



# Análisis Comparativo de la Resistencia a Compresión del Hormigón Convencional y Hormigón con Adición de Fibra de Acero Dramix 3D en 3 %

Richard Lesmo<sup>a</sup>, Hermann Segovia Lohse<sup>b</sup>, Mirta Adriana Ramírez Maldonado<sup>b</sup>, Cristhian René Ramírez Aponte<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas, Paraguay. richardles095@hotmail.com

<sup>b</sup>Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas, Paraguay

## Resumen

Las fibras, que si bien, se conocen hace mucho tiempo, su uso no está muy difundido en el medio local, quizás por el desconocimiento o desinformación que se tiene con respecto a muchos detalles referentes a las fibras, para cubrir esa carencia de información local, el presente trabajo de grado tiene como objetivo realizar los ensayos mecánicos para determinar la resistencia del hormigón adicionándole fibras de acero, las cuales remplazarán un porcentaje del peso del agregado fino de la mezcla, se espera identificar la variación de la resistencia a compresión del hormigón con la adición de fibras de acero, en comparación con el hormigón convencional. El diseño de investigación fue experimental, donde los resultados fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio. Esta investigación tuvo lugar en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas entre los meses de agosto y octubre del año 2020, donde se estudió 30 probetas de hormigón, siendo 15 las muestras con fibras de acero y 15 las convencionales. El análisis de las propiedades de los agregados y del desempeño de los hormigones, fueron realizados y evaluados bajo las normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación), ASTM (American Society of Testing Materials), ACI (American Concrete Institute) y la NP (Norma Paraguaya).

### Palabras Clave:

Hormigón, Fibras de acero, Dramix 3D, Resistencia a compresión.

## 1. Introducción

El hormigón es un producto compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentra embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del hormigón dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo conjunto de este. (Rivva López, 2000).

El hormigón al ser el material más usado para las obras civiles como la construcción de edificaciones, puentes, túneles, viaductos, pisos industriales entre otras, debe poseer ciertas características mecánicas que proporcionen los requerimientos mínimos para el desarrollo de estas obras constructivas, así también sus propiedades físicas como la compresión, duración, impermeabilidad, peso unitario y apariencia entre muchas otras, además de ser un material versátil en cuanto a forma y función.

Uno de los materiales fundamentales para que las estructuras tuvieran mayor resistencia eran las fibras, por ello las civilizaciones antiguas adicionaban pasto, fique, junco o pelo animal, pajas con el adobe o barro; materiales que minimizaban su tendencia a la fisura mejorando así su ductilidad.

Con el pasar de los años y con el avance de la tecnología, la

Industria del hormigón a estudiado diversos métodos y materiales que pudieran agregarse a las mezclas con el fin de mejorar ciertas propiedades, y a su vez obtener ventajas sobre otros materiales usados en la construcción.

La adición de fibras al hormigón, comúnmente las de acero, hace que propiedades específicas del hormigón mejoren. Las fibras con una adecuada resistencia mecánica a la tracción, homogéneamente distribuidas dentro de la mezcla de hormigón, constituyen una micro-armadura, la cual, por un lado, se muestra extremadamente eficaz para contrarrestar la fisuración por retracción. Por otro lado, proporciona al hormigón una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la resistencia de las fibras y su cantidad, confiriéndole además gran tenacidad a dicho hormigón, según la bibliografía consultada. (Gossen Valdez Rojas Coronel, 2018).

La investigación se basará en una metodología experimental, se realizará el estudio previo de los materiales componentes y en base a los resultados se calculará la dosificación utilizando el método ACI (American Concrete Institute). Posteriormente se procederá a la elaboración de la mezcla de hormigón para el moldeado de las probetas previo ensayo de la mezcla fresca. Así mismo, se seguirá un calendario establecido para el curado y rotura de las mismas.

Con los resultados obtenidos del ensayo de rotura, con los cuales se obtendrá la resistencia característica media, se realizará un cuadro comparativo entre las probetas de los diferentes hormigones (con adición de fibra de acero y sin adición).

## 2. Metodología

En la actualidad las fibras de acero Dramix 3D no se aplican en las construcciones. Pero debido a la demanda de calidad en las construcciones y mayor desempeño de la mismas, esta podría ser una de las soluciones a dicha demanda en la construcción agregándole resistencia a la compresión. En la ciudad de Concepción no se cuentan con trabajos de investigación sobre el comportamiento de las fibras de acero Dramix 3D usados en la elaboración del hormigón.

El trabajo de investigación es un aporte al conocimiento de la tecnología del hormigón, un hormigón de mejores características resistentes puede darnos mayor diversidad de soluciones ingenieriles, para nuestra universidad significa una investigación de mucha importancia y demandara a mayores preguntas para nuevas investigaciones de nuestros compañeros tesistas.

### 2.1. Área de Estudio

La población de estudio consistió en probetas de hormigón diseñados con adición de fibra de acero y convencional. Las muestras consideradas en este estudio, de manera a que los datos recabados arrojen resultados significativos, son de 15 probetas diseñadas con adición de fibra de acero y 15 probetas convencionales.

