>30.6</u>	<u>30.5</u>	<u>30.4</u>			
PESO DE LA MUESTRA (g)	<u>12.40 kg</u>			<u>12.72 kg</u>			<u>12.56 kg</u>			<u>12.50 kg</u>					
TIPO DE FALLA	<u>d</u>			<u>d</u>			<u>c</u>			<u>d</u>					
CARGA MÁXIMA (kgf)	<u>409.3</u>			<u>4837</u>			<u>461.2</u>			<u>3577</u>					
OBSERVACIONES															

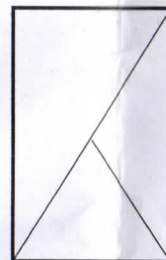
TIPO DE FALLA



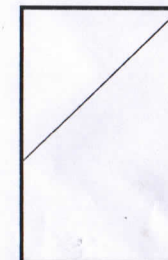
a) Cónica



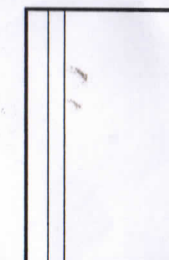
b) Cónica y divida



c) Cónica y transversal



d) Transversal



e) Columnar



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

ANEXOS-6

ENSAYOS DISEÑO DE MEZCLA

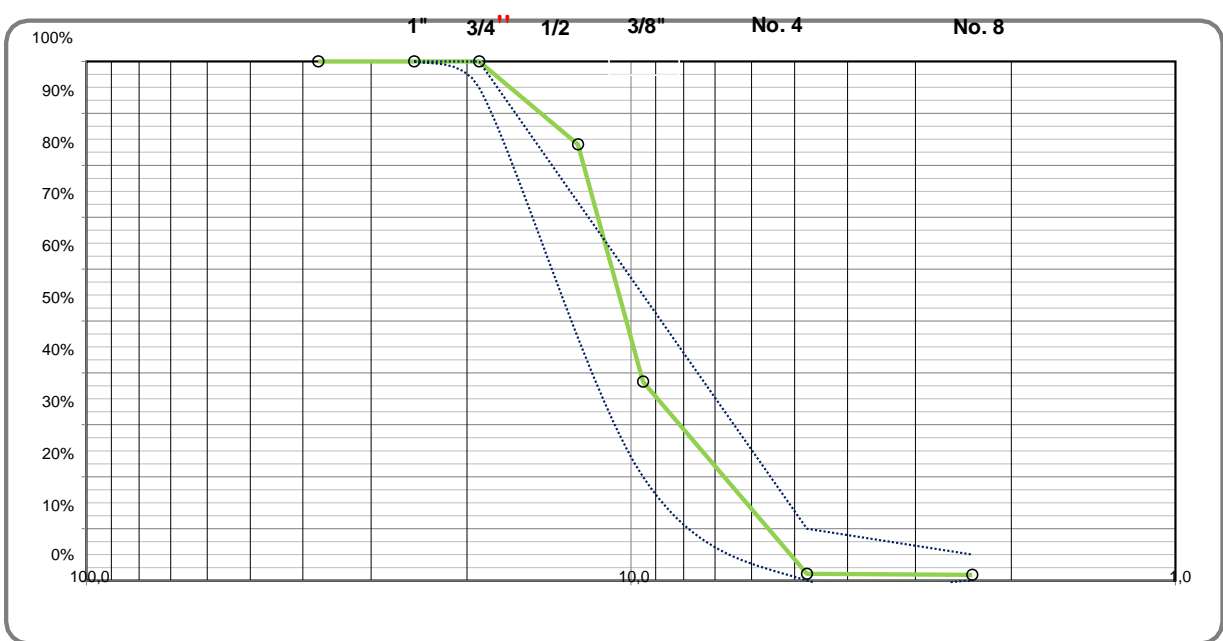


ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO

Codigo: FLAB-008
 Fecha: 18-8-2018
 Version: 0
 Copia: NO

COMPAÑÍA: POLIMIX S.A.S **FECHA DE TOMA:** N.A.
PROYECTO: VIA PEATONAL SAN RAFAEL **FECHA DE RECEPCION:** N.A.
PROCEDENCIA: PLANTA SUR **FECHA DE INFORME:** N.A.
LOCALIZACIÓN: CARRERA 123 #13A-76 BOGOTÁ **NUMERO DE MUESTRA:** 1
DESCRIPCION: TRITURADO DE 3/4" **CLASE DE MATERIAL:** TRITURADO

P. Total (gr)= 5233,0		P. Retenido= 6152,5		Error = 17,6%		Norma	INVE- 630.2.2.2.	
Tamiz	mm.	Peso Retenido	P. Retenido Corregido	% retenido.	% acum.	% que pasa	Límites - (AG-2)	
US Standard							Inferior	Superior
2 1/2"	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%			
2"	0,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%			
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%		
1"	25,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	100%	
3/4"	19,0	0,0	0,0	0,0%	0,0%	100,0%	95%	100%
1/2"	12,5	837,3	837,3	16,0%	16,0%	84,0%		
3/8"	9,500	2391,5	2391,5	45,7%	61,7%	38,3%	20%	55%
No.4	4,750	1936,2	1936,2	37,0%	98,7%	1,3%	0%	10%
No.8	2,360	10,5	10,5	0,2%	98,9%	1,1%	0%	5%
Fondo		57,5	57,5	1,1%	100,0%	0,0%		
Total		5233,0	5233,0					



GRAVA (G)		ARENA (S)			LIMO (M)	ARCILLA (C)
GRUESA Tamiz. 3" a 3/4"	FINA Tamiz 3/4" a No.4	GRUESA Tamiz No.4 a.10	MEDIA Tamiz No.10 a 40	FINA Tamiz No.40 a 200	Pasa Tamiz 200. Ligeramente plastico o sin plasticidad, con escasa o nula resistencia al secarse al aire.	Pasa T. 200. Propiedades plasticas dentro de una amplia gama de humedades y posee resistencia seco

OBSERVACIONES:
 Grava angulares y rugosas

INF-002-15

ENSAYO

JORGE E. MADRIGAL
 LABORATORISTA

REVISÓ

SILVIA E. PUENTES
 TNLGA CONSTRUCCIONES CIVILES

Los resultados informados corresponden a la muestra suministrada .

