



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Aplicación de fibras de acero para mejorar el comportamiento mecánico del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , en losas industriales en el distrito de huarochirí-  
lima”

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Carranza Vergaray, Johan Edinsson

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de edificaciones especiales

LIMA – PERÚ

2018

## PÁGINA DEL JURADO

.....

.....

.....

## **DEDICATORIA**

A dios por ser mi guía y protección.

A mis Padres Jacinto y Olga, por el inmenso amor que me dan cada día, por sus valiosos consejos y por ser el motor que me impulsa a lograr mis objetivos.

A mi novia Olinda por su gran paciencia y Compresión que fue de inmensa ayuda.

A mis hermanos Jacinto y Marco por estar Siempre a mi lado y ser amigos Incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

A dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi Padre y Madre, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. Por sus ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hermanos por ser el ejemplo de un hermano mayor, por estar conmigo y apoyarme siempre.

A mi casa de estudios, la Universidad Cesar Vallejo, por formarme como profesional en ingeniería civil

A mi amigo Franco y al técnico. Julio, ya que sin la colaboración de él no hubiera sido posible el desarrollo de mi proyecto de investigación.

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Johan Edinsson Carranza Vergaray, identificado con DNI N° 48345009, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Titulo de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz ya auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veras.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las nomas académicas de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 20 de Junio de 2018.

.....  
Johan Edinsson Carranza Vergaray

## **PRESENTACIÓN**

Señores Miembros del Jurado

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Titulo de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada: “Aplicación de fibras de acero para mejorar el comportamiento mecánico del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en losas industriales en el distrito de Huarochirí - Lima”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	3
1.1 Realidad problemática.....	4
1.2 Trabajos previos.....	5
1.2.1 Antecedentes nacionales.....	5
1.2.2 Antecedentes internacionales.....	6
1.3 Teorías relacionadas al Tema.....	8
1.3.1 Variable independiente .....	8
1.3.2 Variable dependiente.....	11
1.4 Formulación del problema.....	14
1.4.1 Formulación del problema general: .....	14
1.4.2 Formulación de los problemas específicos: .....	14
1.5 Justificación.....	15
1.5.1 Justificación social.....	16
1.5.2 Justificación económica.....	16
1.5.3 Justificación teórica .....	16
1.5.4 Justificación técnica.....	16
1.6 Hipótesis .....	17
1.6.1 Hipótesis general: .....	17
1.6.2 Hipótesis específicas: .....	17
1.7 Objetivo de la investigación.....	17
1.7.1 Objetivo general:.....	17
1.7.2 Objetivos específicos:.....	18
2 CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	19
2.1 Diseño de la investigación.....	20

2.1.1	Enfoque .....	20
2.1.2	Tipo.....	20
2.1.3	Alcance.....	21
2.1.4	Diseño. ....	22
2.1.5	Método de investigación. ....	22
2.2	Variables Y Operacionalización. ....	23
2.2.1	Identificación De Las Variables.....	23
2.2.2	Operacionalización de las variables. ....	25
2.3	Población y muestra.....	26
2.3.1	Unidad de análisis. ....	26
2.3.2	Población.....	26
2.3.3	Muestra.....	26
2.4	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	28
2.4.1	Técnicas .....	28
2.4.2	Instrumentos.....	30
2.4.3	Validez.....	31
2.4.4	Confiabilidad.....	31
2.5	Aspectos éticos .....	32
3	CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	33
3.1	Estudio De Los Agregados.....	34
3.1.1	Agregado Grueso .....	34
3.1.2	Agregado fino .....	39
3.2	Resumen de características de los agregados .....	44
3.3	Diseño de la mezcla .....	45
3.3.1	Proporcionamiento por el método del ACI .....	45
3.4	Contenido de fibras de acero .....	49

3.4.1	Determinación de las proporciones de fibras de acero.....	49
3.5	Fabricación de las probetas .....	51
3.6	Evaluación de la resistencia a la compresión.....	59
3.6.1	Concreto simple.....	59
3.6.2	Concreto con fibras al 40kg/m <sup>3</sup> (2.5%) .....	60
3.6.3	Concreto con fibras al 60kg/m <sup>3</sup> (4%) .....	62
3.6.4	Concreto con fibras al 80kg/m <sup>3</sup> (5.2%) .....	63
3.7	Evaluación de la resistencia a la tracción por flexión .....	64
3.7.1	Concreto simple.....	64
3.7.2	Concreto con 2.5% de contenido de fibras .....	65
3.7.3	Concreto con 4% de contenido de fibras .....	66
3.7.4	Concreto con 5.2% de contenido de fibras .....	67
3.8	Evaluación del módulo de rotura.....	68
3.8.1	Concreto con 2.5% de contenido de fibras .....	69
3.8.2	Concreto con 4% de contenido de fibras .....	70
3.8.3	Concreto con 5.2% de contenido de fibras .....	71
4	CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN .....	73
4.1	Comportamiento del concreto en compresión.....	77
4.2	Comportamiento del concreto en tracción.....	83
4.3	Comportamiento del concreto en flexión.....	89
4.4	Trabajabilidad.....	94
4.5	PROPUESTA DE DISEÑO .....	95
5	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	104
6	RECOMENDACIONES .....	107
7	BIBLIOGRAFÍA .....	109
8	ANEXO.....	112

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Macro clasificación de las fibras existentes en el mercado. Fuente: Technical Data Sheet. Maccaferri (2015:p.20). .....	10
Figura 3-1: Agregado grueso usado en el diseño de mezclas. Fuente: Elaboración propia. ....	34
Figura 3-2: Limites superior e inferior del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia. ....	36
Figura 3-3: Granulometría del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia. ....	36
Figura 3-4: Agregado fino usado para el diseño de mezclas. Fuente: Elaboración propia. ....	39
Figura 3-5: Husos superior e inferior del agregado fino. Fuente: Elaboración propia. ....	41
Figura 3-6: Granulometría característica del agregado fino. Fuente: Elaboración propia. ....	41
Figura 3-7: Fibras de acero Wirand, usadas en la fabricación de concreto. Fuente: Elaboración propia. ....	49
Figura 3-8: Preparación del agregado grueso y fino. Fuente: Elaboración propia. ....	53
Figura 3-9: Preparación del cemento y el agua. Fuente: Elaboración propia. ....	53
Figura 3-10: Preparación de los materiales y mezcla de estos. Fuente: Elaboración propia. ....	53
Figura 3-11: Mezclado y medida del slump. Fuente: Elaboración propia. ....	54
Figura 3-12: Medida del Slump y preparación de vigas. Fuente: Elaboración propia. ....	54
Figura 3-13: Preparación de probetas cilíndricas. Fuente: Elaboración propia. ....	54
Figura 4-1: Evolución de la resistencia en compresión del concreto simple con el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	77
Figura 4-2: Evolución de la resistencia en compresión del concreto con 2.5% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	78
Figura 4-3: Evolución de la resistencia en compresión del concreto con 4% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	78

Figura 4-4: Evolución de la resistencia en compresión del concreto con 5.2% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	79
Figura 4-5: Resistencia a la compresión del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 7 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ....	80
Figura 4-6: Resistencia a la compresión del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ....	81
Figura 4-7: Resistencia a la compresión del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ....	82
Figura 4-8: Evolución de la resistencia en tracción del concreto simple con el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	84
Figura 4-9: Evolución de la resistencia en tracción del concreto con 2.5% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	84
Figura 4-10: Evolución de la resistencia en tracción del concreto con 4% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	85
Figura 4-11: Evolución de la resistencia en tracción del concreto con 5.2% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	85
Figura 4-12: Resistencia a la tracción del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 7 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ....	86
Figura 4-13: Resistencia a la tracción del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ...	87
Figura 4-14: Resistencia a la tracción del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ...	87
Figura 4-15: Evolución de la resistencia en flexión del concreto simple con el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	89
Figura 4-16: Evolución de la resistencia en flexión del concreto con fibras de 2.5% con el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	90
Figura 4-17: Evolución de la resistencia en flexión del concreto con fibras de 4% con el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	90

Figura 4-18: Evolución de la resistencia en flexión del concreto con fibras de 5.2 % con el tiempo. Fuente: Elaboración propia. ....	91
Figura 4-19: Modulo de rotura del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 7 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ....	92
Figura 4-20: Modulo de rotura del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ....	92
Figura 4-21: Modulo de rotura del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ....	93
Figura 4-22: Efecto del contenido de fibras de acero en la trabajabilidad de la mezcla. Fuente: Elaboración propia. ....	94

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Proceso de trabajo. Fuente: Elaboración propia. ....	29
Tabla 3-1: Granulometría típica del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia. .....	35
Tabla 3-2: Calculo del contenido de humedad del agregado grueso: Fuente: Elaboración propia. ....	37
Tabla 3-3: Cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia. ....	38
Tabla 3-4: Calculo del peso unitario suelto del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia. ....	38
Tabla 3-5: Calculo del peso unitario compactado del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia. ....	39
Tabla 3-6: Granulometría del agregado fino. Fuente: Elaboración propia. ....	40
Tabla 3-7: Calculo del contenido de humedad del agregado fino. Fuente: Elaboración propia. ....	42
Tabla 3-8: Cálculo del peso específico y la capacidad de absorción del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 3-9: Peso unitario suelto del agregado fino. Fuente: Elaboración propia. ...	43
Tabla 3-10: Peso unitario compactado del agregado fino. Fuente: Elaboración propia. ....	44
Tabla 3-11: Resumen de características mecánicas de los agregados. Fuente: Elaboración propia. ....	44
Tabla 3-12: Resumen del diseño de la mezcla patrón, por el método del ACI. Fuente: Elaboración propia. ....	48
Tabla 3-13: Proporciones requeridas para fabricación de concreto con fibras de 40 kg/m <sup>3</sup> . Fuente: Elaboración propia. ....	49
Tabla 3-14: Proporciones requeridas para fabricación de concreto con fibras de 60 kg/m <sup>3</sup> . Fuente: Elaboración propia. ....	50
Tabla 3-15: Proporciones requeridas para fabricación de concreto con fibras de 80 kg/m <sup>3</sup> . Fuente: Elaboración propia. ....	50

Tabla 3-16: Contenidos de fibra de acero de los grupos estudiados. Fuente: Elaboración propia. ....	52
Tabla 3-17: Cantidad de probetas elaboradas por cada ensayo. Fuente: Elaboración propia. ....	52
Tabla 3-18: Características de los especímenes cilíndricos para concreto simple. Fuente: Elaboración propia. ....	55
Tabla 3-19: Resumen las características de las vigas de concreto simple. Fuente: Elaboración propia. ....	55
Tabla 3-20: Características de los especímenes cilíndricos para concreto con fibras (40kg/m <sup>3</sup> ). Fuente: Elaboración propia. ....	56
Tabla 3-21: Resumen las características de las vigas de concreto con fibras (40 kg/m <sup>3</sup> ). Fuente: Elaboración propia. ....	56
Tabla 3-22: Características de los especímenes cilíndricos para concreto con fibras (60 kg/m <sup>3</sup> ). Fuente: Elaboración propia. ....	57
Tabla 3-23: Resumen las características de las vigas de concreto con fibras (60 kg/m <sup>3</sup> ). Fuente: Elaboración propia. ....	57
Tabla 3-24: Características de los especímenes cilíndricos para concreto con fibras (80 kg/m <sup>3</sup> ). Fuente: Elaboración propia. ....	58
Tabla 3-25: Resumen las características de las vigas de concreto con fibras (80 kg/m <sup>3</sup> ). Fuente: Elaboración propia. ....	58
Tabla 3-26: Resultados del ensayo de compresión en cilindros a la edad de 7 días. Fuente: Elaboración propia. ....	59
Tabla 3-27: Resultados del ensayo de compresión en cilindros a la edad de 14 días. Fuente: Elaboración propia. ....	59
Tabla 3-28: Resultados del ensayo de compresión en cilindros a la edad de 28 días. Fuente: Elaboración propia. ....	60
Tabla 3-29: Resultados del ensayo de tracción diagonal en concreto simple a los 7 días. Fuente: Elaboración propia. ....	64
Tabla 3-30: Resultados del ensayo de tracción diagonal en concreto simple a los 14 días. Fuente: Elaboración propia. ....	64

Tabla 3-31: Resultados del ensayo de tracción diagonal en concreto simple a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.....	65
Tabla 3-32: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 2.5% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia. ....	65
Tabla 3-33: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 2.5% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia. ....	65
Tabla 3-34: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 2.5% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia. ....	66
Tabla 3-35: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia. ....	66
Tabla 3-36: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia. ....	66
Tabla 3-37: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia. ....	67
Tabla 3-38: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 5.2% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia. ....	67
Tabla 3-39: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 5.2% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia. ....	67
Tabla 3-40: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 5.2% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia. ....	68
Tabla 3-41: Resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto simple a los 7 días de edad. Fuente: Elaboración propia. ....	68
Tabla 3-42: Resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto simple a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia.....	68
Tabla 3-43: Resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto simple a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 3-44: Resultados del ensayo de flexión con 2.5% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 3-45: Resultados del ensayo de flexión con 2.5% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.....	69

Tabla 3-46: Resultados del ensayo de flexión con 2.5% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.....	70
Tabla 3-47: Resultados del ensayo de flexión con 4% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia. ....	70
Tabla 3-48: Resultados del ensayo de flexión con 4% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.....	70
Tabla 3-49: Resultados del ensayo de flexión con 4% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.....	71
Tabla 3-50: Resultados del ensayo de flexión con 5.2% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.....	71
Tabla 3-51: Resultados del ensayo de flexión con 5.2% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.....	71
Tabla 3-52: Resultados del ensayo de flexión con 5.2% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.....	72

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal, como afecta la incorporación de fibras de acero en el mejoramiento del comportamiento mecánico del concreto. Siendo el objeto de estudio el concreto, la población a estudiar fue el concreto diseñado para ser colocado en losas industriales de S.J.L, a las que se le agregan fibras de acero comerciales y la muestra fue todas las losas que están ubicados en el distrito de Huarochirí. Al ser la presente, una investigación experimental, la técnica que se utilizó para la recolección de datos fue la Observación y los instrumentos que se utilizaron fueron las fichas de recolección de datos. Y era necesario la elaboración de ensayos de 72 probetas cilíndricas y 48 vigas prismáticas, con contenidos de fibras diferentes. Por lo cual se usó el diseño un grupo de control que fue el concreto simple; la variable independiente fue la aplicación de fibras de acero en la preparación del concreto al que se le llamara grupo de trabajo1 al que se le aplicara  $40\text{kg/m}^3$  ( $3.2\text{ kg/m}^3 - 2.5\%$ ), grupo de trabajo2 al que se le aplicara  $60\text{kg/m}^3$  ( $4.8\text{ kg/m}^3 - 4\%$ ) y grupo de trabajo3 al que se le aplicara  $80\text{kg/m}^3$  ( $6.4\text{ kg/m}^3 - 5.2\%$ ). Los resultados fueron favorables, llegando a la conclusión que al incorporar 5.2% de fibra de acero mejoro de manera notable su resistencia a la tracción con un aumento de 36% y un aumento de 95% a la flexión.

**Palabra clave:** Tecnología de Materiales, Concreto, Diseño de Mezcla, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión.

## ABSTRACT

The main objective of this research project was how the incorporation of steel fibers affects the improvement of the mechanical behavior of concrete. Being the object of study the concrete, the population to study was the concrete designed to be placed in industrial slabs of SJL, to which commercial steel fibers are added and the sample was all the slabs that are located in the district of Huarochirí. Being the present, an experimental investigation, the technique that was used for the data collection was the Observation and the instruments that were used were the data collection cards. And it was necessary to prepare tests of 72 cylindrical test tubes and 48 prismatic beams, with different fiber contents. Therefore, the design used a control group that was simple concrete; the independent variable was the application of steel fibers in the concrete preparation that will be called work group1 to which 40kg / m<sup>3</sup> (3.2 kg / m<sup>3</sup> - 2.5%) will be applied, working group2 to which 60kg will be applied / m<sup>3</sup> (4.8 kg / m<sup>3</sup> - 4%) and work group3 to which 80kg / m<sup>3</sup> will be applied (6.4 kg / m<sup>3</sup> - 5.2%). The results were favorable, reaching the conclusion that when incorporating 5.2% of steel fiber, it significantly improved its tensile strength with an increase of 36% and a 95% increase in flexion.

**Key word:** Materials Technology, Concrete, Mix Design, compression strength, tensile strength and flexural strength.

## **1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

En la actualidad el concreto es uno de los materiales de construcción más difundidos en la práctica de la ingeniería a nivel mundial (Li et. al. 2017), siendo uno de los pocos materiales que se ha usado en la construcción de casi todo tipo de estructuras civiles, sin embargo, desde su aparición y aplicación por parte de los romanos (Nistal et. al. 2012), sus características esenciales han experimentado relativamente pocos cambios, estas características específicas son la relación entre su resistencia a la tracción y compresión ( $f_{ct}/f'c$ ) y la relación peso específico y su resistencia a la compresión ( $w_c/f_c$ ); como se sabe, la primera relación ( $f_{ct}/f_c$ ), es un número muy bajo, lo que significa que la resistencia en tracción del concreto ( $f_{ct}$ ) es en general pequeña, al ser comparada con su resistencia a la compresión ( $f'c$ ), y de acuerdo con la Portland Concrete Association (PCA), este valor es, en promedio, un 10% de su resistencia a la compresión, esta característica del concreto provoca que los elementos construidos con este material se fisuren bajo cargas relativamente bajas, y por ello su aplicación directa en la construcción es muy limitada y en general requiere de refuerzos adicionales, usualmente acero de refuerzo, además, la baja resistencia a la tracción del concreto tiene efectos no sólo en el estado endurecido del concreto, sino también en el estado fresco, hecho que es posible observar cuando se construyen elementos planos o delgados, como losas de piso, pavimentos y losas de techo, en el que se pueden observar la aparición de fisuras, por efecto de la contracción del concreto.

La limitada resistencia del concreto en tensión tiene importantes implicancias en el diseño y construcción de losas de concreto, ya que al tratarse de un elemento plano y al estar sometido a cargas transversales, se generan importantes esfuerzos de tracción en la fibra inferior, lo que nos conduce a dos caminos, el primero, a utilizar mayores espesores de la losa, y así disminuir los esfuerzos de tracción; la segunda opción consiste en la aplicación de varillas de acero en la zonas en las que se esperan esfuerzos de tensión, en el caso de losas de concreto, usualmente en la parte inferior de la losas, y así evitar el agrietamiento total de losa, sin embargo en los últimos años se ha venido difundiendo y recomendando la aplicación de fibras

de acero en el concreto, con la finalidad de mejorar sus propiedades a la tracción y así poder disponer de un concreto con propiedades mejoradas.

En este trabajo se propone la incorporación de fibras de acero en el concreto, con el objetivo de poder mejorar las características del concreto, específicamente su resistencia a la flexión y a la tracción, y su aplicación en la construcción de losas industriales.

## **1.2 Trabajos previos.**

### **1.2.1 Antecedentes nacionales.**

Sotil y Zegarra (2015:p.10), en su tesis de grado **titulada** “Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF3 y concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF4 aplicado a losas industriales de pavimentos rígido”, presentada ante la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, nos presentan una serie de estudios comparativos, que tenían como **objetivo** principal evaluar las diferencias entre los concretos sin fibras y reforzadas mediante el uso de dos tipos de fibras de acero, específicamente las fibras de FF3 y FF4. La **metodología** aplicada consistió en la fabricación de 60 probetas de concreto, a las que se habían agregado cantidades variables de fibras de acero de un tipo u otro. Encontrando que la aplicación de fibras en el concreto le brindan un incremento en la tenacidad. Se **concluyó** además que las fibras de acero, FF3 y FF4, tienen efectos similares en el concreto, y en ambos casos, esto fue benéfico ya que se logró incrementar la resistencia a la tracción.

De la Cruz et. al. (2014:p.50), en su tesis de grado **titulada** “Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas”, presentada ante la Universidad Nacional de Huancavelica, presenta una serie de estudios experimentales y teóricos, que tuvieron como **objetivo** principal la obtención de una alternativa de diseño racional de concretos reforzados con fibras de acero. La **metodología** aplicada consistió en el ensayo de una serie de probetas de concreto, las que fueron reforzadas con cantidades variables de fibras de acero.

**Concluyendo** que la incorporación de fibras de acero, en términos globales, mejora la resistencia a la tracción del concreto.

Córdova et. al. (2012:p.60), en su tesis de grado **titulada** “Comparación de la resistencia equivalente a la flexión entre las fibras de acero Wirand producidas en Italia y las fibras producidas en Perú”, presentada ante la Pontificia Universidad Católica del Perú, muestra una serie de estudios experimentales que tuvieron como **objetivo** principal a la evaluación del efecto de las fibras de acero en el comportamiento del concreto, específicamente, busca comparar los efectos de usar fibras de acero comerciales producidas en Italia (Wirand) y las producidas en el Perú. De acuerdo con los resultados obtenidos se **concluyó** que la incorporación de fibras, tanto fibras hechas en el Perú como en Italia, dan los mismos resultados, y en general se observó una mejora en el incremento de la resistencia en flexión, además, en cuanto a la trabajabilidad, se encontró que esta ve reducida de manera notable con la incorporación de fibras de acero.

Bach et. al. (2013: p.215), en sus tesis de grado **titulada** “La influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto en losas aligeradas a 3200 M.S.N.M” presenta ante la Universidad Nacional del Centro del Perú, muestra una serie de estudios experimentales que tuvieron como **objetivo** principal es estudiar y determinar la influencia de la dosificación de las fibras de acero en el comportamiento del concreto. De acuerdo con los resultados obtenidos se **concluyó** que la incorporación de fibras disminuye su resistencia a compresión, asimismo se encontró una disminución en la trabajabilidad de las mezclas de concreto.

### **1.2.2 Antecedentes internacionales.**

Onuaguluchi et. al. (2017:p.8), en el paper **titulado** “Performance of scrap tire steel fibres in OPC and alkali-activated mortars” realizaron el estudio de mezclas de concreto reforzadas con fibras de acero, este trabajo tuvo **objetivo** principal el estudio de la resistencia mecánica del concreto, la porosidad total de la mezcla y la oxidación en las fibras de acero en la mezcla; la **metodología** aplicada fue

experimental, pues se fabricaron probetas con diferentes niveles de fibras de acero. De los resultados de estos estudios se **concluyó** que en general la incorporación de las fibras de acero tiene una tendencia de disminución de la resistencia a la compresión, asimismo se encontró una disminución en la trabajabilidad de las mezclas de concreto.

Domski et. al. (2017:p.10), en el paper **titulado** “Comparison of the mechanical characteristic of engineered and waste steel fiber used as reinforcement for concrete”, realizaron estudios experimentales con el **objetivo** de conocer de manera cuantitativa las propiedades mecánicas de las fibras de acero. En este trabajo se aplicó una **metodología** experimental, pues se compararon las propiedades medidas con las correspondientes a las fibras de acero de uso más común en el diseño de mezclas de concreto. De los resultados encontrados se **concluye** que las fibras de acero obtenidas del reciclado de neumáticos presentaron características comparables y en algunos casos superiores a las características de las fibras de acero ingenieril de uso común, proporcionando esto una clara evidencia en favor del uso de fibras de acero recicladas, con el beneficio adicional del reciclado.

Medina et. al. (2017:p.10), en el artículo científico **titulado** “Mechanical and thermal properties of concrete incorporating rubber and fibres from tyre recycling” llevaron a cabo una serie de estudios en mezclas de concreto reforzadas con fibras de acero. El **objetivo** principal de esta investigación fue evaluar las propiedades mecánicas y térmicas del concreto reforzado con fibras recicladas de neumáticos en desuso. La **metodología** usada fue experimental, ya que para poder responder a las preguntas de la investigación se llevaron a cabo una serie de ensayos en las mezclas de concreto, en específico ensayos de compresión, flexión e impacto, además de estos resultados se procedió a la obtención de parámetros tales como módulo de elasticidad, tenacidad, e índice de absorción de la energía, finalmente los autores **concluyen** que en general la incorporación de las fibras de acero reciclados mejoran notablemente las propiedades mecánicas de la mezcla.

Ahmadi et. al. (2017:p.10), presentaron un artículo científico **titulado** “Mechanical properties of the concrete containing recycled fibers and aggregates”, que tuvo como

**objetivo** principal el estudio del comportamiento mecánico de mezclas de concreto, hechas con agregados reciclados de concreto y albañilería, reforzadas con fibras de acero, en este estudio se usó la **metodología** experimental, ya que se construyeron muestras, con las características de interés, las que posteriormente fueron ensayadas en una maquina universal. Además, se estudió la aplicación de este tipo de mezclas en el diseño de pavimentos rígidos, obteniendo que en general la aplicación de las fibras de acero mejora las propiedades mecánicas de mezclas de concreto hechas con agregados reciclados, específicamente la resistencia a la compresión y a la tracción, finalmente se **concluye** que la aplicación de este tipo de mezclas en el diseño de pavimentos nos permite la reducción del espesor de pavimento. Y los resultados obtenidos por este investigador, en términos generales, indica que hay una reducción en la resistencia a la compresión hasta 15%.

### **1.3 Teorías relacionadas al Tema**

#### **1.3.1 Variable independiente**

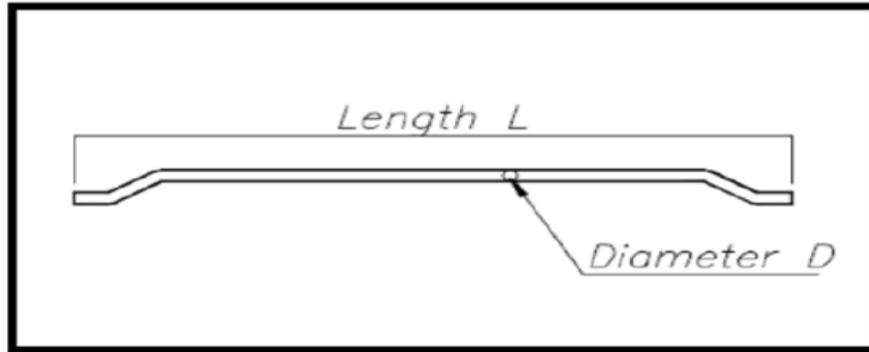
##### **1.3.1.1 Fibras de acero**

Para la exposición referente al desarrollo teórico respecto a las fibras como medio de mejoramiento del comportamiento mecánico del concreto, se utilizarán las siguientes definiciones con la finalidad desarrollar una idea en el entendimiento acerca de que son las fibras de acero.

Las fibras de acero son hebras de determinadas longitudes fabricadas a partir del acero, su principal aplicación en la construcción es en el mejoramiento de las características del concreto. Su principal función en la fabricación de concretos es la reducción de la formación de grietas debidas a la contracción del concreto, por tanto, su mayor efectividad se hará evidente en elementos en los que la contracción es elevada, como en losas o pisos. (Maccaferri, 2015:p.20).

“Las fibras de acero son fibras inorgánicas que se presentan de diferentes maneras para su uso en el diseño de mezclas de concreto, estas pueden ser de formas variadas, tanto longitudinalmente como en su sección transversal (Onuagualucchi et. al. 2017:p.10)”.

Entonces podemos entender que las fibras de acero son filamentos delgados y alargados, que pueden tener una longitud variada y son utilizados en el preparamiento del concreto con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas.



Fuente: Fibras Wirand y Fibromac – Material 2015

Anunciado a lo anterior, se afirma que el añadido de fibras de acero discreta y al concreto fresco, desde el punto de vista estructural, proporcionan una mayor capacidad de resistencia a cargas de tracción a las que se somete el concreto, existiendo una posibilidad que pueda sustituir de forma parcial o completamente los sistemas convencionales de armaduras de acero. Además de lo ya descrito, en el aspecto no estructural, las fibras de acero proporcionan un notable incremento en la resistencia al fisuramiento, lo que produciría una importante ventaja en la aplicación a losas rígidas; de lo expuesto el colegio de ingenieros del Perú manifiesta lo siguiente:

“El uso de las fibras de acero en la fabricación de concretos tiene como finalidad, en primer lugar, la mejora del comportamiento mecánico del concreto, en segundo lugar, debido a esta mejora, la posible reducción de los espesores de elementos tales como, pisos y losas industriales y así obtener diseños más eficientes con iguales niveles de servicio. De acuerdo con lo anterior, podemos mencionar que la acción de las fibras en el concreto se da por medio de la adherencia entre las fibras existentes y el concreto circundante, de tal manera que cuando se da inicio a la formación de las grietas en el concreto, estas se encontraran en su camino con una gran cantidad de fibras, las que terminan evitando la propagación de estas, tanto

en cantidad como en dimensiones”. (Colegio de Ingenieros del Perú 2012:p.20)

### 1.3.1.2 Tipología de las fibras en general

En el mercado existen muchos tipos de fibras disponibles para la aplicación en el mejoramiento del comportamiento mecánico del concreto, sin embargo, los tipos de fibras más conocidos son: fibras de acero, fibras de vidrio, fibras sintéticas y fibras naturales.

En la figura siguiente se presenta la clasificación realizada por BISFA (The International Bureau for the standardization of Man-Made fibres)

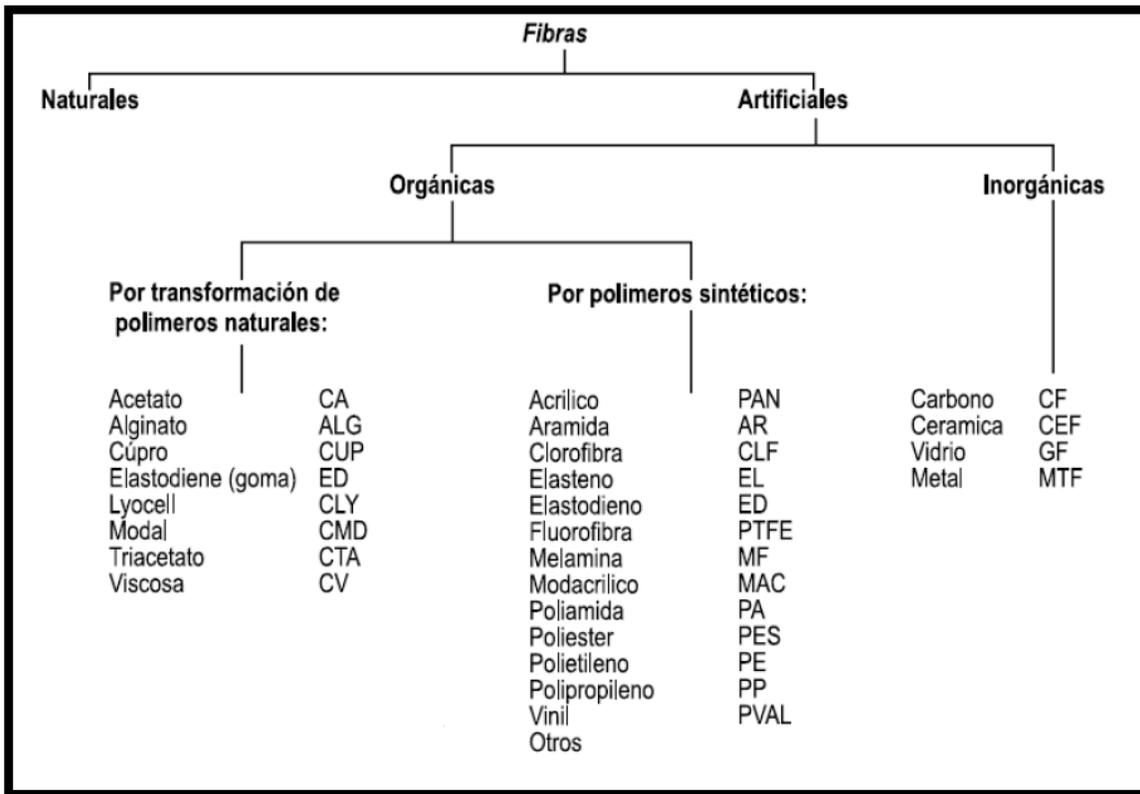


Figura 1: Macro clasificación de las fibras existentes en el mercado. Fuente: Technical Data Sheet. Maccaferri (2015:p.20).

De la clasificación elaborada por BISFA, se puede vislumbrar que son las fibras artificiales las únicas que tiene aplicación en la construcción, y de la generalidad de

dichas fibras existentes en el mercado, se las puede agrupar en los siguientes conjuntos:

- Fibras de hechas de acero (en sus variantes en contenido de carbono y inoxidable)
- Fibras hechas con base en polímeros sintéticos.
- Fibras obtenidas de origen animal u orgánico.

### **1.3.2 Variable dependiente**

#### **1.3.2.1 El concreto.**

El concreto es un material de construcción obtenido de la mezcla del cemento portland, los áridos, el agua y en numerosas aplicaciones el uso de aditivos, su principal característica es excelente capacidad para resistir esfuerzos de compresión, lo que la hace muy semejante a las rocas (De la Cruz, 2014:p.15).

#### **1.3.2.2 Componentes del concreto**

Como se mencionó líneas arriba, el concreto es una mezcla de una serie de materiales, en esta sección se estudian las características más importantes de cada uno de estos componentes.

#### **1.3.2.3 Los Agregados**

Los agregados son materiales provenientes de la trituración o molienda de rocas, ya sean estos formados a partir de la acción mecánica natural o artificial, estos objetos pueden ser encontrados de forma natural en los márgenes de los ríos y sus diámetros se encuentran disponibles de manera continua, es decir podemos disponer desde piedras de gran tamaño hasta partículas del orden micras (De la Cruz, 2014:p.20; Sóttil, 2015:p.30).

En específico si se hicieran mezclas de concreto que solo usaran cemento como componentes estaríamos frente a un material demasiado costoso, puesto que el proceso de obtención del cemento es muy complicado y costoso, mientras que los costos asociados a la obtención de agregados naturales son prácticamente nulos

en comparación con los primeros, finalmente es importante agregar que el hecho de usar agregados le brinda a la mezcla resultante una mejor capacidad de abrasión.