### 2.2. Unidad de análisis

La unidad de estudio se centró en analizar al Hormigón endurecido con adición de fibra de acero en cuanto a su resistencia a la compresión simple.

### 2.3. Procedimientos de recolección de datos y fuentes de información

La recolección de datos se realizó por observación directa, y mediante ensayos de laboratorio, lo cual nos permitió determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, con los cuales se diseñó las mezclas de concreto para una resistencia requerida, de acuerdo a técnicas y procedimientos de normas establecidas.

Para analizar la información procedimos al muestreo de agregados con lo cual se obtuvo las siguientes propiedades físicas: Densidad y absorción, peso Unitario Suelto, peso Unitario Compactado, módulo de finura, agregado fino, diámetro máximo, agregado grueso, humedad y equivalente de Arena.

Para el diseño de mezclas utilizaremos el método americano ACI (American Concrete Institute), con una resistencia de cálculo de  $f_{ck} = 250\text{kg}/\text{m}^2$  y un aditivo plastificante.

### 2.4. Alcance y limitaciones del proyecto

Se pretende mediante esta investigación brindar nuevos datos con el objetivo de realizar un aporte al conocimiento en materia de Tecnología del Hormigón, propiciando de este modo la obtención de parámetros confiables concernientes a la utilización de fibras de acero en el Hormigón.

Es preciso indicar que todos los estudios que serán desarrollados en el Trabajo Final de Grado se limitarán a la comparación del hormigón con adición de fibras de acero y el hormigón convencional.

En cuanto a las propiedades mecánicas del hormigón se evaluará su resistencia a la compresión simple, no se analizarán su resistencia a la flexión ni a tracción. Para obtener los resultados las muestras fueron ensayadas en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción.

## 3. Resultados

### 3.1. Análisis granulométrico

Se presentan los resultados del estudio granulométrico realizado a la triturada 4ta, los mismos pueden ser visualizados en la Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1: Datos generales de la triturada 4ta.

Muestra	Procedencia	Módulo de finura	Tamaño máximo del árido
Piedra Triturada 4ta.	Itapopó/Amanbay	6,87	19,05 mm

Tabla 2: Análisis granulométrico de la triturada 4ta.

Tamices		Tipo de agregado				
		Triturada 4ta - Amambay				
Nominal	En mm	Masa (g)	Retenido(g)	Retenido( %)	Retenido Acum( %)	Pasa( %)
1 1/2"	38,10	0	0	0	0	100
1	25,40	0	0	0	0	100
3/4"	19,05	177	177	2,53	2,53	97,47
1/2"	12,70	0	0	0	2,53	97,47
3/8"	9,60	6282	6282	89,74	92,27	7,73
N° 4	4,80	446	446	6,37	98,64	1,36
N° 8	2,40	0	0	0	98,64	1,36
N° 16	1,20	0	0	0	98,64	1,36
N° 30	0,60	0	0	0	98,64	1,36
N°50	0,30	0	0	0	98,64	1,36
N°100	0,15	0	0	0	98,64	1,36

A continuación, se presentan los resultados del estudio granulométrico realizado a la triturada 5ta, los mismos pueden ser visualizados en la Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 3: Datos generales de la triturada 5ta.

Muestra	Procedencia	Módulo de finura	Tamaño máximo del árido
Piedra Triturada 5ta.	Itapopó/Amanbay	6,22	9,6 mm

Tabla 4: Análisis granulométrico de la triturada 5ta.

Tamices		Tipo de agregado				
		Triturada 5ta - Amambay				
Nominal	En mm	Masa (g)	Retenido(g)	Retenido(%)	Retenido Acum(%)	Pasa(%)
1 1/2"	38,10	0	0	0	0	100
1	25,40	0	0	0	0	100
3/4"	19,05	0	0	0	0	100
1/2"	12,70	0	0	0	0	100
3/8"	9,60	1409	1409	28,39	28,39	71,61
N° 4	4,80	3328,5	3328,5	67,07	95,46	4,54
N° 8	2,40	210	210	4,23	99,69	0,31
N° 16	1,20	0	0	0	99,69	0,31
N° 30	0,60	0	0	0	99,69	0,31
N°50	0,30	0	0	0	99,69	0,31
N°100	0,15	0	0	0	99,69	0,31

A continuación, se presentan los resultados del estudio granulométrico realizado a la triturada 6ta, los mismos pueden ser visualizados en la Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 5: Datos generales de la triturada 6ta.

Muestra	Procedencia	Módulo de finura	Tamaño máximo del árido
Piedra Triturada 6ta.	Itapopó/Amanbay	3,11	4,8 mm

Tabla 6: Análisis granulométrico de la triturada 6ta.