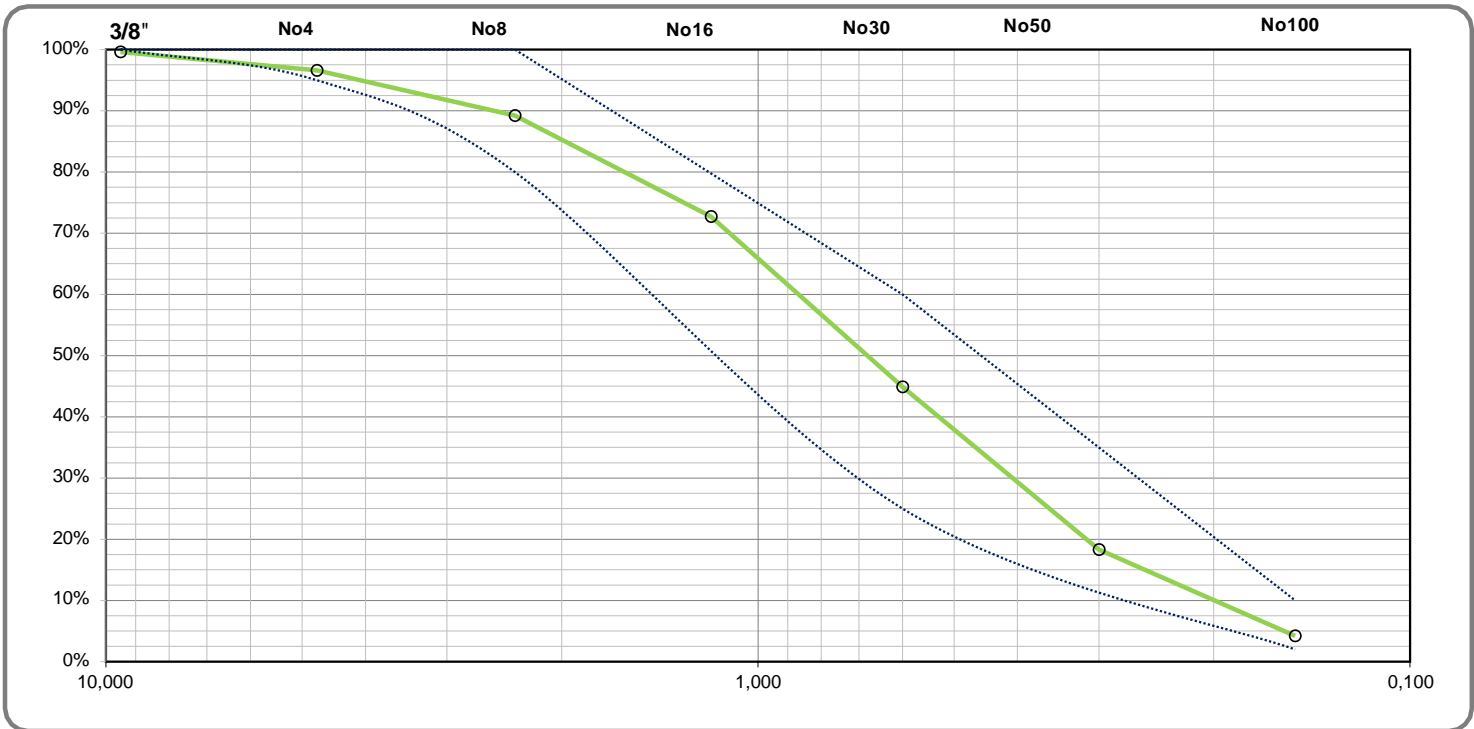


ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO

Codigo:	FLAB-010
Fecha de edicion:	18-8-2018
Version:	0
Copia controlada:	NO

COMPANIA:	POLIMIX S.A.S.	FECHA DE TOMA:	N.A.
PROYECTO:	VIA PEATONAL SAN RAFAEL	FECHA DE RECEPCION:	N.A.
PROCEDENCIA:	PLANTA SUR	FECHA DE INFORME:	N.A.
LOCALIZACION:	CARRERA 123#13A-76	NUMERO DE MUESTRA:	2
DESCRIPCION:	ARENA DE RIO	CLASE DE MATERIAL:	ARENA

P. Total (gr)= 4368,0		P. Retenido= 4184,5		Error = 4,2%		Norma	INVE 630.2.2.1 C	
Tamiz	mm.	Peso Retenido	P. Retenido Corregido	% retenido.	% acum.	% que pasa	Lmites	
US Standard							Inferior	Superior
3/8"	9,500	17,5	17,5	0,4%	0,4%	99,6%	100%	100%
No.4	4,750	131,0	131,0	3,0%	3,4%	96,6%	95%	100%
No.8	2,360	323,2	323,2	7,4%	10,8%	89,2%	80%	100%
No.16	1,180	720,7	720,7	16,5%	27,3%	72,7%	50%	85%
No.30	0,600	1214,3	1214,3	27,8%	55,1%	44,9%	25%	60%
No.50	0,300	1161,9	1161,9	26,6%	81,7%	18,3%	10%	30%
No.100	0,150	615,9	615,9	14,1%	95,8%	4,2%	2%	10%
	Fondo	183,5	183,5	4,2%	100,0%	0,0%		
	Total	4368,0	4368,0					



GRAVA (G)		ARENA (S)			LIMO (M)	ARCILLA (C)
GRUESA Tamiz. 3" a 3/4"	FINA Tamiz 3/4" a No.4	GRUESA Tamiz No.4 a 10	MEDIA Tamiz No.10 a 40	FINA Tamiz No.40 a 200	Pasa Tamiz 200. Ligeramente plastico o sin Pasa T. 200. plasticidad, con escasa o nula resistencia al secarse al aire	Propiedades plasticas dentro de una amplia gama de humedades y posee resistencia seco

Modulo de Finura
2,74

OBSERVACIONES:

INF-002-15

ENSAYO
Jorge E. Madrigal
JORGE E. MADRIGAL
LABORATORISTA

REVISÓ
Silvia E. Puentes
SILVIA E. PUENTES
TNLGA CONSTRUCCIONES CIVILES

Los resultados informados corresponden a la muestra suministrada .



CONTENIDO APROXIMADO DE MATERIA ORGANICA EN ARENAS USADAS
EN LA PREPARACION DE MORTEROS O CONCRETOS

INV E-212-07

Codigo:	FLAB-002
Fecha de edicion:	18-8-2018
Version:	O
Copia controlada:	NO

CLIENTE:	POLIMIX S.A.S.	FECHA DE TOMA:	N.A.
PROYECTO:	VIA PEATONAL SAN RAFAEL	FECHA DE RECEPCION:	N.A.
PROCEDENCIA:	PLANTA SUR	FECHA DE INFORME:	N.A.
LOCALIZACIÓN:	CARRERA 123#13A -76	NUMERO DE MUESTRA:	2
DESCRIPCION:	ARENA DE RÍO	CLASE DE MATERIAL:	ARENA

Muestra No.	Volumen de la muestra (ml)	Comparación de Colores entre la Muestra de Ensayo y de Referencia	Componentes Posiblemete Perjudiciales
1	130	1	-
			-
			-
			-

OBSERVACIONES:
determinacion del color por el metodo alterno B.