#### **1.3.2.4 Aditivos en el Concreto**

Los aditivos son sustancias de origen natural o artificial que se agregan a la mezcla del concreto con la finalidad de controlar algunos problemas presentes o con el fin de mejorar algunas características deseadas.

De acuerdo con De la Cruz et al. (2014:p.20) el aditivo es una sustancia química que se añade al concreto, con la finalidad de mejorar su comportamiento, nos permite obtener buenos procesos constructivos mejorando la calidad del concreto en una tarea específica.

#### **1.3.2.5 Propiedades del concreto endurecido**

##### **1.3.2.6 Resistencia a la compresión**

El concreto es un material con una muy buena resistencia a la compresión, esto es debido en parte a las buenas propiedades de la pasta de cemento y en parte a las buenas propiedades del agregado que lo constituyen, la determinación de este parámetro se puede hacer usando la norma ASTM C39, ensayo de resistencia a la compresión (De la Cruz et al. 2014:p.20; Sótil 2015:p.30).

##### **1.3.2.7 Resistencia a la tracción**

A diferencia del buen comportamiento observado del concreto ante esfuerzos de compresión, este material en general tiene una limitada capacidad frente a esfuerzos de tensión o tracción, de hecho como regla practica se sabe que la resistencia a la tracción de la mayoría de los concretos es del 10% de la resistencia a la compresión (Portland Cement Asociation, 2014:p.30).

### 1.3.2.8 Resistencia a la flexión

Este ensayo tiene como finalidad la determinación del módulo de rotura, este valor se interpreta como el esfuerzo de tensión asociado al agrietamiento de la fibra inferior del espécimen, bajo la acción de las cargas aplicadas de tal manera que la viga quede dividida en tres tercios. El módulo de rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión (Portland Cement Association, 2014:p.45).

- a) Si la falla ocurre dentro del tercio centra, el módulo de rotura se determina con el siguiente formula.

$$MR = \frac{P * L}{b * h^2}$$

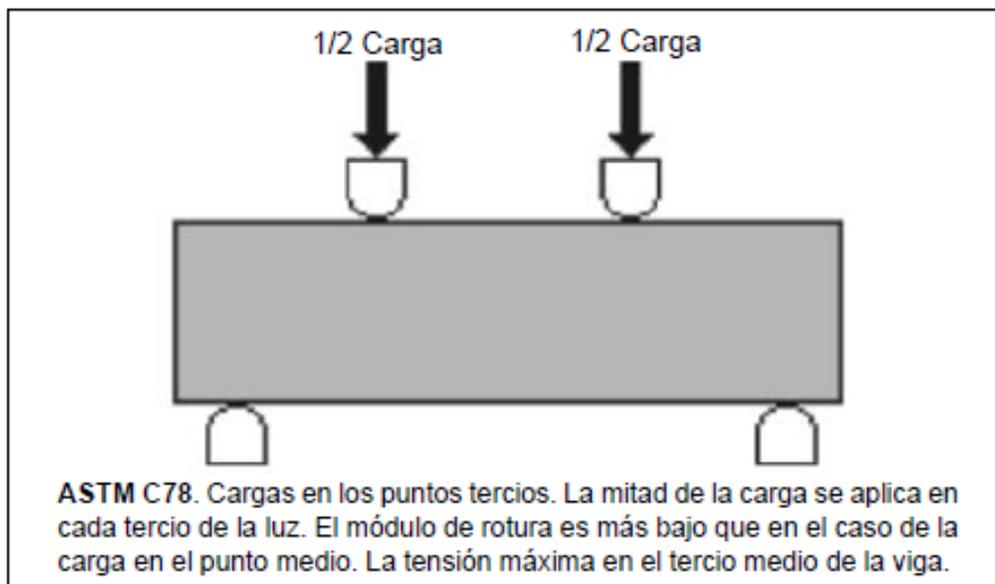
MR = Modula de rotura de la viga (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Carga máxima aplicada en (kg)

L = Distancia entre apoyos (cm)

b = Ancho de la viga en la posición de ensayos (cm)

h = Altura de la viga en la posición de ensayo (cm)



### **1.3.2.9 Propiedades del concreto fresco**

#### **1.3.2.10 Trabajabilidad**

La trabajabilidad de la mezcla en estado fresco es la propiedad que nos dice que tan fluido se comporta el concreto ante la acción de la gravedad, esta propiedad resulta de gran importancia en la construcción de los elementos de concreto armado, ya que dependiendo de si esta tienen una buena trabajabilidad, el concreto podrá acomodarse con facilidad al encofrado, mientras que de lo contrario, es muy probable la aparición de cangrejeras en gran parte de los elementos (ACI, 2014:p.50).

### **1.4 Formulación del problema.**

Habiéndose descrito en la realidad problemática la situación actual que presenta el comportamiento mecánico del concreto, exponiendo las deficiencias y dificultades que presenta dicho material en la actualidad, así como los desafíos que plantearán dichas limitaciones en el futuro; se procederá a formular el problema de investigación al que se pretende dar respuesta, así como sus correspondientes problemas específicos los que pretenden estudiar los diversos aspectos que contiene el problema general de la investigación.

#### **1.4.1 Formulación del problema general:**

¿De qué manera la aplicación de fibras de acero influye en el comportamiento mecánico del concreto?

#### **1.4.2 Formulación de los problemas específicos:**

- 1) ¿Qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en la trabajabilidad de mezcla resultante?
- 2) ¿Qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en su resistencia a la compresión?
- 3) ¿Qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en su resistencia a la tracción por flexión?

- 4) ¿Qué efecto produce la aplicación de fibras de acero sobre su nivel de resistencia a la flexión?

### **1.5 Justificación.**

El tema de investigación referido al mejoramiento del comportamiento mecánico del concreto al utilizar fibras de acero en su elaboración, se eligió en razón de que en la actualidad el concreto es el material más utilizado para la construcción de edificaciones de diversas tipos, sin embargo las características que presenta el concreto no han variado a lo largo de la historia desde los inicios de su uso, su principal característica, el comportamiento mecánico que presenta, se caracteriza por presentar un alto grado de resistencia a la compresión, sin embargo presenta un nivel bajo de resistencia a la tracción, lo que plantea diversos desafíos en la construcción actual de edificaciones; por este motivo se elige como materia de investigación el mejoramiento del comportamiento mecánico del concreto con la finalidad de proponer la incorporación de fibras de acero en la elaboración del concreto con el objetivo de poder mejorar las características del concreto, específicamente su resistencia a la flexión y a la tracción, y su aplicación en la construcción de losas industriales.

Con la investigación que se proyecta se pretende aportar nuevos datos respecto al mejoramiento del comportamiento mecánico del concreto al utilizarse como método la aplicación de fibras de acero en su elaboración, determinándose el aumento de la resistencia a la tracción, así como a la flexión que adquiere el concreto.

Los beneficios que se derivarían de la investigación inciden en la eliminación de la necesidad de utilizar grandes espesores en las losas de concreto, esta práctica se debe en razón que estos elementos planos al estar sometido a cargas transversales producen importantes esfuerzos de tracción en la fibra inferior, lo que conduce a utilizar mayores espesores de la losa para disminuir los esfuerzos de tracción. La utilización de las fibras de acero para aumentar el desempeño del comportamiento mecánico de losas de concreto permitiría suprimir la necesidad de

esta práctica que tiene como finalidad disminuir los esfuerzos de tracción, lo que ahorraría grandes costos en materiales.

#### **1.5.1 Justificación social**

El mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto ayudará a construir estructuras con mejores características estructurales y por tanto más seguras, lo que beneficiará directamente a los usuarios y a la sociedad en su conjunto.

#### **1.5.2 Justificación económica**

El uso de un concreto mejorado nos ayudará a tener diseños de losas de concreto con menores espesores, ya que al tener una mejor resistencia a la tracción, los espesores requeridos serán menores y por tanto se requerirá de menores cantidades de concreto.

#### **1.5.3 Justificación teórica**

Con la investigación que se proyecta se pretende aportar nuevos datos respecto al mejoramiento del comportamiento mecánico del concreto al utilizarse como método la aplicación de fibras de acero en su elaboración, determinándose el aumento de la resistencia a la tracción así como a la flexión que adquiere el concreto.

#### **1.5.4 Justificación técnica**

Los beneficios que se derivarían de la investigación inciden en la eliminación de la necesidad de utilizar grandes espesores en las losas de concreto, esta práctica se debe en razón que estos elementos planos al estar sometido a cargas transversales producen importantes esfuerzos de tracción en la fibra inferior, lo que conduce a utilizar mayores espesores de la losa para disminuir los esfuerzos de tracción. La utilización de las fibras de acero para aumentar el desempeño del comportamiento mecánico de losas de concreto permitiría suprimir la necesidad de esta práctica que tiene como finalidad disminuir los esfuerzos de tracción, lo que ahorraría grandes costos en materiales.

## **1.6 Hipótesis**

Habiéndose planteado los problemas de la investigación, y justificado el tema materia de investigación que se propone en el presente plan de tesis, se procede a determinar como probable respuesta al problema de investigación formulado previamente, las siguientes hipótesis en los términos siguientes.

### **1.6.1 Hipótesis general:**

Si se aplican fibras de acero en las mezclas, entonces se mejoran las propiedades mecánicas del concreto.

### **1.6.2 Hipótesis específicas:**

- 1) La aplicación de fibras de acero mejora la trabajabilidad de la mezcla resultante.
- 2) La aplicación de fibras de acero incrementará la resistencia a la compresión del concreto.
- 3) La aplicación de fibras de acero incrementará la resistencia a la tracción por flexión del concreto.
- 4) La aplicación de fibras de acero incrementará la resistencia a la flexión de la mezcla resultante.

## **1.7 Objetivo de la investigación.**

Respecto a la investigación que se proyecta y habiéndose establecido la formulación de los problemas de la investigación a los que se pretende dar respuesta, se procede a exponer los objetivos, entendido como los propósitos y metas, que se pretende alcanzar con la investigación que se propone desarrollar.

### **1.7.1 Objetivo general:**

Como afecta la incorporación de fibras de acero en el mejoramiento del comportamiento mecánico del concreto.

### **1.7.2 Objetivos específicos:**

- 1) Determinar qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en la trabajabilidad de la mezcla resultante.
- 2) Determinar qué efecto produce la aplicación de fibras de acero sobre su nivel resistencia a la compresión.
- 3) Determinar qué efecto produce la aplicación de fibras de acero sobre su nivel resistencia a la tracción por flexión.
- 4) Determinar qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en la resistencia a la flexión.

## **2 CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

## **2.1 Diseño de la investigación.**

Habiéndose definido el problema a responder, así como la hipótesis que da una respuesta tentativa, se procederá al desarrollo de la metodología a aplicarse en la investigación, dicha metodología incluye: el estudio de los métodos, el enfoque de la investigación, tipo de investigación, el nivel de la investigación y el diseño (Hernández Sampieri et. al. 2014:p.30). Su finalidad será comprender el proceso de investigación misma y el camino a los resultados esperados.

### **2.1.1 Enfoque**

Se aplicará el **ENFOQUE CUANTITATIVO** de la investigación científica; el presente plan de Tesis proyecta un tipo de investigación en un enfoque cuantitativo, en razón de ello, el presente trabajo pretende recolectar datos numéricos referidos a la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión de una serie de probetas de concreto reforzadas con fibras de acero, esto con la finalidad de aportar evidencia en la explicación al problema de la investigación (Hernández Sammpieri et. al. 2010:p.60).

### **2.1.2 Tipo**

De acuerdo con Borja (2010:p.20), las investigaciones científicas, de acuerdo a la finalidad que persiguen, se clasifican en, Investigaciones básicas o puras, investigaciones aplicadas, e investigaciones tecnológicas.

Dentro de los tipos de investigaciones mencionados, es importante mencionar que una investigación aplicada es aquella en la que, se busca resolver un problema práctico de alguna disciplina, como los acontecidos en la práctica de la ingeniería civil (Borja, 2010:p.20), las ideas mencionadas resultan compatibles con lo mencionado por Martínez (2012:p.30), ya que según este, la investigación aplicada es aquella en la que se proponen métodos y técnicas orientadas a la resolución de un problema específico, agregado este último que debido a la naturaleza de las investigaciones realizadas, las conclusiones obtenidas son un aplicación limitada y no se pueden generalizar.

La investigación propuesta tiene como finalidad la mejora del comportamiento mecánico del concreto usado en losas industriales, mediante la aplicación de fibras de acero comerciales, es decir, la investigación propuesta tiene como objetivo, resolver uno de los problemas típicos del concreto, en este caso la baja resistencia del concreto ante esfuerzos de tracción, por tanto debido a sus características, y los conceptos planteados anteriormente, la investigación puede clasificarse como una **investigación aplicada**.

### **2.1.3 Alcance**

De acuerdo con Arbayza (2014:p.30), existen diferentes formas de clasificación de una investigación científica, si se tiene en cuenta los alcances o el nivel de esta, tenemos la investigación exploratoria, descriptiva, correlacional, explicativa o causal, documental, experimental, transversal y longitudinal. Con respecto a lo anterior, Hernadez Sampieri et al. (2014:p.60), menciona que, de acuerdo al alcance de la investigación, esta puede ser calificada como Exploratoria, correlacional y explicativa. De los enfoques presentados por estos dos autores, es importante mencionar que, el alcance se determinará de acuerdo con los objetivos del proyecto de investigación.

De acuerdo con Borja (2012:p.14), estos estudios van más allá de la descripción o fenómenos o del establecimiento de relación entre concepto; están dirigidas a responder a las causa de los eventos físicos o sociales. Su interés es explicar porque sucede un fenómeno y en qué condiciones se da este, o porque dos o más variables están relacionadas.

De acuerdo con lo mencionado y a las características propuestas en el presente trabajo de investigación, la investigación será **explicativa**, ya que busca establecer las relaciones entre las fibras de acero y el comportamiento mecánico, intentando explicar además los mecanismos de este fenómeno.

#### **2.1.4 Diseño.**

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014:p.159), el diseño de la investigación es el proceso sistemático mediante el cual el investigador podrá demostrar la validez o no de la hipótesis de la investigación, por tanto puede concebirse como el plan o estrategia planteada, concebida para obtener las pruebas requeridas en el proyecto de investigación. De acuerdo con el mismo autor, en este paso, el diseño de una investigación puede ser experimental o no experimental.

Según Hernández Sampieri et al. (2014:p.184), se dice que una investigación es experimental, si el investigador procede a manipular una o más variables independientes del estudio, con la finalidad de medir el efecto que estas manipulaciones tienen sobre la variable dependiente. Además, es importante tener en cuenta que según el grado de control de la formación de los grupos, se tienen tipos de diseños experimentales. En este punto podemos mencionar que, de acuerdo con el mismo autor, un diseño es cuasi-experimental, si la formación de los grupos de control, se ha realizado sin un proceso de aleatorización.

De acuerdo con la definición anterior, podemos decir que el trabajo propuesto es una **investigación cuasi-experimental**, puesto que dentro del diseño propuesto, se pretende manipular el contenido de fibras de acero dentro de un concreto de  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , con la intención de evaluar el efecto de estos materiales en la mejora de las propiedades mecánicas, tales como la resistencia a la compresión, a la tracción y la flexión; además, para la elaboración de las unidades a ensayar en el laboratorio, no se ha aplicado un proceso aleatorio.

#### **2.1.5 Método de investigación.**

La investigación que se proyecta utilizará dos métodos de tratamiento de la información que se recolectará en el desarrollo de la investigación:

Método **HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO**. - son los pasos o procedimientos que se utilizan en el presente proyecto de investigación, el cual presenta varios pasos esenciales: la observación del fenómeno a estudiar, la creación de una hipótesis para explicar el fenómeno observado y la verificación o comprobación de los

enunciados de la hipótesis planteada verificándolos con la experiencia. Este método combina el estudio de la realidad bajo ciertas condiciones (método empírico) y la explicación racional del investigador, de esta manera se puede llegar a la obtención del conocimiento de nuestro entorno de manera sistematizada (Hernández Sampieri et. al. 2014:p.50).

Método **ESTADÍSTICO**. - El Método Estadístico es un proceso sistemático de obtención de información cuantitativa, procesamiento de esta información mediante la aplicación de las técnicas estadísticas y probabilísticas y la síntesis y obtención de información relevante que aporte evidencia útil para apoyar una hipótesis de trabajo (Hernandez Sampieri et. al. 2014:p.50, Alayza et. al. 2010:p.60).

El método estadístico tiene como objetivo la obtención de evidencia lógica y racional, que termine apoyando o desestimando una hipótesis de trabajo. Finalmente es importante tener en cuenta que las características del método estadístico específico, dependerán del tipo de investigación realizada (Arbaiza et. al. 2013:p.30).

Por ello en la investigación, la finalidad de la estadística es utilizar los datos obtenidos en una muestra de sujetos para realizar inferencias válidas para una población más amplia de individuos de características similares.

## **2.2 Variables Y Operacionalización.**

### **2.2.1 Identificación De Las Variables.**

**Variable (x)**: Aplicación de fibras de acero en la preparación del concreto.

- Concepto: Son hebras de longitudes finitas hechas de acero, con secciones transversales variadas, tales como círculos, rectángulos, octógonos, etc., y de formas longitudinales variables, dependiendo de sus aplicaciones.
  - Dimensión: Fibra de acero con terminación en gancho.
    - Indicador: Peso de las fibras por metro cubico de mezcla de concreto.

- Dimensión: Fibra de acero rectilíneas.
  - Indicador: Peso de las fibras por metro cubico de mezcla de concreto.

**Variable (y):** Comportamiento mecánico del concreto.

- Concepto: Es la manera como responde un cuerpo ante la aplicación de una serie de acciones externas, tales acciones son en general cargas externas aplicadas al elementos al cumplir con las funciones para las que fue concebido.
  - Dimensión: Propiedades del concreto endurecido.
    - Indicador: Nivel de resistencia que presenta la mescla a la resistencia.
    - Indicador: Nivel de resistencia que presenta la mescla a la tracción.
    - Indicador: Nivel de resistencia que presenta la mescla a la flexión.
  - Dimensión: Propiedades del concreto fresco.
    - Indicador: Trabajabilidad.

## 2.2.2 Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<u>Variable X:</u> Aplicación de fibras de acero.	Son hebras de longitudes finitas hechas de acero, con secciones transversales variadas, tales como círculos, rectángulos, octógonos, etc., y de formas longitudinales variables, dependiendo de sus aplicaciones.	% del peso en acero en la mezcla del concreto	Fibra de acero con terminación en gancho.	Peso de las fibras por metro cubico de mezcla de concreto.
			Fibra de acero rectilíneo.	Peso de las fibras por metro cubico de mezcla de concreto.
<u>Variable Y:</u> Comportamiento mecánico del concreto.	Es la manera como responde un cuerpo ante la aplicación de una serie de acciones externas, tales acciones son en general cargas externas aplicadas a los elementos al cumplir con las funciones para las que fue concebido.	Norma ASTM C39 (American Standard Test). NTP 339.034 (Norma Técnica Peruana). Norma ASTM 496 (American Standard Test). NTP 339.084 (Norma Técnica Peruana). Norma ASTM C78 (American Standard Test). NTP 339.078 (Norma Técnica Peruana).	Propiedades del concreto endurecido.	Nivel de resistencia que presenta la mezcla a la compresión. Nivel de resistencia que presenta la mezcla a la tracción por flexión. Nivel de resistencia que presenta la mezcla a la flexión.
			Propiedades del concreto fresco.	Trabajabilidad

## **2.3 Población y muestra.**

### **2.3.1 Unidad de análisis.**

Según Hernández Sampieri (2014:p.80), podemos entender a la unidad de análisis como los objetos, sucesos, personas o grupos humanos, en los que el trabajo de investigación se centra. Es decir, que la unidad de análisis se refiere a los objetos específicos que son materia de estudio de la presente investigación; en ese sentido se define la unidad de análisis de la siguiente forma:

- **Concreto reforzado con fibras de acero.**

### **2.3.2 Población.**

Estableceremos el concepto de población como aquel conjunto con una serie de atributos definidos y de interés para el estudio realizado. La población es el conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones (Sampieri et al., 2014:p.80). Entonces entendemos que la población es un conjunto conformado por todos los elementos o casos que define la unidad de análisis, en ese sentido establecemos la población para el presente proyecto de investigación de la siguiente forma:

**Concreto diseñado para ser colocado en losas industriales, a las que se le agregan fibras de acero comerciales.**

### **2.3.3 Muestra.**

Para entender el concepto de muestra, nos valemos de las ideas y conceptos aportados por Hernández Sampieri (2014:p.80), de acuerdo con esto, una muestra es un subconjunto de la población de estudio. Esta debe definirse de antemano y con precisión, pues estas serán parte del estudio realizado. Además, de acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), y otros

especialistas en el tema, esencialmente existen dos tipos de muestras, estas son, las muestras probabilistas y las no probabilísticas.

Las muestras probabilísticas son un subconjunto de elementos obtenidos de la población de estudio, por medio de procedimientos estadísticos. Su principal intención es el estudio de ciertas características de la población, por lo que se requiere que esta tenga un tamaño mínimo para garantizar que los resultados obtenidos tengan ciertos niveles de confianza mínimos requeridos, para los objetivos del estudio, esto mismo dicho en otros términos significa que se debe garantizar que los resultados obtenidos del estudio de la muestra, representen las características generales de la población de estudio (Hernández Sampieri et al., 2014).

Al igual que el caso anterior, las muestras no probabilísticas son un subconjunto obtenido de la población de estudio. Sin embargo, en este tipo de muestreo los elementos no tienen las mismas probabilidades de ser elegidos, por lo que son elegidos tomando en cuenta los criterios del investigador y los objetivos de la investigación.

De acuerdo con lo mencionado líneas arriba, y con los objetivos del presente proyecto de investigación, se optó por la elección de una **muestra no probabilística**, conformada por:

- **Grupo de control: se preparará 3 probetas de concreto sin aplicación de fibras de acero.**
- **Grupo trabajo 1: se preparará 3 probetas de concreto en la que se aplicará 40Kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero.**
- **Grupo trabajo 2: se preparará 3 probetas de concreto en la que se aplicará 60Kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero.**
- **Grupo trabajo 3: se preparará 3 probetas de concreto en la que se aplicará 80Kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero.**

## **2.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

El presente plan de Tesis al proyectar una investigación con fuentes de información primarias (información de primera mano, recogidos originariamente por el investigador) se define como una investigación de campo, en el cual se utilizarán las siguientes Técnicas e Instrumentos de recolección de datos:

### **2.4.1 Técnicas**

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014:p.80), las técnicas son mecanismos, recursos y medios dirigidos a la recolección, conservación y transmisión de los datos obtenidos durante el proceso de la investigación científica. De manera más específica podemos decir que las técnicas están referidas al cómo se obtendrá la información, mientras que los instrumentos estarían representados por el medio físico requerido para la obtención de estos datos.

Entonces en el presente proyecto de investigación se utilizará como técnica **La Observación cuasi-experimental**, por medio de esta se estudiará el comportamiento del concreto endurecido, al cual previamente se le agregará las fibras de acero, obteniéndose 45 probetas, entre probetas cilíndricas y prismáticas, las que se someterán a experimentación.

Tabla 2-1: Proceso de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

<b>ETAPA</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Diseño de mezclas de concreto	Resistencia a la compresión	Método del ACI
Determinación de la cantidad de fibras	Peso por metro cubico	Referencias de otros autores
Fabricación de las muestras cilíndricas	Elaboración manual	Método normas ASTM y NTP
Fabricación de las muestras prismáticas	Elaboración manual	Método normas ASTM y NTP
Curado de las muestras cilíndricas	Curado en agua	Método normas ASTM y NTP
Curado de las muestras prismáticas	Curado en agua	Método normas ASTM y NTP
Ensayo de resistencia a la compresión	Ensayo en maquina universal	Método normas ASTM y NTP
Ensayo de resistencia a la tracción	Ensayo en maquina universal	Método normas ASTM y NTP
Ensayo de resistencia a la flexión	Ensayo en maquina universal	Método normas ASTM y NTP

La observación de la realidad es un proceso necesario para poder llegar a obtener conclusiones valideras acerca de una hipótesis (Bernal, 2010: p.257). En el trabajo propuesto se aplica el método de observación cuasi-experimental, es decir aquel en el que las condiciones de trabajo son controlados por el investigador, en el caso del presente trabajo será la incorporación de las fibras de acero en el concreto, mientras que los valores de las resistencias a la compresión, tracción y flexión, se podrán obtener mediante el ensayo de probetas representativas de las mezclas elaboradas, y

estas serán ensayadas en un máquina universal, siguiendo el protocolo planteado en la Tabla 2-1.

Por tanto, es esta la técnica de recolección de datos la más idónea para la investigación planteada en la presente investigación.

## **2.4.2 Instrumentos**

### **2.4.2.1. Los instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos:**

- Ficha de recolección de datos para granulometría de agregado fino
- Ficha de recolección de datos para granulometría de agregado grueso
- Ficha de recolección de datos para peso específico de agregado fino
- Ficha de recolección de datos para peso específico de agregado grueso
- Ficha de recolección de datos para peso unitario de agregado fino
- Ficha de recolección de datos para peso unitario de agregado grueso

### **2..2.2. Instrumento de ingeniería**

- Cono de Abrams
- Máquina universal de ensayos de materiales
- Regla metálica
- Probetas cilíndricas y vigas prismáticas.

### **2..2.3. Instrumentos o equipos utilizados**

- Balanza
- Brocha
- Horno
- Tamices: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200
- 1". ¾", ½", 3/8", N°4 y N°8
- Varilla de 5/8 lisa de 60cm de longitud
- Conjunto de herramientas manuales
- Mezcladora

### **2.4.3 Validez**

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), la validez de un instrumento de investigación, indica el grado en que un instrumento realmente mide la variable que se pretende estudiar.

De acuerdo, con esto, podemos observar que los instrumentos usados en el desarrollo de la presente tesis, tales como, la Máquina Universal de ensayo de materiales, cono de Abrahams, tamices para el desarrollo de la granulometría, y la balanza de 120 kg de capacidad, son equipos de medición que pertenecen a un laboratorio acreditado y con las certificaciones correspondientes, por lo que la validez de estos instrumentos está garantizada. En cuanto a instrumentos tales como el software Excel y la cinta métrica, podemos decir que ambos son elaborados y fabricados, correspondientemente, por empresas que garantizan la validez de estos, por lo que su validez está absolutamente garantizada. Además, con respecto a los instrumentos mencionados, se debe mencionar que son de uso corriente en la práctica de la ingeniería civil, por lo que nuevamente se puede asegurar validez intrínseca.

En cuanto a la ficha de recolección y procesamiento de datos, podemos decir que con fines de validar estos instrumentos, estas se hicieron evaluar por tres especialistas en la ingeniería civil, con amplia experiencia en el tema, lo que se ratifica por su registro en el colegio de ingenieros del Perú, mismos que emitieron una opinión favorable a estas y esto se ratificó, con su firma y sello.

### **2.4.4 Confiabilidad**

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2013), la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales (Hernández-Sampieri et al., 2013; Kellstedt y Whitten, 2013; y Ward y Street, 2009).

En cuanto a la confiabilidad de los instrumentos de medición, podemos decir que la confiabilidad de estos instrumentos viene garantizada por el uso cotidiano de estos en la ingeniería civil, además de tener garantía de los fabricantes; en este punto es importante recordar que la mayor parte de este trabajo se realizará en un laboratorio, por lo que, los equipos e instrumentos usados en el desarrollo de este trabajo, tienen garantizada la confiabilidad de estos.

## **2.5 Aspectos éticos**

Toda la información consignada en el presente documento es propiedad intelectual del autor de la misma, en tanto que las ideas, gráficos, tablas y cualquier otro tipo relacionado de terceros ha sido citados de manera adecuado, dándoles a estos autores el crédito y el mérito que por derecho se han ganado, para esto se han seguido las pautas del citado de acuerdo al sistema ISO 690.

### **3 CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### 3.1 Estudio De Los Agregados

En esta sección se muestran los resultados del estudio de los agregados usados en el diseño de mezclas, específicamente las propiedades del agregado grueso. Se estudian las propiedades más relevantes como la granulometría, el módulo de fineza, el peso específico, el peso unitario suelto y compactado, el contenido de absorción y humedad.

#### 3.1.1 Agregado Grueso

El agregado grueso es un conjunto de partículas de origen natural o producidos mecánicamente, con distintos tipos de diámetros. En este punto los agregados se diferencian por el tamaño de los granos, específicamente, se llaman agregados gruesos a aquellos que quedan retenidos en la malla N°4.



Figura 3-1: Agregado grueso usado en el diseño de mezclas. Fuente:  
Elaboración propia.

En la Figura 3-1 se muestra el agregado grueso usado para el diseño de mezclas y la fabricación de las probetas requeridas para el estudio del concreto reforzado con fibras.

### 3.1.1.1 Granulometría

Con la finalidad de obtener la granulometría de los agregados grueso se hizo pasar a través de tamices las muestras obtenidas, encontrado que los siguientes valores.

Tabla 3-1: Granulometría típica del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.

Granulometría - módulo de fineza ASTM C-136					
Tamices		Peso	%		
	Abertura	Retenido	Retenido	Acumulado	
	(mm)	(g)		Retenido	Que Pasa
3"	75.00				
2"	50.00				
1-1/2"	38.10				100
1"	25.00	605	20.25	20.25	79.75
3/4"	19.00	1462	48.95	69.20	30.80
1/2"	12.50	712.0	23.84	93.04	6.96
3/8"	9.50	152	5.09	98.13	1.87
Fondo		54	1.81	99.93	0.07
$\Sigma$		2991.10			
Peso Inicial		2987			
% Error		-0.14			

Los resultados encontrados se graficaron para obtener la curva granulométrica, como se muestra en los siguientes gráficos.

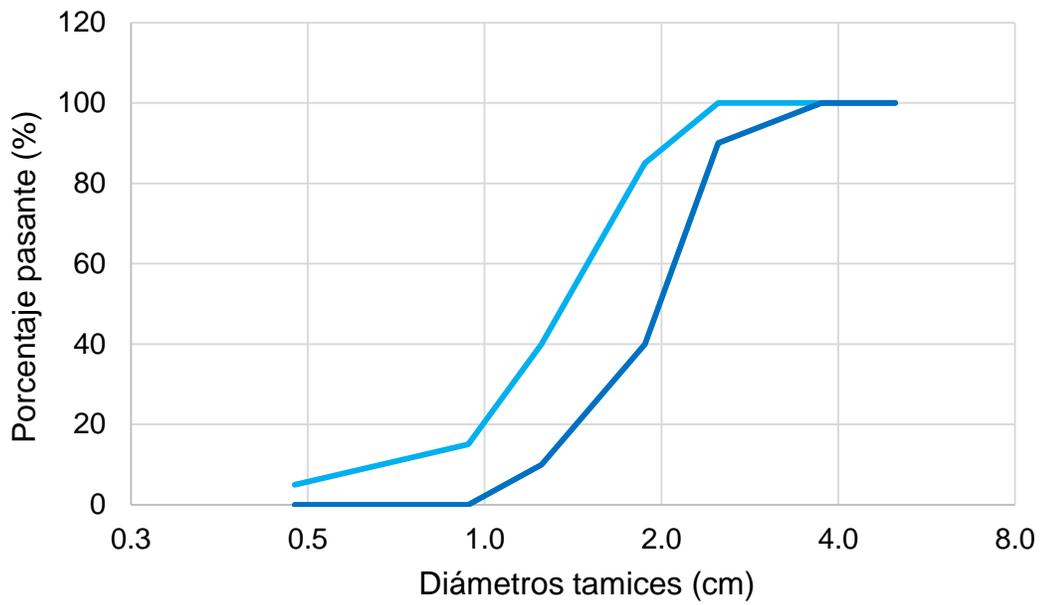


Figura 3-2: Límites superior e inferior del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.

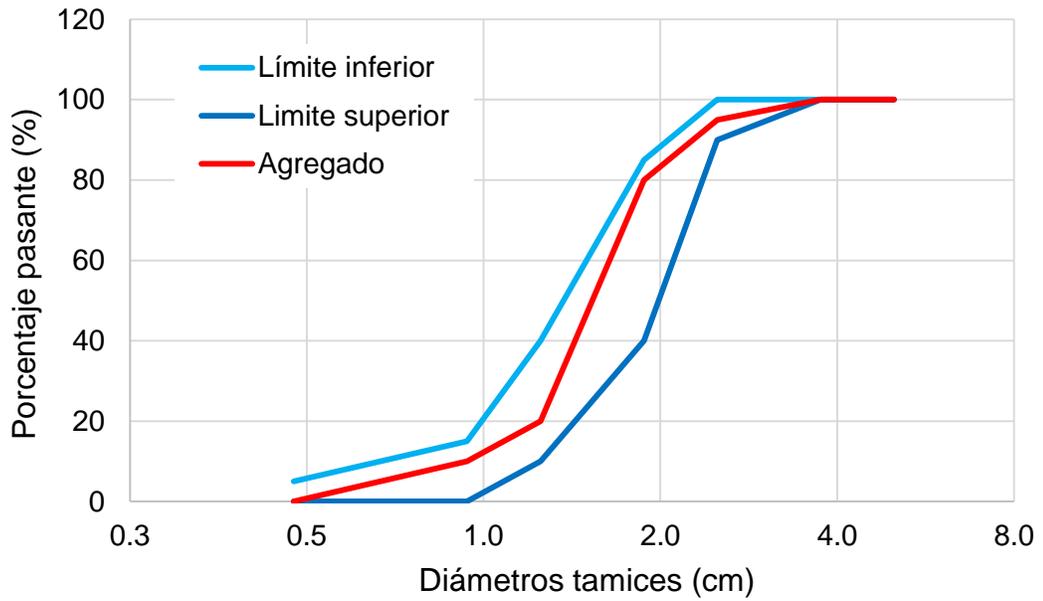


Figura 3-3: Granulometría del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.1.2 Módulo De Fineza

El módulo de fineza es un parámetro que indica que tan fino es un agregado, se obtiene como la suma de porcentajes retenidos en ciertos tamices, de acuerdo con la normativa peruana. De los resultados mostrados se obtuvo que:

$$\text{Módulo de fineza}=7.67$$

### 3.1.1.3 Tamaño Máximo Nominal

El tamaño máximo nominal del agregado fue:

$$\text{TMN}=1''$$

### 3.1.1.4 Contenido De Humedad

El contenido de humedad indica el contenido de agua atrapado en las unidades del agregado, esta se calculó de acuerdo con la norma ASTM C566. Los resultados es muestran a continuación.