Tamices		Tipo de agregado				
		Triturada 6ta - Amambay				
Nominal	En mm	Masa (g)	Retenido(g)	Retenido(%)	Retenido Acum(%)	Pasa(%)
1 1/2"	38,10	0	0	0	0	100
1	25,40	0	0	0	0	100
3/4"	19,05	0	0	0	0	100
1/2"	12,70	0	0	0	0	100
3/8"	9,60	0	0	0	0	100
N° 4	4,80	112	112	5,89	5,89	94,11
N° 8	2,40	418	418	22	27,89	72,11
N° 16	1,20	413	413	21,74	49,63	50,37
N° 30	0,60	303	303	15,95	65,58	34,42
N°50	0,30	217,5	217,5	11,45	77,03	22,97
N°100	0,15	154,5	154,5	8,13	85,16	14,84

A continuación, se presentan los resultados del estudio granulométrico realizado a la arena, los mismos pueden ser visualizados en la Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7: Datos generales de la arena.

Muestra	Procedencia	Módulo de finura	Tamaño máximo del árido
Arena lavada del Río Paraguay	Argox S.A.	1,1	0,6 mm

Tabla 8: Análisis granulométrico de la arena.

Tamices		Tipo de agregado				
		Arena lavada del Río Paraguay - Argox S.A.				
Nominal	En mm	Masa (g)	Retenido(g)	Retenido(%)	Retenido Acum(%)	Pasa(%)
1 1/2"	38,10	0	0	0	0	100
1	25,40	0	0	0	0	100
3/4"	19,05	0	0	0	0	100
1/2"	12,70	0	0	0	0	100
3/8"	9,60	0	0	0	0	100
N° 4	4,80	0	0	0	0	100
N° 8	2,40	4,5	4,5	0,2	0,2	99,8
N° 16	1,20	7,5	7,5	0,4	0,6	99,4
N° 30	0,60	57	57	2,9	3,5	96,6
N°50	0,30	464,3	464,3	23,2	26,7	73,3
N°100	0,15	1055,5	1055,5	52,8	79,4	20,6

### 3.2. Densidad y capacidad de absorción según norma IRAM 1520

Tabla 9: Resultados del análisis de densidad y absorción.

BASALTO			
Material Ensayo	Ensayo	Unidad	Resultado
Triturada 4ta	Densidad	gr/cm <sup>3</sup>	2,984
Triturada 5ta	Densidad	gr/cm <sup>3</sup>	3,025
Triturada 6ta	Densidad	gr/cm <sup>3</sup>	2,739
Triturada 4ta	Absorción	%	1,15
Triturada 5ta	Absorción	%	1,96
Triturada 6ta	Absorción	%	2,65

### 3.3. Análisis del peso unitario suelto y compactado según norma IRAM 1548

Tabla 10: Resultados de los análisis del peso unitario y compactado.

Material Ensayo	Ensayo	Unidad	Resultado
Triturada 4ta	Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1443,3
Triturada 5ta	Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1406,1
Triturada 6ta	Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1645,8
Triturada 4ta	Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1623
Triturada 5ta	Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1575,9
Triturada 6ta	Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1877,1

#### 4. Conclusiones y Recomendaciones

La resistencia a la compresión de los cilindros de hormigón ensayados a las edades de 7, 14 y 28 días para un hormigón de  $f_{ck} 250 \text{ kg/cm}^2$ , presentaron una mejoría debido a la adición de fibras de acero, trayendo consigo beneficios mecánicos y un aumento de su resistencia en 15,56 % a la edad de 28 días, este resultado se puede considerar bastante bueno.

En la comparación del costo de la elaboración del hormigón convencional y el hormigón con adición de fibras de acero se puede observar que el hormigón con fibras de acero tiene un costo mayor al convencional, la diferencia de costo es de 12.5 %.

Con base en los resultados experimentales obtenidos en este trabajo de investigación y sus notables mejoras que genera en el hormigón, se espera que el uso de las fibras de acero sea contemplado con mayor frecuencia en la construcción de obras de alta infraestructura.

Para el hormigón convencional  $f_{ck} 250 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días se tuvo  $f_{cm}$  igual a  $357 \text{ kg/cm}^2$ , dicho valor evidencia que los análisis y ensayos fueron realizados de una manera correcta

En términos generales, podemos decir que los resultados obtenidos han sido un éxito y cumplen con creces las expectativas concebidas.

Utilizando la instrucción española EHE-08 se comprobó que los valores arrojados en los ensayos a compresión en las edades de 7, 14 y 28 días siguen la curva de la variación en el tiempo de la resistencia a compresión.

Con base en los análisis de resultados, se pueden observar los porcentajes de aumento de la resistencia a la compresión que se tuvieron en los hormigones modificados con la adición de fibras de acero respecto al hormigón convencional, en donde en todos los casos se evidenció un aumento considerable en la resistencia del hormigón medido por cada uno de los ensayos realizados.

El presente trabajo investigativo complementó los conocimientos educativos teórico-prácticos, adquiridos durante el proceso de formación en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas.

#### Referencias

- [1] Gossen Valdez, A. G., & Rojas Coronel, N. A. (2018). Análisis comparativo entre un hormigón reforzado con macrofibras sintéticas y un hormigón reforzado con fibras de acero. Asunción.
- [2] Rivva López, E. (2000). Naturaleza y Materiales del Concreto. Lima.

*Fecha de Publicación: 2022/10/28*