INF-002-15

ENSAYO

JORGE E. MADRIGAL
LABORATORISTA

REVISÓ

SILVIA E. PUENTES
TNLGA CONSTRUCCIONES CIVILES

Los resultados informados corresponden a la muestra suministrada .



PESOS ESPECIFICOS Y MASAS UNITARIAS DE LOS AGREGADOS

Codigo:	FLAB-010
Fecha de edicion:	18-8-2018
Version:	0
Copia controlada:	NO

COMPañÍA:	POLIMIX S.A.S-	FECHA DE TOMA:	N.A.
PROYECTO:	VIA PEATONAL SAN RAFAEL	FECHA DE RECEPCION:	N.A.
PROCEDENCIA:	PLANTA SUR	FECHA DE INFORME:	N.A.
LOCALIZACIÓN:	CARRERA 123#13A -76	NUMERO DE MUESTRA:	N.A.
DESCRIPCION:	GRAVA DE TRITURACIÓN Y ARENA DE RIO	CLASE DE MATERIA	1 Y 2
			TRITURADO Y ARENA

ARENA

MASAS UNITARIAS

RECIPIENTE		MATERIAL SUELTO			MATERIAL COMPACTADO		
Volumen (cm³)	3.252,0	Rec+Agregado	12.125 12.130 12.129	12.128	Rec+Agregado	12.602 12.605 12.600	12.602
Peso	7.115 gramos	Agregado		5.013	Agregado		5.487
MASA UNTARIA SUELTA (M.U.S.)			1.542,00 Kg/m³				
MASA UNITARIA COMPACTADA (M.U.C.)			1.687,00 Kg/m³				

PESOS ESPECIFICOS Y ABSORCION.

A: Peso al aire de la muestra seca (g)	492,5	g.		DENSIDAD APARENTE (g./cm³)	2,58
B: Peso picnómetro aforado lleno de agua (g)	715,1	g.			
C: Peso picnómetro aforado + agua + muestra (g)	1023,9	g.		DENSIDAD NOMINAL (g./cm³)	2,62
S: Peso muestra saturada con superficie seca (g)	500,0	g.			
Volumen probeta.	500,0	cm³		ABSORCION	1,5%

GRAVA

MASAS UNITARIAS

RECIPIENTE		MATERIAL SUELTO			MATERIAL COMPACTADO		
Volumen (cm³)	3.252,0	Rec+Agregado	10.411 10.410 10.401	10.407	Rec+Agregado	11.134 11.132 11.140	11.135
Peso	7.115 Gramos	Agregado		3.292	Agregado		4.020
MASA UNTARIA SUELTA (M.U.S.)			1.012,00 Kg/m³				
MASA UNITARIA COMPACTADA (M.U.C.)			1.236,00 Kg/m³				

PESOS ESPECIFICOS Y ABSORCION.

Canasta seca	671	g.		DENSIDAD APARENTE (g./cm³)	2,33
Canasta mojada	685,7	g.			
Muestra Seca	1080,2	g.		DENSIDAD NOMINAL (g./cm³)	2,51
Muestra S.S.S sumergida	650,2	g.			
Muestra S.S.S. en el aire	1113,7	g.		ABSORCION	3,1%

OBSERVACIONES:

INF-002-15

ENSAYO	REVISÓ
 JORGE E. MADRIGAL LABORATORISTA	 SILVIA E. PUENTES TNLGA CONSTRUCCIONES CIVILES

Los resultados informados corresponden a la muestra suministrada .



**COMBINACION IDEAL DE AGREGADOS
METODO FULLER - THOMSOM**

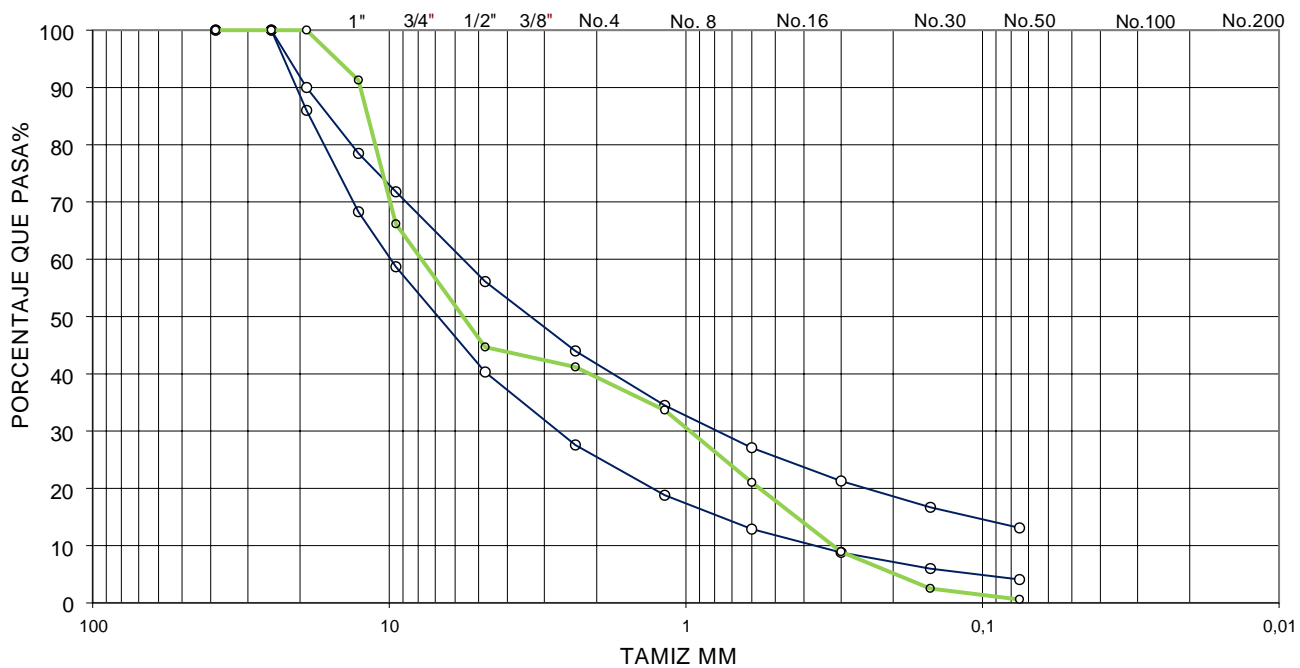
Codigo:	FLAB-008
Fecha de edicion:	18-8-2018
Version:	0
Copia controlada:	NO