Tabla 3-2: Calculo del contenido de humedad del agregado grueso: Fuente:  
Elaboración propia.

Contenido de agregado grueso ASTM C-566			
Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad (%)	Promedio Humedad
3000	2987	0.44	0.45
3000	2986	0.47	

### 3.1.1.5 Peso específico y capacidad de absorción del agregado

Tabla 3-3: Cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127						
Peso Piedra	Peso Piedra	Peso Piedra	P.E. Aparente	P.E. Superficie Seca Saturada	P.E. Nominal	Absorción
Seca (1)	SSS (2)	Sumergido (3)	$(1/(2-3))$	$(2/(2-3))$	$(1/(1-3))$	$((2-1)*100)$
2977	3000	1934.7	2.79	2.82	2.86	0.77
29788	3000	1919.5	2.76	2.78	2.81	0.74
Promedio de Peso Específico y Absorción			2.78	2.80	2.83	0.76

### 3.1.1.6 Peso unitario suelto

El peso unitario suelto es el peso de los agregados cuando estos no se han compactado, su utilidad radica en el diseño de mezclas en obra, pues en obra los materiales usualmente se hallan en estado no compactado.

Tabla 3-4: Calculo del peso unitario suelto del agregado grueso. Fuente:

Elaboración propia.

Peso unitario suelto de agregado grueso ASTM C-29				
Peso Muestra	Peso Molde	Peso Muestra	Volumen de	Peso Unitario
Molde (g)	(g)	Suelto (g)	Molde (cm <sup>3</sup> )	Suelto (g/cm <sup>3</sup> )
19660	5630	14030	9268	1.51
20140	5630	14510	9268	1.57
Promedio de Peso Unitario Suelto				1.54

### 3.1.1.7 Peso unitario compactado

Es el peso del agregado después de haber sufrido acomodamiento por medios mecánicos externos.

Tabla 3-5: Calculo del peso unitario compactado del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.

Peso unitario compacto de agregado grueso ASTM C-29				
Peso Muestra	Peso Molde	Peso Muestra	Volumen de	Peso Unitario
Molde (g)	(g)	Compacto (g)	Molde (cm <sup>3</sup> )	Compac.(g/cm <sup>3</sup> )
21310	5630	15680	9268	1.69
21020	5630	15390	9268	1.66
Promedio de Peso Unitario Compacto				1.68

### 3.1.2 Agregado fino

Con la finalidad de caracterizar el agregado fino se muestreo una cantidad de este material y se usó para la determinación de las propiedades más importantes.



Figura 3-4: Agregado fino usado para el diseño de mezclas. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2.1 Granulometría

Tabla 3-6: Granulometría del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

Granulometría - módulo de fineza ASTM C-136					
Tamices		Peso	%		
	Abertura	Retenido	Retenido	Acumulado	
	(mm)	(g)		Retenido	Que Pasa
3/8"	9.51				100.0
N°4	4.75	40.0	8.25	8.25	91.8
N°8	2.36	108.0	22.27	30.52	69.5
N°16	1.18	119.0	24.54	55.05	44.9
N°30	0.60	92.0	18.97	74.02	26.0
N°50	0.30	64.0	13.20	87.22	12.8
N°100	0.15	38.0	7.84	95.05	4.9
Fondo		25.0	5.15	100.21	-0.2
Σ		486.0			
Peso Inicial		485			
% Error		-0.21			

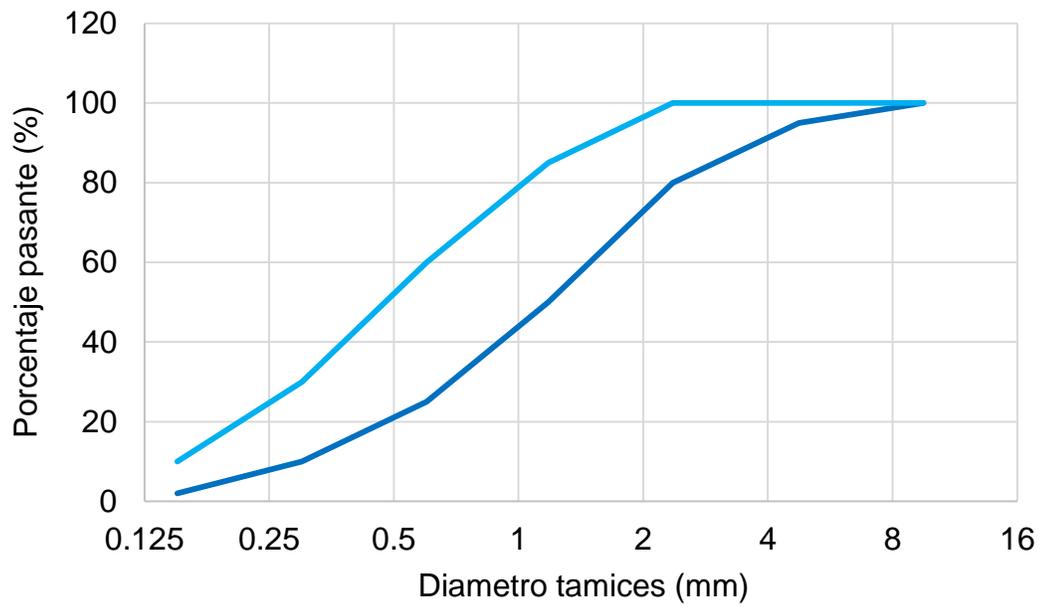


Figura 3-5: Husos superior e inferior del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

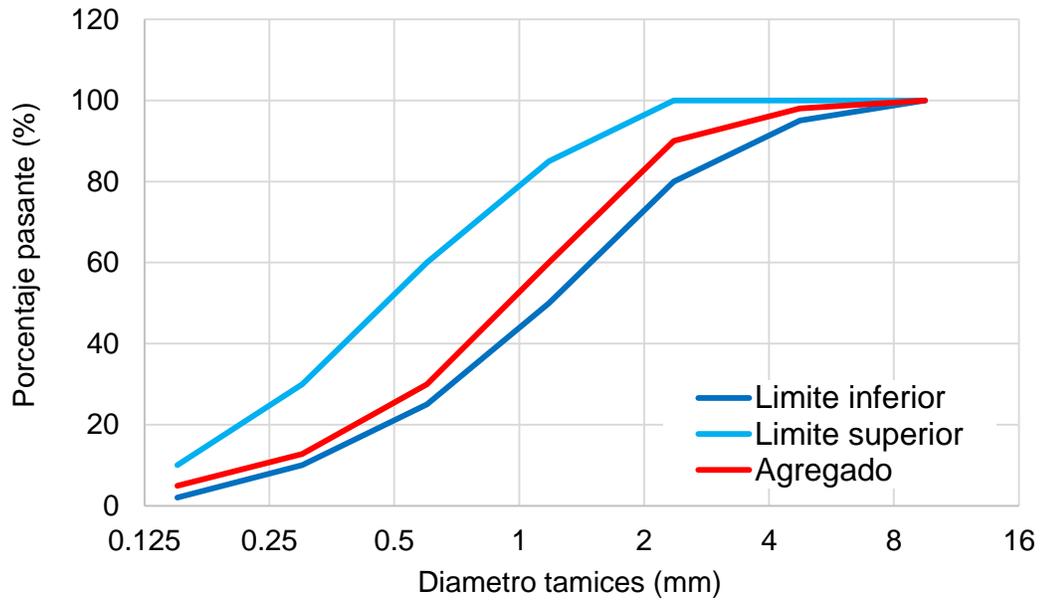


Figura 3-6: Granulometría característica del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2.2 Módulo de fineza

El módulo de fineza de un agregado es una medida del tamaño de este, si se obtiene un valor pequeño, usualmente menor a cuatro, se dice que es un agregado fino, mientras que, si es un valor en el orden de siete, se dice que se trata de un agregado grueso. Matemáticamente, este se calcula como la suma de los porcentajes retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, divididos por cien. De acuerdo con esta definición se tiene que:

$$\text{Módulo de Fineza} = 3.50$$

### 3.1.2.3 Contenido de humedad

Tabla 3-7: Calculo del contenido de humedad del agregado fino. Fuente:  
Elaboración propia.

Contenido de humedad agregado fino ASTM C-70			
Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad	Promedio Humedad
		(%)	
500	482.00	3.73	3.10
500	488.00	2.46	

### 3.1.2.4 Peso específico y capacidad de absorción

Tabla 3-8: Cálculo del peso específico y la capacidad de absorción del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO ASTM C-128										
Peso frasco	Peso Suelo	Peso frasco	Peso frasco	Volumen	Peso Suelo	Vol, de muestra	P.E. de la masa	P.E. SSS	P.E. Aparente	Absorción (%)
(1)	SSS (2)	500 (3)	agua SSS (4)	Agua (4-3) (5)	Seco (6)	(2-5) (7)	(6/(2-5))	(2)/(2-5)	(6)/((2-5)-(2-6))	((2-6)/6)*100
157.1	500	657.1	959.1	302	494.5	296.5	2.50	2.53	2.57	1.11
175.5	500	675.5	959.1	284	494.5	277.6	2.28	2.31	2.35	1.21
Promedio de Peso Especifico a Absorción							<b>2.39</b>	2.42	2.46	1.16

### 3.1.2.5 Peso unitario suelto

Tabla 3-9: Peso unitario suelto del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

Peso unitario suelto de agregado fino ASTM C-29				
Peso Muestra	Peso Molde	Peso Muestra	Volumen de	Peso Unitario
Molde (g)	(g)	Suelto (g)	Molde (cm <sup>3</sup> )	Suelto (g/cm <sup>3</sup> )
6663	2718	3945	2721	1.45
6724	2718	4006	2721	1.47
Promedio de Peso Unitario Suelto				1.46

### 3.1.2.6 Peso unitario compactado

Tabla 3-10: Peso unitario compactado del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

Peso unitario compacto de agregado fino ASTM C-29				
Peso Muestra	Peso Molde	Peso Muestra	Volumen de	Peso Unitario
Molde (g)	(g)	Compacto (g)	Molde (cm <sup>3</sup> )	Compac.(g/cm <sup>3</sup> )
6970	2718	4252	2721	1.56
7154	2718	4436	2721	1.63
Promedio de Peso Unitario Compacto				1.60

### 3.2 Resumen de características de los agregados

Tabla 3-11: Resumen de características mecánicas de los agregados.

Fuente: Elaboración propia.

Agregados	Fino	Grueso
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1460	1540
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1600	1680
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	2390	2800
Módulo de fineza	3.5	7.67
TMN		1"
%abs	1.16	0.76
%w	3.10	0.45

### 3.3 Diseño de la mezcla

#### 3.3.1 Proporcionamiento por el método del ACI

En esta sección se muestran los pasos seguidos para el proporcionamiento de la mezcla de concreto usada como patrón, o como grupo de control. Es importante aclarar en este punto que, la metodología seguida para el diseño de las mezclas estudiadas en esta tesis fue el método del ACI. A continuación, se muestra el esquema y los cálculos efectuados para el diseño de la mezcla mencionada.

Paso 01: Definición de la resistencia a la compresión requerida

Resistencia especificada  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia requerida  $fcr=294 \text{ kg/cm}^2$

Paso 02: Determinación del contenido de aire

Aire=1.5% Vol. Aire=0.015 m<sup>3</sup>

Paso 03: Determinación de la cantidad de agua por metro cubico de mezcla.

Agua=193 l/m<sup>3</sup> Vol. Agua=0.193 m<sup>3</sup>

Paso 04: Determinación de la relación agua cemento (a/c)

a/c=0.55

Paso 05: Determinación del contenido de cemento

Cemento=agua/(a/c) =350.91 kg      Vol. Cemento= 0.111 m<sup>3</sup>

Paso 06: Calculo del peso del agregado grueso

b/bo=0.6

Peso=1008 kg      Vol. a.grue=0.386 m<sup>3</sup>

Paso 07: Calculo del peso del agregado fino

Peso=703.60 kg      Vol. a.fino=0.294m<sup>3</sup>

Paso 08: Corrección del peso de los agregados por humedad

a.grueso      =1012.54      kg

a.fino      =725.41      kg

Paso 09: Corrección de la cantidad de agua requerida

c.grueso      = -3.14      l

c.fino      = 14.07      l

Agua total      =182.07      l

Paso 10: Resumen del diseño final.

Cemento	350.91	kg	=	8.26	bls
Agregado fino	725.41	kg	=	0.50	m <sup>3</sup>
Agregado grueso	1012.54	kg	=	0.66	m <sup>3</sup>
Agua	182.07	l	=	0.19	m <sup>3</sup>

Los resultados calculados son los necesarios para la preparación de un metro cubico de mezcla de concreto simple. Entonces, se concluye que se requieren de ocho bolsas y medio de cemento tipo I, medio metro cubico de agregado fino y casi tres cuartos de metro cubico de agregado grueso, además de 182.07 l de agua.

Tabla 3-12: Resumen del diseño de la mezcla patrón, por el método del ACI.

Fuente: Elaboración propia.

<b>1 Resistencia a la compresión requerida</b>					
resistencia especificada		f'c	210		kg/cm <sup>2</sup>
resistencia requerida		fcr	294		kg/cm <sup>2</sup>
<b>2 Contenido de aire</b>					
Aire	0.015		Vol. aire	0.015	m <sup>3</sup>
<b>3 Cantidad de agua por metro cubico</b>					
Agua	193	l/m3	Vol. agua	0.193	m <sup>3</sup>
<b>4 Relación agua cemento (a/c)</b>					
a/c	0.55				
<b>5 Contenido de cemento</b>					
cemento=agua/(a/c)	350.91		kg	Vol. cem.	0.111 m <sup>3</sup>
<b>6 Peso del agregado grueso</b>					
b/bo	0.6				
peso	1008	kg		Vol. a.grue	0.386 m <sup>3</sup>
<b>7 Peso del agregado fino</b>					
peso	703.60	kg		Vol. a.fino	0.294 m <sup>3</sup>
<b>8 Corrección del peso de los agregados por humedad</b>					
a.grueso	1012.54	kg			
a.fino	725.41	kg			
<b>9 Corrección de la cantidad de agua requerida</b>					
c.grueso	-3.14	l			
c.fino	14.07	l			
agua total	185.26	l			
<b>10 Resumen del diseño</b>					
cemento	350.91	kg	=	8.26	bls
agregado fino	725.41	kg	=	0.50	m <sup>3</sup>
agregado grueso	1012.54	kg	=	0.66	m <sup>3</sup>
agua	182.07	l	=	0.19	m <sup>3</sup>

### 3.4 Contenido de fibras de acero

Con la finalidad de evaluar el efecto que las fibras de acero tendrán en el comportamiento mecánico del concreto, se procedió a seleccionar la cantidad de fibras por medio de una balanza electrónica, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 3-7: Fibras de acero Wirand, usadas en la fabricación de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.1 Determinación de las proporciones de fibras de acero

Tabla 3-13: Proporciones requeridas para fabricación de concreto con fibras de 40 kg/m<sup>3</sup>. Fuente: Elaboración propia.

Fibras: 40 kg/m <sup>3</sup> (2.5% de fibras en peso)		
1. cemento	17.8	kg
2. Arena fina	36.9	kg
3. Arena gruesa	51.5	kg
4. Agua	12	l
5. fibras	3.2	kg

Las cantidades de acero usadas en la mezcla se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 3-14: Proporciones requeridas para fabricación de concreto con fibras de 60 kg/m<sup>3</sup>. Fuente: Elaboración propia.

Fibras: 60 kg/m <sup>3</sup> (4% de fibras en peso)		
1. cemento	17.8	kg
2. Arena fina	36.9	kg
3. Arena gruesa	51.65	kg
4. Agua	12	l
5. fibras	4.8	kg

Tabla 3-15: Proporciones requeridas para fabricación de concreto con fibras de 80 kg/m<sup>3</sup>. Fuente: Elaboración propia.

Fibras: 80 kg/m <sup>3</sup> (5.2% de fibras en peso)		
1. cemento	17.8	kg
2. Arena fina	36.9	kg
3. Arena gruesa	51.5	kg
4. Agua	12	l
5. fibras	6.4	kg

### **3.5 Fabricación de las probetas**

Con la finalidad de poder determinar la influencia de las fibras de acero en el comportamiento mecánico del concreto, se fabricaron 72 probetas cilíndricas 48 vigas prismáticas, con contenidos de fibras diferentes. Los parámetros mecánicos más relevantes del concreto, evaluados en este trabajo de investigación fueron, la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y el módulo de rotura, para el caso de concreto endurecido, mientras que, para el caso del concreto fresco, se evaluó la trabajabilidad.

Se han preparado cuatro grupos de mezclas, en los que se ha variado el contenido de fibras de acero, siendo el primer grupo el concreto sin fibras, es decir  $0\text{kg/m}^3$ , llamado en este trabajo como grupo de control; el segundo grupo fue la mezcla de concreto en la que se agregaron fibras en una proporción de 40 kg de fibras de acero por metro cubico de mezcla ( $40\text{kg/m}^3$ ), representando esta cantidad el 2.5% de fibras respecto del peso de la mezcla, llamada en este trabajo grupo CRF01; el tercer grupo fue la mezcla de concreto a la que se le agregaron 60 kg de fibras de acero por metro cubico ( $60\text{kg/m}^3$ ), representado esta cantidad el 4% de fibras respecto del peso de la mezcla total, llamada en este trabajo como grupo CRF02; Finalmente, el tercer grupo preparado para este estudio consistió en concreto al que se le agregaron 80 kg de fibras de acero por metro cubico de mezcla ( $80\text{kg/m}^3$ ), representando el 5.2% del peso total de la mezcla, en este estudio, esta mezcla fue llamada como CRF03. En la Tabla 3-16 se muestra el resumen de la cantidad de probetas elaboradas para cada grupo definido.

En la Tabla 3-17 se muestran las cantidades de probetas, tanto cilíndricas como vigas, que fueron elaboradas para el estudio de la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y ensayo de flexión.

Tabla 3-16: Contenidos de fibra de acero de los grupos estudiados. Fuente: Elaboración propia.

	Patrón	CRF01	CRF02	CRF03
Fibras	0k/m <sup>3</sup>	40k/m <sup>3</sup>	60k/m <sup>3</sup>	80k/m <sup>3</sup>
Fibras (%)	0	2.5%	4%	5.2%

Además, con la finalidad de poder estudiar la evolución de las características mecánicas más importantes con la edad del concreto, se prepararon igual cantidad de muestras para distintas edades del concreto, estas edades fueron, cuando el concreto se mantuvo en curado durante siete días, catorce días y veintiocho días.

Tabla 3-17: Cantidad de probetas elaboradas por cada ensayo. Fuente: Elaboración propia.

	Probetas cilíndricas		Vigas prismáticas
	Compresión	Tracción	Flexión
Control	3	3	3
CRF01	3	3	3
CRF02	3	3	3
CRF03	3	3	3



Figura 3-8: Preparación del agregado grueso y fino. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-9: Preparación del cemento y el agua. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-10: Preparación de los materiales y mezcla de estos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-11: Mezclado y medida del slump. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-12: Medida del Slump y preparación de vigas. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-13: Preparación de probetas cilíndricas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-18: Características de los especímenes cilíndricos para concreto simple. Fuente: Elaboración propia.

	B(cm)	H(cm)	Al (cm <sup>2</sup> )	At(cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)
Compresión	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
Tracción	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3

Tabla 3-19: Resumen las características de las vigas de concreto simple. Fuente: Elaboración propia.

	N°	L(cm)	B(cm)	H(cm)	At(cm <sup>2</sup> )
Patrón	01	45.05	15	15	225
	02	45	15	15	225
	03	45.03	15	15	225

Tabla 3-20: Características de los especímenes cilíndricos para concreto con fibras (40kg/m<sup>3</sup>). Fuente: Elaboración propia.

	B(cm)	H(cm)	Al (cm <sup>2</sup> )	At(cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)
Compresión	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
Tracción	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3

Tabla 3-21: Resumen las características de las vigas de concreto con fibras (40 kg/m<sup>3</sup>). Fuente: Elaboración propia.

	N°	L(cm)	B(cm)	H(cm)	At(cm <sup>2</sup> )
Patrón	01	45.05	15	15	225
	02	45	15	15	225
	03	45.03	15	15	225

Tabla 3-22: Características de los especímenes cilíndricos para concreto con fibras (60 kg/m<sup>3</sup>). Fuente: Elaboración propia.

	B(cm)	H(cm)	Al (cm <sup>2</sup> )	At(cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)
Compresión	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
Tracción	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3

Tabla 3-23: Resumen las características de las vigas de concreto con fibras (60 kg/m<sup>3</sup>). Fuente: Elaboración propia.

	N°	L(cm)	B(cm)	H(cm)	At(cm <sup>2</sup> )
Patrón	01	45.05	15	15	225
	02	45	15	15	225
	03	45.03	15	15	225

Tabla 3-24: Características de los especímenes cilíndricos para concreto con fibras (80 kg/m<sup>3</sup>). Fuente: Elaboración propia.

	B(cm)	H(cm)	Al (cm <sup>2</sup> )	At(cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)
Compresión	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
Tracción	10.1	20.30	1288.2	80.1	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3
	10.0	20.30	1275.5	78.5	20.3

Tabla 3-25: Resumen las características de las vigas de concreto con fibras (80 kg/m<sup>3</sup>). Fuente: Elaboración propia.

	N°	L(cm)	B(cm)	H(cm)	At(cm <sup>2</sup> )
Patrón	01	45.05	15	15	225
	02	45	15	15	225
	03	45.03	15	15	225

### 3.6 Evaluación de la resistencia a la compresión

#### 3.6.1 Concreto simple

Los resultados de ensayos a compresión del concreto simple se muestran de manera resumida en las siguientes tablas. Con la finalidad de lograr mayor claridad, estas fueron divididas de acuerdo con la edad a la que fueron ensayadas.

Tabla 3-26: Resultados del ensayo de compresión en cilindros a la edad de 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	16043	78.54	204.27
2	10.1	20.3	16517	80.12	206.16
3	10	20.3	15714	78.54	200.08
Promedio	10.0	20.3	16091.3	79.07	203.50

Tabla 3-27: Resultados del ensayo de compresión en cilindros a la edad de 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	23041	78.54	293.37
2	10.1	20.3	24333	80.12	303.71
3	10	20.3	18765	78.54	238.92
Promedio	10.0	20.3	22046.3	79.07	278.67

Tabla 3-28: Resultados del ensayo de compresión en cilindros a la edad de 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	24104	78.54	306.90
2	10.1	20.3	21216	80.12	264.81
3	10	20.3	23287	78.54	296.5
Promedio	10.0	20.3	22869.0	79.07	289.40

### 3.6.2 Concreto con fibras al 40kg/m<sup>3</sup> (2.5%)

En esta sección se muestran los resultados obtenidos al ensayar muestras de concreto con 2.5% de fibras de acero, a las edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 3-29: Resultados del ensayo de compresión en cilindros de concreto con 2.5% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	14903	78.54	189.75
2	10.1	20.3	13839	80.12	172.73
3	10	20.3	14406	78.54	183.42
Promedio	10.0	20.3	14382.7	79.07	181.97

Tabla 3-30: Resultados del ensayo de compresión en cilindros de concreto con 2.5% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	18196	78.54	231.68
2	10.1	20.3	17695	80.12	220.86
3	10	20.3	16750	78.54	213.27
Promedio	10.0	20.3	17547.0	79.07	221.94

Tabla 3-31: Resultados del ensayo de compresión en cilindros de concreto con 2.5% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	18791	78.54	239.25
2	10.1	20.3	18057	80.12	225.38
3	10	20.3	19485	78.54	248.09
Promedio	10.0	20.3	18777.7	79.07	237.57

### 3.6.3 Concreto con fibras al 60kg/m<sup>3</sup> (4%)

En esta sección se muestran las resistencias a la compresión del concreto reforzado con 4% de fibras de acero, a las edades de 7,14 y 28 días.

Tabla 3-32: Resultados del ensayo de compresión en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	16693	78.54	212.54
2	10.1	20.3	16219	80.12	202.44
3	10	20.3	9001	78.54	114.60
Promedio	10.0	20.3	13971.0	79.07	176.53

Tabla 3-33: Resultados del ensayo de compresión en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	18126	78.54	230.79
2	10.1	20.3	15754	80.12	196.63
3	10	20.3	18283	78.54	232.79
Promedio	10.0	20.3	17387.7	79.07	220.07

Tabla 3-34: Resultados del ensayo de compresión en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	16717	78.54	212.85
2	10.1	20.3	17514	80.12	218.60
3	10	20.3	18726	78.54	238.43
Promedio	10.0	20.3	17652.3	79.07	223.29

### 3.6.4 Concreto con fibras al 80kg/m<sup>3</sup> (5.2%)

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 5.2% de fibras de acero, a las edades de 7,14 y 28 días.

Tabla 3-35: Resultados del ensayo de compresión en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	12893	78.54	164.16
2	10.1	20.3	13245	80.12	165.32
3	10	20.3	11522	78.54	146.70
Promedio	10.0	20.3	12553.3	79.07	158.73

Tabla 3-36: Resultados del ensayo de compresión en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	14606	78.54	185.97
2	10.1	20.3	15927	80.12	198.74
3	10	20.3	15642	78.54	199.16
Promedio	10.0	20.3	15390.3	79.07	194.64

Tabla 3-37: Resultados del ensayo de compresión en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	17441	78.54	222.07
2	10.1	20.3	15536	80.12	193.91
3	10	20.3	17975	78.54	228.86
Promedio	10.0	20.3	16984.0	79.07	214.95

### 3.7 Evaluación de la resistencia a la tracción por flexión

#### 3.7.1 Concreto simple

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 0% de fibras de acero, a las edades de 7,14 y 28 días.

Tabla 3-29: Resultados del ensayo de tracción por flexión en concreto simple a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	5536.8	644.12	17.19
2	10	20.3	6477.8	637.74	20.31
3	10	20.3	5744.9	637.74	18.02
Promedio	10.0	20.3	5919.8	639.87	18.51

Tabla 3-30: Resultados del ensayo de tracción por flexión en concreto simple a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	6458.27	644.12	20.05
2	10	20.3	7956.2	637.74	24.95
3	10	20.3	6608.1	637.74	20.72
Promedio	10.0	20.3	7007.5	639.87	21.91

Tabla 3-31: Resultados del ensayo de tracción por flexión en concreto simple a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8732.3	644.12	27.11
2	10	20.3	9010.1	637.74	28.26
3	10	20.3	7806.1	637.74	24.48
Promedio	10.0	20.3	8516.2	639.87	26.62

### 3.7.2 Concreto con 2.5% de contenido de fibras

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 2.5% de fibras de acero, a las edades de 7,14 y 28 días.

Tabla 3-32: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 2.5% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	6469.4	644.12	20.09
2	10	20.3	6602.9	637.74	20.71
3	10	20.3	6860	637.74	21.51
Promedio	10.0	20.3	6644.1	639.87	20.77

Tabla 3-33: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 2.5% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8808.1	644.12	27.35
2	10	20.3	8673.9	637.74	27.20
3	10	20.3	8121.1	637.74	25.47
Promedio	10.0	20.3	8534.4	639.87	26.67

Tabla 3-34: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 2.5% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8177.6	644.12	25.39
2	10	20.3	8770.5	637.74	27.50
3	10	20.3	7883.4	637.74	224.72
Promedio	10.0	20.3	8277.17	639.87	25.87

### 3.7.3 Concreto con 4% de contenido de fibras

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 4% de fibras de acero, a las edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 3-35: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	7078.9	644.12	21.98
2	10	20.3	7258	637.74	22.76
3	10	20.3	7850	637.74	24.62
Promedio	10.0	20.3	7395.6	639.87	23.12

Tabla 3-36: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8881.8	644.12	27.58
2	10	20.3	8360.6	637.74	26.22
3	10	20.3	8814.7	637.74	27.64
Promedio	10.0	20.3	8685.7	639.87	27.15

Tabla 3-37: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 4% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8944.5	644.12	27.77
2	10	20.3	8734.4	637.74	27.39
3	10	20.3	10095.9	637.74	31.66
Promedio	10.0	20.3	9258.3	639.87	28.94

### 3.7.4 Concreto con 5.2% de contenido de fibras

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 5.2% de fibras de acero, a las edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 3-38: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 5.2% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8209.4	644.12	25.49
2	10	20.3	7809.2	637.74	24.49
3	10	20.3	7672.7	637.74	24.06
Promedio	10.0	20.3	7897.0	639.87	24.68

Tabla 3-39: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 5.2% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	10109.7	644.12	31.36
2	10	20.3	10194.8	637.74	31.97
3	10	20.3	9657.5	637.74	30.29
Promedio	10.0	20.3	9987.33	639.87	31.22

Tabla 3-40: Resultados del ensayo de tracción en cilindros de concreto con 5.2% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	10095.9	644.12	31.35
2	10	20.3	10727.7	637.74	33.64
3	10	20.3	13737.2	637.74	43.08
Promedio	10.0	20.3	11520.3	639.87	36.02

### 3.8 Evaluación del módulo de rotura

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 0% de fibras de acero, a las edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 3-41: Resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto simple a los 7 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2438.75	74.92	32.55
2	15	15	45	2561.63	75.00	34.16
3	15	15	45.03	2662	74.95	35.52
Promedio	15.0	15	45.03	2554.1	74.96	34.07

Tabla 3-42: Resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto simple a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2153.13	74.92	28.74
2	15	15	45	3326.31	75.00	44.35
3	15	15	45.03	2317.61	74.95	30.92
Promedio	15.0	15	45.03	2599.0	74.96	34.67

Tabla 3-43: Resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto simple a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2951.26	74.92	39.39
2	15	15	45	3009.39	75.00	40.13
3	15	15	45.03	2310.37	74.95	30.83
Promedio	15.0	15	45.03	2757.0	74.96	36.78

### 3.8.1 Concreto con 2.5% de contenido de fibras

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 2.5% de fibras de acero, a las edades de 7,14 y 28 días.

Tabla 3-44: Resultados del ensayo de flexión con 2.5% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2603.54	74.92	34.75
2	15	15	45	2796.54	75.00	37.29
3	15	15	45.03	2645.72	74.95	35.30
Promedio	15.0	15	45.03	2681.9	74.96	35.78

Tabla 3-45: Resultados del ensayo de flexión con 2.5% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3510.48	74.92	46.86
2	15	15	45	3068.63	75.00	40.92
3	15	15	45.03	3070.98	74.95	40.97
Promedio	15.0	15	45.03	3216.7	74.96	42.92

Tabla 3-46: Resultados del ensayo de flexión con 2.5% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3225.26	74.92	43.05
2	15	15	45	3439.71	75.00	45.86
3	15	15	45.03	4214.28	74.95	56.23
Promedio	15.0	15	45.03	3626.4	74.96	48.38

### 3.8.2 Concreto con 4% de contenido de fibras

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 4% de fibras de acero, a las edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 3-47: Resultados del ensayo de flexión con 4% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2941.8	74.92	39.27
2	15	15	45	2987.9	75.00	39.84
3	15	15	45.03	2815.8	74.95	37.57
Promedio	15.0	15	45.03	2915.2	74.96	38.89

Tabla 3-48: Resultados del ensayo de flexión con 4% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3404.93	74.92	45.45
2	15	15	45	3534.07	75.00	46.47
3	15	15	45.03	3582.88	74.95	47.80
Promedio	15.0	15	45.03	3491.1	74.96	46.78

Tabla 3-49: Resultados del ensayo de flexión con 4% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3479.48	74.92	46.44
2	15	15	45	4195.11	75.00	55.93
3	15	15	45.03	3667.1	74.95	48.93
Promedio	15.0	15	45.03	3780.6	74.96	50.44

### 3.8.3 Concreto con 5.2% de contenido de fibras

En esta sección se muestran los resultados de ensayar el concreto con 5.2% de fibras de acero, a las edades de 7,14 y 28 días.

Tabla 3-50: Resultados del ensayo de flexión con 5.2% de fibras de acero a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3143.78	74.92	41.96
2	15	15	45	3260.75	75.00	43.11
3	15	15	45.03	3439.77	74.95	45.89
Promedio	15.0	15	45.03	3272.3	74.96	43.78

Tabla 3-51: Resultados del ensayo de flexión con 5.2% de fibras de acero a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3439.71	74.92	45.91
2	15	15	45	3660.75	75.00	48.81
3	15	15	45.03	3675.87	74.95	49.03
Promedio	15.0	15	45.03	3591.9	74.96	47.92

Tabla 3-52: Resultados del ensayo de flexión con 5.2% de fibras de acero a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Espécimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	5200.86	74.92	69.42
2	15	15	45	4012.58	75.00	66.83
3	15	15	45.03	6920.61	74.95	92.34
Promedio	15.0	15	45.03	5378.02	74.96	71.75

## **4 CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN**

1. Según Bach et. al. (2013: p.215), en sus tesis de grado titulada “La influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto en losas aligeradas a 3200 M.S.N.M”, de acuerdo con los resultados obtenidos se concluyó que la incorporación de fibras disminuye su resistencia a compresión, asimismo se encontró una disminución en la trabajabilidad de las mezclas de concreto. De acuerdo con los resultados obtenidos por Córdova et. al. (2012: p.60), y Medina et. al. (2017: p.10), la trabajabilidad se ve afectada de manera negativa conforme se incrementaron las cantidades de fibras de acero, es decir, se observó una reducción en este valor.