COMPANIA: POIMIX S.A.S.
PROYECTO: VIA PEATONAL SAN RAFAEL
PROCEDENCIA: PLANTA SUR
LOCALIZACION: CARRERA 123#13A-76
DESCRIPCION: DISEÑO DE CONCRETO 3500 PSI

FECHA DE TOMA: N.A.
FECHA DE RECEPCION: N.A.
FECHA DE INFORME: N.A.
NUMERO DE MUESTRA: 1 Y 2
CLASE DE MATERIAL: GRAVA Y ARENA

#	ESPECIFICACION METODO FULLER-THOMSOM		LIMITES GRANULOMETRICOS				% PASA COMBINADO	
			Tamiz	4.800,5 Peso Retenido	% Retenido	% Reten-Acum	50%	50%
	MINIMO	MAXIMO						4.775,10
							% Pasa	
	100	100	1-1/2"	0,0	0,0	0,0		100,0
	100	100	1"	0,0	0,0	0,0		100,0
	86	90	3/4"	0,0	0,0	0,0		100,0
	68,3	78,5	1/2"	418,7	8,7	8,7		91,3
	58,7	71,8	3/8"	1.204,5	25,1	33,8		66,2
	40,3	56,1	No. 4	1.033,6	21,5	55,3		44,7
	27,6	44	No. 8	166,9	3,5	58,8		41,2
	18,8	34,5	No. 16	360,4	7,5	66,3		33,7
	12,9	27,1	No. 30	607,2	12,6	79,0		21,0
	8,8	21,3	No. 50	581,0	12,1	91,1		8,9
	6	16,7	No. 100	308,0	6,4	97,5		2,5
	4,1	13,1	N°200	91,8	1,9	99,4		0,6
			Pasa 200	25,4	0,5	99,9		

GRANULOMETRIA COMBINADA



GRAVA (G)		ARENA (S)			ARCILLA (C)
GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	Pasa T. 200. Propiedades plasticas dentro de una amplia gama de humedades y posee resistencia seco
Tamiz. 3" a 3/4"	Tamiz 3/4" a No.4	Tamiz No.4 a 10	Tamiz No.10 a 40	Tamiz No.40 a 200	

OBSERVACIONES:

INF-002-15

ENSAYO

JORGE E. MADRIGAL
 LABORATORISTA

REVISÓ

SILVIA E. PUENTES
 TNLGA CONSTRUCCIONES CIVILES

Los resultados informados corresponden a la muestra suministrada.

	DISEÑO MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO	Codigo:	FLAB-006
		Fecha de edicion:	18-8-2018
		Version:	0
		Copia controlada:	NO

COMPANIA:	POLIMIX S.A.S.	FECHA DE TOMA:	N.A.
PROYECTO:	VIA PEATONAL SAN RAFAEL	FECHA DE RECEPCION:	N.A.
PROCEDENCIA:	CARRERA 123# 13A-76	FECHA DE INFORME:	N.A.
LOCALIZACION:	PLANTA SUR	NUMERO DE MUESTRA:	1 y 2
DESCRIPCION:	DISEÑO DE CONCRETO 3500 PSI	CLASE DE MATERIAL:	GRAVA Y ARENA

RESISTENCIA REQUERIDA	3500	PSI	GRAVA DE TRITURACION Y ARENA DE RIO
ASENTAMIENTO REQUERIDO	3.0	Pulg.	CEMENTO PORTLAND

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES			CRITERIOS DE RESISTENCIA DE DISEÑO			
	ARENA	GRAVA	Resistencia especificada a la compresión f'c	Resistencia requerida para diseño de mezclas		
Densidad Aparente	g/cm ³	2,576		2,331		
Densidad Nominal	g/cm ³	2,615	2,512			
Masa Unitaria Suelta	kg/m ³	1.542	1.012	Menos de 210	f'c + 70 Kg/cm ²	
Masa Unitaria Apisonada	kg/m ³	1.687	1.236	De 210 a 350	f'c + 85 Kg/cm ²	
Absorción	%	1.5%	3.1%	Más de 350	f'c + 100 Kg/cm ²	
Modulo de finura		2.74		RESISTENCIA DE DISEÑO APLICADA		
Tamaño Máximo	mm		19	Teorica	De Diseño	Aplicada
Superficie			Angular rugosa	246,13	295,36	296
						Kg/cm ²

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO

$$b_{bo} = \frac{0,50}{0,53} = 0,94$$

$$b = \frac{1,236 \cdot 0,53}{2331} = 0,265$$

CONTENIDO DE AIRE: Concreto sin aire incluido

Agregado grueso 0,265 m³ por m³ de concreto

VOLUMEN DE AGUA REQUERIDO: Para el asentamiento y tamaño máximo del agregado tenemos en (tabla 11.7)

Volumen de agua 193,0 Lt por m³ de concreto

RELACION DE AGUA CEMENTO: Acorde al tipo de cemento (portland I) y a la resistencia requerida (tabla 11.13)

0,48

Cantidad de cemento 402,1 kg por m³ de concreto

VOLUMEN DE AGREGADO FINO

$$\text{Cemento} = \frac{402,1}{3030} = 0,133 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 0,265 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$\text{contenido de agua} = 0,1930 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$\text{Total} = 0,591$$

$$\text{Volumen de particulas de arena} = 1 - 0,591 = 0,409$$

Agregado Fino 0,409 m³ por m³ de concreto

PROPORCIONES

	En Masa	En volumen suelto por m ³	Por Bulto de cemento	Volumen Suelto
Cemento	402 Kg/m ³	8,0 Bultos (50 Kg)	1,00 Bulto (50 kg)	1,00 m ³
Arena	690 Kg/m ³	0,447 m ³ / m ³	1,716 kg / m ³	0,06 m ³
Grava	328 Kg/m ³	0,324 m ³ / m ³	0,815 kg / m ³	0,05 m ³

PROPORCIONES RECOMENDADAS PARA MEZCLA EN SITIO **1,00 : 1,7 : 0,8**


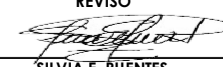
Volumen en obra por bulto de cemento

Arena: 6,0 baldados de arena/bulto cemento

Gravilla: 5,0 baldados de Gravilla /bulto cemento

Nota: volumen del balde 10 litros

OBSERVACIONES:	INF-002-15
-----------------------	------------

ENSAYO  JORGE E. MADRIGAL LABORATORISTA	REVISÓ  SILVIA E. PUENTES TNLGA CONSTRUCCIONES CIVILES
---	--

Los resultados informados corresponden a la muestra suministrada .