Estos datos resultaron estar de acuerdo con los valores medidos experimentalmente en este trabajo de investigación, como se puede observar en la figura 4-10. De acuerdo con estos datos, se observó una reducción del 50% de la trabajabilidad para un contenido del 5.2% de contenido de fibras.

2. Según Ahmadi et. al (2017:p.10), quienes realizaron una serie de estudio orientados a la aplicación de fibras de acero en el concreto, con la finalidad de poder disminuir los espesores de pavimentos rígidos. Los resultados obtenidos por estos investigadores, en términos generales, indicaban que existía una reducción en la resistencia a la compresión del 2% por cada 1% de fibra de acero aplicada.

De los resultados obtenidos a los 28 días de las pruebas realizadas a la compresión sin fibra se obtuvo  $f_c = 289.4 \text{ kg/cm}^2$ .

Con la aplicación en % de fibras de acero se obtuvo los siguientes resultados:

Con 2.5% de fibra de acero se obtuvo  $f_c = 237.6 \text{ kg/cm}^2$ , disminuyendo un 18% con respecto al patrón.

Con 4% de fibra de acero se obtuvo  $f_c = 223.3 \text{ kg/cm}^2$ , disminuye un 23% con respecto al patrón.

Con 5.2% de fibra de acero se obtuvo  $f_c = 215 \text{ kg/cm}^2$ , disminuye un 26% con respecto al patrón.

De lo expuesto de mis ensayos se deduce que a mayor % de fibra reduce la resistencia a compresión

3. Según Domsy et. al (2017:p.10), quienes encontraron una relación directa entre el incremento de la resistencia a la tracción y el contenido de fibras de acero, los que se incrementan en razón de 10% por cada 1% de fibras incorporadas. Resultados similares fueron obtenidos por Onuagulucci et. al (2017), Medina et. al (2017) y Ahmadi et. al (2017), quienes concluyeron, en general, que la incorporación de fibras de acero, mejora de manera notable el comportamiento en tracción del concreto.

De los resultados obtenidos a los 28 días de las pruebas realizadas a la tracción sin fibra se obtuvo  $f_t = 25.9 \text{ kg/cm}^2$ .

Con la aplicación en % de fibras de acero se obtuvo los siguientes resultados:

Con 2.5% de fibra de acero se obtuvo  $f_t = 26.6 \text{ kg/cm}^2$ , aumenta un 3% con respecto al patrón.

Con 4% de fibra de acero se obtuvo  $f_t = 28.9 \text{ kg/cm}^2$ , aumenta un 12% con respecto al patrón.

Con 5.2% de fibra de acero se obtuvo  $f_t = 36 \text{ kg/cm}^2$ , aumenta un 39% con respecto al patrón.

De los ensayos con respecto la resistencia a tracción se deduce que a mayor % de fibra de acero mejora de manera notable su resistencia a la tracción.

4. Según Onuagulucci et. al (2017:p.8), Dowski et. al (2017:p.10), Medina et. al (2017:p.10) y Ahmadi et. al (2017), quienes encontraron en general que la incorporación de fibras de acero logró incrementar el módulo de rotura, encontrado razones de incremento que van desde 15% al 22% por cada punto porcentual de fibras de acero incorporadas en la mezcla, se concluyó que la aplicación de este tipo de mezclas en el diseño de pavimentos nos permite la reducción de los espesores.

En cuanto a los resultados de la resistencia del concreto a la flexión, o al módulo de rotura del concreto sin fibra se obtuvo  $MR = 36.8 \text{ kg/cm}^2$ . Con la aplicación en % de fibras de acero se obtuvo los siguientes resultados:

Con 2.5% de fibra de acero se obtuvo  $MR = 48.4 \text{ kg/cm}^2$ , Se puede mencionar que, este parámetro se incrementó un 32% con respecto al patrón.

Con 4% de fibra de acero se obtuvo  $MR = 50.4 \text{ kg/cm}^2$ , Se puede mencionar que, este parámetro se incrementó un 37% con respecto al patrón.

Con 5.2% de fibra de acero se obtuvo  $MR = 71.8 \text{ kg/cm}^2$ , Se puede mencionar que, este parámetro se incrementó un 95% con respecto al patrón.

De los ensayos con respecto al esfuerzo a flexión se deduce que a mayor % de fibra de acero mejora de manera notable su resistencia a la flexión

#### 4.1 Comportamiento del concreto en compresión

De los resultados obtenidos de los ensayos en compresión se ha podido evaluar, en primera instancia, la evolución de la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas, este acápite resulta de gran importancia, pues como se sabe, la resistencia a la compresión evoluciona con el tiempo, hasta alcanzar un valor estable, el que finalmente vendría determinar la resistencia a la compresión de este.

El estudio de la evolución temporal de la resistencia del concreto tiene aplicaciones adicionales, por ejemplo, en la determinación de los tiempos de desencofrado o los tiempos mínimos requeridos para la aplicación de esfuerzos de postensado en elementos como vigas o losas.

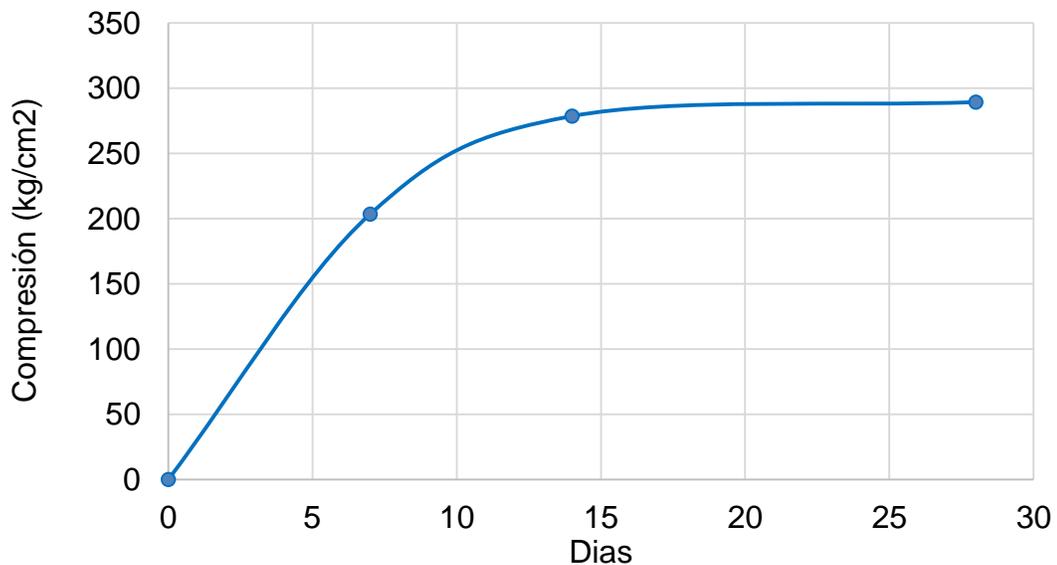


Figura 4-1: Evolución de la resistencia en compresión del concreto simple con el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

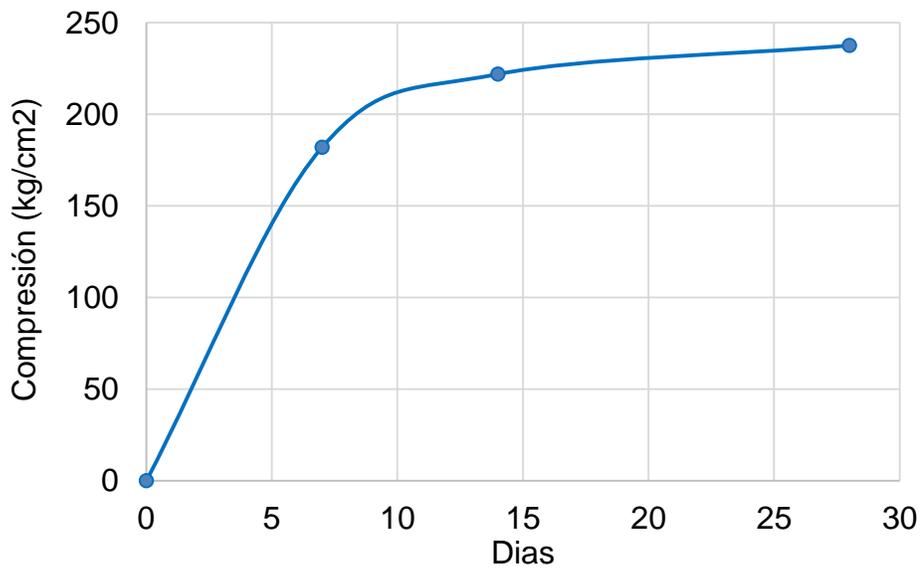


Figura 4-2: Evolución de la resistencia en compresión del concreto con 2.5% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

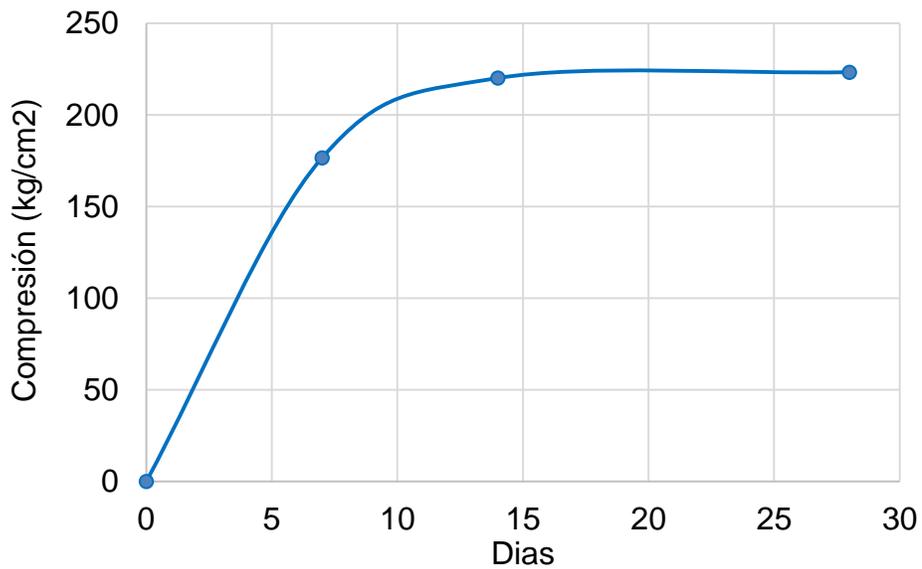


Figura 4-3: Evolución de la resistencia en compresión del concreto con 4% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

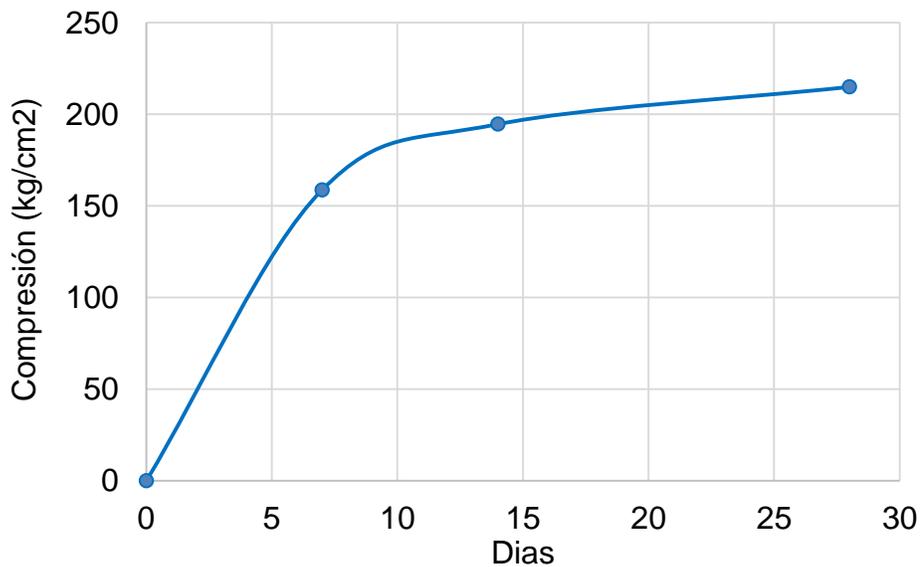


Figura 4-4: Evolución de la resistencia en compresión del concreto con 5.2% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

Esto último es importante, ya que como se sabe, los desencofrados y/o la aplicación de esfuerzos postensados se deben hacer cuando el concreto alcanza ciertos valores específicos.

De los resultados obtenidos se ha graficado la evolución de la resistencia a la compresión del concreto en función del número de días, como se observa en la Figura 4-1. De este gráfico se puede observar que el concreto alcanzó la resistencia a la compresión a temprana edad, ya que del gráfico presentado se observó que este se presentó a la edad de 7 días. Sin embargo, este parámetro fue incrementándose gradualmente hasta alcanzar los 280 kg/cm<sup>2</sup> al llegar a los 28 días.

Los resultados encontrados son compatibles con las recomendaciones dadas por el American Concrete Institute (ACI), la que especifica que la resistencia a la compresión a los 14 días de edad debería ser por lo menos del 70% de la resistencia especificada, y como se puede observar de los resultados presentados en la gráfica mencionada, la resistencia a la compresión del

concreto fue muy superior al 70% de la resistencia a la compresión especificada.

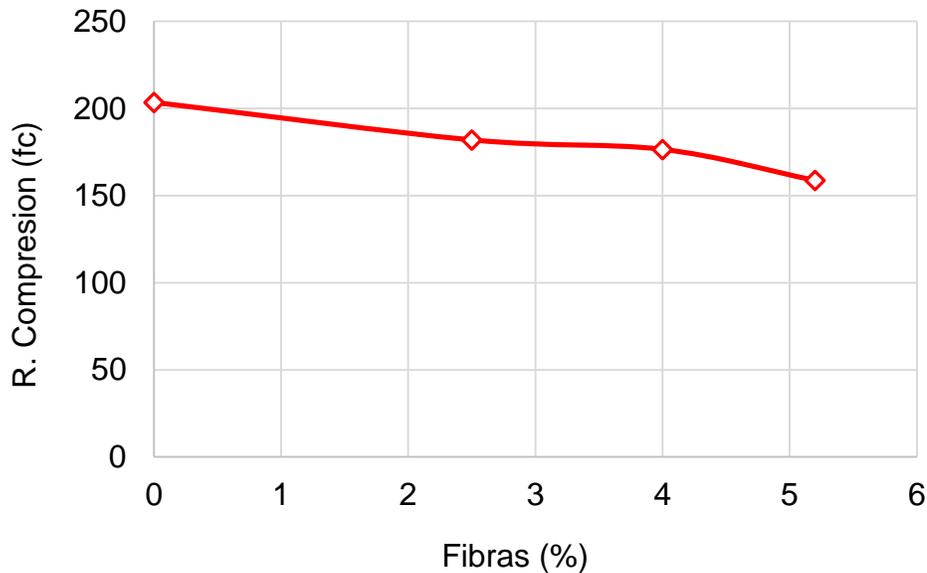


Figura 4-5: Resistencia a la compresión del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 7 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

Otro parámetro importante, consecuente con los objetivos que motivan el presente trabajo de investigación, es el efecto de las fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, ya que, de acuerdo con trabajos previos, como los Medina et. al (2016), las fibras de acero en general tienden a disminuir la resistencia a la compresión de los concretos. De los trabajos de investigación mencionados se ha observado también que existe una cantidad de contenido de fibras óptimo, en el que la existencia a la compresión tiende a incrementarse, sin embargo, mayores contenidos tienden a reducir este parámetro.

En la Figura 4-5 se muestra el efecto del contenido de fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de edad. De este grafico se puede observar que la resistencia a la compresión máxima a los siete de días de edad se dio sin la aplicación de fibras, es decir cuando el contenido de fibras fue de 0%. A medida que el contenido de fibras se fue incrementando se observó un ligero incremento, que para este trabajo no se tomó en consideración, por lo que se asume que la resistencia a la compresión permaneció constante cuando se aplicó un 2.5% de contenido de fibras de acero.

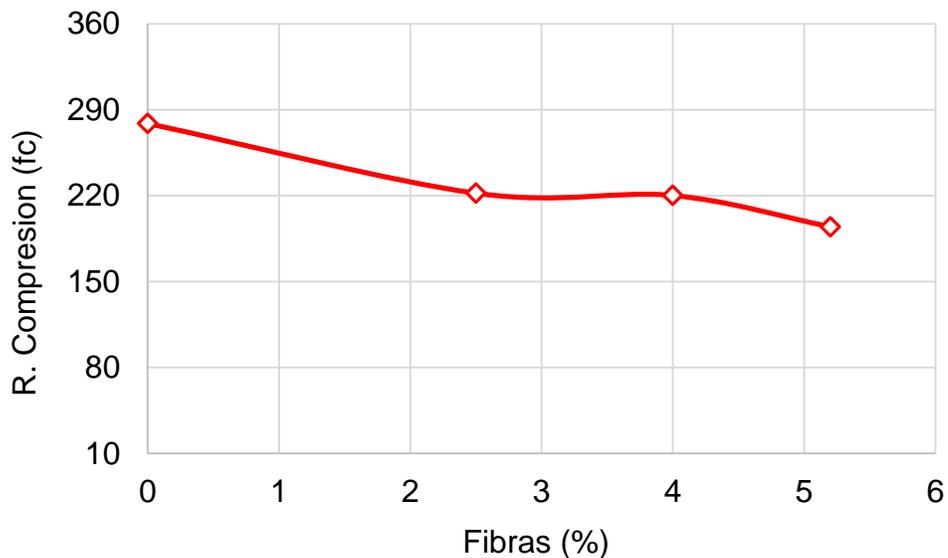


Figura 4-6: Resistencia a la compresión del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

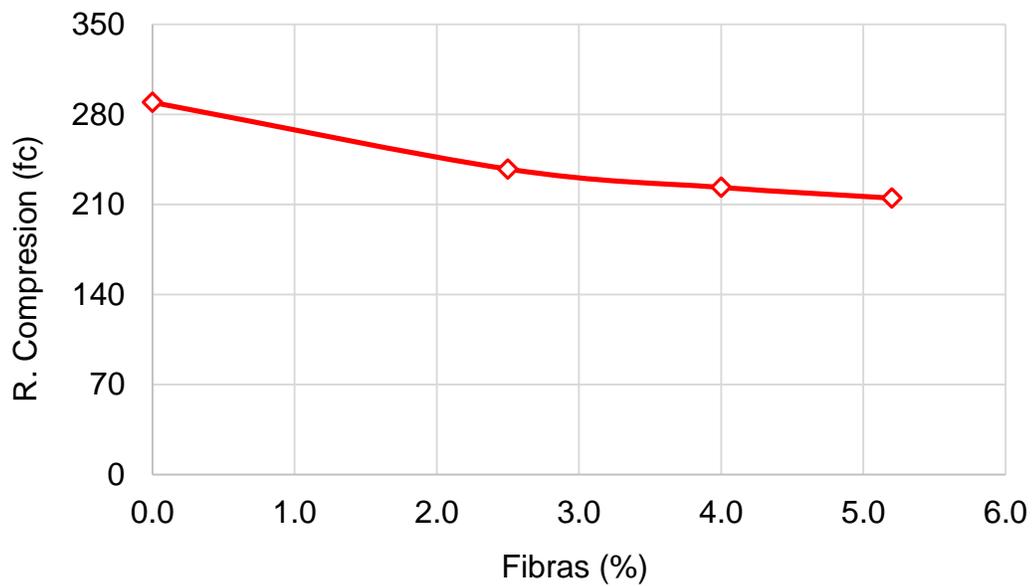


Figura 4-7: Resistencia a la compresión del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

Cuando el porcentaje de acero aplicado fue del 4%, en volumen, se observó un descenso de la resistencia a la compresión, alcanzando el valor de 182 kg/cm<sup>2</sup>, notándose una disminución de la resistencia a la compresión del 10%. Finalmente, cuando la cantidad de fibras de acero presentes en el concreto fue de 5.2%, en volumen, se observó que la resistencia a la compresión del concreto cayó hasta casi 160 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, una reducción en la resistencia a la compresión del 20%.

Resultados similares se encontraron al evaluar la resistencia a la compresión del concreto a las edades de 14 y 28 días, tales resultados se muestran en las Figura 4-6 y Figura 4-7. De estos resultados resulta de interés observar que, a los 28 días, la presencia de fibras de acero redujo la resistencia a la compresión en proporciones similares a las obtenidas a la edad de 7 días, ya que se observó que la resistencia a la compresión del concreto sin fibras fue de 280 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que, a la misma edad, el contenido de fibras redujo

este valor hasta los  $215 \text{ kg/cm}^2$ , es decir, hubo una reducción del 25% en la resistencia a la compresión.

Aunque en principio estos resultados parecen dar la idea de que la aplicación de fibras termina perjudicando al concreto, en lugar de mejorar sus características mecánicas, el hecho que en la práctica de la ingeniería, muchas veces, no es la resistencia a la compresión el parámetro que determina los límites de aplicabilidad de este material, sino más bien la resistencia a la tracción y el módulo de rotura; por tanto, aunque los resultados mostrados han mostrado un decremento de la resistencia a la compresión, la verdadera utilidad de las fibras de acero se verá reflejado en el incremento de la resistencia a la tracción.

#### **4.2 Comportamiento del concreto en tracción**

Como se mencionó a lo largo de este trabajo de investigación, una de las limitaciones que el concreto tiene es su limitada resistencia a la tracción. Y que de acuerdo con el American Concrete Institute (ACI), la resistencia a la tracción es de aproximadamente el 10% de la resistencia a la compresión del concreto, es decir, que en el caso de concretos con una resistencia a la compresión especificada de  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , la resistencia a la tracción será de  $f_t=21 \text{ kg/cm}^2$ . Como se puede observar de esta realidad, es la limitada resistencia a la tracción del concreto la dimensión que limita sus aplicaciones potenciales, ya que se requieren elementos de concreto muy robustas para disminuir los esfuerzos de tracción presentes en estos elementos, o como en muchas aplicaciones de la ingeniería, se requieren de refuerzo, consistente usualmente en varillas de acero corrugado grado 60.

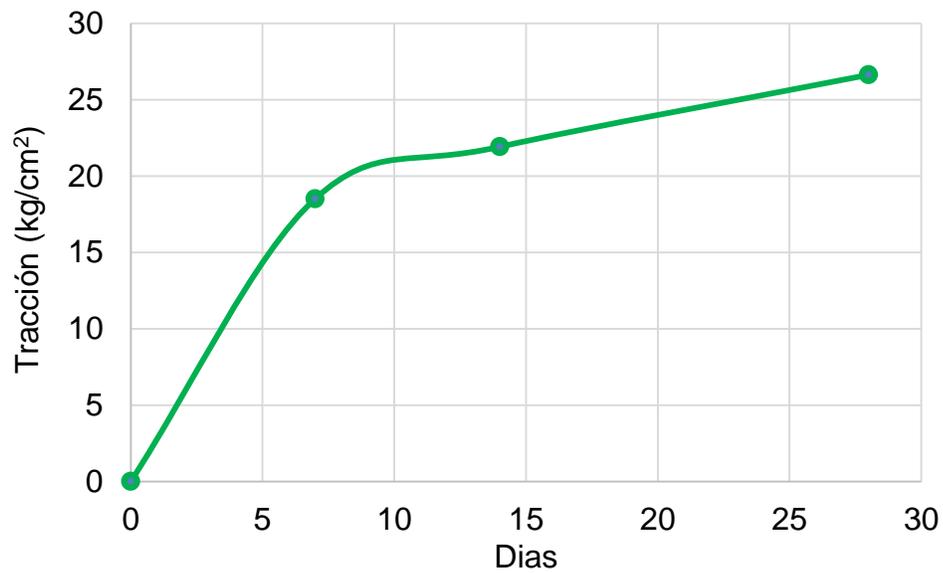


Figura 4-8: Evolución de la resistencia en tracción del concreto simple con el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

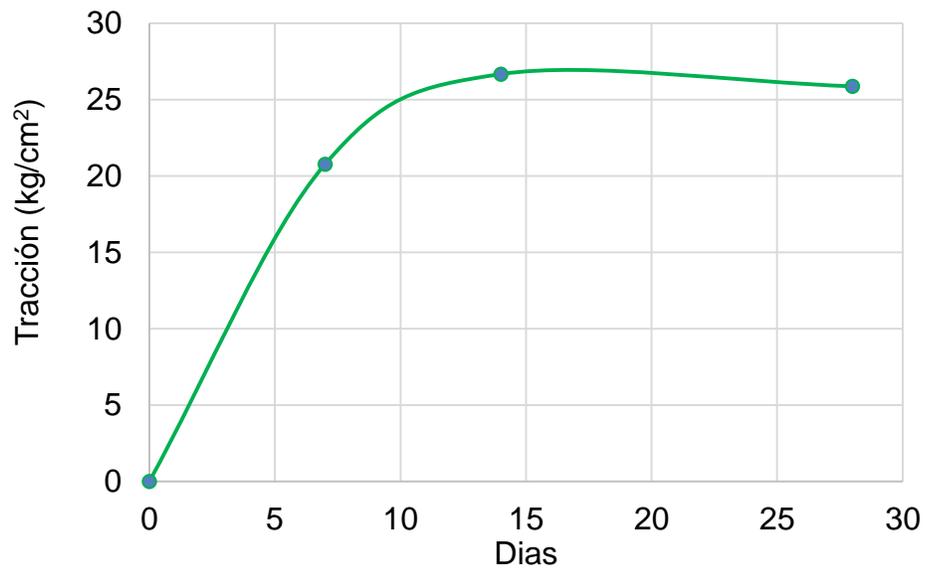


Figura 4-9: Evolución de la resistencia en tracción del concreto con 2.5% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

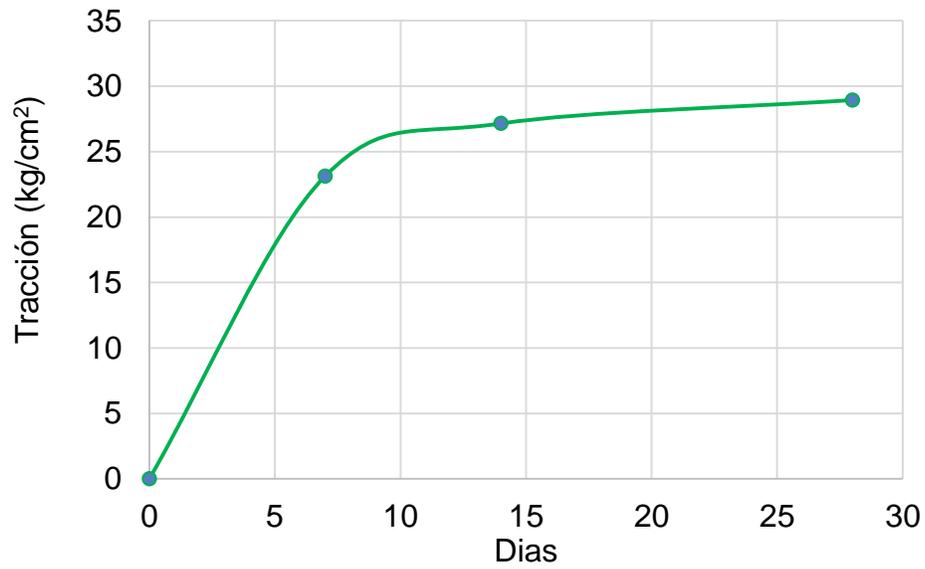


Figura 4-10: Evolución de la resistencia en tracción del concreto con 4% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

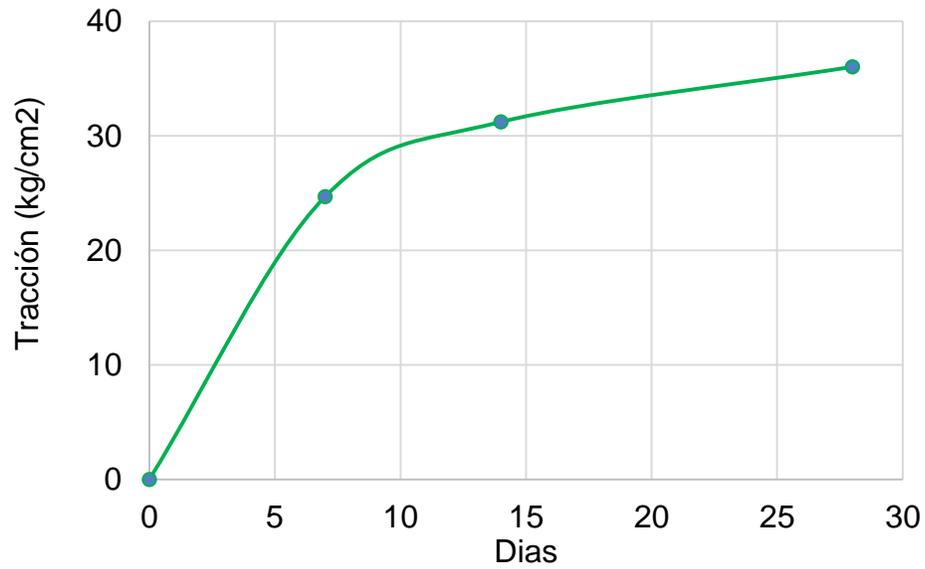


Figura 4-11: Evolución de la resistencia en tracción del concreto con 5.2% de fibras de acero en el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con esto, y cumpliendo con los objetivos del presente trabajo de investigación, se evaluó el efecto de las fibras de acero en la resistencia a la tracción del concreto. Para esto se estudió la resistencia a la tracción del concreto, obtenida mediante la prueba de tracción diametral o ensayo brasileño. Además, al igual que en el caso anterior, se estudió la evolución temporal de la resistencia a la tracción, del concreto simple, como se puede observar en la Figura 4-8.

Los resultados encontrados resultan de gran interés, pues nos muestra la evolución de la resistencia a la tracción del concreto con el tiempo. De este grafico se ve que la resistencia a la tracción máxima se dio a los 28 días de edad, alcanzando un valor de  $26.62 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que a los 7 días de edad la resistencia a la tracción fue de  $18.50 \text{ kg/cm}^2$ , es decir, un 70% de la resistencia máxima a la tracción.

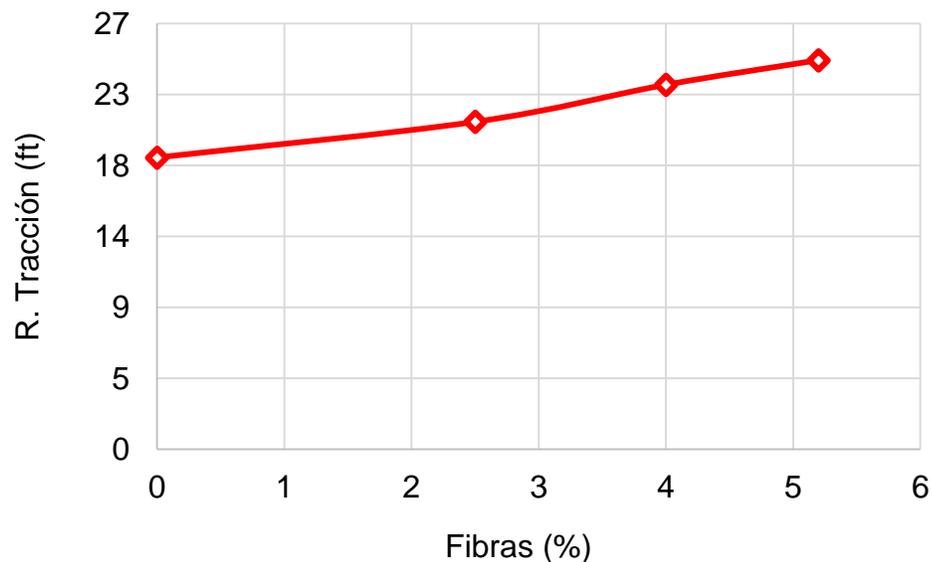


Figura 4-12: Resistencia a la tracción del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 7 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

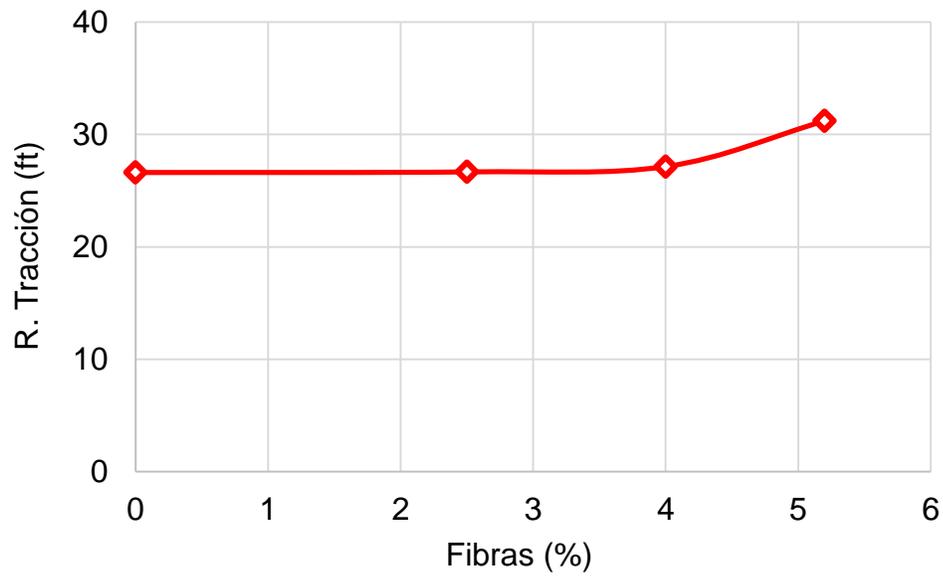


Figura 4-13: Resistencia a la tracción del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

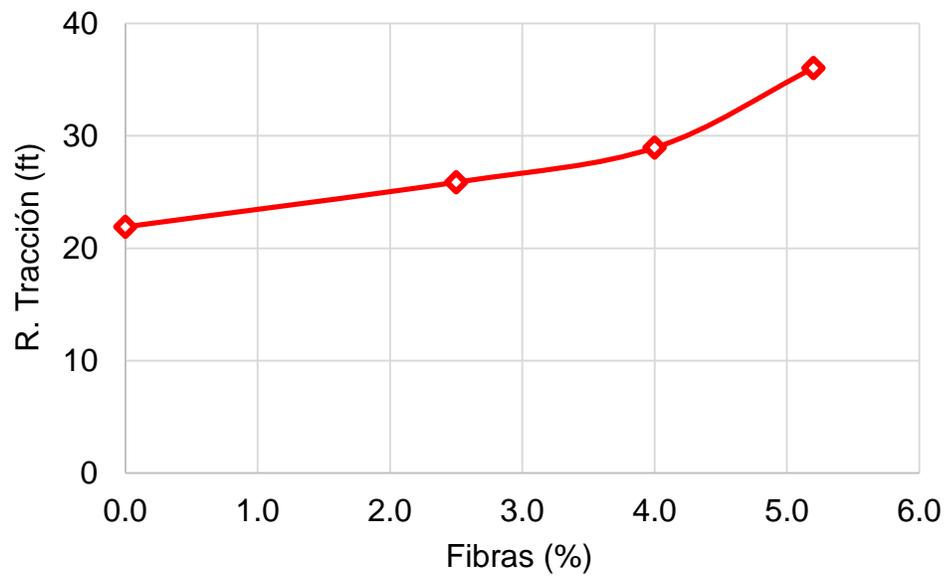


Figura 4-14: Resistencia a la tracción del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

Además, con la finalidad de poder determinar el efecto que tienen las fibras de acero en la resistencia a la tracción se estudió el efecto de ciertos porcentajes de fibras en la resistencia a la tracción, en este trabajo se eligieron porcentajes de 2.5%, 4% y 5.2% de fibras de acero, obtenidos como fracciones del peso de la mezcla completa. Además, con la finalidad de poder estudiar el efecto de las fibras de acero en las resistencias a la tracción en función de las distintas edades del concreto, se procedió a ensayar probetas cilíndricas por medio del ensayo brasileño a las edades de 7, 14 y 28 días.

Los resultados del efecto de las fibras en la resistencia a la tracción, a la edad de 7 días, se muestran en la Figura 4-12. De este gráfico se puede apreciar, en primer lugar, que las fibras tienden a incrementar la resistencia a la tracción, ya que se observó un incremento notable que va desde los 18.5 kg/cm<sup>2</sup>, con 0% de fibras de acero hasta un valor de 24.68 kg/cm<sup>2</sup>, con un contenido de fibras del 5.2%.

Además, en la Figura 4-13, se muestra el efecto de las fibras de acero en la resistencia a la tracción a los 14 días de edad. De este gráfico se observó que la resistencia a la tracción con 0% de fibras fue de 22 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que este valor se incrementó notablemente, hasta alcanzar un valor de 31.2 kg/cm<sup>2</sup>, con un 5.2% de fibras de acero. Resultados similares pueden comentarse de los valores intermedios.

Finalmente, en la Figura 4-14, se muestra el efecto que las fibras de acero tienen en la resistencia a la tracción de concreto, a la edad de 28 días. Al igual que en los casos descritos con anterioridad, se ha podido observar que la resistencia a la tracción se vio mejorada notablemente con incrementó de la cantidad de fibras de acero, por lo que se puede concluir que la resistencia a la tracción está relacionada de manera directa con el contenido de fibras de acero.

### 4.3 Comportamiento del concreto en flexión

El comportamiento del concreto en flexión es uno de los parámetros más importantes en la práctica de la ingeniería, ya que numerosas aplicaciones, como los pavimentos rígidos o losas de concreto armado se ven sometidas a la acción de esfuerzos de flexión, debido a las cargas perpendiculares al plano de este.

Debido a esto se procedió a la evaluación del módulo de rotura, un parámetro obtenido al someter a una viga prismática de concreto a la aplicación de cargas perpendiculares al eje de este elemento. La aplicación de cargas genera una distribución uniforme de esfuerzos uniforme al tercio central de la viga, lo que nos permite evaluar de manera práctica, una vez conocida las fuerzas de rotura, los esfuerzos de tracción asociados a la falla del elemento.

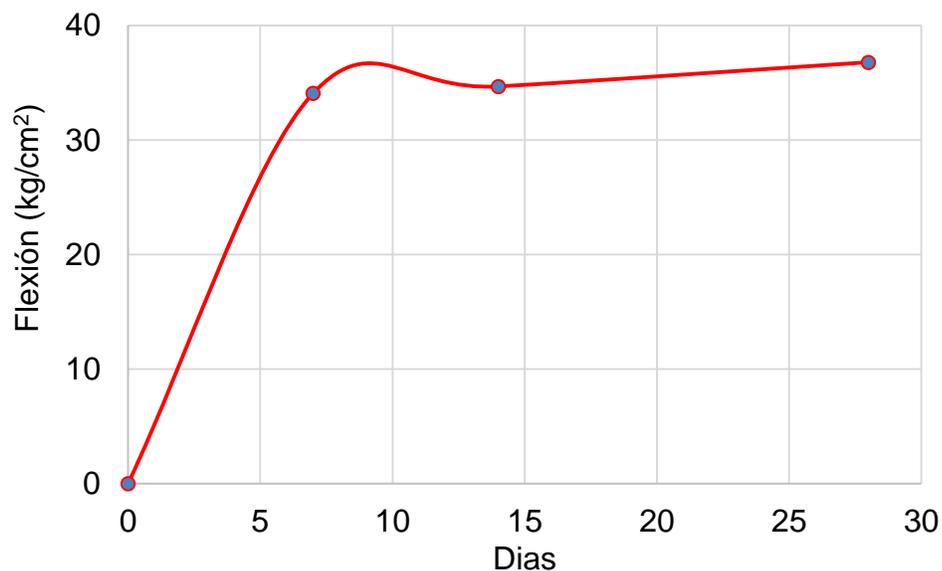


Figura 4-15: Evolución de la resistencia en flexión del concreto simple con el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

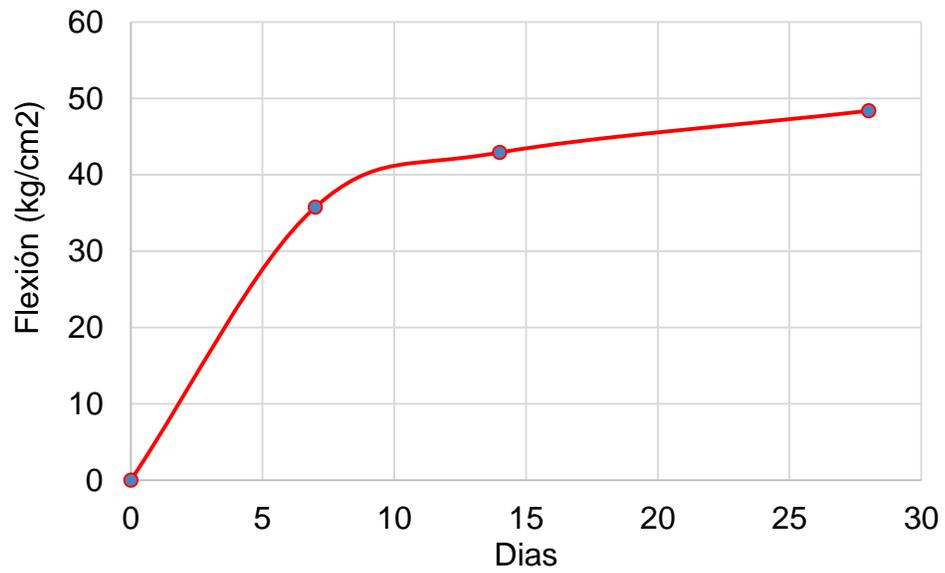


Figura 4-16: Evolución de la resistencia en flexión del concreto con fibras de 2.5% con el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

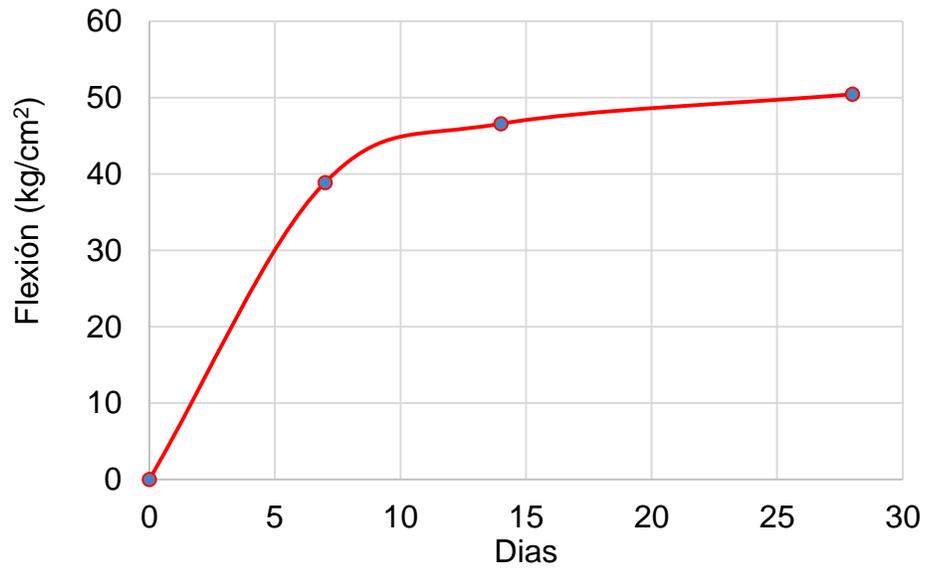


Figura 4-17: Evolución de la resistencia en flexión del concreto con fibras de 4% con el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

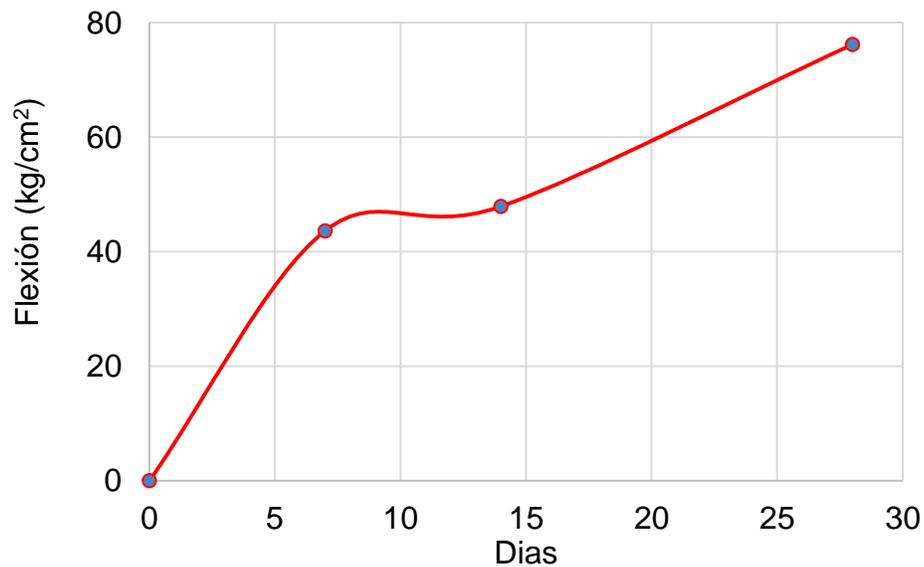


Figura 4-18: Evolución de la resistencia en flexión del concreto con fibras de 5.2 % con el tiempo. Fuente: Elaboración propia.

Como se indicó en las secciones respectivas, se prepararon una serie de vigas prismáticas, a las que se les agregaron contenidos de fibras de acero en los porcentajes ya mostrados. Los resultados del ensayo de vigas prismáticas hechas de concreto simple, es decir, hechas de concreto con 0% de fibras de acero, se muestran en la Figura 4-15. En este gráfico se puede observar la evaluación del módulo de rotura del concreto simple con el tiempo, en el que se puede apreciar que el módulo de rotura alcanzó los 36.78 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días de edad.

Además, en las Figura 4-16, Figura 4-17 y Figura 4-18, se muestra la evolución del módulo de rotura con el tiempo. De estos gráficos se puede observar una clara tendencia de crecimiento del módulo de rotura con el tiempo.

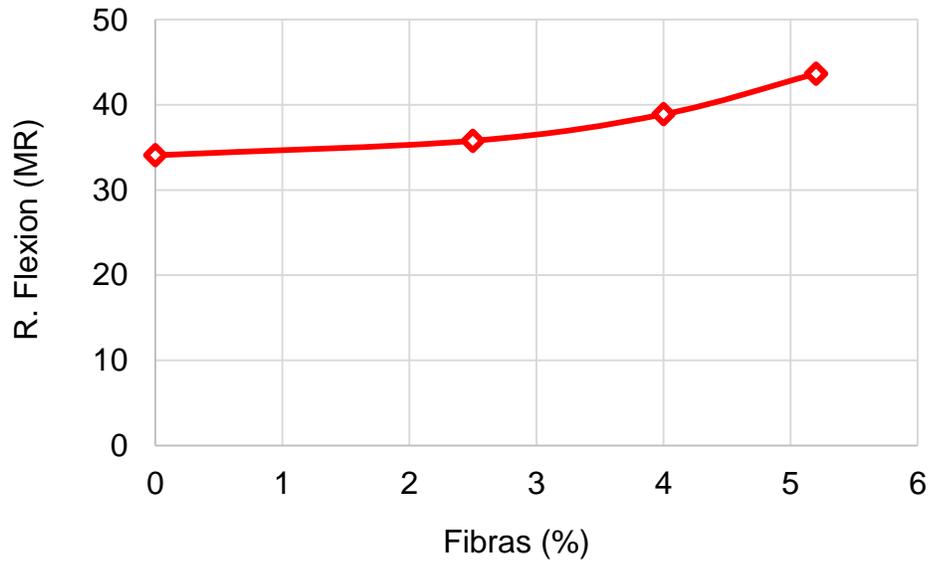


Figura 4-19: Modulo de rotura del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 7 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

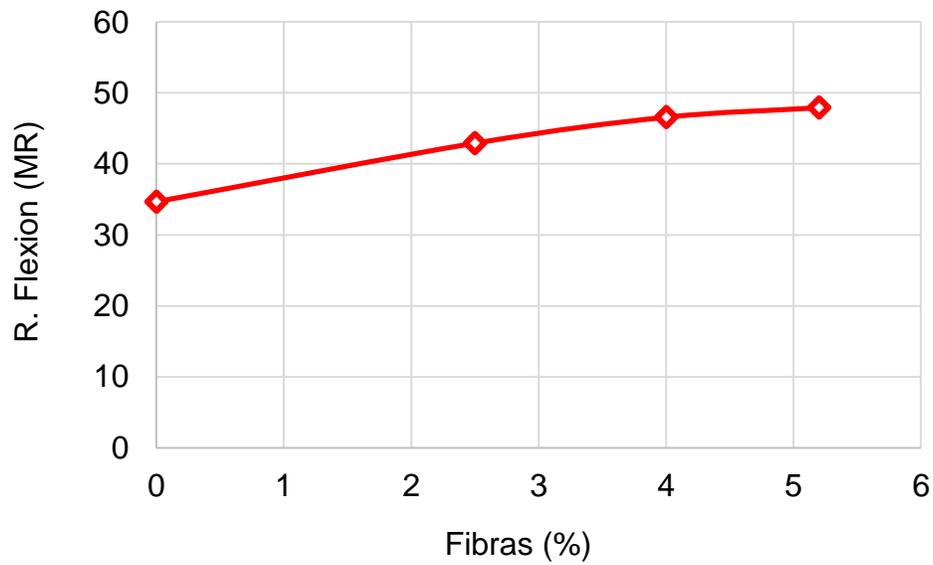


Figura 4-20: Modulo de rotura del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 14 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

Además, de la evolución temporal del módulo de rotura, es importante evaluar el efecto que las fibras de acero tienen en este importante parámetro. En la Figura 4-21 se muestra la incidencia que tiene el contenido de fibras en el módulo de rotura a los 7 días de edad, como se puede ver de este gráfico existe una tendencia clara a que el módulo de rotura se incrementa conforme se incrementa el contenido de fibras de acero.

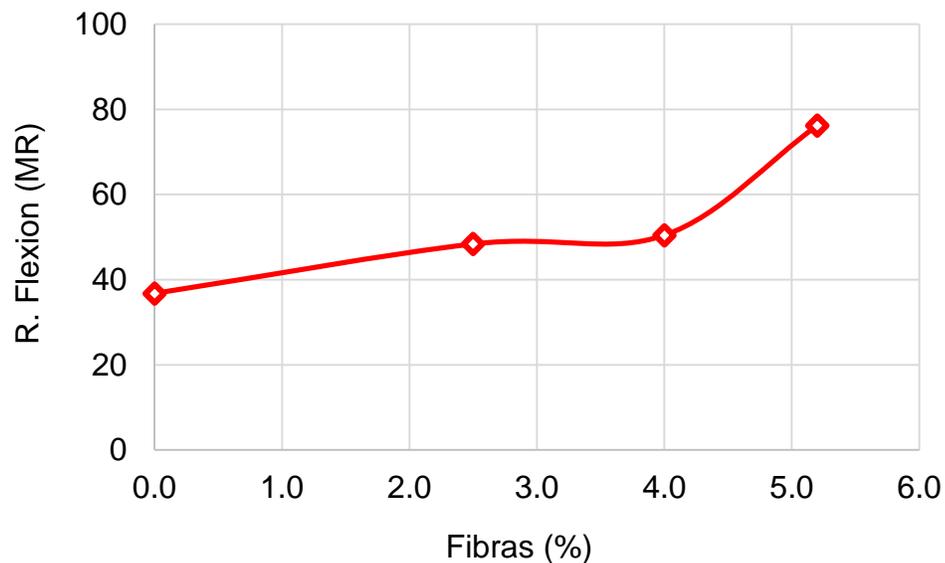


Figura 4-21: Módulo de rotura del concreto simple en función de la cantidad de fibras de acero usadas, a los 28 días de edad. Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, se puede apreciar que, a los 14 días de edad, el incremento en el contenido de fibras de acero resultó benéfico para este parámetro. Finalmente, a los 28 días de edad se observó que el 5.2% de contenido de fibras duplicó el módulo de rotura, con respecto al concreto simple.

Los resultados son congruentes con los trabajos presentados por Onuagalucci et. al (2017), Domski et. al (2016) y Medina (2016), quienes encontraron que el contenido de fibras de acero termina incrementando de manera notable el módulo de rotura.

#### 4.4 Trabajabilidad

La trabajabilidad de una mezcla es una medida del grado de fluidez de esta, por lo que es un parámetro importante para caracterizar el estado no endurecido del concreto.

Con la finalidad de evaluar el impacto del contenido de fibras de acero en este parámetro, se procedió a su medición en cada uno de los ensayos ejecutados en el laboratorio, obteniendo los resultados mostrados en la Figura 4-22.

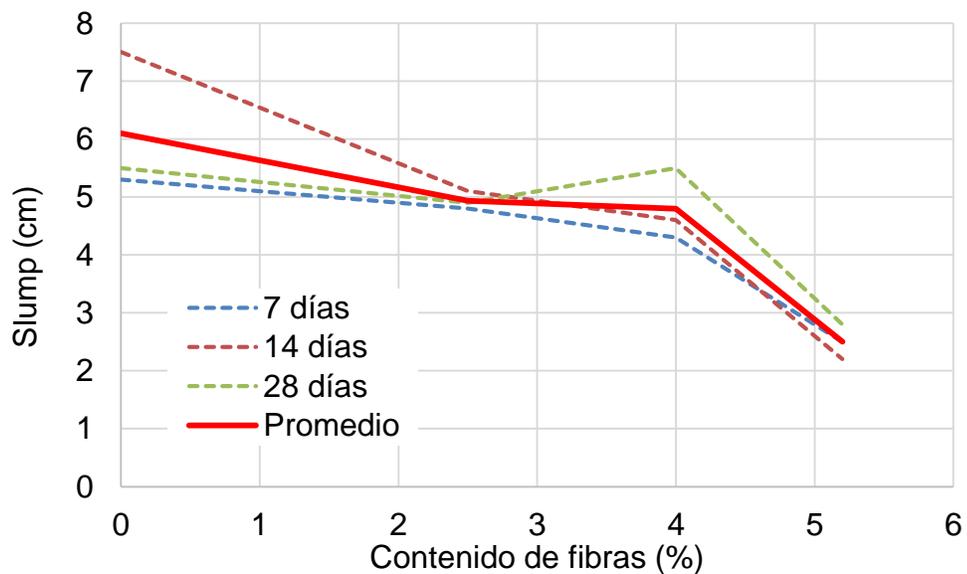


Figura 4-22: Efecto del contenido de fibras de acero en la trabajabilidad de la mezcla. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que la trabajabilidad tiende a disminuir conforme se incrementa el contenido de fibras, llegando a alcanzar un valor de 3 cm cuando el contenido de fibras fue de 5.2%.

## 4.5 PROPUESTA DE DISEÑO

### DISEÑO DE LOSA FIBROREFORZADA

#### 1. Procedimiento de cálculo

El procedimiento de cálculo adaptado por el programa PAVE 2008 está basado en los reglamentos mencionados en los párrafos anteriores, el cual puede ser seleccionado por el diseñador según su preferencia

A partir de un pre-diseño (Peralte de losa y dosificación de fibras metálicas y/o polipropileno) se determina los esfuerzos admisibles de la estructura.

Luego, se determinan los esfuerzos actuantes debido a las cargas sobre el pavimento, los cambios de temperatura y los esfuerzos de retracción que están presentes en el concreto; en el caso de las cargas se verificará también si la carga es en el borde del paño, en la esquina o en el centro, considerando también si las juntas serán con dowells o no.

Estos esfuerzos actuantes son amplificados utilizando los factores de seguridad que estipule el código seleccionado para el diseño

Finalmente, se compararán los esfuerzos actuantes con los admisibles por la estructura y se calcularán factores de seguridad que serán los que determinen la certeza del diseño recomendado.

##### 1.1. Datos de Diseño:

- **Calculo CBR**  
CBR sub base granular = 10%  
(CBR asumido, valor a verificar del ensayo correspondiente)
- Resistencia de Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

## 1.2. Procedimiento de cálculo

Se introducen los principales datos del sistema (espesor y dosificación de fibras a verificar), datos de temperatura, calidad de concreto, valores de resistencia, etc. como se muestra a continuación:

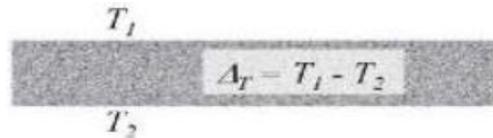
Para comenzar con el diseño se ha considerado los siguientes datos de entrada.

h (espesor de losa) : 15cm

Concreto : 210 kg/cm<sup>2</sup>

Espaciamiento entre juntas L<sub>x</sub> : 4.00 m

Espaciamiento entre juntas L<sub>y</sub> : 4.00 m



Gradiente de Temperatura  $\Delta T$ : 5°

Archivo Herramientas Ayuda

Información del Proyecto Datos de Entrada Verificación ELU Verificación ELS

Informaciones del Sistema Condiciones de la subrasante Cargas

Datos de Entrada

Informaciones del Siste...  
Condiciones de la subrasante  
Cargas  
Cargas Distribuidas  
Simple/doble carga pun.  
✓ Sistema de Estanterías  
✓ Montacarga  
Camión

Verificación ELU  
Verificación ELS

C 25/30  
FF1  
80kg/m<sup>3</sup>  
h = 150 mm  
k = 0.048 N/mm<sup>3</sup>  
Con juntas de control  
Código:  
EC 2 / TR34/3

Espesor de la Losa h 150 mm Módulo de sección  $W_c$  5400 mm<sup>3</sup>/mm  
Clase del Concreto C 25/30 Módulo de Young  $E_c$  31476 MPa  $f_{ck}$  20 MPa  
Módulo de Rotura  $f_{ctk,fl}$  3.10 MPa  $f_{cu}$  25 MPa  
Coeficiente de Poisson  $\nu$  0.20 Factor de Encogimiento  $\epsilon_{sh}$  0.40 ‰  
Espaciamiento entre juntas L<sub>x</sub> 4.00 m Área del Paño 16 m<sup>2</sup>  
Espaciamiento entre juntas L<sub>y</sub> 4.00 m Relación de Aspecto 1.00  
Gradiente de Temperatura  $\Delta T$  0.00 °C Coef. de Temperatura  $\alpha_T$  0.000012 1/K  
Coeficiente de Fricción  $\mu$  1.3 Base granular

Construcción  Sin juntas  Con juntas de control

Fibra de Acero Wirand® FF1 Dosificación 80 kg/m<sup>3</sup> Re<sub>s,3</sub> 57 %  
Fibra de PP Fibromac® 0 Dosificación 0 g/m<sup>3</sup>

Puede ser considerado Factor Encogimiento = 0 cuando el espaciamiento de juntas no excede 12 mt (39 ft)

Figura 01.- Informaciones del sistema

Luego se introducen los parámetros de apoyo, como se comentó inicialmente esta losa estará apoyada sobre un suelo con un CBR de la Sub Rasante de 10%, con esto el programa podrá determinar entre otras cosas el radio de rigidez, longitud característica y tener la consideración de apoyo para el diseño:

The screenshot shows the 'Pave 2008 v. 1.1.0' software interface. The main window has a menu bar with 'Archivo', 'Herramientas', and 'Ayuda'. Below the menu bar are tabs for 'Información del Proyecto', 'Datos de Entrada', 'Verificación ELU', and 'Verificación ELS'. The 'Datos de Entrada' tab is active, and within it, the 'Condiciones de la subrasante' sub-tab is selected. The interface is divided into a left sidebar and a main content area.

**Left Sidebar (Navigation):**

- Información del Proyecto
- Datos de Entrada
  - Informaciones del Sistema
  - Condiciones de la subra...
  - Cargas
    - Cargas Distribuidas
    - Simple/doble carga pun.
  - ✓ Sistema de Estanterías
  - ✓ Montacarga
  - Camión
- Verificación ELU
- Verificación ELS

**Main Content Area (Parameters):**

- Módulo de Westergaard  $k$    $\text{N/mm}^2$
- Módulo de la Subrasante  $E_{v2}$    $\text{MPa}$
- $E_{v2}/E_{v1}$
- Índice de soporte California  $\text{CBR}$   %

---

- Radio de Rigidez  $\ell$    $\text{mm}$
- Longitud Característica  $1/\lambda$    $\text{mm}$

**Bottom Left Panel (Summary):**

- C 20/25
- FF1
- 80  $\text{kg/m}^3$
- $h = 150 \text{ mm}$
- $k = 0.048 \text{ N/mm}^2$
- Con juntas de control
- Código:  
EC 2 / TR34/3

**Figura 02.- Condiciones de la Subrasante**

Seguidamente, se introducen las cargas que estarán presentes sobre la losa durante su vida útil, entre las cuales el programa determinará cuál es más perjudicial para la losa. En este momento el programa puede determinar las cargas actuantes y las cargas admisibles del sistema, con lo que nos podemos dar una primera impresión de la seguridad de la losa:

### Análisis de cargas sobre la estructura de Losa:

#### Montacarga de 2.5 Ton:

Montacarga de 2.5 ton



Archivos Herramientas Ayuda

Información del Proyecto

Datos de Entrada

Información del Proyecto Datos de Entrada Verificación ELU Verificación ELS

Informaciones del Sistema Condiciones de la subrasante Cargas

Cargas Distribuidas Simple/doble carga puntual Sistema de Estanterías Montacarga Camión

Posición de la Carga Esquina Junta Libre + Junta de contr...  $P_{uC}$  35.56 kN

Tipo 0.6  $P_{12000}$

Peso Total 25.00 kN ← Montacarga de 2.5 Ton

Carga de la Rueda Delantera F 10.00 kN

Carga de la Rueda Trasera R 2.5 kN

Carga en el eje delantero 20.00 kN

Espac. entre las Ruedas  $s_1$  800 mm  $s_2$  800 mm

Espaciamiento entre los Ejes a 1200 mm

Área de Contacto de la Rueda bx 200 mm by 200 mm A 40000 mm<sup>2</sup>

Coefficiente de Seguridad  $\gamma$  1.00  $\geq 1.60$

Cargas actuantes y capacidad última de carga

$P_{act}$  20.25 kN

$P_u$  35.56 kN

C 25/30

FF1

80 kg/m<sup>3</sup>

h = 150 mm

k = 0.048 N/mm<sup>3</sup>

Con juntas de control

Código:  
EC 2 / TR34/3

Figura 03.- Cálculo de cargas actuantes debido al Montacarga de 2.5 Ton

## Carga distribuida de 5 KN/m2:

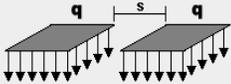
Archivo Herramientas Ayuda

Información del Proyecto **Datos de Entrada** Verificación ELU Verificación ELS

Informaciones del Sistema Condiciones de la subrasante **Cargas**

Cargas Distribuidas Simple/doble carga puntual Sistema de Estanterías Montacarga Camión

**Bloque de Carga**



**Línea de Carga**



Posición de la Carga Interior

Junta

Capacidad última de Carga p.s.m.  $q_u$  81.38 kN/m<sup>2</sup>

Carga **q** 5.00 kN/m<sup>2</sup>

Coefficiente de Seguridad  $\gamma_q$  1.50  $\geq 1.50$

Ancho crítico s 1.44 m

Capacidad última de Carga p.l.m.  $P_u$

Carga P

Coefficiente de Seguridad  $\gamma_L$  1.50  $\geq 1.50$

Cargas actuantes y capacidad última de carga

Bloque de Carga (+ p. p.)		Línea de Carga	
$q_{act}$	8.60 kN/m <sup>2</sup>	$P_{act}$	
$q_u$	81.38 kN/m <sup>2</sup>	$P_u$	

C 20/25  
FF1  
80 kg/m<sup>3</sup>  
h = 150 mm  
k = 0.048 N/mm<sup>2</sup>  
Con juntas de control  
Código:  
EC 2 / TR34/3

Figura 04.- Carga distribuida de 5 KN/m2

Finalmente, el programa resta a los efectos de las cargas los ocasionados por el alabeo provocado por el cambio de temperatura y los compara con los admisibles:

Archivo Herramientas Ayuda

Información del Proyecto    Información del Proyecto    Datos de Entrada    Verificación ELU    Verificación ELS

Datos de Entrada    Capacidad a flexión    Capacidad al punzonado

Informaciones del Sistema

Condiciones de la subrasante

Cargas

Cargas Distribuidas

✓ Simple/doble carga pun.