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

ANEXOS-7

ARTICULO

Evaluación de la resistencia de un concreto reforzado con fibras al impacto de una detonación.

Lina Marcela Ortega Sua, Anderson Esneider Ariza Roncancio.
Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia

Bogotá D.C., Colombia

Abstract— The purpose of this research was to evaluate the resistance of a fiber reinforced concrete to the impact of a detonation, based on theories by fiber and explosives suppliers and academics; In the development of the research work that has given rise to the present thesis has been reached the objectives initially raised in terms of:

The selection of a detonator with a range of force that was in the ranges of the proposed mix design.

Design of perforations in concrete cylinders, in order to have a controlled process to detonation.

Analysis resistance to changes presented by a detonation

In the research, four stages of information collection and analysis were addressed, in the field of blasting and material resistance, against a concrete reinforced with fibers.

It was decided to take 3 types of fibers, two commercial and one natural in order to evaluate the resistance to detonation, which refers to natural fiber (hemp) presents a behavior similar to a synthetic fiber and higher than a metal fiber handling a similar dosage recommended by the fiber supplier.

Index Terms— detonator, concrete reinforced with fibers, synthetic fibers, metal fibers, hemp fiber, radius of rupture, resistance to compression

I. INTRODUCCION

El concreto es uno de los materiales de construcción más usados en el mundo, con una alta durabilidad al paso del tiempo, gracias a esto con la evolución de las nuevas tecnologías y en procura de mejorar su calidad, sus propiedades, el comportamiento estructural y sus aplicaciones, ha resultado en nuevas generaciones de concretos con mejores características y composición. Las cuales se han utilizado exitosamente en numerosas aplicaciones de la ingeniería civil.

Una de estas nuevas tecnologías que se han venido desarrollado en los concretos son las adiciones con fibras, haciéndolos más resistentes y optimizando los procesos; su utilidad es innumerable; caracterizándose por tener mayor resistencia y siendo una alternativa muy favorable. Además, de tener como función principal la de crear un puente a través de

las grietas que desarrolla el concreto cuando es cargado o cuando es sometido a cambios ambientales extremos; uno de sus grandes beneficios es alcanzar una utilidad a largo plazo de la estructura, entendiéndose la utilidad como la disponibilidad de la estructura específica para mantener su resistencia e integridad, y proveer su función diseñada sobre la vida útil proyectada.

Considerando que uno de los principales puntos de análisis de los concretos reforzados con fibras, es el comportamiento de la resistencia y grado de fisuración dicho punto se tomará como alternativa para el presente proyecto; el cual se desarrollará sometiendo al concreto reforzado con fibras a una detonación controlada.

II. METODOLOGÍA

El proyecto de investigación realizado consta de un análisis previo con información detallada, en la cual se evaluaron las siguientes variables: tipo de concreto con la resistencia apropiada y certificada reforzado con tres tipos de fibras, detonador con la fuerza apropiada para generar el impacto deseado sobre el concreto reforzado con fibras; en pro de un buen desarrollo de investigación.

Inicialmente el diseño de mezcla de concreto fue suministrado por Perforación Y Ensayos G&M, garantizando una resistencia a la compresión de 3500 psi, se funden diez especímenes de concreto reforzado con fibras (tres de polietileno, 3 metálicas, tres de cáñamo y uno de concreto simple), de acuerdo con la norma NTC 550 “Concretos. Elaboración Y Curado De Especímenes De Concreto En Obra”.

Se tienen en cuenta las dimensiones de los cilindros para calcular el volumen de concreto necesario de la siguiente forma:
$$v = \pi r^2 h = \pi * 0.0775^2 * 0.30 = 0.006m^3 * 12 = 0.068m^3$$

A. Siguiendo las indicaciones de la norma técnica colombiana numeral 8.

- Se impregnaron los 10 moldes cilíndricos con ACPM para evitar futuras adherencias del concreto en el molde.

- Se llenan los moldes con el concreto y las fibras simultáneamente en serie en tres capas de igual altura. Con el extremo de la varilla, se apisona cada capa con 25 golpes distribuidos uniformemente, con una penetración de 25mm.

- En seguida se golpeó suavemente de 10 a 15 veces el borde del molde con el martillo de caucho, se enrazaron los cilindros con el palustre.

B. Para el curado de las muestras se tuvo en cuenta las indicaciones de la norma técnica colombiana para el curado de la muestra según el numeral 9.

- Se desencofran los especímenes, los cuales son almacenados en una mezcla agua con cal con la siguiente dosificación 3g de cal hidratada por cada litro de agua, a una temperatura de 21° C. Durante un periodo de 28 días.

C. Diseño de detonación

- Se perforan los especímenes en el centro a una profundidad de 5 cm y un diámetro de 10mm.

D. Detonación de muestras

1. Se descarga la electricidad estática para la correcta manipulación de los detonadores.
2. Se cargan los especímenes de concreto con los detonadores en los agujeros realizados previamente a 5cm de profundidad, los cuales son protegidos con plastilina con el fin de contenerlos en cada cilindro de concreto.
3. Se toma distancia de 15m aproximadamente del lugar de detonación con el cable conductor.
4. Se conecta uno de los filamentos del cable conductor a uno de los polos de la batería de 9 voltios, posteriormente se inicia el conteo regresivo para activar la carga detonante, se detona el cilindro con el polo opuesto y el filamento restante. Se repite 5 veces más con los cilindros excedentes.
5. Se toman los datos necesarios para determinar el radio de fisura en cada uno de los cilindros.

E. Resistencia A La Compresión De Cilindros De Concreto

Con la ayuda del flexómetro se toman 3 medidas de los diámetros de cada uno de los especímenes para un cálculo del área transversal, se pesó cada uno de ellos con la ayuda de la balanza. Teniendo en cuenta que los cilindros tienen las mismas dimensiones, cuyo $r = 0.0775$ se calcula el área transversal de la siguiente forma:

$$A_{\text{transversal}} = \pi * 0.0775^2 = 0.0188m^2$$

Se ubica el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior. Se limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se ubica el espécimen sobre el bloque inferior. Se alinea el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. Se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.

El laboratorista encargado aplica la carga continuamente sin golpes bruscos, hasta que el cilindro muestra un patrón de falla definido.