✓ Sistema de Estanterías

✓ Montacarga

Camión

Verificación ELU

Verificación ELS

C 20/25

FF1

80 kg/m<sup>2</sup>

h = 150 mm

k = 0.048 N/mm<sup>2</sup>

Con juntas de control

Código:  
EC 2 / TR34/3

Concentrada

Cargas	Posición	$P_u/P_{act}$	Junta	Resultados
Simple/doble carga puntual	Interior	<input type="text"/>	---	$P_{act}$ <input type="text"/> kN
Sistema de Estanterías	Borde	<input type="text"/>	Libre	$P_{act}$ <input type="text"/> kN
Montacarga	Esquina	1.76	Libre	$P_{act}$ 20.25 kN
Camión	Borde	<input type="text"/>	Libre	$P_{act}$ <input type="text"/> kN
<b>Cargas Distribuidas</b>				
Bloque de Carga (+ p. p.)	Interior	9.46	---	$q_{act}$ 8.60 kN/m <sup>2</sup>
Línea de Carga	Interior	<input type="text"/>	---	$P_{act}$ <input type="text"/> kN/m
<b>Combinación</b>				
Combinación	Posición		Junta	Resultado
Montacarga	Esquina		Libre	$P_{Des}$ 20.25 kN
<hr/>				
Capacidad última de Carga		$P_u - (\Delta P_{SH} + \Delta P_{\Delta T})$	<input type="text"/>	29.51 kN
Factor de seguridad Global		$P_u/P_{Des}$	<input type="text"/>	1.46

$(\Delta P_{SH} + \Delta P_{\Delta T})$  Efecto de la retracción y temperatura en la capacidad última de carga

**Figura 05.- Determinación del Factor de Seguridad Global debido a cargas de Flexión**

Archivo Herramientas Ayuda

Información del Proyecto Datos de Entrada Verificación ELU Verificación ELS

Capacidad a flexión Capacidad al punzonado

Cargas

Cargas	Posición	Juntas	Resultados
Simple/doble carga puntual	Interior	---	$P_{act}$ <input type="text"/> kN
Sistema de Estanterías	Borde	Libre	$P_{act}$ <input type="text"/> kN
Montacarga	Esquina	Libre	$P_{act}$ <input type="text" value="20.25"/> kN
Camión	Borde	Libre	$P_{act}$ <input type="text"/> kN

Combinación	Posición	Junta	Resultado
Montacarga	Esquina	Libre	$P_{Des}$ <input type="text" value="20.25"/> kN

Verificación en la cara de la carga

Capacidad última al punzonado	$P_{uV}$ <input type="text" value="165.60"/> kN
Factor de seguridad global. Cara de Carga	$P_{uV}/P_{Des}$ <input type="text" value="8.18"/>

Verificación en el perímetro crítico

Capacidad última al punzonado	$P_{uV}$ <input type="text" value="41.67"/> kN
Factor de seguridad. Perímetro Crítico	$P_{uV}/P_{Des}$ <input type="text" value="2.06"/>

C 20/25

FF1

80 kg/m<sup>3</sup>

h = 150 mm

k = 0.048 N/mm<sup>2</sup>

Con juntas de control

Código:  
EC 2 / TR34/3

**Figura 06.- Determinación del Factor de Seguridad Global debido a Punzonamiento**

**Factor de Seguridad:**

- Factor de Seguridad Global de Flexión = 1.46 OK
- Factor de Seguridad Global de Punzonamiento = 2.06 OK

**Concluimos que el diseño óptimo para este pavimento es de una losa de 15 cm de espesor con una dosificación de 80 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero Wirand FF1 y una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

## 2. Precios Unitario

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
<b>EQUIPO</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		5%	28.11	1.41
VIBRADOR DE CONCRETO	hm	3	0.4	5.66	2.26
					<b>3.67</b>

Descripción de Materiales	Unidad	Peso	Cantidad	P.U. (S/.)	Precio (S/.)
<b>PRODUCCIÓN DE CONCRETO</b>					
<b>fc=210 kg/cm<sup>2</sup></b>					
AGREGADO GRUESO	bolsa	40	15	4.50	67.50
AGREGADO FINO	bolsa	40	12	4.50	54.00
CEMENTO	bolsa	42.5	4	24.50	98.00
FIBRA WIRAND FF1	caja	20	3	4.41	310.65
AGUA	litros	108	1	0.00	0.00
					<b>530.15</b>

Descripción de Materiales	Unidad	Peso	Cantidad	PU	Costo	COST/M3
<b>7, 14 y 28 días</b>						
<b>DISEÑO DEL CONCRETO SIMPLE</b>						
1.1 AGREGADO GRUESO	kg	51.5	1	0.11	5.79	
1.2 AGREGADO FINO	kg	36.9	1	0.11	4.15	
1.3 CEMENTO	kg	17.8	1	0.58	10.26	
1.4 AGUA	litro	12	1	0.00	0.00	
					20.21	<b>269.42</b>

El precio por kilogramo de fibra Wirand FF1 es de **S/ = 4.8**

Volumen		
Espesor	30 cm	15 cm
m3	1 m3	0.5 m3

Costo de concreto sin fibra:

$$1m^3 \times 273.09 \frac{S/}{m^3} = 273.09$$

Costo de concreto con fibras de 3.2kg/m<sup>3</sup>:

$$0.50m^3 \times 273.09 \frac{S/}{m^3} + 3.2 \frac{kg}{m^3} \times 0.50m^3 \times 4.8 \frac{S/}{kg} = 144.2$$

Costo de concreto con fibras de 4.8kg/m<sup>3</sup>:

$$0.50m^3 \times 273.09 \frac{S/}{m^3} + 4.8 \frac{kg}{m^3} \times 0.50m^3 \times 4.8 \frac{S/}{kg} = 148.07$$

Costo de concreto con fibras de 6.4kg/m<sup>3</sup>:

$$0.50m^3 \times 273.09 \frac{S/}{m^3} + 6.4 \frac{kg}{m^3} \times 0.50m^3 \times 4.8 \frac{S/}{kg} = 151.91$$

## **5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

1. Se concluye que el contenido de fibras tiende a disminuir la trabajabilidad de las mezclas de concreto, pues se observaron reducción de hasta el 50% de la trabajabilidad con un contenido de 5.2% de fibras de acero. En general la trabajabilidad de la mezcla disminuye con el incremento de fibras de acero.
2. La resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7,14 y 28 días resulta ser mayor que el del concreto reforzado con fibra de acero. Y se puede afirmar que provoca una disminución de la resistencia a la compresión del concreto, de hecho, se ha podido observar una reducción de la resistencia a la compresión de hasta 18%, 23% y 26 %, con una dosificación de 2.5%, 4% y 5.2, sin embargo, tiene un mejor comportamiento a la tracción y flexión.
3. Se concluye que la resistencia del esfuerzo a la tracción por flexión a los 28 días incrementa a un 10.1 kg/cm<sup>2</sup> (39%) con respecto a 25.9 kg/cm con una dosificación de 5.2% de fibra de acero.
4. Se concluye que el esfuerzo a la flexión o el módulo de rotura incrementa a un 35 kg/cm<sup>2</sup> (95%) con respecto a 36.8. kg/cm con una dosificación de 5.2% de fibra de acero. Y por lo general se puede decir que a mayor % de fibra tiende a mejorar el comportamiento a flexión del concreto.
5. Se concluye que las fibras de acero, mejoran el comportamiento mecánico del concreto con una dosificación de 5.2%, especialmente si estas serán aplicadas al diseño de losas de concreto, pues en general estos elementos se encuentran sometidos a grandes esfuerzos de flexión, por lo que, si el comportamiento a flexión mejora, se pueden lograr reducciones de espesor importantes.

6. Al ahorrar tiempo de 20 días, este se puede reflejar en la programación de la obra, ya que la construcción del pavimento es una actividad crítica.
7. Con el pavimento reforzado con fibras se ahorraría 15 cm de espesor para un proyecto, de manera económica, pavimentación tradicional costaría S/ 273.09 por un  $m^3$ , sin embargo, el costo del pavimento fibroreforzado es de S/ 151.91 con una dosificación de  $6.4 \text{ kg}/m^3$ , un ahorro de S/ 121.18 por un  $kg/m^3$  que equivale el 44%.

## **6 RECOMENDACIONES**

1. Si el interés es mantener a la resistencia a la compresión, se recomienda la re-dosificación de las mezclas de concreto, sin embargo, se la literatura técnica se sabe que la resistencia a la compresión no es el factor determinante en a la hora de elegir las aplicaciones del concreto.
2. De los resultados presentados, se concluyó que la trabajabilidad disminuyó de manera notable, sin embargo, si se desea mantener los valores de trabajabilidad constantes, se recomienda el uso de algún aditivo superplastificante, de esa manera se podrán tener, por un lado, el incremento de la resistencia a la compresión y por otro la trabajabilidad requerida para los diseños y aplicaciones específicos.
3. Se recomienda el estudio del efecto de superplastificantes, la ser usados en mezclas de concreto reforzadas con fibras de acero.
4. Las fibras de acero no deben añadirse como primera componente en la mezcla de concreto, si no deben añadirse al final de todo el componente, realizando una mezcla de 1 a 1.5 minutos para su completa incorporación, y examinar que las fibras se encuentren separadas y distribuidas en el concreto.
5. No se necesita mano de obra calificada para agregar la fibra al concreto pre mezclado, solo se requiere de un técnico que instruya al personal la primera semana para la adecuada utilización de la fibra, la cual es muy simple.
6. El procedimiento constructivo del pavimento reforzado con mallas de acero es más tedioso que el del pavimento reforzado con fibras de acero, ya que se debe verificar que la malla este nivelada y bien colocada en toda su área por ello al utilizar fibras se ahorra tiempo de construcción.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

1. *Experimental Characterization of the post-cracking response in Hybrid Steel/Polypropylene Fiber-Reinforced Concrete.* **Caggiano, Antonio, y otros.** 2016, Construction and Building Materials, págs. 1035-1043.
2. *Use of steel fibres recovered from waste tyres as reinforcement in concrete: Pull-out behaviour, compressive and flexural strength.* **Aielo, M.A., y otros.** 2009, Waste Management, págs. 1960-1970.
3. *Fibras de acero de neumaticos de desecho como refuerzo en el hormigon: Caracterizacion mecánica.* **Centonze, G., Leone, M. y Aiello, M.** 2012, Construction and materials, págs. 46-57.
4. *Use of waste steel beads in portland cement concrete.* **Papakonstantinou, Christos y Tobolski, Matthew.** 2006, Cement and Concrete Research, págs. 1686-1691.
5. *Strength and deformation behavior of concrete incorporating steel fibre from recycled tyre.* **Awal, Abdul, Aida Ab Kadir, Mariyama y Lion Yee, Lim.** 2014, Proceedings of the international Civil and Infrastructure Engineering Conference, págs. 109-117.
6. *Mechanical behavior of concretes containing waste steel fibres recovered from scrap tires.* **Sengul, Ozkan.** 2016, Construction and Building Materials, págs. 649-658.
7. *Comparison of the mechanical characteristic of engineered and waste steel fiber used as reinforcement for concrete.* **Domski, Jacek, y otros.** 2017, Journal of Cleaner Production, págs. 18-28.
8. *Performance of scap tire steel fibres in OPC and alkali-activated mortars.* **Onuaguluchi, Obina, y otros.** 2017, Materials and Structures.
9. *Mechanical and thermal properties of concrete incorporating rubber and fibres from tyre recycling.* **Flores Medina, Nelson, y otros.** 2017, Construction and Building Materials.

10. *Mechanical properties of the concrete containing recycled fibers and aggregates.* **Ahmadi, Mohsen, y otros.** 2017, Construction and Building Materials.
11. *The effect of shrinkage cracks on the load bearing capacity of steel-fibre-reinforced roller-compacted-concrete.* **Jafarifar, Naeimeh, Pilakoutas, Kypros y Bennett, Terry.** 2015, Materials and Structures.
12. *Recycled steel fibre reinforced concrete failing in bending and in shear.* **Zamanzadeh, Ziaaddin, Lourenco, Lucio y Barros, Joaquim.** 2015, Construction and Materials.
13. *Compressive and flexural behaviors of a new steel-fibre-reinforced recycled aggregate concrete with crumb rubber.* **Jian-he, Xie, y otros.** 2015, Construction and materials.
14. *Fracture behaviors of a new steel fiber reinforced recycled aggregate concrete with crumb rubber.* **Guo, Y.C., y otros.** 2014, Construction and Materials.
15. *Fatigue resistance and cracking mechanism of concrete pavements reinforced with recycled steel fibres recovered from post-consumer tyres.* **Gaio Graeff, Angela, y otros.** 2012, Engineering Structures.
16. *Properties and durability of HPC with tyre rubber waters.* **Azevedo , F., y otros.** 2012, Construction and Building Materials.
17. *Hormigones reforzados con fibras de acero.* **Cánovas Fernández, M.** Madrid : Consejo superior de Investigaciones Científicas, 2013.
18. **Gallo-Arciniegas, Lina, Conzales Peñuela, Giovanni y Carrillo León, Julián.** *Comportamiento del concreto refrozado con fibras de acero ZP-306 sometido a esfuerzos de compresión.* Colombia : Universidad Militar de Nueva Granada, 2013.
19. **Sika.** *Concreto reforzado con fibras.* Lima : s.n., 2013.
20. **Córdova Pérez, Claudia Cecilia, Cuéllar Soto, Liseth Adriana y Guisado Barrios, Mayra.** *Comparacion de la resistencia equivalente a la flexion engtre las*

*fibras de acero wiran producidas en italia y las producidas en Perú.* Lima : Fondo Editorial de la Pontifica Universidad Católica del Perú (PUCP), 2012.

21. **Lao Odicio, Wendy Jaqueline.** *Utilizacion de fibras metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2007.

22. **Mendoza Vargas, Juan Ivan y Villa Archlla , Manuel Ricardo.** *Análisis del esfuerzo residual en concreto para pavimentos rigidos con fibras metálicas sintéticas.* Bogotá : Universidad Militar de Nueva Granada, 2012.

23. **Sótil Levy, Alfredo y Zegarra Riveros, Jorge Eduardo.** *Anáisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero wirand FF3 y concreto refrozado con fibras de acero wirand FF4 aplicado a losas industriales de pavimento rigido.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2015.

24. **Mármol Salazar, Patricia Cristina.** *Hormigones con fibras de acero características mecánicas.* Madrid : Universidad Politecnica de Madrid, 2010.

25. **De la Cruz Mercado, Rolando Wilmer y Quispe Ccahuin, Walter Reynan.** *Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pisstas en la provincia de Huamanga-Ayacucho.* Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2014.

## **8 ANEXO**



# Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 2

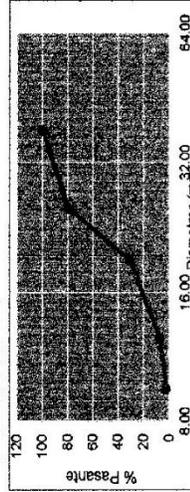
Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSON	Muestra:	CANTERA
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> , EN LOS AS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó:	J.E.D.G.
Ubicación:	HUARACHIRI - LIMA	Técnico:	J.E.D.G.
		Fecha:	17/05/2018



## PLANILLA DE DATOS : AGREGADO GRUESO

1. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO ASTM C-898				2. GRANULOMETRÍA - MÓDULO DE FINEZA ASTM C-136			
Peso Humedo (g)	Peso Seco (g)	Contenido de Humedad (%)	Promedio Humedad	Tamices	Peso Retenido (g)	Retenido %	Acumulado Retenido %
3000	2987	0.44	0.45	3"			
3000	2986	0.47		2"			
3. PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO GRUESO ASTM C-29				3. PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO GRUESO ASTM C-29			
Muestra (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra (g)	Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	Suelto (g/cm <sup>3</sup> )	Compac (g/cm <sup>3</sup> )	Σ	
19660	5630	14030	9268	1.51	1.57	2981	
20140	5630	14510	9268	1.57	1.66	2987	
Promedio de Peso Unitario Suelto				1.54	1.66	2987	
4. PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREGADO GRUESO ASTM C-20				4. PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREGADO GRUESO ASTM C-20			
Muestra (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra (g)	Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	Compac (g/cm <sup>3</sup> )	Compac (g/cm <sup>3</sup> )	Σ	
21310	5630	15680	9268	1.69	1.68	2987	
21020	5630	15390	9268	1.66	1.68	2987	
Promedio de Peso Unitario Compacto				1.68	1.68	2987	
5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127				5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-127			
Peso Piedra Seca (g)	Peso Piedra SSS (g)	Peso Piedra Sumergido (g)	P.E. Aparante (1/(2-3))	P.E. Nominat (1/(1-3))	Absorción ((2-1)*100)		
2978	3000	1934.7	2.78	2.82	0.77		
Promedio de Peso Especifico y Absorción				1.93	1.96	0.74	

➤ Módulo de finiza=7.67 ➤ Tamaño Máximo Nominal = 1"



Tec. Julio Ernesto Diaz Gutiérrez

# Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 3

Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	Edad	7 días	
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó	J.E.D.G.	C.Simple	0 kg	
		Técnico	J.E.D.G.	Fibra	3.2 kg	
		Fecha:	17/05/2018	Fibra	4.8 kg	
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Fibra	6.4 kg			

## RESULTADO DE ENSAYOS DE PROBETAS EN LABORATORIO

CONCRETO SIMPLE					
Resultados del ensayo de compresión					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	16043	78.54	204.27
2	10.1	20.3	16517	80.12	206.16
3	10	20.3	15714	78.54	200.08
Promedio	10.0	20.3	16091.3	79.07	203.50

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	5538.8	644.12	17.19
2	10	20.3	6477.8	637.74	20.31
3	10	20.3	5744.9	637.74	18.02
Promedio	10.0	20.3	5919.8	639.87	18.51

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2438.75	74.92	32.55
2	15	15	45	2561.63	75.00	34.16
3	15	15	45.03	2662	74.95	35.52
Promedio	15.0	15	45.03	2554.1	74.96	34.07

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DE 4%					
Resultados del ensayo de compresión					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	18893	78.54	212.54
2	10.1	20.3	16219	80.12	202.44
3	10	20.3	9001	78.54	114.60
Promedio	10.0	20.3	13971.0	79.07	176.53

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	7078.9	644.12	21.96
2	10	20.3	7258	637.74	22.76
3	10	20.3	7850	637.74	24.62
Promedio	10.0	20.3	7395.6	639.87	23.12

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2941.8	74.92	39.27
2	15	15	45	2987.9	75.00	39.84
3	15	15	45.03	2815.8	74.95	37.57
Promedio	15.0	15	45.03	2915.2	74.96	38.89

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DE 2.5%					
Resultados del ensayo de compresión					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	14803	78.54	189.75
2	10.1	20.3	13639	80.12	172.73
3	10	20.3	14406	78.54	183.42
Promedio	10.0	20.3	14382.7	79.07	181.97

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	6469.4	644.12	20.09
2	10	20.3	6602.9	637.74	20.71
3	10	20.3	6860	637.74	21.51
Promedio	10.0	20.3	6644.1	639.87	20.77

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2603.54	74.92	34.76
2	15	15	45	2796.54	75.00	37.29
3	15	15	45.03	2645.72	74.95	35.30
Promedio	15.0	15	45.03	2681.9	74.96	35.78

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DE 5.2%					
Resultados del ensayo de compresión					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	12893	78.54	164.16
2	10.1	20.3	13245	80.12	165.32
3	10	20.3	11522	78.54	148.70
Promedio	10.0	20.3	12553.3	79.07	158.73

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8209.4	644.12	25.49
2	10	20.3	7809.2	637.74	24.49
3	10	20.3	7672.7	637.74	24.06
Promedio	10.0	20.3	7897.1	639.87	24.68

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3143.78	74.92	41.96
2	15	15	45	3260.68	75.00	43.47
3	15	15	45.03	3439.77	74.95	45.89
Promedio	15.0	15	45.03	3281.4	74.96	43.76

*Julio*  
 Tec. Julio Ernesto Diaz Gutiérrez


 Boza Olaechea  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 CIP. 80500  
 Ing. Margarita Boza Olaechea

# Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 4

Solicitante:	CARRANZA VEROARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	Edad:	14 días
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO Fc=210 kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó:	J.E.D.G.	C.Simple	0 kg
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Técnico:	J.E.D.G.	Fibra	3.2 kg
		Fecha:	17/06/2018	Fibra	4.8 kg
				Fibra	6.4 kg



## RESULTADO DE ENSAYOS DE PROBETAS EN LABORATORIO

CONCRETO SIMPLE					
Resultados del ensayo de compresión					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	23041	78.54	293.37
2	10.1	20.3	24333	80.12	303.71
3	10	20.3	18785	78.54	238.92
Promedio	10.0	20.3	22046.3	79.07	278.67

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DE 2.5%					
Resultados del ensayo de compresión					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	18196	78.54	231.68
2	10.1	20.3	17695	80.12	220.88
3	10	20.3	16750	78.54	213.27
Promedio	10.0	20.3	17547.0	79.07	221.94

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	6458.27	644.12	20.05
2	10	20.3	7966.2	637.74	24.95
3	10	20.3	6608.1	637.74	20.72
Promedio	10.0	20.3	7007.5	639.87	21.91

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8808.1	644.12	27.35
2	10	20.3	8673.9	637.74	27.20
3	10	20.3	8121.1	637.74	25.47
Promedio	10.0	20.3	8534.4	639.87	26.67

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2153.13	74.92	28.74
2	15	15	45	3326.31	75.00	44.35
3	15	15	45.03	2317.61	74.95	30.92
Promedio	15.0	15	45.03	2599.0	74.96	34.67

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3510.48	74.92	46.96
2	15	15	45	3068.63	75.00	40.92
3	15	15	45.03	3070.98	74.95	40.97
Promedio	15.0	15	45.03	3216.7	74.96	42.92

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DE 4%					
Resultados del ensayo de compresión					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	18126	78.54	230.79
2	10.1	20.3	15754	80.12	196.83
3	10	20.3	16283	78.54	232.79
Promedio	10.0	20.3	17387.7	79.07	220.07

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DE 5.2%					
Resultados del ensayo de compresión					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	14606	78.54	185.97
2	10.1	20.3	15927	80.12	198.79
3	10	20.3	15642	78.54	199.16
Promedio	10.0	20.3	15391.7	79.07	194.64

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8881.8	644.12	27.58
2	10	20.3	8380.6	637.74	26.22
3	10	20.3	8614.7	637.74	27.64
Promedio	10.0	20.3	8665.7	639.87	27.15

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	10109.7	644.12	31.39
2	10	20.3	10184.8	637.74	31.97
3	10	20.3	9657.5	637.74	30.29
Promedio	10.0	20.3	9987.3	639.87	31.22

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3404.93	74.92	45.45
2	15	15	45	3531.07	75.00	47.08
3	15	15	45.03	3562.88	74.95	47.80
Promedio	15.0	15	45.03	3506.3	74.96	46.78

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especimen	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3438.71	74.92	45.91
2	15	15	45	3660.75	75.00	48.81
3	15	15	45.03	3675.87	74.95	49.04
Promedio	15.0	15	45.03	3692.1	74.96	47.92

Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 L. Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIR-80500

# Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 5

Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	Edad	28 días
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO f'c=210 kg/cm2, EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó	J.E.D.G.	C.Simple	0 kg
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Técnico	J.E.D.G.	Fibra	3.2 kg
		Fecha:	17/09/2019	Fibra	4.8 kg
				Fibra	6.4 kg



## RESULTADO DE ENSAYOS DE PROBETAS EN LABORATORIO

CONCRETO SIMPLE					
Resultados del ensayo de compresión					
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	24104	78.54	306.90
2	10.1	20.3	21216	80.12	264.81
3	10	20.3	23287	78.54	296.50
Promedio	10.0	20.3	22869.0	79.07	289.40

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DE 2.5%					
Resultados del ensayo de compresión					
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	18791	78.54	239.25
2	10.1	20.3	18057	80.12	225.38
3	10	20.3	19485	78.54	248.09
Promedio	10.0	20.3	18777.7	79.07	237.57

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8732.3	644.12	27.11
2	10	20.3	9010.1	637.74	28.26
3	10	20.3	7806.1	637.74	24.48
Promedio	10.0	20.3	8518.2	639.87	25.90

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8177.6	644.12	25.38
2	10	20.3	8770.5	637.74	27.50
3	10	20.3	7883.4	637.74	24.72
Promedio	10.0	20.3	8277.2	639.87	26.60

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	2951.26	74.92	39.39
2	15	15	45	3009.39	75.00	40.13
3	15	15	45.03	2310.37	74.95	30.83
Promedio	15.0	15	45.03	2757.0	74.96	36.78

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3225.26	74.92	43.06
2	15	15	45	3439.71	75.00	45.86
3	15	15	45.03	4214.28	74.95	56.23
Promedio	15.0	15	45.03	3626.4	74.96	48.38

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DE 4%					
Resultados del ensayo de compresión					
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	16717	78.54	212.85
2	10.1	20.3	17514	80.12	218.60
3	10	20.3	18726	78.54	238.43
Promedio	10.0	20.3	17652.3	79.07	223.29

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DE 6.2%					
Resultados del ensayo de compresión					
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10	20.3	17441	78.54	222.07
2	10.1	20.3	15536	80.12	193.91
3	10	20.3	17975	78.54	228.86
Promedio	10.0	20.3	16984.0	79.07	214.95

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	8944.5	644.12	27.77
2	10	20.3	8734.4	637.74	27.39
3	10	20.3	10095.9	637.74	31.66
Promedio	10.0	20.3	9258.3	639.87	28.94

Resultados del ensayo de tracción diagonal					
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10.1	20.3	10095.9	644.12	31.36
2	10	20.3	10727.7	637.74	33.64
3	10	20.3	13737.2	637.74	43.06
Promedio	10.0	20.3	11520.3	639.87	36.02

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	3479.48	74.92	46.44
2	15	15	45	4195.11	75.00	55.93
3	15	15	45.03	3667.1	74.95	48.93
Promedio	15.0	15	45.03	3780.8	74.96	50.44

Resultados del ensayo a flexión de vigas						
Especime n	Base (cm)	Altura (cm)	Largo (cm)	Fuerza (kg)	Area (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15	15	45.05	5200.98	74.92	69.42
2	15	15	45	4012.58	75.00	53.50
3	15	15	45.03	6920.61	74.95	92.34
Promedio	15.0	15	45.03	5378.0	74.96	71.75

  
Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

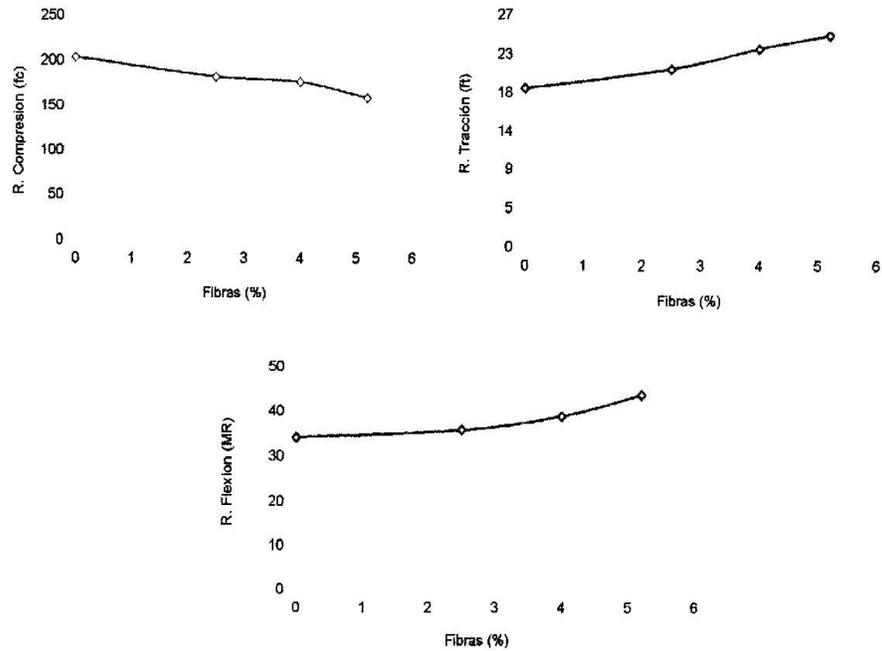
  
Margarita Boza Olaechea  
INGENIERA CIVIL  
CIP. 80500

## Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 6

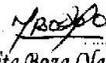
Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	Edad	7 días	 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó	J.E.D.G.	C.Simple	0 kg	
		Técnico	J.E.D.G.	Fibra	3.2 kg	
		Fecha:	17/06/2018	Fibra	4.8 kg	
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Fibra	6.4 kg			

GRAFICO DE LA RESISTENCIA EN FUNCION A LA CANTIDAD DE FIBRAS DE ACERO

Fibras en kg	Fibras en %	Resistencia a la Compresion (fc)	Resistencia a la Tracción (ft)	Resistencia a la Flexión (MR)
0	0	203.5	18.5	34.1
3.2	2.5	182.0	20.8	35.8
4.8	4	176.5	23.1	38.9
6.4	5.2	158.7	24.7	43.8



  
 Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

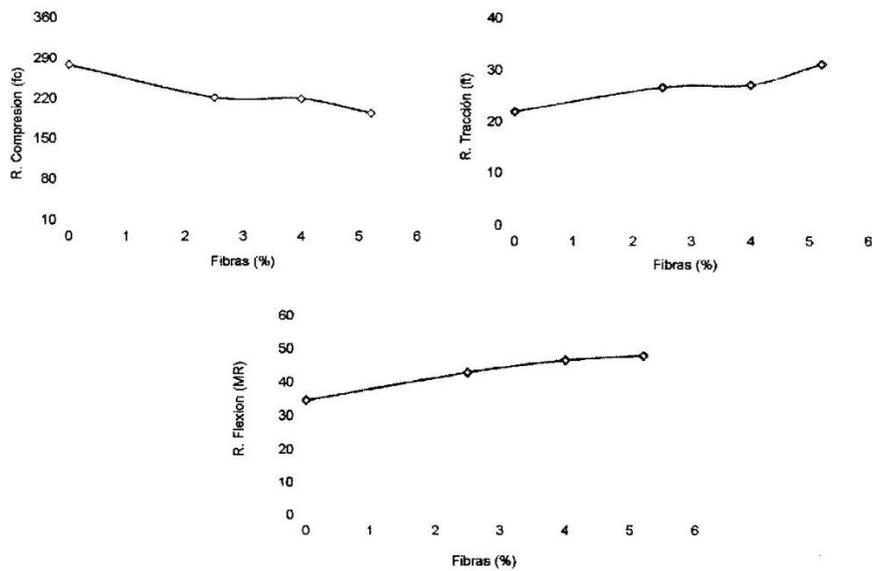
  
  
 Ing. Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 80500

# Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 7

Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	Edad	14 días	 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO $f_{ce}210$ kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó	J.E.D.G.	C. Simple	0 kg	
		Técnico	J.E.D.G.	Fibra	3.2 kg	
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Fecha:	17/05/2018	Fibra	4.8 kg	
				Fibra	6.4 kg	

GRAFICO DE LA RESISTENCIA EN FUNCION A LA CANTIDAD DE FIBRAS DE ACERO

Fibras en kg	Fibras en %	Resistencia a la Compresion (fc)	Resistencia a la Tracción (ft)	Resistencia a la Flexión (MR)
0	0	278.7	26.6	34.7
3.2	2.5	221.9	26.7	42.9
4.8	4	220.1	27.1	46.6
6.4	5.2	194.6	31.2	47.9



Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

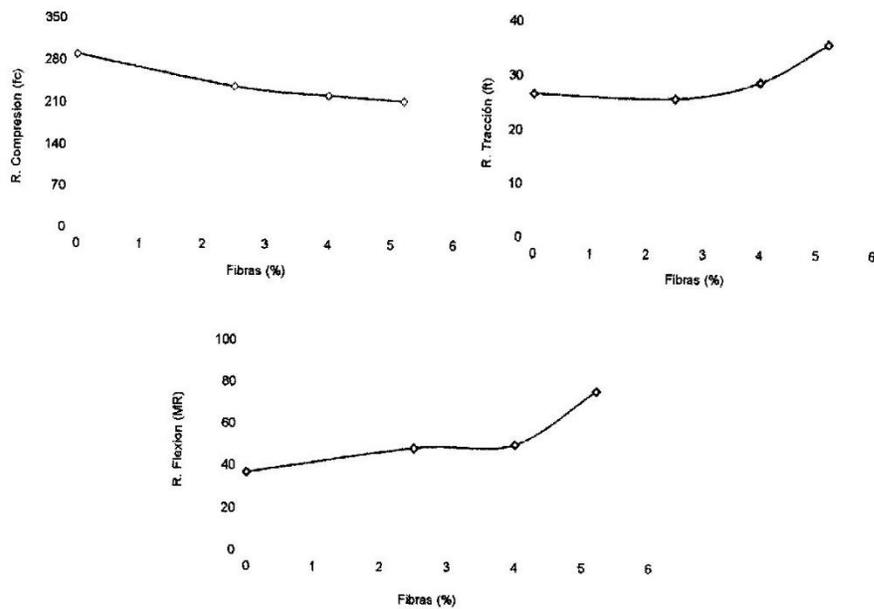

  
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LIMA  
 Ing. Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 80500

## Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 8

Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	Edad:	28 días	 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , EN LOS AS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó:	J.E.D.G.	C.Simple	0 kg	
		Técnico:	J.E.D.G.	Fibra	3.2 kg	
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Fecha:	17/06/2018	Fibra	4.8 kg	
				Fibra	6.4 kg	

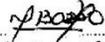
GRAFICO DE LA RESISTENCIA EN FUNCION A LA CANTIDAD DE FIBRAS DE ACERO

Fibras en kg	Fibras en %	Resistencia a la Compresion (fc)	Resistencia a la Tracción (ft)	Resistencia a la Flexión (MR)
0	0	289.4	21.9	36.8
3.2	2.5	237.6	25.9	48.4
4.8	4	223.3	28.9	50.4
6.4	5.2	215.0	36.0	71.8



  
Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez



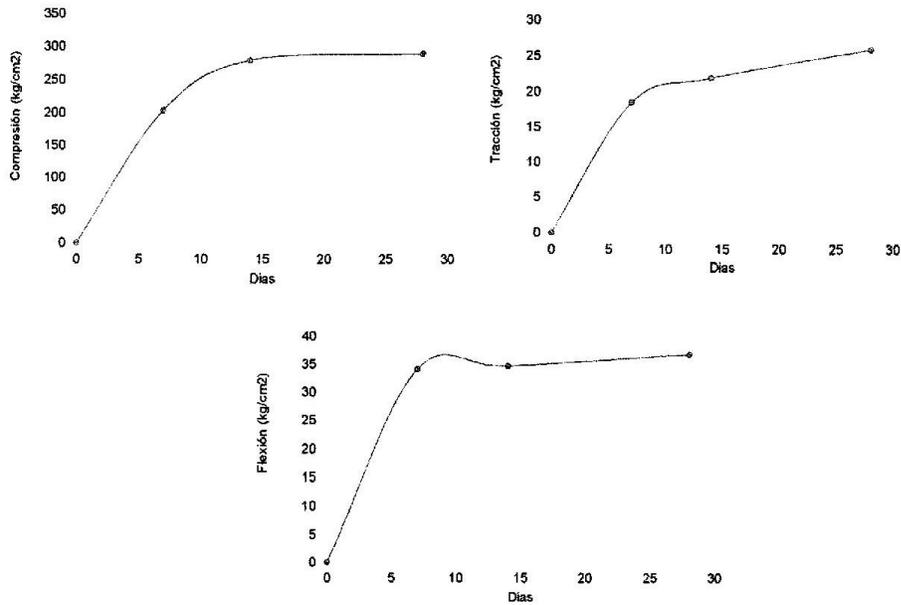
  
Ing. Margarita Boza Olaechea

# Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 9

Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	Concreto Simple		
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO $f_{c}=210$ kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó	J.E.D.G.	Edad		7
		Técnico	J.E.D.G.	Edad		14
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Fecha:	17/05/2018	Edad		28

GRAFICO DE LA RESISTENCIA EN FUNCION A LA CANTIDAD DE FIBRAS DE ACERO

Dias	Resistencia a la Compresion (fc)	Resistencia a la Tracción (ft)	Resistencia a la Flexión (MR)
0	0.0	0.0	0.0
7	203.5	18.5	34.1
14	278.7	21.9	34.7
28	289.4	25.9	36.8



  
 Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

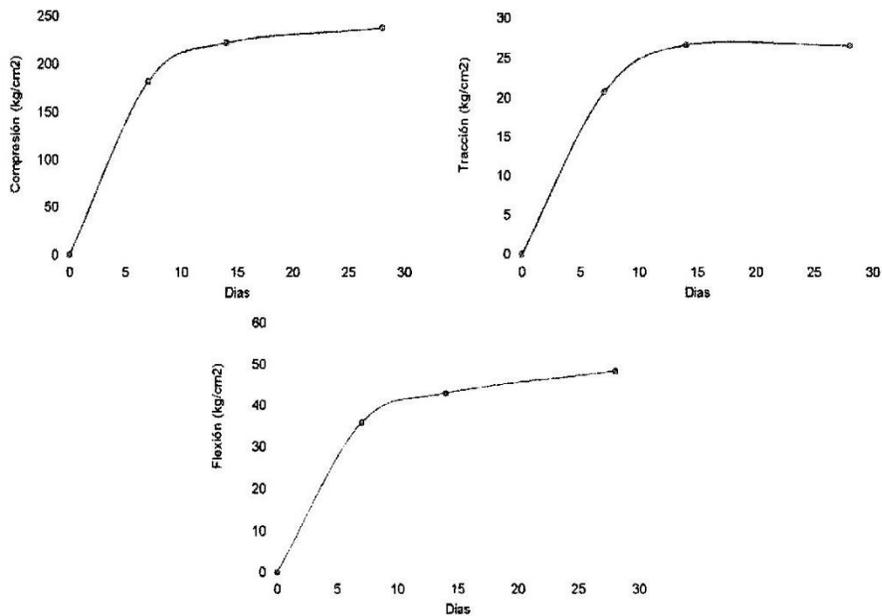
  
 Ing. Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP 80500

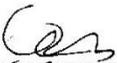
# Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 10

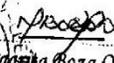
Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	C.R.F1 : 3.2kg		 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó:	J.E.D.G.	Edad:	7	
		Técnico:	J.E.D.G.	Edad:	14	
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Fecha:	17/05/2018	Edad:	28	

GRAFICO DE LA RESISTENCIA EN FUNCION A LA CANTIDAD DE FIBRAS DE ACERO

Dias	Resistencia a la Compresion (fc)	Resistencia a la Tracción (ft)	Resistencia a la Flexión (MR)
0	0.0	0.0	0.0
7	182.0	20.8	35.8
14	221.9	26.7	42.9
28	237.6	26.6	48.4



  
 Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

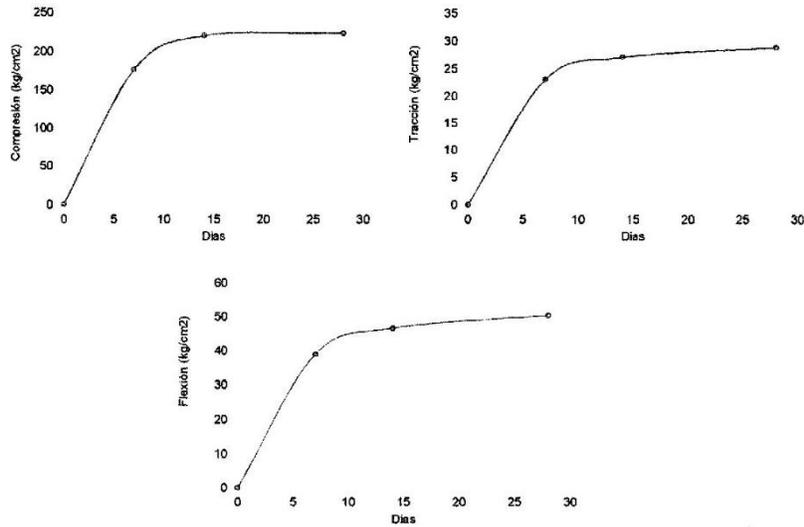
  
  
 Ing. Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP 90500

# Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 11

Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	C.R.F2 : 4.8kg	 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI, LIMA"	Reviso:	J.E.D.G.	Edad		7
		Técnico:	J.E.D.G.	Edad		14
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Fecha:	17/05/2018	Edad		28

GRAFICO DE LA RESISTENCIA EN FUNCION A LA CANTIDAD DE FIBRAS DE ACERO

Dias	Resistencia a la Compresion (fc)	Resistencia a la Tracción (ft)	Resistencia a la Flexión (MR)
0	0.0	0.0	0.0
7	176.5	23.1	38.9
14	220.1	27.2	46.8
28	223.3	28.9	50.4



Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

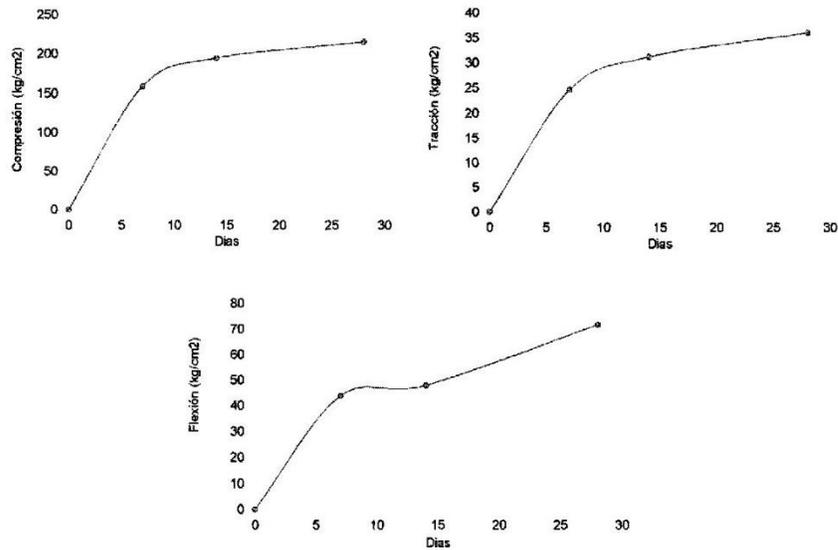

  
 Ing. Margarita Boza Olaechea  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP: 80500

## Ficha de Recolección y Procesamiento de datos 12

Solicitante:	CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON	Muestra:	CANTERA	C.R.F3 : 6.4kg	 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
Proyecto:	"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"	Revisó	J.E.D.G.	Edad		7
		Técnico	J.E.D.G.	Edad		14
Ubicación:	HUAROCHIRI - LIMA	Fecha:	17/05/2018	Edad		28

GRAFICO DE LA RESISTENCIA EN FUNCION A LA CANTIDAD DE FIBRAS DE ACERO

Dias	Resistencia a la Compresion (fc)	Resistencia a la Tracción (ft)	Resistencia a la Flexión (MR)
0	0.0	0.0	0.0
7	158.8	24.7	43.8
14	194.6	31.2	47.9
28	215.0	36.0	71.8



  
 Tec. Julio Ernesto Díaz Gutiérrez

  
 Margarita Boza Olaeche  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 80500

## Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p><u>Problema General:</u></p> <p>¿De qué manera la aplicación de fibras de acero influye en el comportamiento mecánico del concreto?</p> <p><u>Problemas específicos:</u></p> <p>¿Qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en la trabajabilidad de mezcla resultante?</p> <p>¿Qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en su resistencia a la compresión?</p> <p>¿Qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en su resistencia a la tracción por flexión?</p> <p>¿Qué efecto produce la aplicación de fibras de acero sobre su nivel de resistencia a la flexión?</p>	<p><u>Objetivo general:</u></p> <p>Como afecta la incorporación de fibras de acero en el mejoramiento del comportamiento mecánico del concreto</p> <p><u>Objetivos específicos:</u></p> <p>Determinar qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en la trabajabilidad de la mezcla resultante.</p> <p>Determinar qué efecto produce la aplicación de fibras de acero sobre su nivel resistencia a la compresión.</p> <p>Determinar qué efecto produce la aplicación de fibras de acero sobre su nivel resistencia a la tracción por flexión.</p> <p>Determinar qué efecto produce la aplicación de fibras de acero en la resistencia a la flexión.</p>	<p><u>Hipótesis general:</u></p> <p>Si se aplican fibras de acero en la mezcla, entonces se mejorarán las propiedades mecánicas del concreto.</p> <p><u>Hipótesis específicas:</u></p> <p>La aplicación de fibras de acero mejora la trabajabilidad de la mezcla resultante.</p> <p>La aplicación de fibras de acero incrementará la resistencia a la compresión del concreto.</p> <p>La aplicación de fibras de acero incrementará la resistencia a la tracción por flexión del concreto.</p> <p>La aplicación de fibras de acero incrementará la resistencia a la flexión de la mezcla resultante.</p>	<p><u>Variable (X):</u></p> <p>Aplicación de fibras de acero.</p> <p><u>Variable (Y):</u></p> <p>Comportamiento mecánico del concreto.</p>	<p>Peso de las fibras por metro cubico de mezcla de concreto.</p> <p>Nivel de resistencia que presenta la mescla a la resistencia.</p> <p>Nivel de resistencia que presenta la mescla a la tracción por flexión .</p> <p>Nivel de resistencia que presenta la mescla a la flexión</p>

## Solicitud de Uso de Laboratorio



**SOLICITO:** Acceso al laboratorio de ensayo de materiales

**A LA SEÑORA JEFA DE LABORATORIO DE APOYO TÉCNICO, LIC. LILA TAPIA NÚÑEZ**

Yo, Johan Edinsson Carranza Vergaray, alumno de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo Lima Norte, identificado con código de alumno 6700249117, me dirijo a usted para saludarle cordialmente y manifestarle:

Que, cursando el décimo ciclo y en pleno desarrollo de mi proyecto de investigación, titulado: "APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA", solicito la autorización para el uso del laboratorio de ensayo de materiales para poder realizar los siguientes ensayos: contenido de humedad, análisis granulométrico, ensayo de compresión axial, ensayo de tracción diametral y ensayo de flexión. Para poder proseguir con mi proyecto de investigación.

**POR TANTO:**

Sin nada más que expresar, me despido y le doy anticipadamente las gracias por acceder a mi solicitud.

Lima, 25 de Enero de 2018.

Sr. JOHAN CARRANZA VERGARAY

DNI N° 48345009



## Solicitud de Ingreso de Materiales



**SOLICITO:** Ingreso de materiales al laboratorio de ensayos de materiales.

Yo, Simeón Jacinto Carranza Retuerto, identificado con DNI N° 32602457 con domicilio Asoc.. Victor Raul Haya de la Torre Mz L It 8, padre y apoderado del alumno Johan Edinsson Carranza Vergaray, alumno del décimo ciclo de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo Lima Norte, identificado con código de alumno 6700249117, me dirijo a usted para saludarle cordialmente y manifestarle:

Que, recorro a su despacho, para solicitarle a Ud, la autorización de ingreso de materiales al laboratorio de ensayo de materiales para el día 23 de febrero de 2018 a horas 11:00am, lo siguientes materiales:

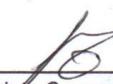
- 4 bolsas de cemento sol
- 3 cajas de 20kg de Fibra Wirand FF1
- 8 bolsas de área fina
- 15 bolsas de arena gruesa

**POR TANTO:**

Sin nada más que expresar, me despido y le doy anticipadamente las gracias por acceder a mi solicitud.



Lima, 21 de febrero de 2018.

  
Simeón Jacinto Carranza Retuerto  
DNI 32602457

## Solicitud de Ingreso de Materiales



**SOLICITO:** Ingreso de materiales al laboratorio de ensayo de materiales

Yo, Johan Edinsson Carranza Vergaray, alumno de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo Lima Norte, identificado con código de alumno 6700249117, me dirijo a usted para saludarle cordialmente y manifestarle:

Que, recorro a su despacho, para solicitarle a Ud, el retiro de materiales del laboratorio de ensayo de materiales para el día 01 de marzo de 2018 a horas 3:00pm, lo siguientes materiales.

- 8 bolsas de arena fina
- 5 bolsas de arena gruesa

Y a la vez solicitarle a Ud, la autorización de ingreso de materiales al laboratorio de ensayo de materiales para el día 01 de marzo de 2018 a horas 4:00pm, lo siguientes materiales.

- 15 bolsas de piedra chancada

**POR TANTO:**

Sin nada más que expresar, me despido y le doy anticipadamente las gracias por acceder a mi solicitud.

Lima, 01 de Marzo de 2018.

Johan Edinsson Carranza Vergaray

DNI 48345009



## Solicitud de Ingreso de Materiales



**SOLICITO:** Ingreso de materiales al laboratorio de ensayo de materiales

Yo, Johan Edinsson Carranza Vergaray, alumno de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo Lima Norte, identificado con código de alumno 6700249117, me dirijo a usted para saludarle cordialmente y manifestarle:

Que, recorro a su despacho, para solicitarle a Ud, el retiro de desmonte del laboratorio de ensayo de materiales para el día 19 de marzo de 2018 a horas 3:00pm, lo siguiente.

- 6 bolsas

Y a la vez solicitarle a Ud, la autorización de ingreso de materiales al laboratorio de ensayo de materiales para el día 19 de marzo de 2018 a horas 3:00pm, lo siguientes materiales.

- 15 bolsas de piedra chancada

### **POR TANTO:**

Sin nada más que expresar, me despido y le doy anticipadamente las gracias por acceder a mi solicitud.

Lima, 16 de Marzo de 2018.

Johan Edinsson Carranza Vergaray

DNI 48345009



*Esta autorizado por la facultad para el ingreso de piedra chancada, 19/03/18*



## Solicitud de Retiro de Desmonte

### Laboratorios Especializados LN

**De:** Laboratorios Especializados LN  
<laboratorio.ln@ucv.edu.pe>  
**Enviado el:** lunes, 14 de mayo de 2018 9:15 a. m.  
**Para:** 'sbarral@ucv.edu.pe'; 'jpimentel@ucv.edu.pe'  
**Asunto:** RE: PERMISO PARA RETIRO DE DESMONTE DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Buenos Días,  
Srta. Silvia Bardales, el motivo de la presente, es para solicitarle que pueda dar visto bueno la salida de desmonte del laboratorio de tecnología de materiales por la puerta numero # 1.

Sin nada más que decir me despido de usted

Atentamente

Laboratorio

Gracias

**De:** DIEGO ALONSO LUYO YAYA [mailto:dluyo@ucv.edu.pe]

**Enviado el:** martes, 8 de mayo de 2018 4:12 p. m.

**Para:** LILA TAPIA NUÑEZ

**CC:** LABORATORIO LIMA NORTE UCV

**Asunto:** PERMISO PARA RETIRO DE DESMONTE DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Estimada Lila

Para saludarla y a la vez por medio del presente solicito el apoyo para poder autorizar al alumno CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSSON junto a un personal para el retiro del desmonte de 48 bloques de vigas de 15cmx15cmx45cm , 14 bolsas de agregado grueso de 40 kg y 9 bolsas de concreto seco del laboratorio de Mecánica de suelos , el cual lo retirara el día 14 de mayo a partir de las 10 am .

Atentamente

YC



ING. DIEGO LUYO YAYA | Asistente Profesional  
EP DE ING. CIVIL | CAMPUS LIMA NORTE

T. +51(1)2024342 Anx. 2166 |

## Solicitud de Retiro de Desmante



**SOLICITO:** Retiro de desmante del laboratorio de ensayos de materiales.

Yo, Johan Edinsson Carranza Vergaray, alumno de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo Lima Norte, identificado con código de alumno 6700249117, me dirijo a usted para saludarle cordialmente y manifestarle:

Que, recurro a su despacho, para solicitarle a Ud, el retiro de desmante del laboratorio de ensayo de materiales para el día 14 de mayo de 2018 a horas 10:00am, lo siguiente.

- 48 bloques de vigas de 15cmx15cmx45cm
- 14 bolsas de agregado grueso de 40 kg
- 9 bolsas de concreto seco

**POR TANTO:**

Sin nada más que expresar, me despido y le doy anticipadamente las gracias por acceder a mi solicitud.

Lima, 08 de Mayo de 2018.

Johan Edinsson Carranza Vergaray

DNI 48345009



Se envia correo a laboratorio

## Especificaciones del cemento utilizado



### CEMENTO SOL / TIPO I

#### CARACTERÍSTICAS:

- Cemento Portland Tipo I.
- Cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334. 009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.
- Producto obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso. Cuenta con la fecha y hora de envasado impresa en la bolsa en beneficio de los consumidores, ya que permite una mayor precisión en la trazabilidad.

#### VENTAJAS:

- Es usado en concretos de muchas aplicaciones y preferido por el buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad.
- Desarrolla un adecuado tiempo de fraguado, requerido por los maestros constructores en las diferentes aplicaciones requeridas del cemento.
- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.

#### USOS Y APLICACIONES:

- Para las construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Utilizado ampliamente para fabricar concretos de mediana y alta resistencia a la compresión (superiores a 300 Kg/cm<sup>2</sup>).
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.

- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.
- Producción de concretos pre-tensado y post-tensado.
- Fabricación de concretos permeables.
- Compatible con todos los aditivos empleados en el concreto, presentes en el mercado nacional.

#### RECOMENDACIONES:

- Como en todo cemento, se debe respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Es importante utilizar agregados de buena calidad. Si estos están húmedos es recomendable dosificar menor cantidad de agua para mantener las proporciones correctas.
- Como todo concreto es recomendable siempre realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.
- Para asegurar una conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas del aire húmedo.
- Evitar almacenar en pilas de más de 10 bolsas para evitar la compactación.

#### PRESENTACIÓN:

- Bolsas de 42.5 kg (3 pliegos) y a granel (a despacharse en Camiones Bombonas y en Big Bags).



# Especificaciones de la Fibra de Acero Wirand FF1

Hoja Técnica  
Edición 2110201101  
Identificación No. 103918  
Wirand® FF1

## Wirand® FF1

Fibra de acero para refuerzo de concreto

**Descripción** Filamentos de alambre de acero trefilado, cortados y doblados en determinadas longitudes dependiendo el uso al que será sometido, para el refuerzo de concreto.

**Usos** Para refuerzo de concreto principalmente en pisos y pavimentos, obteniendo un elevado número de fibras por kg distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo.

**Ventajas**

- La fibra tiene dobleces en los extremos que permite mejorar adherencia de la fibra dentro de la matriz del concreto.
- Alta resistencia a tracción.
- Alta absorción de energía por medio del alambre trefilado de bajo contenido de carbono.
- Cumple con la Norma ASTM A 820, Tipo 1.
- Elimina el habilitado y colocación de malla y varillas convencionales por la sustitución de estos materiales con fibras de acero.
- Aumenta resistencia a fatiga, cortante e impacto en estructuras de concreto.

**Datos Técnicos**

Tipo: Alambre de acero trefilado

Largo: 50 mm con doblez en terminaciones +/-15%

Diámetro: 1.00 mm +/-10%

Relación de Aspecto L/D: >50 +/-15%

Rm Tensión de ruptura por tracción del alambre: >1,100 MPa

Rp0.2 Tensión de alejamiento de la proporcionalidad: > 800 Mpa

DI Elongación a la ruptura: <4%

E Módulo de Elasticidad: 210,000 MPa



**Presentación** Caja de 20 Kg.

**Consumo** La dosificación se determinará de acuerdo a necesidades específicas de cada proyecto, realizando un cálculo por cargas y usos a los que será sometida la estructura.

**Modo de empleo** Wirand-FF1 viene listo para ser usado. Se aplica al concreto durante su mezclado o a pié de obra. Se deberá hacer un mezclado de 1 a 1.5 minutos para su completa incorporación verificando que las fibras se encuentren separadas y distribuidas en la masa de concreto. Las fibras pueden introducirse junto con los agregados y de preferencia en el concreto mezclado en estado fresco. Es recomendable la utilización de plastificantes, fluidificantes ó bien estos mismos productos súper-plastificantes y/o súper-fluidificantes para control de revenimiento sin modificar relación a/c.



**Precauciones**

Las fibras nunca deben añadirse como primera adición en la mezcla de concreto, deberán ser colocadas en la mezcla de concreto elaborada.  
Se deberán proteger cajas y/o pallets de la lluvia y humedad.  
Utilizar lentes de seguridad y guantes para su manejo.

**Almacenamiento**

Se deberá realizar almacenar en un lugar completamente seco libre de humedad evitando colocar pallets uno sobre otro.

**Advertencia**

Toda la información contenida en este documento y en cualquiera otra asesoría proporcionada, fueron dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika Mexicana de los productos siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika Mexicana. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y el(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el Servicio Técnico de Sika Mexicana previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. En todo caso referirse siempre a la última versión vigente de la Hoja Técnica del Producto. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro.

Para dudas o aclaraciones:

**Sika responde**  
**01 800 123 SIK**  
7 4 5 2  
soporte.tecnico@mx.sika.com  
sika.responde@mx.sika.com  
**www.sika.com.mx**



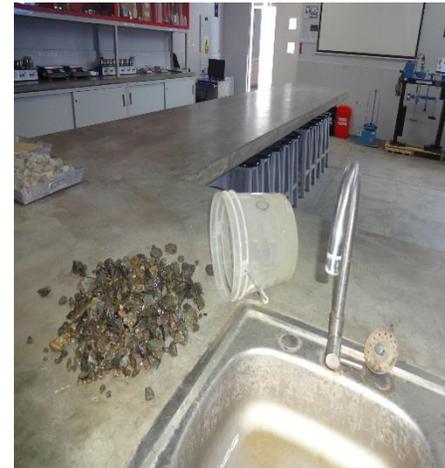
## CARACTERISTICAS DE LAS FIBRAS DE ACERO WIRAND FF1



## CARACTERISTICA DEL AGREGADO FINO

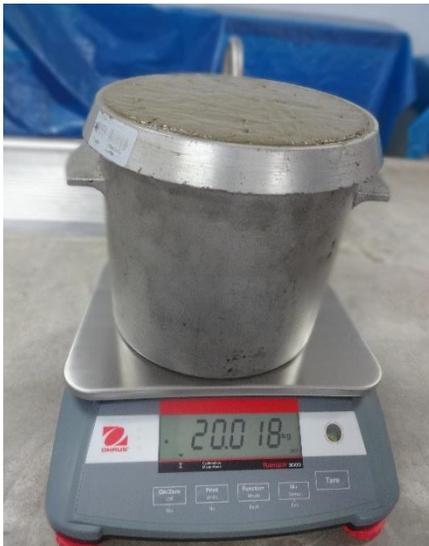


## CARACTERISTICA DEL AGREGADO GRUESO



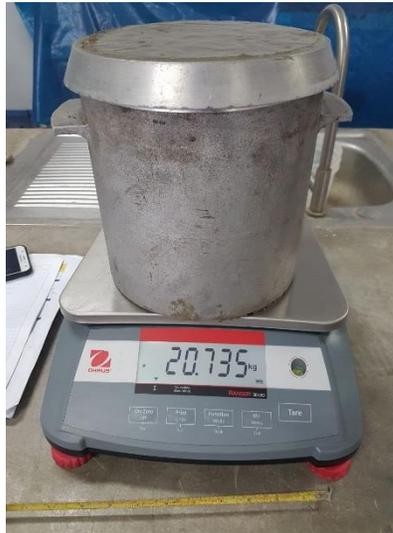
## DISEÑO DEL PATRÓN





**DISEÑO MUESTRA: CRF1 – 40kg/m<sup>3</sup> (3.2kg/m<sup>3</sup>)**





## DISEÑO MUESTRA: CRF2 – 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>)





**DISEÑO MUESTRA: CRF3 – 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>)**





## DESMOLDE Y CURADO DE LAS PROBETAS



## Evolución de la resistencia a compresión

Concreto simple a compresión en cilindro a la edad de 7 días.



**Concreto simple a compresión en cilindro a la edad de 14 días.**



**Concreto simple a compresión en cilindro a la edad de 28 días.**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 40kg/m<sup>3</sup> (3.2kg/m<sup>3</sup>) a la compresión en cilindro a la edad de 7 días.**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 40kg/m<sup>3</sup> (3.2kg/m<sup>3</sup>) a la compresión en cilindro a la edad de 14 días.**



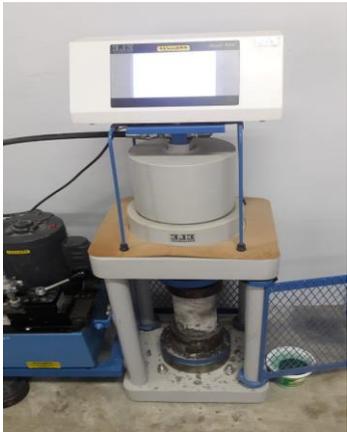
**Concreto reforzado con fibra de acero al 40kg/m<sup>3</sup> (3.2kg/m<sup>3</sup>) a la compresión en cilindro a la edad de 28 días.**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>) a la compresión en cilindro a la edad de 7 días.**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>) a la compresión en cilindro a la edad de 14 días.**



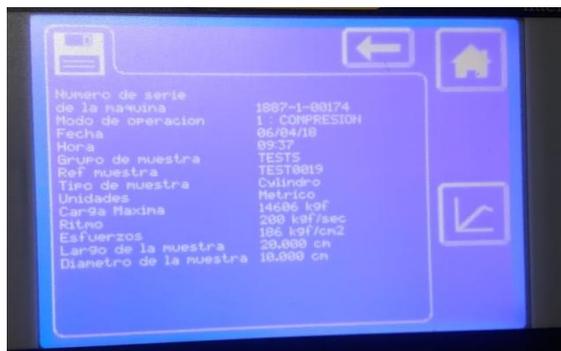
**Concreto reforzado con fibra de acero al 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>) a la compresión en cilindro a la edad de 28 días.**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>) a la compresión en cilindro a la edad de 7 días.**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>) a la compresión en cilindro a la edad de 14 días.**

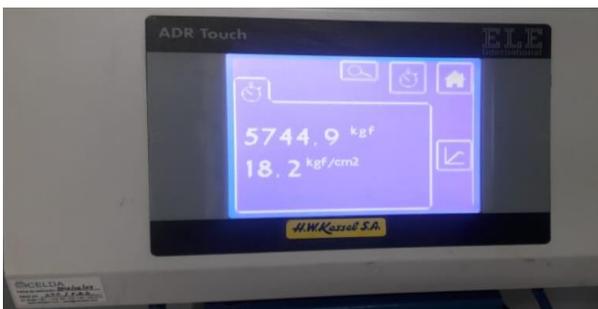


**Concreto reforzado con fibra de acero al 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>) a la compresión en cilindro a la edad de 28 días.**



## Evolución de la resistencia a la tracción por flexión

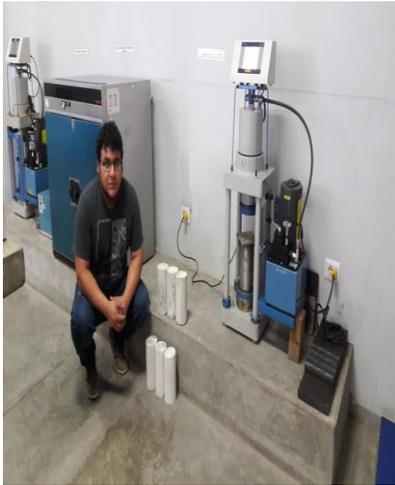
Concreto simple a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 7 días.



# Concreto simple a la resistencia a la tracción por flexión I a la edad de 14



**Concreto simple a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 28 días.**



Concreto reforzado con fibra de acero al 40kg/m<sup>3</sup> (3.2kg/m<sup>3</sup>) a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 7 días.



**Concreto reforzado con fibra de acero al 40kg/m<sup>3</sup> (3.2kg/m<sup>3</sup>) a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 14 días.**



Concreto reforzado con fibra de acero al  $40\text{kg/m}^3$  ( $3.2\text{kg/m}^3$ ) a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 28 días.



**Concreto reforzado con fibra de acero al 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>) a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 7 días**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>) a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 14 días**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>) a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 28 días**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>) a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 7 días**



**Concreto reforzado con fibra de acero al 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>) a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 14 días**



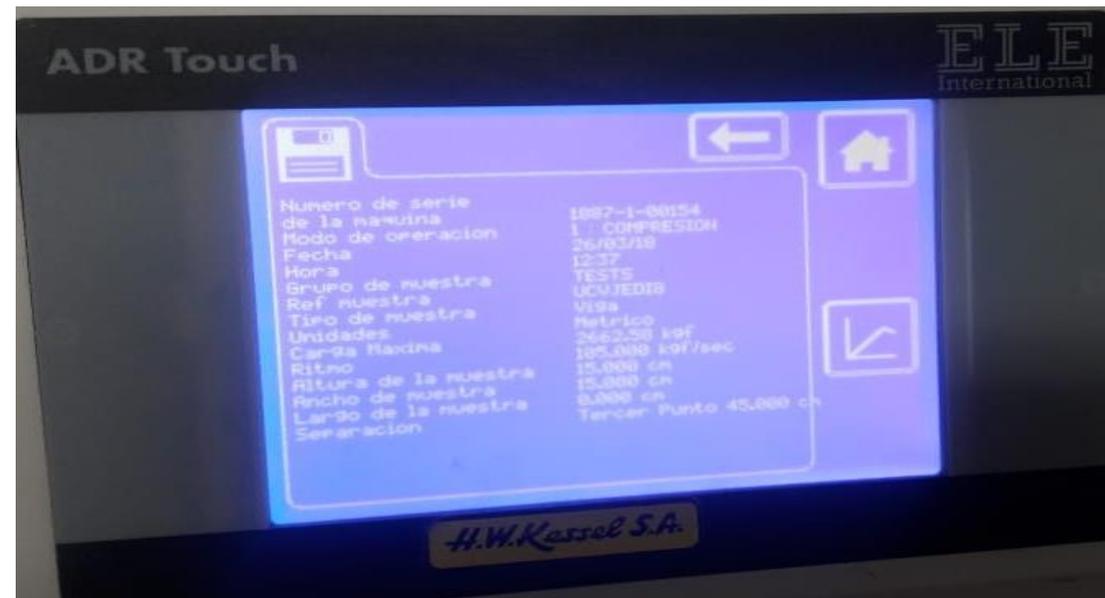
**Concreto reforzado con fibra de acero al 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>) a la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 28 días**



## Evolución del módulo de rotura

Concreto simple del módulo de rotura a la edad de 7 días.