Se registró la carga máxima soportada por el cilindro durante el ensayo y se anotó el patrón de falla.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Ensayo a la compresión:

Se calcula la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal determinada.

Tabla 1. Resultados Prueba a Compresión.

Nº MUESTRA	TIPO DE FIBRA	F KN	D (mm)	A(mm ²)	σ (PSI)
1	CAÑAMO	409.30	155	18869.19	3146.08
2	SIN ADITIVO	453.70	155	18869.19	3487.36
3	SINTETICA	461.20	155	18869.19	3545.01
4	METALICA	357.70	155	18869.19	2749.46

Fuente: Propia

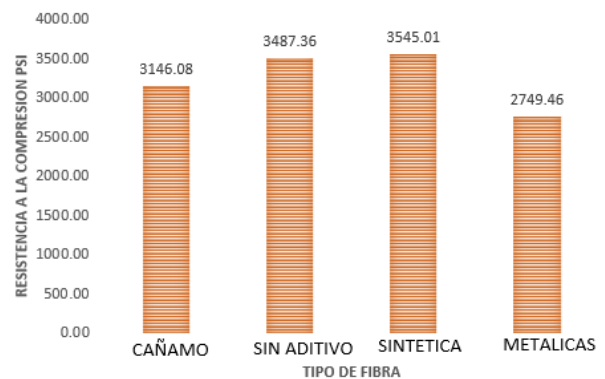
Los resultados obtenidos en el ensayo a compresión de concreto simple y del concreto fibro-reforzado con cañamo, metálicas y sintéticas, con una edad de 30 días permite deducir que:

$$\sigma_{\text{sintetico}} > \sigma_{\text{concreto simple}} > \sigma_{\text{cañamo}} > \sigma_{\text{metalicas}}$$

Se logran obtener valores de resistencia a la compresión cercanos al diseño de mezcla elegido de 3500 psi, teniendo como base la muestra N° 2, representativa del concreto simple con un valor de 3487 psi 0.36% menor frente al diseño de mezcla dado por Perforaciones y Ensayo G&M.

Se evidencia que la muestra N° 3 compuesta por fibras sintéticas de Toxement de referencia TUF - STRAND SF supera el 100% de resistencia a la compresión frente a la muestra N°2, demostrando que la dosificación dada por el fabricante es la correcta. Respecto a la muestra N°1 compuesta de cañamo tiene un 90.2% de resistencia frente a la N°2, pese a que dicho tipo de fibra no se encuentra en el mercado y no cuenta con una respectiva ficha técnica se siguieron las indicaciones de las fibras sintéticas por sus similitudes dimensionales. Finalmente, la resistencia a la compresión más baja es dada por las fibras metálicas de las cuales se componen la muestra N°4, lo cual se evidencia por su baja dosificación con respecto a su peso.





Ilustración 1. Resistencia A La Compresión De Fibras.



Fuente: Propia

El tipo de falla presente en los especímenes de concreto compuesto por fibras de cáñamo, metálicas y de concreto simple es de tipo transversal, por otro lado, el espécimen compuesto por fibras sintéticas al realizar el ensayo de compresión se refleja una falla tipo cónica y transversal.

Tabla 2. Resultados Prueba a Compresión, tipo de falla.



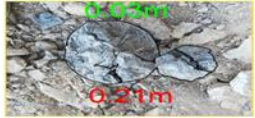


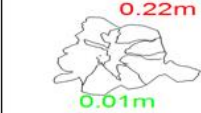

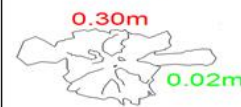
FIBRA	Tipo de Falla	FIBRA	Tipo de Falla
CAÑAMO		METALICAS	
	transversal		transversal
SINTETICAS		SIN ADITIVO	
	conica y transversal		conica y transversal

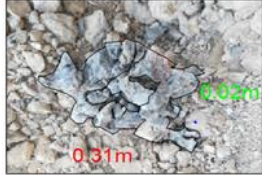

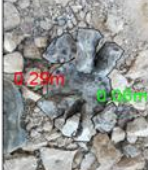
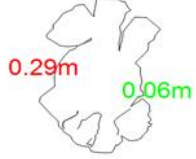
Fuente: Propia

B. Pruebas de Detonación.

Las pruebas de detonación fueron usadas en 6 especímenes cilíndricos, dos con cada tipo de fibra (cáñamo, metálica, sintética). Arrojando los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados Pruebas de Detonacion.

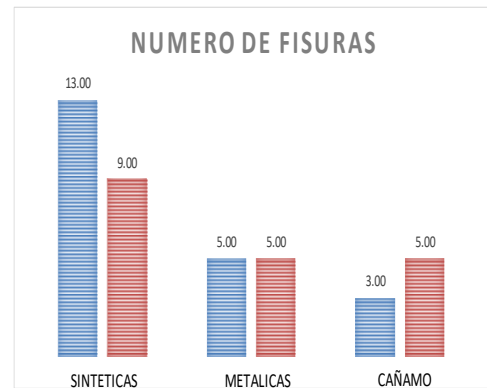
FIBRA METALICA N°1	
ESQUEMA	ESQUEMA
	
FIBRA METALICA N°2	
ESQUEMA	ESQUEMA
	
FIBRA SINTETICA N°1	
ESQUEMA	ESQUEMA
	
FIBRA SINTETICA N°2	
ESQUEMA	ESQUEMA
	

FIBRA DE CAÑAMO N°1	
ESQUEMA	ESQUEMA
	
FIBRA DE CAÑAMO N°2	
ESQUEMA	ESQUEMA
	

Fuente: Propia

Se identifica que el menor número de fisuras presentado fue en el concreto reforzado con cáñamo y el mayor número de fisuras fue el reforzado con fibras sintéticas, por su parte las fibras metálicas se encuentran en el rango medio de número de fisuras encontradas.

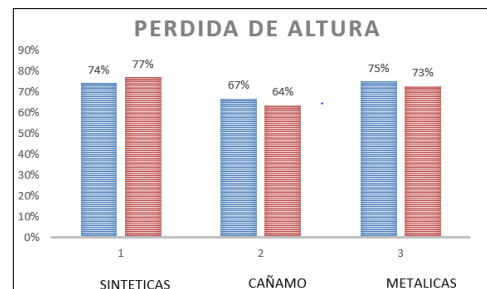
Ilustración 2. Análisis de Fisuras.



Fuente: Propia

En cuanto a la pérdida de altura se evidencia que el concreto reforzado con cáñamo al ser sometido al impacto del detonador sísmico Insensible de fuerza N°12, tiene una pérdida de altura menor frente a las otras fibras con un promedio de 65% aproximadamente, mientras que el concreto reforzado con fibras sintéticas y metálicas, al ser sometido bajo estas fuerzas de detonación pierde altura en un orden del 75% aproximadamente.

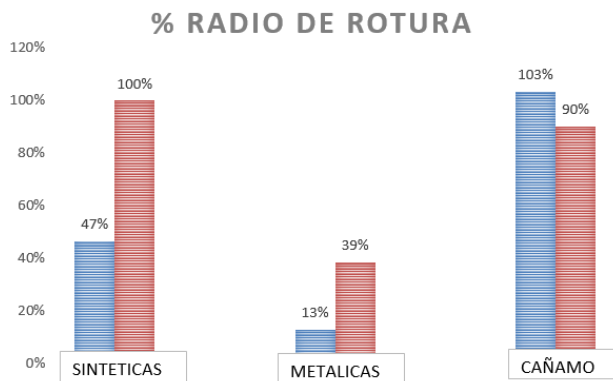
Ilustración 3. Análisis de Perdida De Altura



Fuente: Propia

Con respecto al porcentaje de rotura radial, se evidencia que en los especímenes analizados ante la fuerza de impacto del detonador sísmico Insensible de fuerza N°12, las fibras de cáñamo conservan un mayor puente de adherencia, teniendo una mayor resistencia a la tracción con 100% aproximadamente, lo cual se evidencio en el momento de la detonación ya que no se desprendió una cantidad importante de partículas. Las fibras metálicas por su parte tienen una baja resistencia a la tracción en el orden de 26% demostrado en la pérdida de altura y número de fisuras. En cuanto a las fibras sintéticas en la prueba de detonación se encuentran en un rango medio frente a las fibras de cáñamo y metálicas, con una variación del radio de rotura del 73% aproximadamente.

Ilustración 4. Análisis De Radio De Rotura.



Fuente: Propia

Relacionando el ensayo de compresión, frente a las pruebas de detonación se logra interpretar que:

Las fibras sintéticas de la marca Toxement aumenta la resistencia a compresión del concreto de 3500 psi y tiene un porcentaje de radio de rotura del 74% aproximadamente. Las fibras metálicas disminuyen considerablemente la resistencia a la compresión del concreto frente al concreto sin aditivo y tiene una baja resistencia a la tracción comparada con las demás fibras analizadas. por contraste el concreto reforzado con fibras de cáñamo trabaja a compresión a un 90% frente al concreto sin aditivo y a un 100% aproximadamente de tracción.

De lo evaluación realizada se deduce que el concreto reforzado con fibras de cáñamo, incrementa la tenacidad y resistencia del concreto al ser sometido al impacto de un detonador sísmico de fuerza N° 12.

IV. CONCLUSIONES

Respecto a los resultados obtenidos se logra evaluar la resistencia del concreto reforzado con fibras al impacto de una detonación, mediante el análisis gráfico realizado, determinando que las fibras de cáñamo son más resistentes a la tracción.

Adicionalmente a esta evaluación se realizó el ensayo a compresión de los diferentes especímenes, con el objeto de comparar el comportamiento frente a los detonadores y garantizar el correcto uso del explosivo, evidenciando que el concreto reforzado con fibras sintéticas tienen mayor

resistencia a la compresión frente al concreto reforzado con las otras fibras.

V. RECOMENDACIONES

Una vez concluido el trabajo de investigación se considera que profundizar el análisis de resultados, si se cuenta con una completa adquisición de información, a lo que refiere las propiedades mecánicas de los detonadores, lo que conlleva a calcular la fuerza generada por la onda de choque y ser comparada a la resistencia del concreto frente a este impacto, concluyendo en una propuesta de un sistema de edificación con una mayor resistencia a la fuerza de choque.

Por otra parte, en los especímenes reforzados con fibras metálicas se deben evaluar la proporción de su dosificación ya que la expuesta por el proveedor no garantiza un nivel de competitividad con respecto a los demás especímenes.

BIBLIOGRAFIA

- [1] LOPEZ Jimeno, E Lopez Jimeno Y P Garcia. 2003. *Manual De Perforación Y Voladura De Rocas. s.l. : Carlos Lopez Jimeno, 2003.*
- [2] EXSA. 1986. *Manual Práctico De Voladura. Lima, Peru s.n., 1986.*
- [3] Konya, Dr Calvin C. 2008. *Manual De Diseño De Voladuras. Eeuu : S.N., 2008.*



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN
CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS AL
IMPACTO DE UNA DETONACION.

FECHA: NOVIEMBRE DE 2018
VERSIÓN 1.0

ANEXOS-8

REGISTRO FILMICO



ALVARADO, MC Cesar Antonio Juarez. 2002. Concretos Base Cemento Portland Reforzados Con Fibras Naturales. Mexico : Universidad Autonoma De Nuevo Leon, 2002.

C LOPEZ Jimeno, E Lopez Jimeno Y P Garcia. 2003. Manual de perforacion y voladura de rocas. Madrid : Carlos Lopez Jimeno, 2003.

CARRILLO Julian , Angelica P Barrera Peñaloza, Dago A. Acosta. 2013. Universidad Militar Nueva Granada. Evaluación del desempeño a tensión por compresión. [En línea] 21 de Enero de 2013. [Citado el: 21 de Junio de 2018.] <http://www.redalyc.org/html/2913/291331195022/>.

CARRILLO Julian, Gonzales Giovanni, Aperador William. 2013. Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero. Ingeniería Investigación y Tecnología. [En línea] Universidad Nacional Autónoma de México, 4 de Marzo de 2013. [Citado el: 10 de Octubre de 2018.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S140577431372256X>.

CARVAJAL Corredor Ivan Leonardo, Terreros Rojas Eduardo. 2017. Uso de la fibra de cáñamo para mejorar las propiedades mecánicas del Concreto. Bogotá D.C., Colombia : Universidad Catolica De Colombia, 2017.

CSIC, Consejo Superior De Investigaciones Cientificas. 2016. Informes De La Construcción. Informes De La Construcción. [En línea] CSIC, 5 de Julio de 2016. [Citado el: 23 de Agosto de 2018.] <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/4007/4559/6385>. 1.

Departamento Tecnico Comercial. PEREZ, Alvaro. 2008. Cucuta : s.n., 2008.

Dramix, Fibras De Acero Para El Refuerzo Del Concreto. 2015. Prodimin. Prodimin. [En línea] Proalco Bekaert, 14 de Julio de 2015. [Citado el: 12 de octubre de 2018.] https://prodac.bekaert.com/-/...EN.../FICHA_FIBRAACERO_PISOINDUSTRIAL.pdf?....

El Editor S.A.S. 2015. Umtecno. Mallas electrosoldadas VS fibras para peforzar el concreto. [En línea] El Editor S.A.S., 2015. [Citado el: 21 de Agosto de 2018.]

<https://maestros.com.co/asi-se-hace/malla-electrosoldada-vs-fibras-para-reforzar-concreto-cual-es-mas-eficiente/>. 1.

EXSA. 1986. Manual Practico De Voladura. Lima, Peru : s.n., 1986.

FLESLER Ariel. 2012. Detonadores Electricos. Explosivos Industriales. [En línea] Wikidot.com, 15 de Febrero de 2012. [Citado el: 6 de Septiembre de 2018.] <http://explosivos.wikidot.com/detonadores-electricos>.

FLESLER, Ariel. 2012. Caracteristicas De Los Explosivos. Explosivos Industriales. [En línea] Wikidot.com, 13 de Febrero de 2012. [Citado el: 25 de JULIO de 2018.] <http://explosivos.wikidot.com/caracteristicas-de-los-explosivos>.

GONZÁLEZ Salcedo, Luis Octavio Delvasto Arjona, Silvio Guerrero Zuñiga, Aydee Patricia. 2016. Repositorio Universidad de los Andes. [En línea] 2016. [Citado el: 26 de Agosto de 2018.] <http://repositorio.uniandes.edu.co/xmlui/handle/1992/20353?show=full>.

GONZÁLEZ, Laura Michelle Logreira. 2012. Evaluación Del Comportamiento De Vigas En Voladizo De Concreto Reforzado Con Fibras Metálicas Ante Cargas Dinamicas. Bogota : Unirversidad Pontificia Javeriana, 2012. 1.

GyM, Perforaciones y Ensayos. 2018. Ensayos Diseño de Mezcla. Bogotá : GyM, Perforaciones y Ensayos, 2018.

IMCYC, A.C.Instituto Mexicano Del Cemento Y Del Concreto. 2007. Grupohym. El concreto en la obra: problemas, causas y soluciones. [En línea] Imcyc, febrero de 2007. [Citado el: 25 de agosto de 2018.] <http://www.grupohym.com/wp-content/uploads/2016/03/Concreto-reforzado-con-fibras.pdf>. 1.

JUÁREZ Alvarado, Cesar Antonio, Rodriguez Lopez Patricia, Rivera Villarreal Raymundo. 2016. Repositorio Universidad Autonoma de Nuevo Leon. [En línea] 28 de Junio de 2016. [Citado el: 18 de Septiembre de 2018.] <http://eprints.uanl.mx/1318/>.

KONYA, Dr Calvin C. 2008. Manual De Diseño De Voladuras. EEUU : Instituto Geologico y Minero de España, 2008.

LUCA, Cominoli. 2004. Revestimientos de túneles en concreto reforzado con fibras metálicas: Principios. [En línea] 2004. [Citado el: 24 de Agosto de 2018.] https://www.researchgate.net/profile/Cominoli_Luca/publication/266073747_Reves



timientos_de_tuneles_en_concreto_reforzado_con_fibras_metalicas_Principios_-_Experiencias_-_Perspectivas/links/569f443108ae21a5642552db.pdf.

Manual de perforacion y tronadura de rocas. SALAS, Jose Maria. 1981. 1, España : Instituto Tecnologico Geominero De España, 1981, Vol. I.

Manual de Tronadura de Enaex. EANEX. 2006. s.l. : Enaex, 2006. EEUU.

Manzano Valbuena, José Libardo. 2014. Repositorio Universidad Pontifica Javeriana. Repositorio Universidad Pontifica Javeriana. [En línea] 2014. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/15064>.

MENDOZA Carlos Javier, Carlos Aire y Paula Davila. 2011. Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. Scielo. [En línea] Scielo, 5 de Junio de 2011. [Citado el: 25 de Agosto de 2018.] http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112011000100003&script=sci_arttext&lng=pt.

NAPURI, JULIO. 2013. 360° En concreto, que es el concreto reforzado con fibras. 360° En concreto, que es el concreto reforzado con fibras.. [En línea] ARGOS, 2013. [Citado el: 5 de Septiembre de 2018.] <http://blog.360gradosenconcreto.com/que-es-el-concreto-reforzado-con-fibras/>.

PUJADAS A., P. 2008. Durabilidad del hormigón con fibras sintéticas. Cataluña : Universidad de Cataluña, 2008.

RAMAN, S.N.; Jumaat, M.Z.; Mahmud, H.; Zain, M.F. 2007. Fibre Reinforced Concrete And High Performance Fibre Reinforced Cementitious Composites. s.l. : Jurutera, 2007. 1.

RODRIGUEZ, Jorge Ruiz. 2014. Explosivos Industriales. Wikidot.com. [En línea] Jorge Ruiz Rodriguez, 19 de Mayo de 2014. [Citado el: 25 de Octubre de 2018.] <http://explosivos.wikidot.com/detonadores-electricos>. 1.

SAIF Eldeen, S.A. y Taniguchi, T. 2007. Two Dimensional Homogenized Models Of Steel Fiber Reinforced Concrete. s.l. : Journal of the Faculty of Environmental Science and Technology, 2007. 1.

SIKA Colombia. 2013. Concreto reforzado con fibras. [En línea] 5 de Mayo de 2013. [Citado el: 15 de Agosto de 2018.] <https://col.sika.com/es/produccion-de-concreto/sika-concrete-technology/noticias/concreto-reforzado-con-fibras.html>.



STEVEN H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, And William C. Panares. 2008. *Desin And Control of Concrete Mixtures* 15° Edicion pag 144-150. Skokie, Illinois : PCA Portland Cement, 2008.

TOXEMENT. 2016. TUF-STRAND SF Fibras sinteticas estructurales. toxement. [En línea] toxement, 5 de Febrero de 2016. [Citado el: 1 de Octubre de 2018.] <http://www.toxement.com.co/media/2727/tuf-strand-sf.pdf>.

VAN Chanh, N. 2005. Steel fiber reinforced concrete. in: proceedings of JSCE – VIFCEA. Tokio Japon : Japan Society Civil Engineering, 2005.

VILLAREAL, Fredy Arnulfo Rodriguez. 2013. Estudio del comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto para pavimentos reforzados con fibras metálicas. Bogotá : Universidad Pontificia Javeriana, 2013.