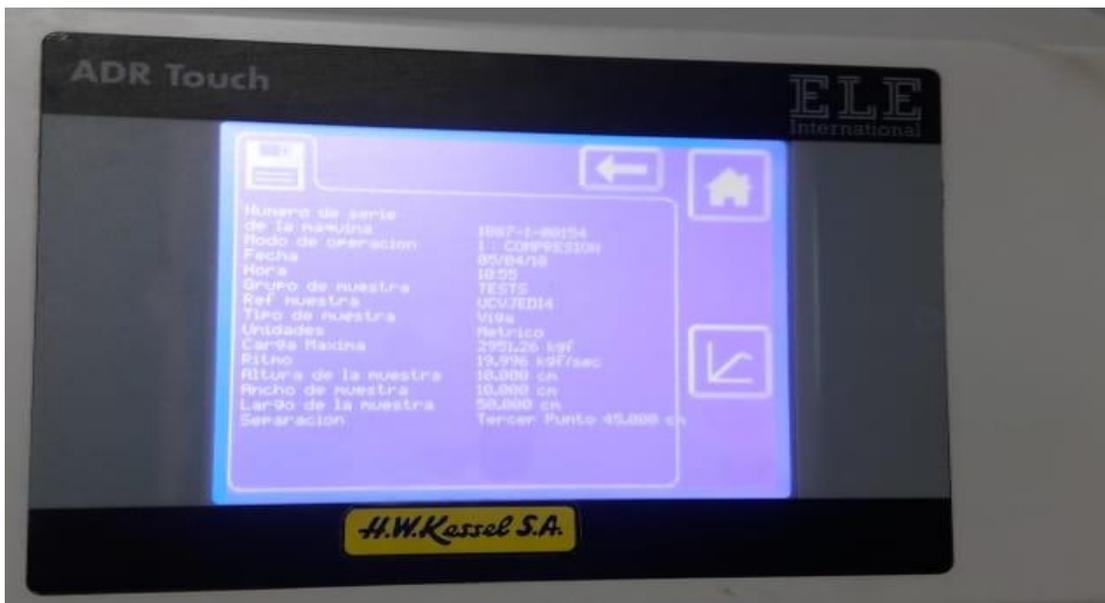
**Concreto simple del módulo de rotura a la edad de 14 días.**





**Concreto simple del módulo de rotura a la edad de 28 días.**



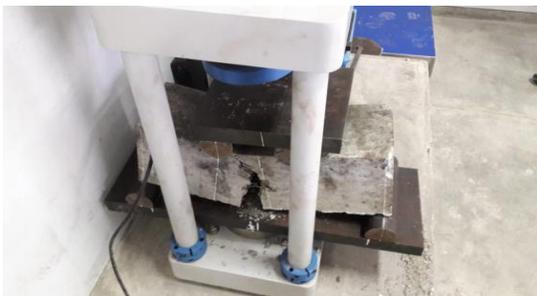
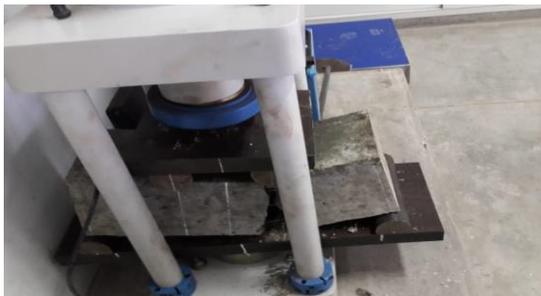
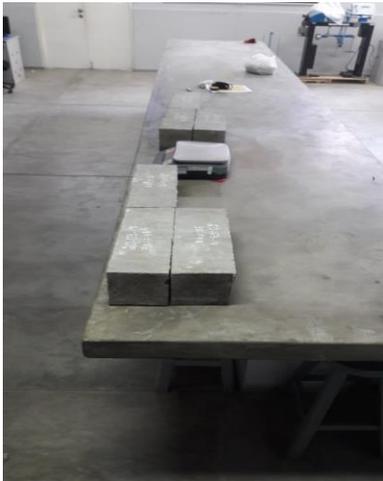


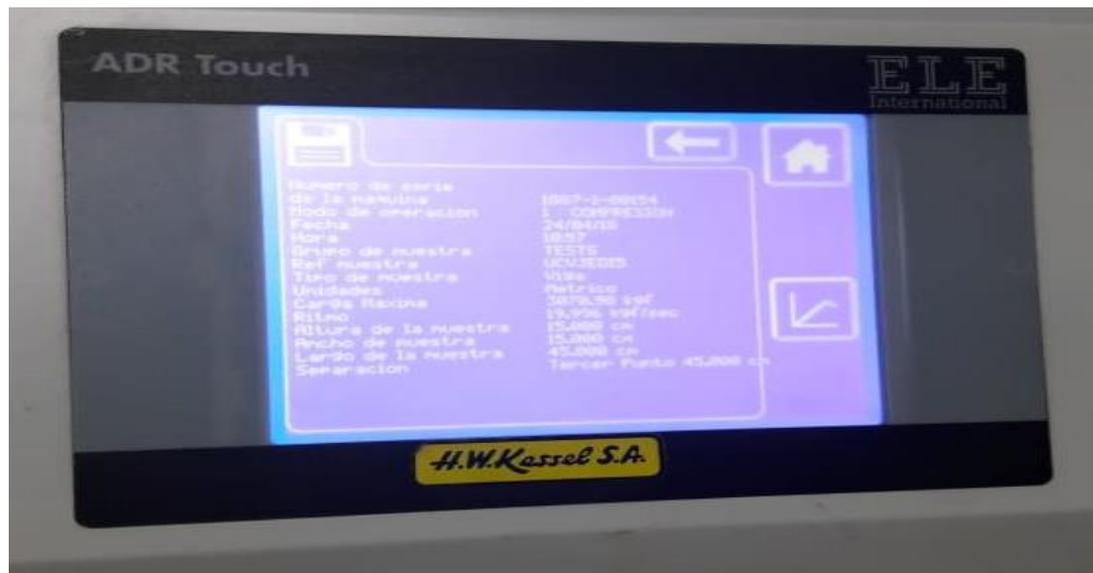
**Concreto reforzado con fibra de acero al 40kg/m<sup>3</sup> (3.2kg/m<sup>3</sup>) del módulo de rotura a la edad de 7 días**





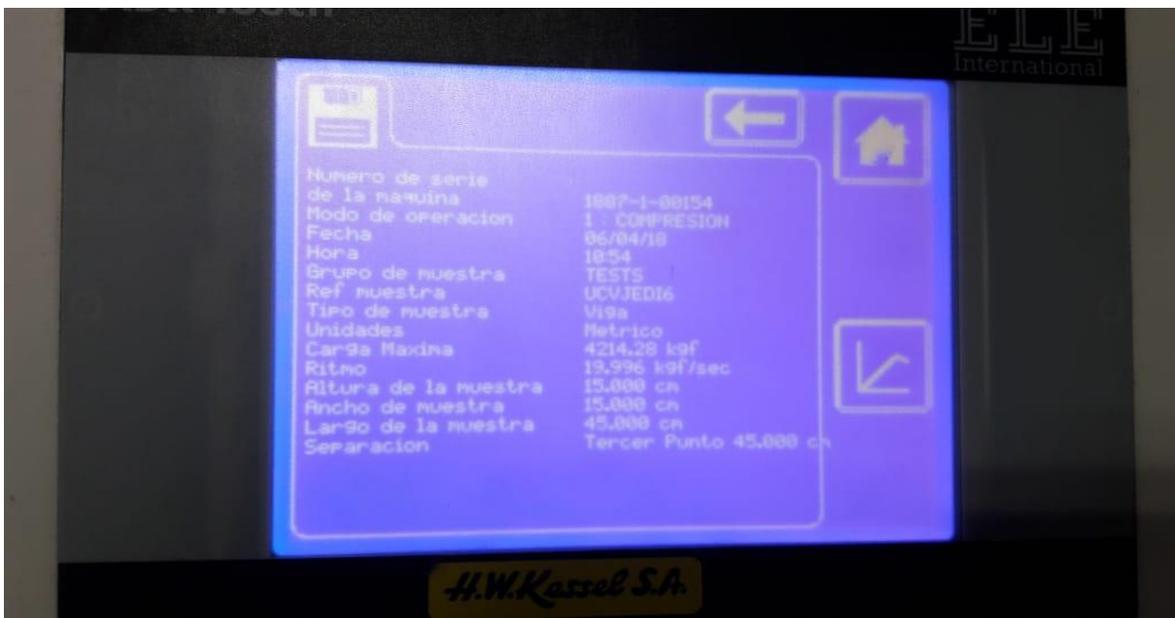
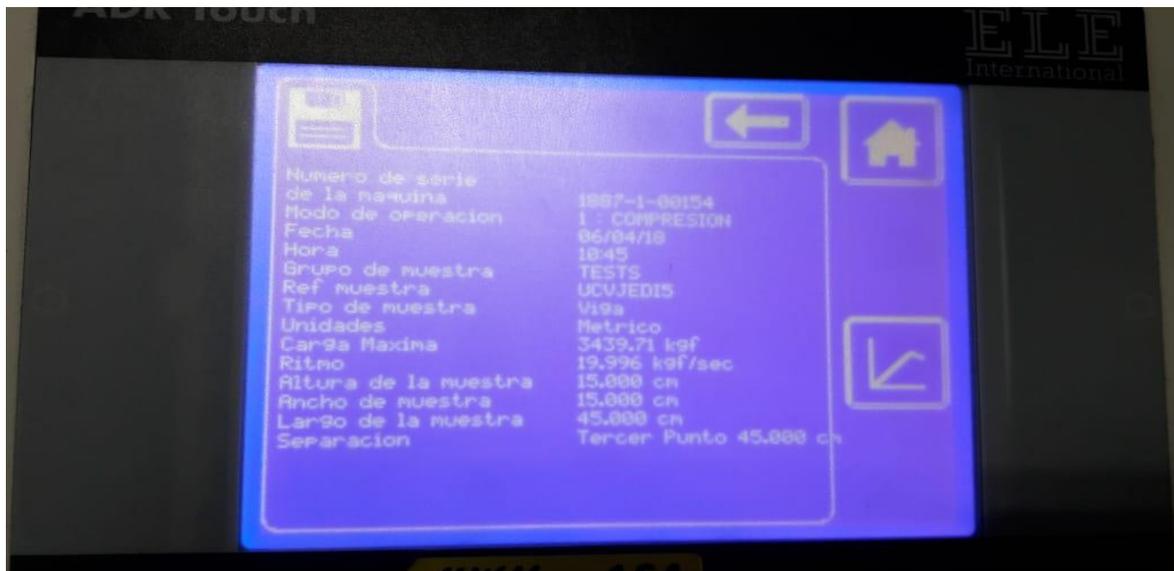
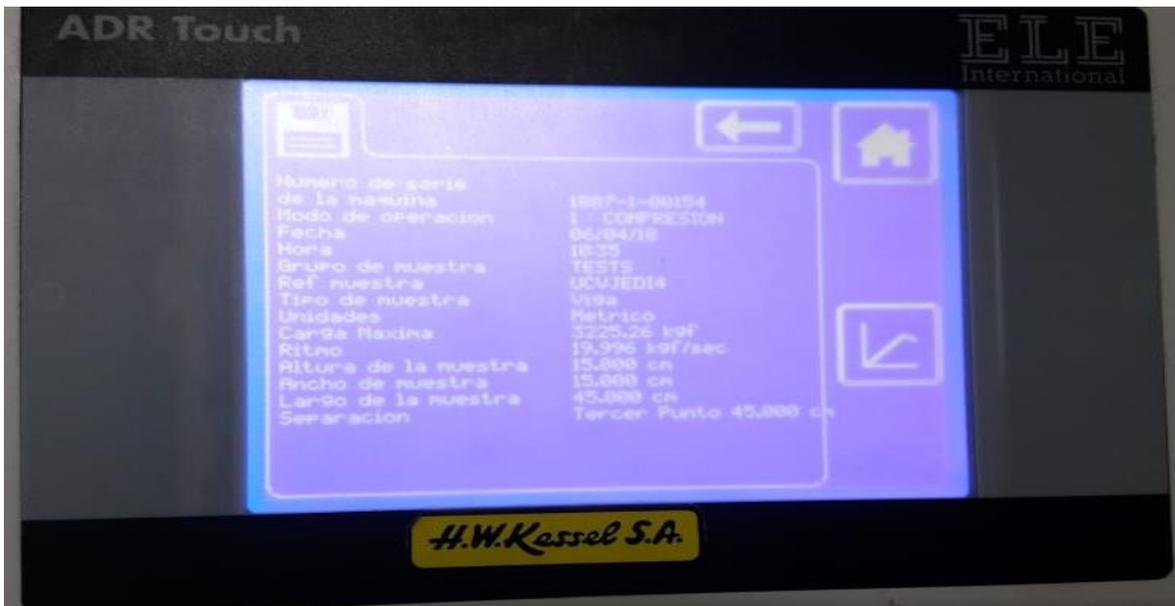
**Concreto reforzado con fibra de acero al 40kg/m<sup>3</sup> (3.2kg/m<sup>3</sup>) del módulo de rotura a la edad de 14 días**



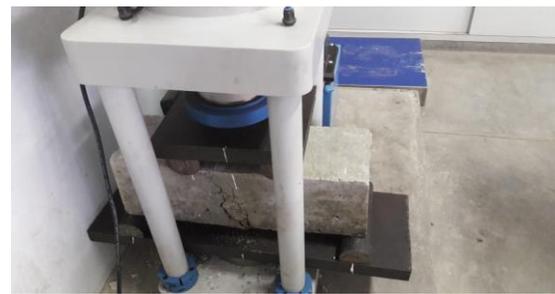


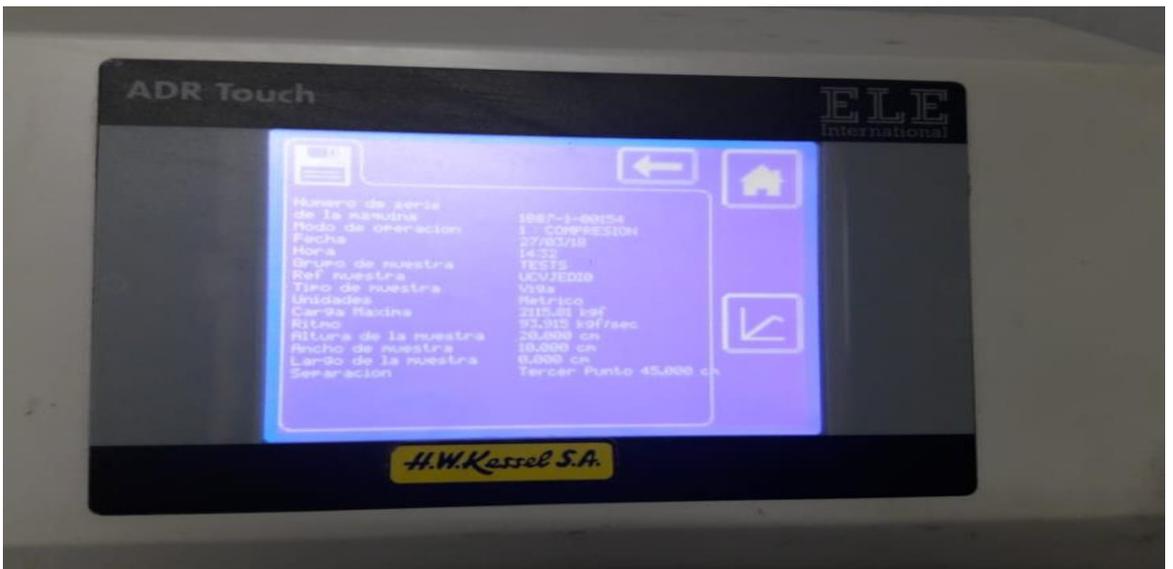
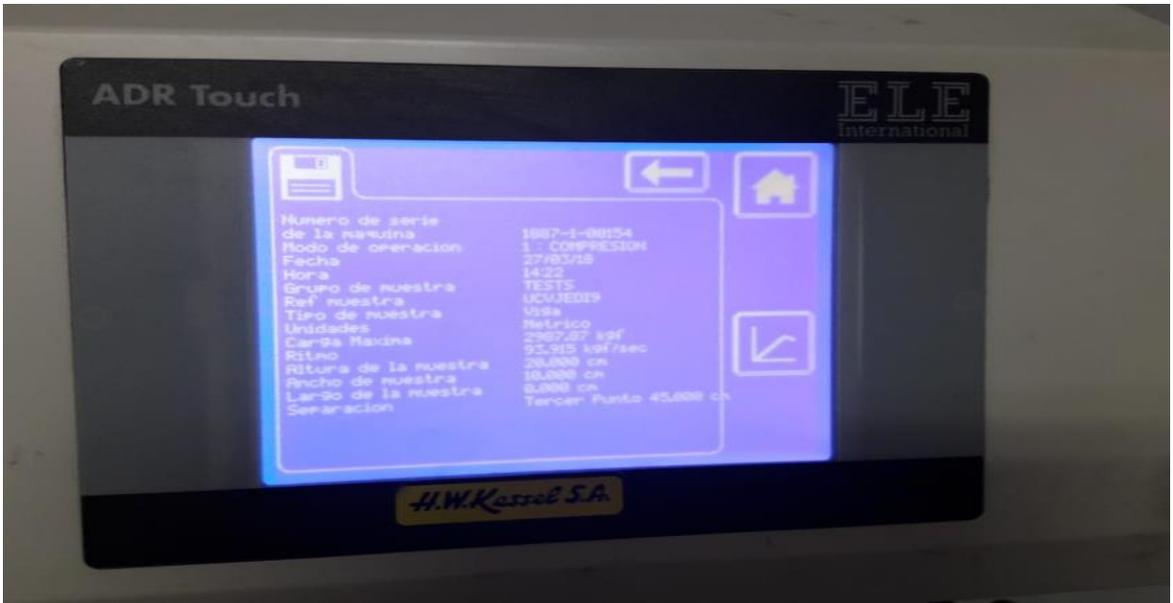
**Concreto reforzado con fibra de acero al 40kg/m<sup>3</sup> (3.2kg/m<sup>3</sup>) del módulo de rotura a la edad de 28 días**



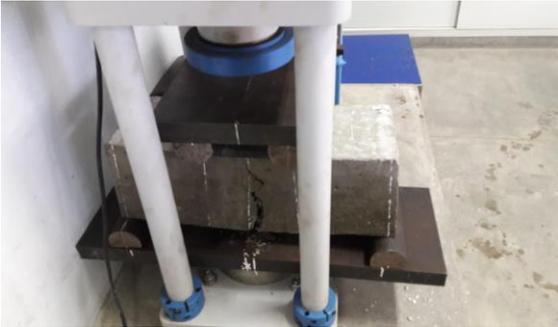


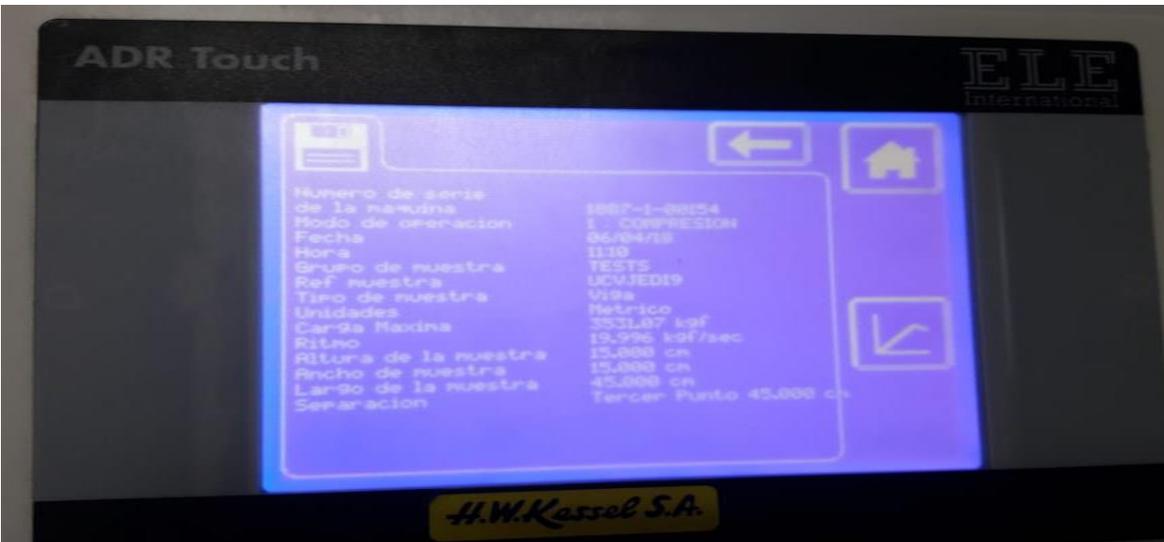
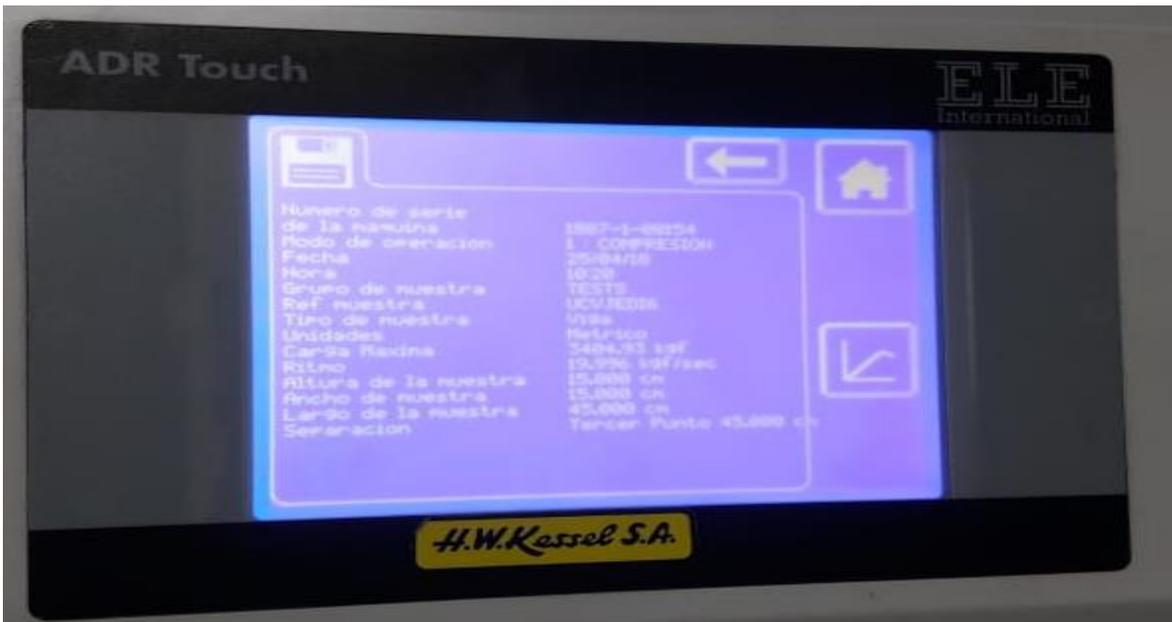
**Concreto reforzado con fibra de acero al 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>) del módulo de rotura a la edad de 7 días**



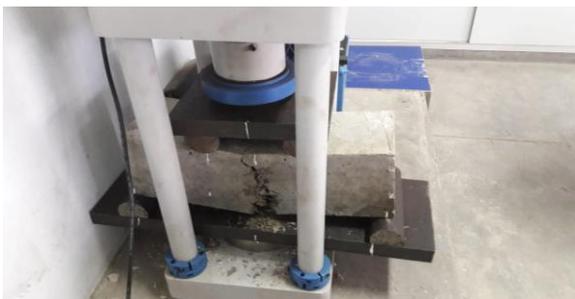


**Concreto reforzado con fibra de acero al 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>) del módulo de rotura a la edad de 14 días**



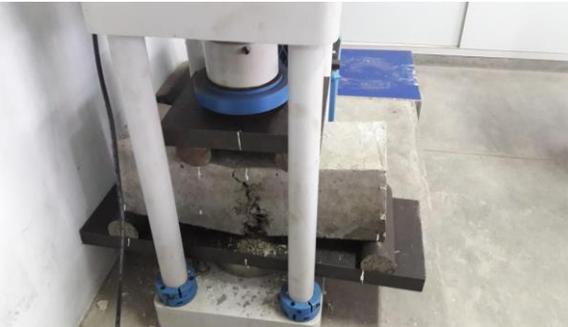


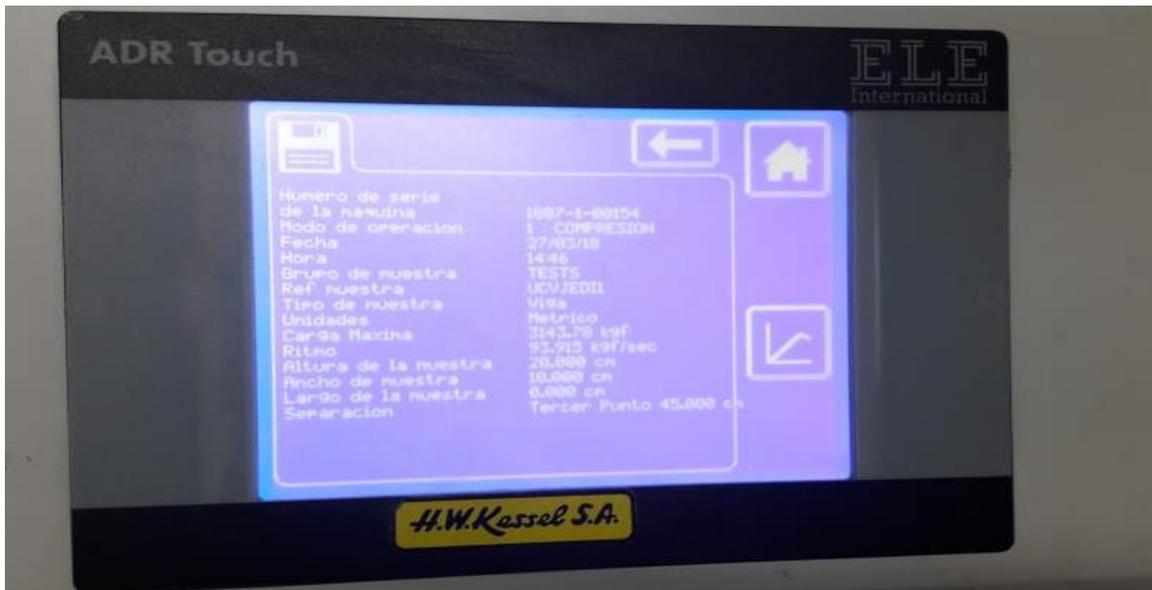
**Concreto reforzado con fibra de acero al 60kg/m<sup>3</sup> (4.8kg/m<sup>3</sup>) del módulo de rotura a la edad de 28 días**





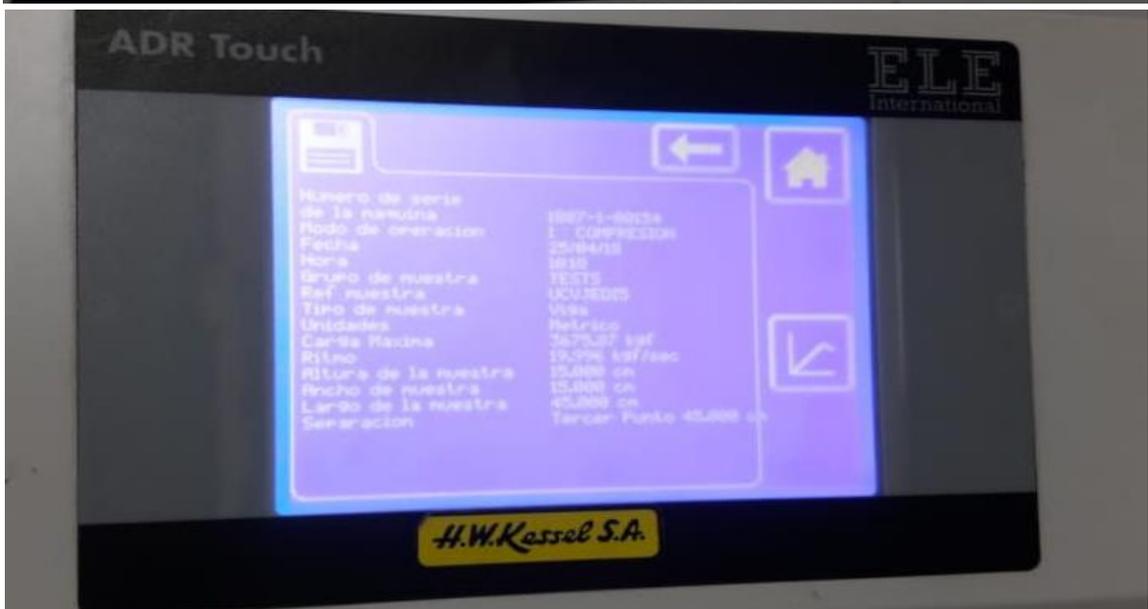
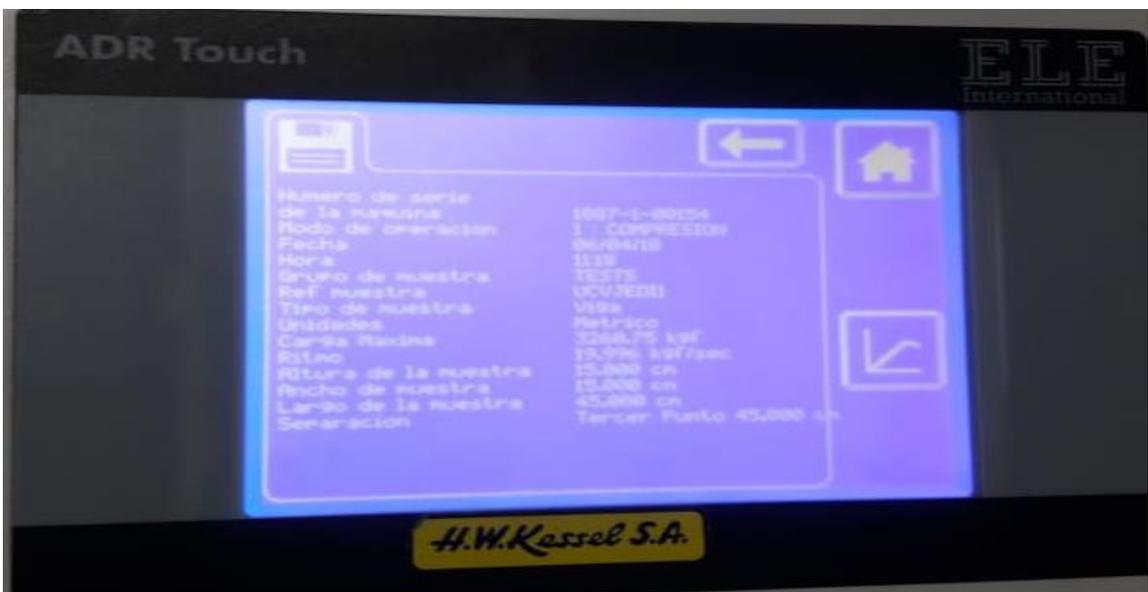
**Concreto reforzado con fibra de acero al 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>) del módulo de rotura a la edad de 7 días**





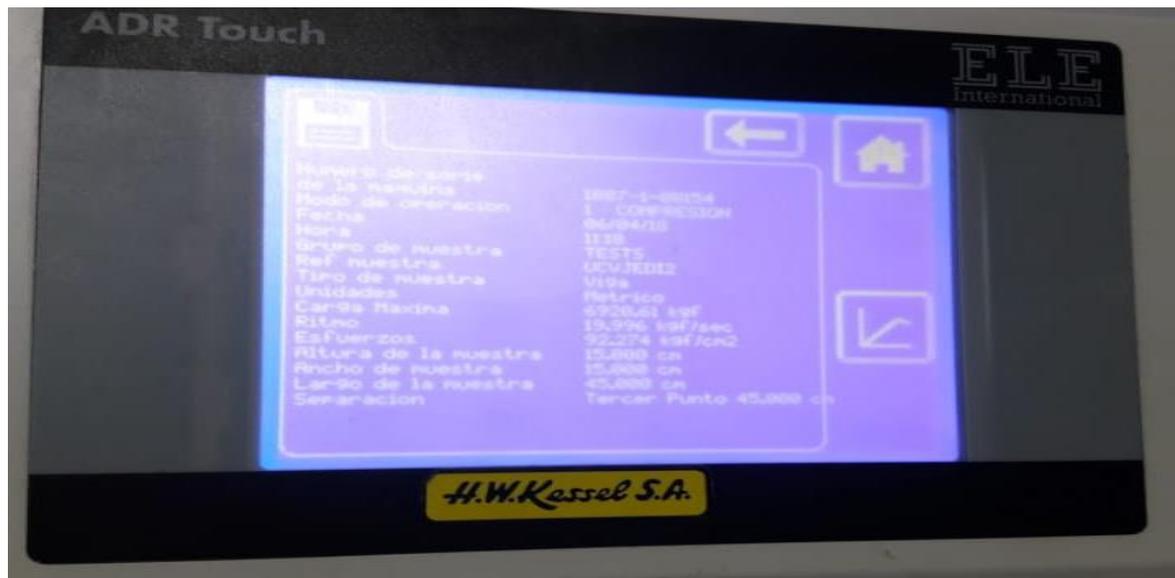
**Concreto reforzado con fibra de acero al 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>) del módulo de rotura a la edad de 14 días**





**Concreto reforzado con fibra de acero al 80kg/m<sup>3</sup> (6.4kg/m<sup>3</sup>) del módulo de rotura a la edad de 28 días**







**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Código : FOG-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, **Gerardo Enrique Cancho Zuñiga** docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

**"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUAROCHIRI-LIMA"**, del estudiante **JOHAN EDINSSON CARRANZA VERGARAY**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **17%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/La suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Sede Lima Norte, 30 de Junio del 2018

Firma

Dr.Ing. Gerardo Enrique Cancho Zuñiga

DNI: 01239759

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Carranza Vergara, Johan Edinson
D.N.I. : 48345009
Domicilio : Calle E. Mos. Victor B. Hago de la Torre, Mz. 6 Lt. 98
Teléfono : Fijo : Móvil : 992006134
E-mail : Jcarranzavergara2915@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería
Escuela : Ingeniería Civil
Carrera : Ingeniería Civil
Título : Ingeniería Civil

[ ] Tesis de Post Grado

[ ] Maestría

Grado :
Mención :

[ ] Doctorado

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Carranza Vergara, Johan Edinson

Título de la tesis:

"Aplicación de filtros de agua para mejorar el comportamiento mecánico del concreto f'c=210 kg/cm2 en losas industriales en el distrito de Huancayo - Lima"

Año de publicación : 2018-I

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : [Signature]

Fecha : 13/09/18

# Pantallazo de Turnitin (Copia Simple):

Feedback Studio - Google Chrome  
Es seguro: https://ev.turnitin.com/...  
feedback studio

Johan Carranza Vergaray TESIS - CARRANZA VERGARAY JOHAN

**Resumen de coincidencias**

**17%**

1	Entregado a Turnitin	3%
2	POSSIBILIDAD DE APLICAR	3%
3	CONCEPTOS DE INGENIERIA	2%
4	Entregado a Turnitin	2%
5	Resolución de problemas	1%
6	Entregado a Turnitin	1%
7	POSSIBILIDAD DE APLICAR	1%



**UCV**  
UNIVERSIDAD  
CESAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
"APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL  
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO (cc-210) (g.c.m.)  
EN LOSAS INDUSTRIALES EN EL DISTRITO DE HUARACHIRI"

LIMA  
AUTOR  
CARRANZA VERGARAY JOHAN EDINSON  
ASESOR  
DR. CAYCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE  
LINEA DE INVESTIGACION  
ADMINISTRACION Y SEGURIDAD DE LA CONSTRUCCION

LIMA - PERU  
2016

Página 1 de 165 Número de palabras: 20004  
Text-only Report High Resolution **Achabao** 11:07 AM 11/07/2018



**FORMATO DE SOLICITUD**

SOLICITA:

Vista buena para presentar al CRAT, como memoria digital

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Yo Carranaga Vergaray, Johan Edimsson con DNI N° 49345009

domiciliado (a) en Calle E. Ansc. Víctor Raúl Haya de la Torre MZ. 1 LT08  
(Calle / Lote / Mz. / Urb. / Distrito / Provincia / Región)

Ante Ud. con el debido respeto expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, identificado con el código de matrícula N° 6700249117, recorro a su honorable despacho para solicitarle lo siguiente :

La digitalización de mi Tesis Titulada: "Aplicación de fibras de acero para mejorar el comportamiento mecánico del concreto  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en losas industriales en el distrito de Huancavelica - Lima"

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponda se me atienda mi petición por ser de justicia.

Lima 13 de septiembre de 2018

*[Firma del solicitante]*

(Firma del solicitante)

*[Firma del Coordinador de Investigación]*

(Firma del Coordinador de Investigación)

Documento que adjunto:

- a. Acta de aprobación de originalidad
- b. Constancia del Tuvor
- c. Formulario de autorización de publicación
- d. Autorización de la versión final del trabajo de investigación

Cualquier consulta por favor comunicarse conmigo al:

Teléfono: 992006134

E. mail: JohanCarranaga2015@gmail.com



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CARRANZA VERGARA JOHAN EDUARDO

INFORME TÍTULADO:

APLICACIÓN DE FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR EL COMPRES-

MIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  EN ZONAS INDUSTRIALES

EN EL DISTRITO DE HUASCHIRI - ZONA

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA: 04/07/2018

NOTA O MENCIÓN: 16



[Firma]  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN