



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO  
RECICLADO Y COMERCIAL SOBRE LAS  
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO  
 $F'_{C}=210 \text{ KG/CM}^2$ , TRUJILLO 2020.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Rafael Saavedra, Brayan Aldair

Reynal Benites, Abel Jhonatan

Asesor:

Ing. Mg. Eduar José Rodríguez Beltrán

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestras hermanas y hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Rafael Saavedra Brayan Aldair  
Reynal Benites Abel Jhonatan

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a la Universidad Privada del Norte, a nuestro asesor el ingeniero Eduar Rodríguez Beltrán, por habernos apoyado en este largo transcurso que es la realización de nuestra tesis y por haber compartido sus conocimientos para con nosotros, y a nuestros docentes en general por habernos formado encaminándonos a ser profesionales de calidad, éticos y competentes que tendrán la misión de servir al país.

Rafael Saavedra Brayan Aldair  
Reynal Benites Abel Jhonatan

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS.....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	17
1.3. Objetivos.....	17
1.4. Hipótesis.....	18
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>22</b>
2.1. Tipo de investigación.....	22
2.2. Población y Muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	22
2.3. Procedimiento.....	45
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
3.2. Elaboración de las muestras (probetas cilíndricas y prismáticas).....	57
3.3. Ensayo del concreto en estado endurecido.....	60
3.4. Resistencia a la Flexión.....	67
3.5. Costos del concreto convencional, concreto con adición de fibra de acero reciclado y acero comercial.....	72
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>81</b>
4.1. Discusión.....	81
4.2. Conclusiones.....	84
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>92</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Propiedades Mecánicas .....	23
Tabla 2.- Propiedades físicas del agregado fino .....	24
Tabla 3.- Propiedades físicas del agregado grueso .....	24
Tabla 4.- Diseño de Mezclas: Datos del Cemento.....	32
Tabla 5.- Diseño de Mezclas: Datos del Agregado Fino .....	33
Tabla 6.- Diseño de Mezclas: Datos del Agregado Grueso .....	33
Tabla 7.- Diseño de Mezclas: Datos del Agua .....	33
Tabla 8.- Resistencia Promedio .....	34
Tabla 9.- Selección de Asentamiento .....	35
Tabla 10.-Volumen Unitario de Agua .....	35
Tabla 11.- Contenido de Aire Atrapado .....	36
Tabla 12.- Relación Agua/Cemento .....	36
Tabla 13.- Peso del Agregado Grueso por unidad de volumen del concreto .....	37
Tabla 14.- Volúmenes Absolutos .....	39
Tabla 15.- Valores de Diseño .....	40
Tabla 16.- Corrección por Humedad .....	40
Tabla 17.- Valores Corregidos .....	41
Tabla 18.- Proporción en peso "Sin corregir" .....	41
Tabla 19.- Proporción en peso "Corregido" .....	41
Tabla 20.- Pesos por tanda de una bolsa.....	42
Tabla 21.- Diseño de Mezcla para Concreto Patrón (CP). Resistencia 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	43
Tabla 22.- Diseño de Mezcla para Concreto Experimental I (CE-I). Resistencia 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	43
Tabla 23.- Diseño de Mezcla para Concreto Experimental II (CE-II). Resistencia 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	44
Tabla 24.- Diseño de Mezcla para Concreto Experimental III (CE-III). Resistencia 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	44
Tabla 25.- Cantidad de cilindros por muestra.....	47
Tabla 26.- Medición del Slump. ....	56
Tabla 27 Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón .....	58
Tabla 28 Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón + Fibras de Acero 1.0% .....	59
Tabla 29 Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón + Fibras de Acero 2.5% .....	59
Tabla 30 Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón + Fibras de Acero 4.0% .....	60
Tabla 31 Valores de Resistencia a la Compresión del concreto patrón. ....	61
Tabla 32.- Valores de Resistencia a la Compresión del concreto + 1.5% F.A Comercial y Reciclado .....	62
Tabla 33 Valores de Resistencia a la Compresión del concreto + 2.5% F.A Comercial y Reciclado. ....	64
Tabla 34 Valores de Resistencia a la Compresión del concreto + 4.0% F.A Comercial y Reciclado. ....	66
Tabla 35 Valores de Resistencia a la Flexión. ....	68
Tabla 36 Valores de Resistencia a Flexión del concreto + 1.0% F.A Comercial y Reciclado. ....	69
Tabla 37 Valores de Resistencia a Flexión del concreto + 4.0% F.A Comercial y Reciclado. ....	70
Tabla 38 Valores de Resistencia a Flexión del concreto + 2.5% F.A Comercial y Reciclado. ....	71
Tabla 39 Análisis de Costos Unitarios de Concreto Patrón .....	73
Tabla 40 Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 1% de Fibras de Acero Reciclado.....	74
Tabla 41.- Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 1% de Fibras de Acero Comercial .....	75
Tabla 42.-Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 2.5% de Fibras de Acero Reciclado. ....	76
Tabla 43.- Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 2.5% de Fibras de Acero Comercial .....	77
Tabla 44.- Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 4% de Fibras de Acero Reciclado. ....	78
Tabla 45.- Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 4% de Fibras de Acero Comercial .....	79
Tabla 46 Análisis General de Resultados .....	80

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Fibras de acero recicladas. ....	26
Ilustración 2.- Fibra Metálica Z. ....	27
Ilustración 3.- Agua. ....	27
Ilustración 4.- Prensa hidráulica de Compresión. ....	29
Ilustración 5.- Prensa Hidráulica de Flexión. ....	30
Ilustración 6.- Mezcladora. ....	31
Ilustración 7.- Cono de Abrams. ....	48
Ilustración 8.-Tipos de falla de cilindros. ....	50
Ilustración 9.- Prueba de Resistencia a la Compresión. ....	51
Ilustración 10.-Esquema del ensayo a flexión. ....	52
Ilustración 11.- Prueba de Resistencia a la Flexión. ....	53
Ilustración 12.- Probeta Cilíndrica. ....	57
Ilustración 13.- Probeta Prismática (Viga). ....	58
Ilustración 14.- Contenido de Humedad – Agregado Grueso. ....	92
Ilustración 15.- Contenido de Humedad - Agregado fino. ....	92
Ilustración 16.- Análisis Granulométrico –Agregado Grueso. ....	93
Ilustración 17.- Análisis Granulométrico - Agregado Fino. ....	93
Ilustración 18.- Peso Unitario - Agregado Grueso. ....	93
Ilustración 19.- Peso Unitario - Agregado Fino. ....	93
Ilustración 20.- Gravedad Específica y Absorción - Agregado Grueso. ....	93
Ilustración 21.- Gravedad Específica y Absorción - Agregado Fino. ....	93
Ilustración 22.- Desgaste por Abrasión Los Ángeles - Agregado Grueso. ....	93
Ilustración 23.- Maquinas las cuales convierten grandes masas de acero en fibras o virutas. ....	93
Ilustración 24.- Recogiendo las fibras de los botes de basura en donde son colocadas. ....	93
Ilustración 25.- Moldes para las probetas cilíndricas. ....	93
Ilustración 26.- Moldes de madera para la realización de las probetas prismáticas. ....	93
Ilustración 27.- Como desmoldante para las probetas cilíndricas se usó el aceite. ....	93
Ilustración 28.- Como desmoldante para las probetas prismáticas se usó petróleo. ....	93
Ilustración 29.- Para que la mezcla no se pegue en el trompo se le mojó con petróleo. ....	93
Ilustración 30.- Vaciado del cemento. ....	93
Ilustración 31.- Vaciado de los agregados al trompo. ....	93
Ilustración 32.- Fibras Recicladas. ....	93
Ilustración 33.- Fibras Comerciales. ....	93
Ilustración 34.- Se dejó que se mezcle 2 minutos aproximadamente. ....	93
Ilustración 35.- Se realiza el chuceado y al final se enrasa. ....	93
Ilustración 36.- Se retira cuidadosamente de manera vertical. ....	93
Ilustración 37.- Se mide el Slump en pulgadas. ....	93
Ilustración 38.- La mezcla usada para el ensayo de slump se desecha. ....	93
Ilustración 39.- Chuceo con 25 golpes, en cada una de las 3 capas. ....	93
Ilustración 40.- Chuceo con 25 golpes, en cada una de las 3 capas, del molde prismático. ....	93
Ilustración 41.- Desencofrado de probetas cilíndricas. ....	93
Ilustración 42.- Desencofrado de probetas prismáticas. ....	93
Ilustración 43.- Todas las probetas realizadas para nuestro estudio de investigación. ....	93
Ilustración 44.- Curado de todas las probetas, cilíndricas y prismáticas. ....	93
Ilustración 45.- Colocando la probeta a la prensa de resistencia a la compresión. ....	93
Ilustración 46.- Ensayo de Resistencia a la Compresión. ....	93
Ilustración 47.- Colocando la probeta a la prensa de resistencia a la flexión. ....	93
Ilustración 48.- Ensayo de Resistencia a la Flexión. ....	93

Ilustración 50.- Probeta sin fibra de acero. ....	93
Ilustración 51 Probeta con fibra de acero. ....	93
Ilustración 49 Imagen general del Laboratorio GECONSAC. ....	93

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.- Ensayo en estado fresco .....	56
Gráfica 2.- Resultado de Resistencia a la Compresión sin adición de fibras.....	62
Gráfica 3.- Resultados de Resistencia a la Compresión con adición del 1% de fibras.....	63
Gráfica 4.- Resultados de Resistencia a la Compresión con adición del 2.5% de fibras.....	64
Gráfica 5.- Resultados de Resistencia a la Compresión con adición del 4.0% de fibras.....	66
Gráfica 6.- Resultados de Resistencia a la Flexión sin adición de fibras.....	68
Gráfica 7.- Resultados de Resistencia a la Flexión con adición de 1% de fibras.....	69
Gráfica 8.- Resultados de Resistencia a la Flexión con adición de 2.5% de fibras.....	70
Gráfica 9.- Resultados de Resistencia a la Flexión con adición de 4.0% de fibras.....	71

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.- Resistencia Promedio (1).....	34
Ecuación 2.- Resistencia Promedio (2).....	34
Ecuación 3.- Factor Cemento. ....	37
Ecuación 4.- Peso del Agregado grueso .....	38
Ecuación 5.- Volumen Absoluto del Cemento .....	38
Ecuación 6.- Volumen Absoluto del Agua .....	38
Ecuación 7.- Volumen Absoluto del Aire.....	38
Ecuación 8.- Volumen Absoluto del Agregado Grueso .....	39
Ecuación 9.- Volumen Absoluto del Agregado Fino.....	39
Ecuación 10.- Peso del Agregado Fino .....	39
Ecuación 11.- Peso Húmedo del Agregado Fino.....	40
Ecuación 12.- Peso Húmedo del Agregado Grueso.....	40
Ecuación 13.- Humedad Superficial del Agregado Fino. ....	40
Ecuación 14.- Humedad Superficial del Agregado Grueso.....	40
Ecuación 15.- Aporte de Humedad del Agregado Fino.....	40
Ecuación 16.- Aporte de Humedad del Agregado Grueso.....	41
Ecuación 17.- Aporte de Humedad de los Agregados. ....	41
Ecuación 18.- Agua Efectiva. ....	41
Ecuación 19.- Relación Agua/Cemento de Diseño.....	41
Ecuación 20.- Relación Agua/Cemento Efectiva. ....	42
Ecuación 21.- Resistencia a la Compresión.....	49
Ecuación 22.- Resistencia a la Flexión I.....	52
Ecuación 23.- Resistencia a la flexión II. ....	53

## RESUMEN

En la actualidad existen diversas industrias metálicas que generan desperdicios o residuos durante su producción debido a la alta demanda que se genera en este rubro. Estos residuos también llamados comúnmente virutas, tienen ciertas similitudes en sus propiedades comparándolo con fibras de acero comerciales, ya que estas fibras recicladas provienen de aceros de grandes resistencias.

A raíz de esa problemática, decidimos tomarlo como una oportunidad para analizar cómo influye estas fibras recicladas o virutas de acero dentro del concreto ya sea en su estado fresco o endurecido, y así mismo plantear esta opción como una alternativa diferente de adición para estructuras de concreto con la finalidad de aumentar su resistencia tanto a compresión y flexión.

Por ello, la presente investigación tiene como finalidad evaluar y comparar el comportamiento de las fibras recicladas y comerciales dentro de un concreto  $F'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sometido a esfuerzos a de compresión y flexión, teniendo en cuenta proporciones de 1%, 2.5% y 4% de fibras, se espera que las fibras de acero reciclado logren resultados similares a las fibras comerciales con la finalidad de que se puedan reemplazar o utilizar como material alternativo y que estas permitan un mejor comportamiento a diferencia de un concreto sin adición de fibras

Por último, se buscará evaluar el costo-beneficio ya que el hecho de ser material reciclado permite generar un ahorro y a la vez contribuir al cuidado del medio ambiente.

**Palabras clave:** Concreto con fibras de acero, fibras de acero comercial, fibras de acero recicladas, ensayo a compresión, ensayo a flexión, propiedades mecánicas del concreto.

## ABSTRACT

At present there are various metal industries that generate waste or residues during their production due to the high demand that is generated in this area. These residues, also commonly called shavings, have certain similarities in their properties compared to commercial steel fibers, since these recycled fibers come from high strength steels.

As a result of this problem, we decided to take it as an opportunity to analyze how these recycled fibers or steel shavings influence within the concrete, either in its fresh or hardened state, and also propose this option as a different alternative of addition for concrete structures in order to increase its resistance to both compression and flexion.

Therefore, the present research project aims to evaluate and compare the behavior of recycled and commercial fibers within a concrete  $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  subjected to compression and bending stresses, taking into account proportions of 1% , 2.5% and 4% fibers, it is expected that recycled steel fibers achieve similar results to commercial fibers with the purpose that they can be replaced or used as an alternative material and that these allow a better performance unlike concrete without fiber addition

Finally, it will seek to evaluate the cost-benefit since the fact of being recycled material allows to generate savings and at the same time contribute to the care of the environment.

**Keywords:** Steel fiber concrete, commercial steel fibers, recycled steel fibers, compression test, bending test, mechanical properties of concrete.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A lo largo de la historia, la idea de reforzar con materiales fibrosos se remonta al antiguo Egipto en donde se introducía paja al macizo arcilloso con el cual confeccionaban ladrillos para conferirle una mayor resistencia y por lo tanto una buena manejabilidad después de la cocción al sol. (Millán, 2013). Con el objetivo de crear una estructura interior que pueda resistir más tracción que en un concreto normal; al concreto convencional se le añaden fibras de diversos materiales como el acero, plástico, nylon, etc. (Pasquel, 1999).

En 1848, Joseph Louis Lambot construyó un bote de concreto reforzado el cual presentó en la Exposición de París en 1854 y patentó en 1855. En Inglaterra, W.B. Wilkinson, registró, en 1855, un piso de concreto reforzado con cuerdas de acero desechadas en las minas. (Harmsen, 2002).

En Francia, el desarrollo del uso del concreto reforzado se debió en gran parte a Francois Hennebique quien estableció un estudio de ingeniería y proyectó cientos de estructuras del nuevo material. En 1900, el Ministerio de Obras Públicas de Francia convocó a un comité a cargo de Armand Considere para la elaboración de especificaciones técnicas para concreto armado. Estas fueron publicadas en 1906. (Harmsen, 2002, pág. 2).

El hormigón presenta propiedades favorables como: ser moldeable en su etapa de preparación, tener gran resistencia ante esfuerzos de compresión y ser un material relativamente económico (Ortega Garcia, 1988, pág. 11), sin embargo, posee la desventaja de tener baja capacidad de resistir esfuerzos de tracción, esta es una de las razones por la cual se comienza a buscar métodos de refuerzo. (Cando, 2016, pág. 2).

Debido al gran desarrollo de la industria metal mecánica, originado por el aumento de la producción y al incremento de procesos mecanizados, se observa

que esta industria genera residuos metálicos con formas laminares, llamados comúnmente “virutas”. Analizando un poco el origen de estos residuos se determina que estas virutas son obtenidas de aceros de gran resistencia, superando incluso al acero de refuerzo convencional. Con estos puntos de vista nace la idea de analizar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado. (Cando, 2016, pág. 2).

El empleo de fibras para mejorar la isotropía de un material no es algo desconocido. Los adobes de barro cocidos al sol y armados con paja ya se empleaban en Caldea; hasta hace poco hemos visto utilizar pelos de cabra o de caballo para armar el yeso; el fibrocemento no es otra cosa que una pasta de cemento a la que se ha añadido del 8 al 16 % de fibras de asbesto para incrementar la resistencia a flexotracción de 2 a 4 veces la de la matriz. Al mismo hormigón armado podríamos considerarlo, en el límite, como un hormigón de gruesas fibras orientadas. (Fernández Cánovas, 1981, pág. 5).

En junio del 2012 fue presentado en la Facultad de Ingeniería de la Universitat Politècnica De Catalunya el trabajo especial de grado Aplicación de fibras estructurales a los pilotes tipo CPI 8, por Javier Ainchil y Alberth de la Fuente, como requisito para optar el título de Máster en Ingeniería de Estructuras y Construcción. (Ainchil J. & De la Fuente A., 2012).

En esta investigación se expondrán las bases teóricas que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la metodología propuesta para luego exponer las bases de cálculo de secciones de HRFA sometidas a tensiones normales (momento flector y un axial) sobre la sección y, referidos a su centro de gravedad. Se pretende determinar, para una sección en estudio, el par de esfuerzos momento–axil que agotan esa sección, mediante la utilización de unos diagramas de interacción. (Ainchil & De la Fuente, 2012).

La estrategia propuesta en esta metodología consiste en obtener la menor cuantía de fibras que aseguren una falla dúctil para la situación hipotética de alcanzar el momento de falla. Para esto se establece que este momento de falla sea

estrictamente igual al momento último. Este enfoque fue propuesto para secciones de HA tradicional en (Levi, 1985) y usado con excelentes resultados en (Chiaia et al., 2009 y Plizzari y Tiberti, 2006) para el diseño óptimo de elementos de HA con adición de fibras de acero. (Ainchil & De la Fuente, 2012).

Hay que resaltar que esta metodología se desarrolló para fibras de acero DRAMIX RC 80/60 BN que tienen una longitud ( $l_f$ ) de 60 mm, un diámetro ( $d_f$ ) de 0,75 mm y una relación de aspecto ( $l_f/d_f$ ) de 80. Este es el tipo de fibras que utilizó Barros en su estudio “Post-cracking behaviour of steel fiber reinforced concrete” el cual es una de las bases teóricas que se tuvo en cuenta para la metodología propuesta. (Ainchil y De la Fuente, 2012).

En 2016, en una investigación científica se comprobó una mejora en la resistencia a la compresión de los cilindros con fibra de acero con respecto a los cilindros sin fibra, notándose que la mezcla con adición del 14 % fue la más alta, obteniendo una resistencia promedio 24500 kg-f o de 4324 psi, superando en un 13,65 % la capacidad de resistencia a la compresión de la mezcla de concreto sin adición. (Valencia & Quintana, 2016).

Por otro lado, Luisa Mendieta, estudiante de la Universidad Militar Nueva Granada – Colombia, en su investigación de tesis para optar el Título de Ingeniero Civil “Aplicación de concreto reforzado con fibras de acero en losas de contrapiso para viviendas de interés social” concluye que las fibras de acero ofrecen una ventaja al ser utilizadas como refuerzo principal o secundario, ya que actúan como refuerzo tridimensional, distribuyendo los esfuerzos de tensión en todo el volumen de los elementos, lo que disminuye la aparición de fisuras; y adicionalmente, debido al trabajo que realizan después de presentarse las primeras fisuras y en consecuencia la falla, las fibras de acero se entrelazan entre las fisuras, evitando la separación y proporcionando una capacidad de carga adicional después de la fractura, situación que no ocurre con el concreto simple. (Mendieta, 2017).

En agosto del 2007 fue presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma el trabajo de grado, Utilización de fibras metálicas para la

construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa, por Wendy Lao, como requisito para optar el Título de Ingeniero Civil. (Lao, 2007).

Las fibras determinan las propiedades mecánicas del concreto, especialmente frente a sollicitaciones que producen fatiga, esfuerzo de tracción, tensión directa, flexión, impacto y corte. Las variables más importantes que controlan las propiedades del concreto con fibra son la eficiencia de la fibra y su contenido. La eficiencia es controlada por la resistencia de las fibras a ser extraídas, lo cual depende de la fricción fibra – matriz y de la longitud de ésta. Si la fibra tiene menos diámetro, el área de contacto para la misma cuantía será mayor y, por lo tanto, la fuerza de anclaje aumentará. (Lao, 2007).

Sin embargo, se ha encontrado que fibras con factores de forma mayores a 100 ocasionan una inadecuada trabajabilidad de la mezcla, mala distribución de la fibra si se usan técnicas convencionales de mezclado. Es por eso que se busca mejorar el anclaje de la fibra a la matriz, no aumentando demasiado el factor de forma, sino por medio de superficies irregulares o extremos doblados. (Lao, 2007).

Debido a la energía absorbida por las FIBRAS que se adhieren al concreto la ruptura, las fibras se oponen al desarrollo de la fisura. El mejor aporte de las fibras al concreto sometido a compresión es que evita que éste tenga una falla frágil y explosiva, dándole ductilidad al compuesto. (Lao, 2007).

En el año 2018 fue presentado a la facultad de Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo el trabajo de grado, Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto, Trujillo 2018, por Elmer Cuenca y Cristhy Solorzano, como requisito para optar el Título de Ingeniero Civil. En la presente investigación se busca evaluar el efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia del concreto. (Cuenca & Solorzano, 2018).

Para ello el estudio se inició mediante el análisis de las propiedades granulométricas de los agregados verificando que estos cumplan con las normas

vigentes, con los resultados de laboratorio se realizó el diseño de mezclas patrón con resistencia característica a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, al que se añadió proporciones de 10%, 15% y 20% de fibras de acero y polipropileno. (Cuenca & Solorzano, 2018).

Para el estudio se empleó agregado fino y grueso (piedra de 1/2 pulg) provenientes de la cantera Transportes y agregados Maconsa EIRL (cantera tripa), Cemento Portland Tipo ICo, fibras de acero (Sika Fiber CHO 65/35 NB) y fibras de polipropileno (Sika Fiber PE). Se realizaron 48 especímenes (vigas de concreto) distribuidos en tres grupos experimentales y un grupo control, los cuales fueron puestos a prueba de resistencia a flexión después de 14 y 28 días de curado. La resistencia a la flexión logró valores máximos a los 28 días obteniendo 30.1 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón y 32.5 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto con 20% de fibra de acero y polipropileno. (Cuenca & Solorzano, 2018).

Las fibras empleadas en la investigación demostraron ser un excelente agregado para ser empleados en las mezclas de concreto debido a que mejoran significativamente sus características físicas y mecánicas. Los resultados obtenidos demostraron que el concreto fibroreforzado con proporción de 20% logró un aumento de la resistencia en 7.7% respecto al concreto patrón, llegando a la conclusión que un concreto con adición de fibras de acero y polipropileno tiene un mejor comportamiento a comparación de un concreto convencional. (Cuenca y Solorzano, 2018).

Nuestra investigación pretende dar a conocer que con menos porcentaje de fibra agregada al concreto convencional puede ser de mayor ayuda, es por ello que nuestro estudio abarca la realización de probetas de concreto con la adición de fibras de acero reciclado y fibras de acero comercial, al 1%, 2.5% y 4%.

## 1.2. Formulación del problema

¿En qué medida influyen, las fibras de acero reciclado y acero comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto  $F^c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

- Determinar la Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto  $F^c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diseño de mezcla mediante el método ACI 211 para una resistencia  $F^c=210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Determinar el asentamiento del concreto convencional, del concreto con adición de fibras de acero recicladas y concreto con adición de fibras de acero comerciales, para una resistencia  $F^c=210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Determinar la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto convencional, concreto con adición de fibra de acero reciclado y fibra de acero comercial.
- Determinar la cantidad óptima de los porcentajes planteados de fibras recicladas y fibras comerciales agregadas al concreto convencional.
- Determinar y evaluar la relación costo-beneficio del concreto convencional, concreto con adición de fibra de acero reciclado y adición de fibra de acero comercial.

#### 1.4. Hipótesis

##### 1.4.1. Hipótesis general

- El uso de las fibras de acero reciclado y acero comercial en la mezcla de concreto  $F^c=210 \text{ kg/cm}^2$  influirá en las propiedades mecánicas.

##### 1.4.2. Hipótesis específicas

- El uso de las fibras de acero reciclado y acero comercial en la mezcla de concreto  $F^c=210 \text{ kg/cm}^2$  influirá la resistencia a la compresión con respecto al concreto convencional.
- El uso de las fibras de acero reciclado y acero comercial en la mezcla de concreto  $F^c=210 \text{ kg/cm}^2$  influirá la resistencia a la flexión con respecto al concreto convencional.
- El uso de fibras de acero reciclado influirá económicamente en las fibras de acero comercial en la elaboración del concreto  $F^c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 1.- Matriz de Consistencia

**TEMA: “INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO RECICLADO Y COMERCIAL SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO 2020.”**

**RESPONSABLES:**

RAFAEL SAAVEDRA BRAYAN ALDAIR

REYNAL BENITES ABEL JHONATAN

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<b>PROBLEMA PRINCIPAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>		<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿En qué medida influyen, las fibras de acero reciclado y acero comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto.</li> </ul> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar el diseño de mezcla mediante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El uso de las fibras de acero reciclado y comercial en la mezcla de concreto <math>F^c=210 \text{ kg/cm}^2</math> influirá las propiedades mecánicas.</li> </ul>	<p><b>Fibras de acero:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las fibras son filamentos discontinuos, producidos con una variada gama de formas, dimensiones y destinados específicamente para uso en</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p><b>X: Fibras de acero:</b></p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensiones</li> <li>Cantidad</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p><b>Y: Propiedades Mecánicas:</b></p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Carga última.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo experimental.</li> <li>Diseño experimental.</li> </ul> <p><b>Nivel de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comparativo</li> <li>Descriptivo</li> </ul> <p><b>Materiales</b></p>

el método ACI 211 para una resistencia F`c=210 kg/cm<sup>2</sup>.

- Determinar el asentamiento del concreto convencional, del concreto con adición de fibras de acero recicladas y concreto con adición de fibras de acero comerciales, para una resistencia F`c=210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Determinar la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto convencional, concreto con adición de fibra de acero reciclado y fibra de acero comercial.
- Determinar la cantidad óptima de

**HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- El uso de las fibras de acero reciclado y acero comercial en la mezcla de concreto F`c=210 kg/cm<sup>2</sup> influirá la resistencia a la compresión con respecto al concreto convencional.
- El uso de las fibras de acero reciclado y acero comercial en la mezcla de concreto F`c=210 kg/cm<sup>2</sup> influirá la resistencia a la flexión con respecto al concreto convencional.

concreto y argamasa.

**Propiedades mecánicas:**

- El comportamiento mecánico o las propiedades mecánicas de un material reflejan la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material (o sea, su deformación).

- Área de influencia de la carga.

- Mezcla de concreto sin fibras de acero.
- Mezcla de concreto con fibras de acero reciclado.
- Mezcla de concreto con fibra de acero comercial.

**Instrumentos**

- Observación directa.
- Ensayo de concreto.
- Gráficos estadísticos.
- Diagrama de barras.

**Método:**

- 
- los porcentajes planteados de fibras recicladas y fibras comerciales agregadas al concreto convencional.
  - El uso de fibras de acero reciclado influirá económicamente en las fibras de acero comercial en la elaboración del concreto  $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Validación de experto.
  - Determinar y evaluar la relación costo-beneficio del concreto convencional, concreto con adición de fibra de acero reciclado y adición de fibra de acero comercial.
- 

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

La presente investigación es aplicada y su diseño es transversal, ya que se analizan datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo sobre una población, muestra o subconjunto predefinido.

#### **2.1.1. Variables**

##### **2.1.1.1. Variable Independiente**

- X: Fibras de acero

##### **2.1.1.2. Variable Dependiente**

- Y: Propiedades Mecánicas

### **2.2. Población y Muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

#### **2.2.1. Población**

En la presente investigación la población está conformada por las 84 probetas ensayadas que serán elaboradas con mezcla de concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **2.2.2. Muestra**

En la presente investigación se evaluará en total 84 muestras (3 por cada ensayo), 63 probetas cilíndricas para los ensayos de resistencia a la compresión y 21 probetas en forma de viga para la resistencia a flexión, basándonos en el apartado 26.12. de la norma ACI-318SUS-14 Evaluación y Aceptación del Concreto.

Las probetas se clasificarán en CP (concreto patrón), CFR (concreto con fibra de acero reciclado), CFC (concreto con fibra de acero comercial), el porcentaje de fibras propuestas es de 1%, 2.5% y 4%. Asimismo, recibirán un curado de 7, 14 y 28 días antes de ser ensayadas.

Tabla 4.- Propiedades Mecánicas

<b>ENSAYOS</b>	<b>Resistencia a la Compresión</b>	9 probetas de concreto sin fibra de acero. 27 probetas de concreto con fibra de acero reciclado. 27 probetas de concreto con fibra de acero comercial. 3 probeta (vigas) de concreto sin fibra de acero.
	<b>Resistencia a la Flexión</b>	9 probetas (vigas) de concreto con fibra de acero reciclado. 9 probetas (vigas) de concreto con fibra de acero comercial.
	<b>TOTAL</b>	<b>84 muestras (Probetas)</b>

Fuente: Elaboración Propia (2020).

Tanto la población como la muestra tienen el mismo tamaño, es decir se ha considerado como muestra la totalidad de probetas elaboradas.

### 2.2.3. Materiales

#### 2.2.3.1. Agregados

Para el diseño de mezcla de *Tabla 2.- Propiedades Mecánicas* concreto se utilizará los valores recopilados de un estudio de la cantera Barreto ubicado a 10 minutos del Ovalo Huanchaco lado *Tabla 3.- Propiedades Mecánicas* izquierdo.

Es recomendable, para la elaboración de las probetas que el contenido del agregado grueso y agregado fino, sean los mismos a ser empleados en el diseño de mezcla del concreto patrón, así como para el diseño del concreto más fibras de acero recicladas y fibras de acero comerciales.

Tabla 5.- Propiedades físicas del agregado fino

<b>AGREGADO FINO</b>	
<b>Peso Específico (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.60
<b>Absorción (%)</b>	0,81
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0,57
<b>Módulo de Finura</b>	2.66

Fuente: José Peña & Karol Contreras. (2017)

Tabla 6.- Propiedades físicas del agregado grueso

<b>AGREGADO GRUESO</b>	
<b>T.M.N (pulg)</b>	1"
<b>Peso Unitario Suelto Compactado (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1708,00
<b>Peso Específico (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2,69
<b>Absorción (%)</b>	1,07
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0,60

Fuente: José Peña & Karol Contreras. (2017)

### **2.2.3.2. Cemento**

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clínter Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

### **2.2.3.3. Fibras de acero**

Comúnmente las fibras metálicas son fabricadas en base al estiramiento y corte de alambres de acero de diámetros típicos que van desde 0.25 a 0.76mm. También existe la fibra de acero plana, producida por un proceso de laminado de alambres de acero, presentada en secciones transversales de 0.15 a 0.41mm de espesor, por 0.25 a 0.90 mm de ancho. Una fibra técnicamente más eficiente es la fibra de acero con extremos ensanchados de 0.15 a 0.30 mm de espesor, por 0.20 a 0.60 mm de ancho, debido a que proporcionan mayor adherencia, homogeneidad y trabajabilidad a la mezcla (Mármol Salazar, 2010). Las fibras tienen que ser suficientemente pequeñas para dispersarse al azar en una mezcla sin endurecer al concreto. Además, se recomienda que las fibras estructurales tengan un módulo de elasticidad 3 veces superior al del concreto. Las fibras de acero tienen aproximadamente el módulo de elasticidad 7 veces mayor al del concreto. (De la Cruz & Quispe, 2014).

Las fibras recicladas son obtenidas de los tornos mecánicos de Trujillo, que después de hacer un moldeado, un corte o un pulido de piezas metálicas, siempre esta máquina desecha los residuos o virutas en diferentes tamaños, y lo que hacen los trabajadores es desecharlas, es por ellos que nosotros en nuestra investigación pretendemos dar a conocer el buen uso que se le pueden dar a estas virutas.

*Ilustración 1.- Fibras de acero recicladas.*



*Fuente: Elaboración Propia (2020).*

Las fibras de acero comerciales las podemos encontrar en diferentes marcas, pero en esta investigación se optó por usar este tipo de fibra:

**Fibra Metálica Z:** Es un aditivo constituido a base de fibras de acero, fabricada bajo carbonado al frío para el aumento de la tenacidad del concreto. Estas fibras vienen en dos presentaciones: FIBRA METÁLICA Z 65/35 (shotcrete) y FIBRA METÁLICA Z 80/60 (losas). **Ver anexo 03**

*Ilustración 2.- Fibra Metálica Z.*



*Fuente: Elaboración propia (2020).*

#### **2.2.3.4. Agua**

En general, para su uso en concreto, se considera ideal usar agua potable, pero cuando hay exceso de sodio y potasio se vuelve inadecuado para su uso. Del mismo modo, las aguas no potables también pueden usarse para su uso, siempre que su pH esté entre 6.0 y 8.0 y no tengan sabor salino o salobre (Neville & Brooks, 2013). Para fabricar el concreto, el agua utilizada fue suministrada por la red de suministro público.

*Ilustración 3.- Agua.*



*Fuente: Elaboración propia (2020).*

## 2.2.4. Instrumentos

### 2.2.4.1. Prensa de prueba a la compresión

La prensa de compresión hidráulica se ha diseñado para llevar a cabo la prueba de resistencia a la compresión de los contenedores, cubos de hormigón, bloques de cilindros y otros materiales de acuerdo con el estándar internacional.

En nuestra investigación se utilizó una prensa hidráulica para compresión con las siguientes características:

#### Características técnicas

- Capacidad: 5000 kN.
- Carrera del pistón: 80 mm
- Distancia lateral libre: 280 mm
- Distancia entre placas de compresión: 320 mm
- Dimensiones del marco: 390 x 300 x 870 mm
- Dimensiones exteriores conjunto: 720 X 420 X1 600 mm
- Dimensiones de las placas: 260 x 260 x 50 mm
- Peso: aprox. 580 Kg
- Alimentación: Trifásica 220/380 V. 50-60 Hz.

*Ilustración 4.- Prensa hidráulica de Compresión.*



*Fuente: Elaboración propia (2020).*

#### **2.2.4.2. Prensa de ensayo por flexión**

Prensa para la realización de ensayo de flexión, fabricada con un resistente marco de 4 columnas, con cilindro de ensayo de doble acción ubicado en la parte superior del marco de la prensa. Las cargas son medidas mediante una celda de carga electrónica, que gracias a su diseño no es afectada por fuerzas laterales.

En nuestra investigación se utilizó una prensa hidráulica para flexión con las siguientes características:

##### **Características técnicas:**

- Longitud de los rodillos: 165 mm
- Diámetro de los rodillos: 16 mm
- Recorrido del pistón: 100 mm aprox.
- Dimensiones: 1100 x 800 x 360 mm
- Peso: 80 Kg

*Ilustración 5.- Prensa Hidráulica de Flexión.*



*Fuente: Elaboración propia (2020).*

#### **2.2.4.3. Mezcladora de concreto tipo tambor**

La mezcladora utilizada para el estudio consta de las siguientes características. Con una capacidad  $9\text{pie}^3$  - motor 9.5 hp. El tambor es fabricado con plancha de acero  $5/32''$  de espesor para las tapas y  $1/4''$  para el cuerpo impulsado por engranaje. La tolva alimentación es confeccionada de planchas de acero de  $3/16''$ . Suspensión por muelles para un transporte suave, transmisión con polea de doble canal y fajas V. Su peso operativo es de 225 kg y su capacidad de producción es de 4-5 m<sup>3</sup>/h. (Edipesa)

*Ilustración 6.- Mezcladora.*



*Fuente: Elaboración propia (2020).*

## 2.2.5. Métodos

### 2.2.5.1. Diseño de mezcla

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas tablas elaboradas mediante ensayos de los agregados, nos permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica del concreto.

A continuación, se presenta la secuencia del diseño de mezcla del concreto patrón:

#### a) Especificaciones:

- No existen limitaciones en el diseño por presencia de procesos de congelación; presencia de Ion cloruro o ataques por sulfatos.
- La resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> (a los 28 días), puesto que ésta es considerada como la resistencia mínima en elementos estructurales.
- Las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica y de fácil compactado.
- El Tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 1".

#### b) Materiales:

*Tabla 7.- Diseño de Mezclas: Datos del Cemento.*

CEMENTO	
Tipo	PORTLAND TIPO I
Peso Especifico (gr/cm <sup>3</sup> )	3,15

*Fuente: Elaboración propia. (2020)*

Tabla 8.- Diseño de Mezclas: Datos del Agregado Fino

AGREGADO FINO	
<b>Peso Específico (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2,61
<b>Absorción (%)</b>	0,81
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0,57
<b>Módulo de Finura</b>	2,66

Fuente: José Peña & Karol Contreras. (2017)

Tabla 9.- Diseño de Mezclas: Datos del Agregado Grueso

AGREGADO GRUESO	
<b>T.M.N (pulg)</b>	1”
<b>Peso Seco Compactado (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1708,00
<b>Peso Específico (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2,69
<b>Absorción (%)</b>	1,07
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0,60

Fuente: José Peña & Karol Contreras. (2017)

Tabla 10.- Diseño de Mezclas: Datos del Agua

AGUA	
<b>Tipo</b>	Potable

Fuente: Elaboración propia. (2020)

**c) Cálculo de la resistencia requerida:**

En el caso de contar con un registro de ensayos de resistencia en compresión, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores obtenidos a partir de las siguientes ecuaciones:

$$f'_{cr} = f''_c + 1.34 * S$$

Ecuación 1.- Resistencia Promedio (1).

$$f'_{cr} = f''_c + 2.33 * S - 35$$

Ecuación 2.- Resistencia Promedio (2).

Donde:

$f'_c$ : Resistencia en compresión especificada del concreto.

$f'_{cr}$ : Resistencia en compresión promedio requerida.

s: Desviación estándar.

Puesto que no se cuenta con registros anteriores de desviación estándar, para el cálculo de la resistencia promedio se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 11.- Resistencia Promedio

$f'_c$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_c + 70$
<b>210 a 350</b>	<b><math>f'_c + 84</math></b>
sobre 350	$f'_c + 98$

Fuente: Enrique Rivva López. (2010)

Por lo tanto, para una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se considera el factor de 84 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo una resistencia promedio de 294 kg/cm<sup>2</sup>.

**d) Selección del Tamaño Máximo Nominal del agregado:**

De acuerdo a las especificaciones para una obra de pavimento rígido, la granulometría del agregado grueso le corresponde un T.M.N de 1“.

e) **Selección del Asentamiento:**

Las condiciones de colocación requieren una mezcla tenga una consistencia plástica, y compactación con vibradora correspondiente a un asentamiento de 3" y 4" (75mm a 100mm).

Tabla 12.- Selección de Asentamiento

Tipo de Estructuras	Slump	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones Simples y Calzaduras	3"	1"
Vigas y Muros armados	3"	1"
<b>Columnas</b>	<b>4"</b>	2"
<b>Losas y Pavimentos</b>	<b>3"</b>	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: Enrique Rivva López. (2010)

f) **Volumen Unitario de Agua:**

Para determinar el volumen unitario de agua, se ha considerado la tabla que ha sido confeccionada por el Comité 211 del ACI.

Tabla 13.-Volumen Unitario de Agua

Slump	Tamaño Máximo de Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
<b>Concreto sin Aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	228	216	205	<b>193</b>	181	169	145	124
<b>6" a 7"</b>	243	228	216	202	190	178	160	-

Fuente: Enrique Rivva López. (2010)

Para una mezcla de consistencia plástica le corresponde un slump de 3” a 4”, y el tamaño máximo nominal es de 1”, como resultado tenemos que el Volumen Unitario de Agua es 193 L/m<sup>3</sup>.

**g) Contenido de Aire:**

Puesto que no ha sido considerado la incorporación de aire en el diseño, se procede a obtener el porcentaje de aire atrapado, según la siguiente tabla:

*Tabla 14.- Contenido de Aire Atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

*Fuente: Enrique Rivva López. (2010)*

Por consiguiente, como se tiene un T.M.M de 1”, se tiene un 1.5% de aire atrapado.

**h) Relación Agua/Cemento**

En este paso se ha considerado, la elección de la relación agua/cemento según a las condiciones de exposición del concreto, en este caso no presentándose problemas de interperismo, ni ataques por sulfatos u otro tipo de acciones que pudieran dañar al concreto. Se seleccionará la relación agua/cemento únicamente por resistencia.

*Tabla 15.- Relación Agua/Cemento*

RELACION AGUA/CEMENTO VS F'C		
F'c a 28 Días (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación Agua/Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0,38	-
400	0,42	-
350	0,47	0,39
<b>300</b>	<b>0,55</b>	0,45
<b>250</b>	<b>0,62</b>	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

Fuente: Enrique Rivva López. (2010)

Para una resistencia promedio de 294 kg/cm<sup>2</sup>, por interpolación obtenemos que la relación agua/cemento por resistencia es de 0,558.

**i) Factor Cemento:**

El factor cemento se determina dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua/cemento.

$$Factor\ cemento = \frac{Volumen\ Unitario\ de\ Agua}{Relación\ A-C} = \frac{193}{0,558} = 345,88\ kg = 8,14\ bls$$

Ecuación 3.- Factor Cemento.

**j) Contenido de Agregado Grueso:**

Para determinar el contenido de agregado grueso, se determina mediante la siguiente tabla que está en función del módulo de finura del agregado fino que es de 2,66 y un T.M.N del agregado grueso de 1”.

Tabla 16.- Peso del Agregado Grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño Máximo Nominal del	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino
---------------------------------	---

Agregado Grueso				
	2,40	<b>2,60</b>	<b>2,80</b>	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
<b>1"</b>	0,71	<b>0,69</b>	<b>0,67</b>	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente:

Enrique Rivva López. (2010)

Como no se tiene un módulo de finura exacto de acuerdo a la tabla, se tiene que interpolar, y obtuvimos un valor de  $b/b_o = 0,684$  metros cúbicos de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto. Por lo tanto, se tiene que:

$$\text{Peso A. Grueso} = 0,684 * 1708 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1168,27 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Ecuación 4.- Peso del Agregado grueso

### k) Cálculo de Volúmenes Absolutos:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{P. E.del cemento}} = \frac{345,88\text{kg}}{3,15*1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,110\text{m}^3$$

Ecuación 5.- Volumen Absoluto del Cemento

$$\text{Agua} = \frac{\text{Volumen Unitario de Agua}}{\text{P. E.del agua}} = \frac{193 \text{ lt}}{1000 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3}} = 0,193\text{m}^3$$

Ecuación 6.- Volumen Absoluto del Agua

$$\text{Aire} = 1 \text{ m}^3 * \% \text{Cont. de Aire} = 1\text{m}^3 * 0,015 = 0,015\text{m}^3$$

Ecuación 7.- Volumen Absoluto del Aire

$$\text{A. grueso} = \frac{\text{Peso del Agregado Grueso}}{\text{P. Especifico del Agregado Grueso}} = \frac{1168,27\text{kg}}{2,69*1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,434\text{m}^3$$

*Ecuación 8.- Volumen Absoluto del Agregado Grueso*

*Tabla 17.- Volúmenes Absolutos*

<b>Volúmenes Absolutos</b>	
Cemento	0,110 m <sup>3</sup>
Agua	0,193 m <sup>3</sup>
Aire	0,015 m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	0,434 m <sup>3</sup>
<b>Suma de Vol. Conocido</b>	<b>0,752 m<sup>3</sup></b>

*Fuente: Elaboración propia. (2020)*

### **l) Contenido de Agregado Fino:**

El Volumen absoluto del agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso específico.

$$A. \text{ Fino (Vol. Abs.)} = 1 \text{ m}^3 - 0,752 \text{ m}^3 = 0,248 \text{ m}^3$$

*Ecuación 9.- Volumen Absoluto del Agregado Fino*

$$\text{Peso A. Fino} = 0,248 \text{ m}^3 * 2610 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 647,28 \text{ kg}$$

*Ecuación 10.- Peso del Agregado Fino.*

### **m) Valores de Diseño:**

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño serán:

Tabla 18.- Valores de Diseño

<b>Materiales</b>	<b>En peso (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	345,88
Agua	193,00
Agregado fino seco	647,28
Agregado grueso seco	1168,27
<b>Total</b>	<b>2354,43</b>

Fuente: Elaboración propia. (2020)

#### n) Corrección por Humedad de los Agregados:

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cubica de concreto deben ser corregidas en función de las condiciones de humedad de los agregados finos y gruesos, a fin de obtener valores a ser utilizados en obra.

Sabiendo que:

Tabla 19.- Corrección por Humedad

	<b>Agreg. Fino</b>	<b>Agreg. Grueso</b>
<b>Absorción (%)</b>	0,81	1,07
<b>Cont. De Humedad (%)</b>	0,57	0,6

Fuente: Elaboración propia. (2020)

$$P. H. A. Fino = 647,28 * (1 + 0,0057) = 650,97 \text{ kg}$$

Ecuación 11.- Peso Húmedo del Agregado Fino.

$$P. H. A. Grueso = 1168,27 * (1 + 0,0060) = 1175,28 \text{ kg}$$

Ecuación 12.- Peso Húmedo del Agregado Grueso.

$$H. S. A. Fino = 0,57\% - 0,81\% = -0,24\%$$

Ecuación 13.- Humedad Superficial del Agregado Fino.

$$H. S. A. Grueso = 0,60\% - 1,07\% = -0,47\%$$

Ecuación 14.- Humedad Superficial del Agregado Grueso.

$$A. H. A. Fino = (650,97) * (-0,0024) = -1,56 \text{ Lts}$$

Ecuación 15.- Aporte de Humedad del Agregado Fino.

$$A. H. A. Grueso = (1168,27) * (-0,0047) = -5,35 \text{ Lts}$$

Ecuación 16.- Aporte de Humedad del Agregado Grueso.

$$A. H. Agregados = (-1,56) + (-5,35) = -6,91 \text{ Lts}$$

Ecuación 17.- Aporte de Humedad de los Agregados.

$$\text{Agua Efectiva} = (193) - (-6,91) = \mathbf{199,91 \text{ Lts}}$$

Ecuación 18.- Agua Efectiva.

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores corregidos son:

Tabla 20.- Valores Corregidos

<b>Materiales</b>	<b>En peso (kg/m3)</b>
Cemento	345,88
Agua	199,91
Agregado fino húmedo	650,97
Agregado grueso húmedo	1175,28

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla 21.- Proporción en peso "Sin corregir"

<b>Proporción en peso "Sin corregir"</b>			
<b>Cemento</b>	<b>Agreg. Fino</b>	<b>Agreg. Grueso</b>	<b>Agua(Lts/bls)</b>
345,88	647,28	1168,27	193,00
345,88	345,88	345,88	8,14
<b>1</b>	<b>1,87</b>	<b>3,38</b>	<b>23,71</b>

Fuente: Elaboración propia. (2020)

$$\text{Relación } A/C \text{ de Diseño} = \frac{193,00}{345,88} = 0,558$$

Ecuación 19.- Relación Agua/Cemento de Diseño.

Tabla 22.- Proporción en peso "Corregido"

<b>Proporción en peso "Corregido"</b>
---------------------------------------

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua(Lts/bls)
<u>345,88</u>	<u>650,97</u>	<u>1175,28</u>	<u>199,91</u>
345,88	345,88	345,88	8,14
<b>1</b>	<b>1,88</b>	<b>3,40</b>	<b>24,56</b>

*Fuente: Elaboración propia. (2020)*

$$\text{Relación } A/C \text{ Efectiva} = \frac{199,91}{345,88} = 0,577$$

*Ecuación 20.- Relación Agua/Cemento Efectiva.*

#### o) **Peso por Tanda de una bolsa:**

Para conocer la cantidad de materiales que se necesitan en una tanda de una bolsa, es necesario multiplicar la proporción en peso ya corregida por humedad del agregado, por el de una bolsa de cemento.

*Tabla 23.- Pesos por tanda de una bolsa*

<b>Pesos por Tanda de una bolsa</b>				
Material	Proporción	bls	Kg/bls	Total (Lata/bls)
Cemento	1	42,5	<b>42,50</b>	-
Agua Efectiva	1	24,56	<b>24,56</b>	<b>1,28</b>
Agregado Fino	1,88	42,5	<b>79,90</b>	<b>1,59</b>
Agregado Grueso	3,40	42,5	<b>144,50</b>	<b>2,79</b>

*Fuente: Elaboración propia. (2020)*

#### 2.2.5.2. **Proporciones de la Mezcla**

Culminado el diseño de mezcla y una vez obtenidas las dosificaciones, calculamos en peso los materiales necesarios para una tanda de concreto para la elaboración de probetas cilíndricas de 15 cm x 30 cm, las cuales serán sometidas a los ensayos de resistencia a la compresión y probetas en formas de viga de 15 cm x 15 cm x 50 cm, para los ensayos de resistencia a flexión, por ello es necesario que los materiales cumplan con las condiciones y exigencias de acuerdo a la Norma Técnica Peruana.

La incorporación de fibras de acero recicladas y comerciales se realizó en los porcentajes del 1.0%, 2.5% y 4.0% respecto al peso de los materiales. Los cuales representan, conforme a las siguientes tablas:

Tabla 24.- Diseño de Mezcla para Concreto Patrón (CP). Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>

<b>Materiales</b>	<b>En peso (kg/bls)</b>	<b>%En peso</b>
Cemento	42,5	14,58%
Agua	24,56	8,43%
Agregado Fino	79,90	27,41%
Agregado Grueso	144,50	49,58%
<b>Total</b>	<b>291,46</b>	<b>100,00%</b>
F. de acero Reciclada	0,00	0,00%
F. de acero Comercial	0,00	0,00%

Fuente: Elaboración propia. (2020)

Tabla 25.- Diseño de Mezcla para Concreto Experimental I (CE-I). Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>

<b>Materiales</b>	<b>En peso (kg/bls)</b>	<b>%En peso</b>
Cemento	42,5	14,58%
Agua	24,56	8,43%
Agregado Fino	79,90	27,41%
Agregado Grueso	144,50	49,58%
<b>Total</b>	<b>291,46</b>	<b>100,00%</b>
F. de acero Reciclada	2,91	1,00%
F. de acero Comercial	2,91	1,00%

Fuente: Elaboración propia. (2020)

Tabla 26.- Diseño de Mezcla para Concreto Experimental II (CE-II). Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>

<b>Materiales</b>	<b>En peso (kg/bls)</b>	<b>%En peso</b>
Cemento	42,5	14,58%
Agua	24,56	8,43%
Agregado Fino	79,90	27,41%
Agregado Grueso	144,50	49,58%
<b>Total</b>	<b>291,46</b>	<b>100,00%</b>
F. de acero Reciclada	7,29	2,50%
F. de acero Comercial	7,29	2,50%

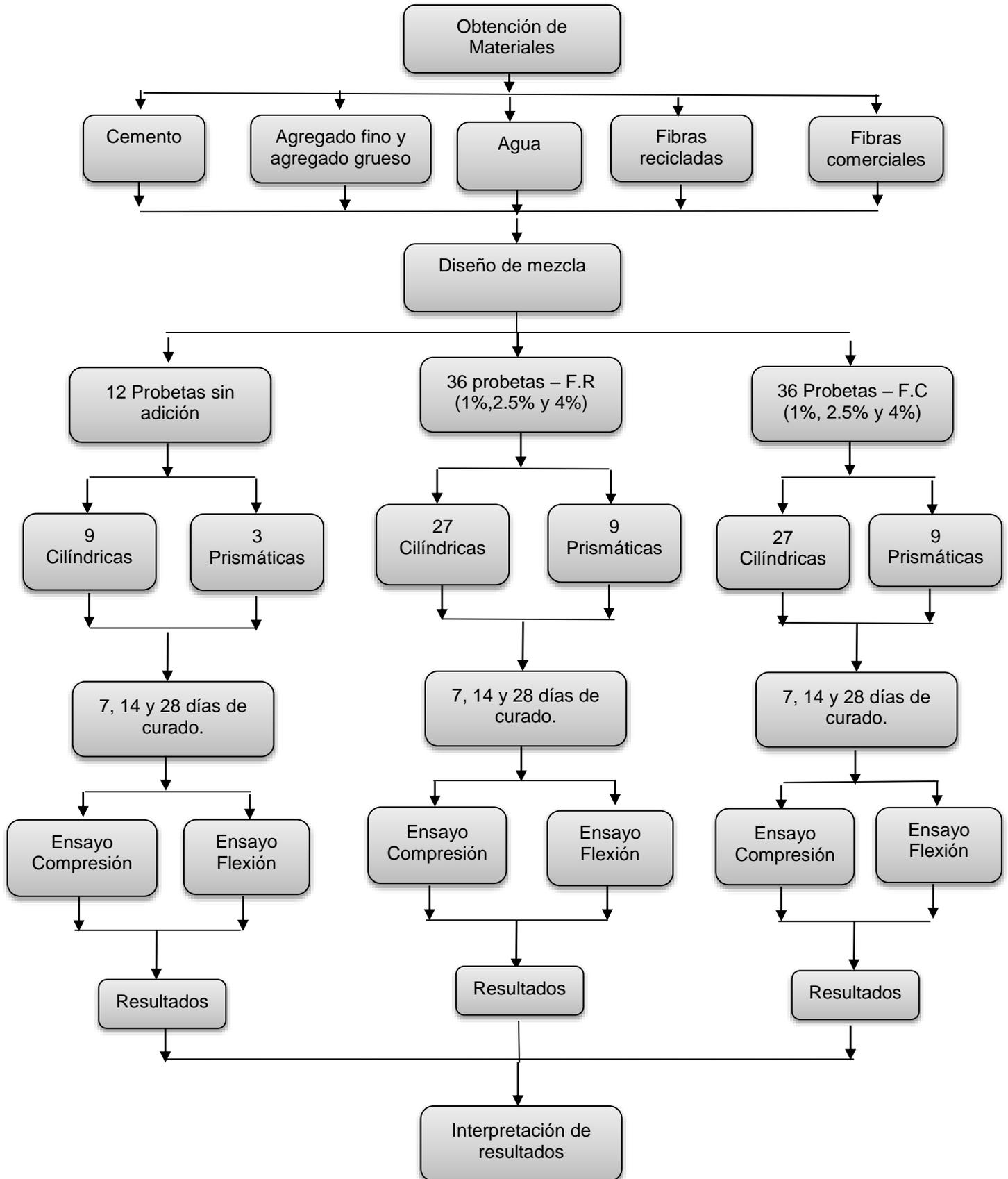
*Fuente: Elaboración propia. (2020)*

Tabla 27.- Diseño de Mezcla para Concreto Experimental III (CE-III). Resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>

<b>Materiales</b>	<b>En peso (kg/bls)</b>	<b>%En peso</b>
Cemento	42,5	14,58%
Agua	24,56	8,43%
Agregado Fino	79,90	27,41%
Agregado Grueso	144,50	49,58%
<b>Total</b>	<b>291,46</b>	<b>100,00%</b>
F. de acero Reciclada	11,66	4,00%
F. de acero Comercial	11,66	4,00%

*Fuente: Elaboración propia. (2020)*

**2.3. Procedimiento**



### 2.3.1. Elaboración de las muestras

Una vez obtenido el diseño de mezcla, se procedió a la elaboración del concreto para el vaciado en sus respectivos moldes. Para realizar los ensayos considerados a fin de cumplir con los objetivos de la presente investigación. Se realizó de acuerdo al procedimiento de la norma ASTM C31, y se describe a continuación:

- Para comenzar a hacer la mezcla de concreto, primero se tuvo que pesar los agregados fino y grueso, seguido del cemento y el agua. Teniendo todo el material con la cantidad requerida y con ayuda del trompo se procedió a realizar la mezcla y esperar hasta que esta se encuentre totalmente uniforme, tanto para la elaboración del concreto patrón como para el concreto con adición de fibras recicladas y comerciales.
- Luego, se prepararon los moldes en donde iba ser vaciado el concreto, para ello se consideró rosear aceite, para que no hallan problemas al desmoldar las probetas cilíndricas y petróleo para las probetas tipo viga.
- Se tiene un total de ciclo de mezclado entre 1 y 2 minutos.
- Concluido el mezclado se procedió a verificar el asentamiento de la mezcla de concreto, para después proceder con el vaciado en los moldes.
- Además, fue considerado el apisonado respectivo con una varilla lisa de 5/8” en tres etapas y 25 golpes distribuidos por cada etapa, con la finalidad de reducir los vacíos en las probetas.

Tabla 28.- Cantidad de cilindros por muestra

	<u>Concreto sin adición de fibra</u>			<u>Concreto con adición del 1% de F.R</u>			<u>Concreto con adición del 2.5% de F.R</u>			<u>Concreto con adición del 4% de F.R</u>			<u>Concreto con adición del 1% de F.C</u>			<u>Concreto con adición del 2.5% de F.C</u>			<u>Concreto con adición del 4% de F.C</u>		
<u>Edad de Falla (días)</u>	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28
<u>Número de Cilindros</u>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<u>Número de Vigas</u>	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3

Fuente: Elaboración propia. (2020)

## 2.3.2. Ensayos Realizados

### 2.3.2.1. Ensayo en estado fresco del concreto

Una vez realizado el concreto, se procedió a vaciar el concreto en los moldes, siendo necesario la realización de ensayos en estado fresco del concreto, con la finalidad de controlar el SLUMP del concreto, parámetro principal de control en lo que a la trabajabilidad del concreto respecta.

#### 2.3.2.1.1. Ensayo de Asentamiento en el cono de Abrams (ASTM-C143)

El presente ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM-C143. Y para realizar esta prueba se utiliza un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8” de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica. (Abanto, 1995)

- Equipos:
  - Cono de Abrams.
  - Barra de acero liso de 5/8”.
- Descripción del proceso:
  - El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida. Luego se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen total. Se apisona con la varilla aplicando 25 golpes distribuidos uniformemente.
  - Luego se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen, de manera que la barra penetre hasta la primera capa realizada.
  - La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar, para luego ir levantando lentamente en dirección vertical.
  - El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.

*Ilustración 7.- Cono de Abrams*



*Fuente: Elaboración propia (2020).*

Si el hormigón desciende de una forma uniforme se tienen conos válidos, pero hay veces que la mitad del cono desliza a lo largo de un plano inclinado obteniéndose un asiento oblicuo provocado por una deformación por cortante. En este caso debe repetirse el ensayo, y si se siguen obteniendo conos similares habrá que modificar la dosificación, debido a que estas deformaciones son sintomáticas de mezclas carentes de cohesión (Álvarez, 2017).

### 2.3.2.2. Ensayo en estado endurecido del concreto

#### 2.3.2.2.1. Ensayo de Resistencia a la Compresión

Este ensayo fue realizado en conformidad con la norma ASTM C39, y consiste en la aplicación de carga axial en la parte superior de la probeta, de forma constante hasta alcanzar la rotura del espécimen de prueba, siendo la resistencia a la compresión el cociente resultante de la máxima carga aplicada entre el área promedio de la probeta antes de que ocurra la rotura de la misma. Se emplea la resistencia a compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran incrementándose esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto Castillo, 1994) La resistencia a la compresión de la probeta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula

$$f'c = \frac{P}{A} \left( \frac{Kg}{cm^2} \right); \quad A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

*Ecuación 21.- Resistencia a la Compresión.*

- Donde:

$f'c$  = Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>).

P= Carga de rotura (kg).

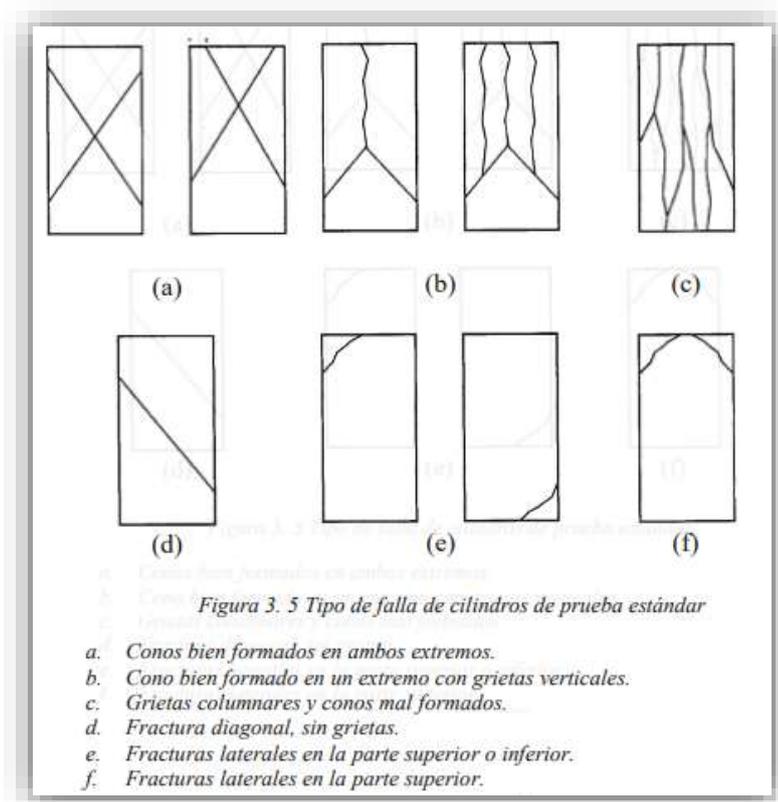
$\emptyset$ = Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

A= Área promedio de la probeta.

- Tipos de fractura:

Según la norma ASTM C39, los tipos de fractura que pueden presentarse son:

Ilustración 8.-Tipos de falla de cilindros



Fuente: ASTM C39

*Ilustración 9.- Prueba de Resistencia a la Compresión*

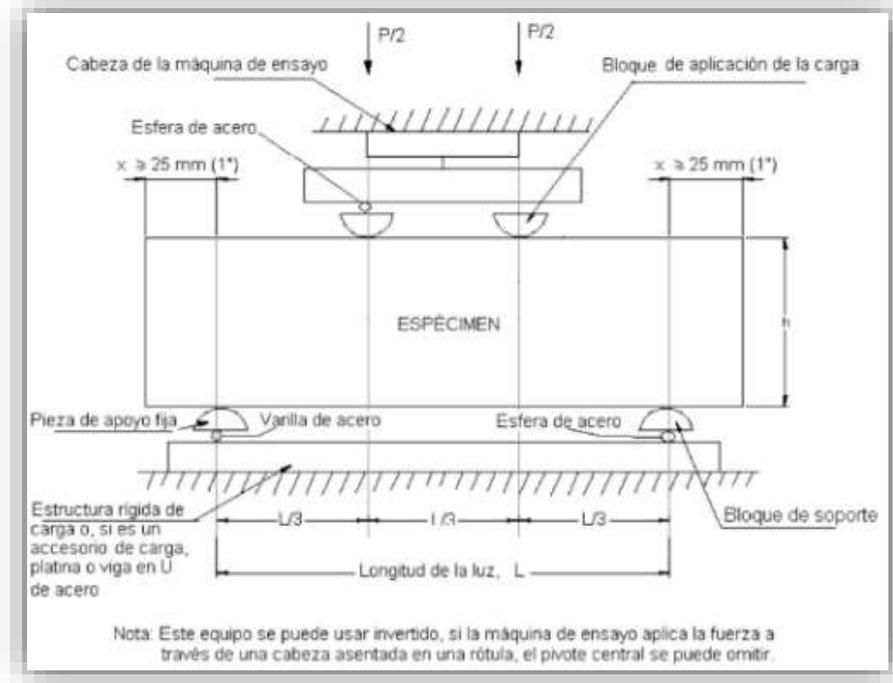


*Fuente: Elaboración propia (2020).*

### **2.3.3. Resistencia a la flexión**

La prueba de resistencia a la flexión (Módulo de Rotura) se le determino a probetas prismáticas, aplicándole la carga en cada tercio de su luz; el cual está basado en la norma ASTM C78. Las muestras deben tener una distancia libre entre apoyos de al menos, tres veces su altura, con una tolerancia del 2%. Los lados de la muestra deben formar ángulos rectos con las caras superior e inferior. Todas las superficies en contacto con los bloques de aplicación de carga y de soporte deben ser lisos y libres de grietas.

Ilustración 10.-Esquema del ensayo a flexión



Fuente: Manual de Ensayo de Materiales.

- Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$Mr = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

Ecuación 22.- Resistencia a la Flexión I.

Donde:

Mr= Módulo de rotura (Mpa).

P= Máxima carga aplicada por la prensa (N).

L= Luz libre entre apoyos (mm).

b= Ancho promedio de la viga en sección de falla (mm).

h= Altura promedio de la viga en sección de falla (mm).

- Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura con la siguiente formula:

$$R = \frac{3P \cdot a}{b \cdot h^2}$$

*Ecuación 23.- Resistencia a la flexión II.*

Donde:

a= Distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medido sobre la zona de tensión de la viga.

(Según la NTP 339.078)

*Ilustración 11.- Prueba de Resistencia a la Flexión*



*Fuente: Elaboración propia (2020).*

#### 2.3.4. Validez y Confiabilidad

El presente trabajo se ha desarrollado utilizando guías y manuales para el desarrollo de nuestros ensayos a compresión y flexión, además se ha utilizado el método ACI 211, para el cálculo del Diseño de Mezcla.

En cuanto a los ensayos realizados, estos se han desarrollado en el Laboratorio GECONSAC, por lo que se adjunta en anexos los certificados de cada ensayo realizado con los resultados obtenidos para una mayor confiabilidad.

##### 2.3.4.1. Método de Análisis de Datos

La información obtenida en el campo fue procesada en gabinete y tendrá un análisis cualitativo y cuantitativo, dando las características físicas y mecánicas del concreto.

##### 2.3.4.2. Aspectos Éticos

El desarrollo de la presente investigación está de acuerdo a diversos aspectos éticos como son:

- **Ética y Honestidad**

La información bibliográfica y datos obtenidos de campo y de gabinete utilizados en el desarrollo de la investigación fueron obtenidos de la realidad, respetando la propiedad intelectual, la veracidad de los resultados, y la confiabilidad de los datos.

- Responsabilidad Social

La presente investigación beneficiará a la población y al medio ambiente, por medio del reciclaje de las fibras de acero.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados obtenidos de las pruebas realizadas como el ensayo del slump, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la evaluación costo-beneficio.

Los ensayos fueron aplicados a distintas muestras, cuya descripción y método empleado se realizó en el capítulo anterior.

#### 3.1. Ensayo del concreto en estado fresco

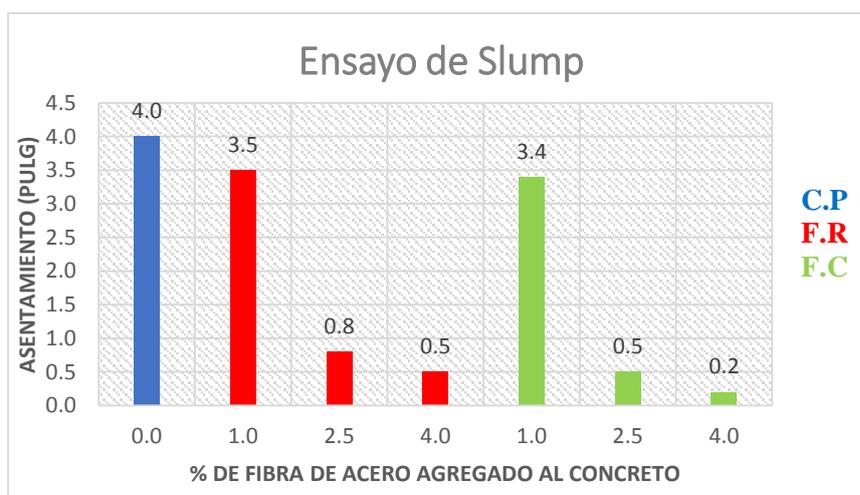
La consistencia de la mezcla es afectada por la adición de fibras de acero, así como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 29.- Medición del Slump.

Descripción	% de Fibra	Asentamiento (pulgadas)	Consistencia	Trabajabilidad
<b>Concreto Patrón</b>	0,0	4,0	Plástica	Trabajable
<b>Fibra Reciclada</b>	1,0	3,4	Plástica	Trabajable
	2,5	0,8	Seca	Poco trabajable
	4,0	0,5	Seca	Poco Trabajable
<b>Fibra Comercial</b>	1,0	3,5	Plástica	Trabajable
	2,5	0,5	Seca	Poco Trabajable
	4,0	0,2	Seca	Poco Trabajable

Fuente: Elaboración propia (2020).

Gráfica 1.- Ensayo en estado fresco



Fuente: Elaboración propia (2020).

Para esta investigación la mezcla se diseñó para un concreto de consistencia plástica y de fácil compactado, por ende, que tenga una mayor trabajabilidad. Sin embargo, se pudo observar que las fibras de acero influyen mucho en cuanto al asentamiento del concreto, afecta tanto a su consistencia como su trabajabilidad, tal y como se aprecia en los porcentajes de 2.5% y 4%, en cambio, la adición del 1% de fibra mantiene al concreto con una consistencia plástica, mayor trabajabilidad y además cumple con la selección de asentamiento que es de 3”- 4”.

### 3.2. Elaboración de las muestras (probetas cilíndricas y prismáticas)

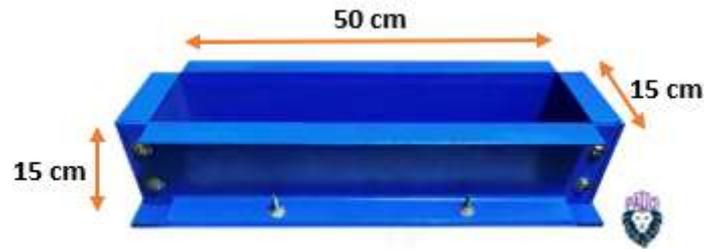
Para esta investigación se elaboraron un total 63 probetas cilíndricas y 21 probetas prismáticas (viga) según el apartado 26.12. de la norma ACI-318SUS-14 Evaluación y Aceptación del Concreto, con dimensiones de 15 cm x 30 cm y de 15 cm x 15 cm x 50 cm respectivamente.

Ilustración 12.- Probeta Cilíndrica



Fuente: Construyendo Seguro Aceros Arequipa (2020).

Ilustración 13.- Probeta Prismática (Viga)



Fuente: JMR Equipos para concreto. (2020).

Las probetas fueron realizadas teniendo en cuenta nuestro diseño de mezcla, luego de su elaboración se desencofraron pasadas las 24 horas y puestas a curar en un recipiente a una temperatura ambiente. El tiempo de curado al que fueron expuestas las probetas fue de 7, 14 y 28 días.

En las siguientes tablas se muestra las fechas de elaboración de las probetas curadas, el desencofrado, el ensayo a la resistencia a la compresión y flexión:

### 3.2.1. Probetas Patrón

Tabla 30 Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón

<b>FECHAS DE ELABORACIÓN, DESENCOFRADO Y CURADO DE PROBETAS PATRÓN</b>				
<b>Fecha de Curado</b>	7 días	14 días	28 días	28 días
<b>Denominación</b>	C.P	C.P	C.P	C.P (Viga)
<b>Elaboración</b>	10/10/2020	10/10/2020	10/10/2020	10/10/2020
<b>Desencofrado</b>	11/10/2020	11/10/2020	11/10/2020	11/10/2020
<b>Ensayo a la Compresión</b>	17/10/2020	24/10/2020	07/11/2020	-
<b>Ensayo a la Flexión</b>	-	-	-	07/11/2020

Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.2.2. Probetas Patrón + 1.0% F.A Comercial y Reciclado

Tabla 31 Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón + Fibras de Acero 1.0%

<b>FECHAS DE ELABORACIÓN, DESENCOFRADO Y CURADO DE PROBETAS PATRÓN + FIBRAS DE ACERO COMERCIAL Y RECICLADO 1.0%</b>								
Fecha de Curado	7 días		14 días		28 días			
Denominación	F.R.1%	F.C.1%	F.R.1%	F.C.1%	F.R.1%	F.C.1%	F.R.1% (Viga)	F.C.1% (Viga)
Elaboración	11/10/2020	12/10/2020	11/10/2020	12/10/2020	11/10/2020	12/10/2020	11/10/2020	12/10/2020
Desencofrado	12/10/2020	13/10/2020	12/10/2020	13/10/2020	12/10/2020	13/10/2020	12/10/2020	13/10/2020
Ensayo a la Compresión	18/10/2020	19/10/2020	25/10/2020	26/10/2020	08/11/2020	09/11/2020	-	-
Ensayo a la Flexión	-	-	-	-	-	-	08/11/2020	09/11/2020

Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.2.3. Probetas Patrón + 2.5% F.A Comercial y Reciclado

Tabla 32 Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón + Fibras de Acero 2.5%

<b>FECHAS DE ELABORACIÓN, DESENCOFRADO Y CURADO DE PROBETAS PATRÓN + FIBRAS DE ACERO COMERCIAL Y RECICLADO 2.5%</b>								
Fecha de Curado	7 días		14 días		28 días			
Denominación	F.R.2.5%	F.C.2.5%	F.R.2.5%	F.C.2.5%	F.R.2.5%	F.C.2.5%	F.R.2.5% (Viga)	F.C.2.5% (Viga)
Elaboración	13/10/2020	14/10/2020	13/10/2020	14/10/2020	13/10/2020	14/10/2020	13/10/2020	14/10/2020
Desencofrado	14/10/2020	15/10/2020	14/10/2020	15/10/2020	14/10/2020	15/10/2020	14/10/2020	15/10/2020
Ensayo a la Compresión	20/10/2020	21/10/2020	27/10/2020	28/10/2020	10/11/2020	11/11/2020	-	-
Ensayo a la Flexión	-	-	-	-	-	-	10/11/2020	11/11/2020

Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.2.4. Probetas Patrón + 4.0% F.A Comercial y Reciclado

Tabla 33 Elaboración, Desencofrado y Curado de Probetas Patrón + Fibras de Acero 4.0%

<b>FECHAS DE ELABORACIÓN, DESENCOFRADO Y CURADO DE PROBETAS PATRÓN + FIBRAS DE ACERO COMERCIAL Y RECICLADO 4.0%</b>								
Fecha de Curado	7 días		14 días		28 días			
	F.R.4%	F.C.4%	F.R.4%	F.C.4%	F.R.4%	F.C.4%	F.R.4% (Viga)	F.C.4% (Viga)
<b>Elaboración</b>	15/10/2020	16/10/2020	15/10/2020	16/10/2020	15/10/2020	16/10/2020	15/10/2020	16/10/2020
<b>Desencofrado</b>	16/10/2020	17/10/2020	16/10/2020	17/10/2020	16/10/2020	17/10/2020	16/10/2020	17/10/2020
<b>Ensayo a la Compresión</b>	22/10/2020	23/10/2020	29/10/2020	30/10/2020	12/11/2020	13/11/2020	-	-
<b>Ensayo a la Flexión</b>		-		-	-	-	12/11/2020	13/11/2020

Fuente: Elaboración Propia (2020).

**Nota.** Denominaciones de las muestras:

- **C.P:** Concreto Patrón
- **F.R:** Fibra Acero Reciclada.
- **F.C:** Fibra Acero Comercial.
- **n%:** Porcentaje de Fibras de Acero.

### 3.3. Ensayo del concreto en estado endurecido

Las pruebas de resistencia a la compresión se realizaron a los 7, 14, 28 días para el concreto patrón sin fibras de acero, concreto con fibras de acero comercial y fibras de acero reciclado. El ensayo se llevó a cabo sobre probetas cilíndrica que se colocó de forma vertical en la Prensa Hidráulica, previamente se alineo la probeta para que reciba de forma uniforme la carga sobre su base plana. Seguidamente la máquina comenzó aplicar la carga a una velocidad constante, hasta que la probeta comenzó a mostrar fisuras y la carga a descender, es ahí donde logramos determinar la carga máxima alcanzada del concreto para cada tiempo de curado.

### 3.3.1. Resistencia a la compresión del Concreto Patrón

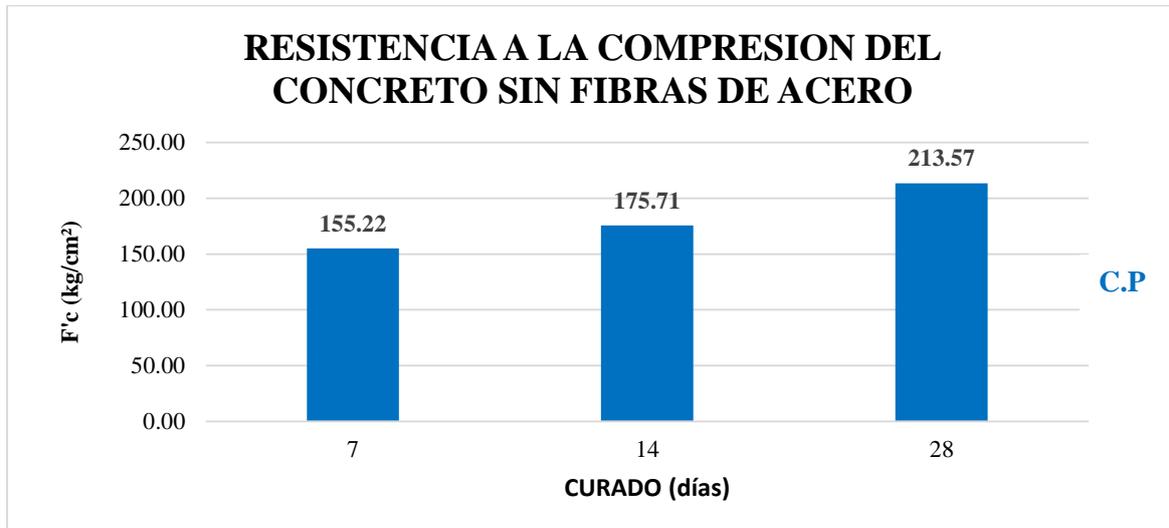
A continuación, se muestra el promedio de la carga máxima alcanzada en un concreto patrón para cada tiempo de curado, a los 7 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 155.22 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo así un 73,91%, para los 14 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 175.71 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo así un 83,67%, mientras que a los 28 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 213.57 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 101,7% con respecto a la resistencia de diseño.

*Tabla 34 Valores de Resistencia a la Compresión del concreto patrón.*

<b><u>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO SIN FIBRAS DE ACERO</u></b>					
<b>Denominación</b>	<b>Curado (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>Carga Promedio(kg)</b>	<b>F'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>C.P</b>	7	176.72	26893		
	7	176.72	27846	27430	155.22
	7	176.72	27551		
	14	176.72	31977		
	14	176.72	29744	31050	175.71
	14	176.72	31429		
	28	176.72	37881		
	28	176.72	36371	37740	213.57
	28	176.72	38969		

*Fuente: Elaboración Propia (2020).*

Gráfica 2.- Resultado de Resistencia a la Compresión sin adición de fibras.



Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.3.2. Resistencia a la compresión del Concreto + 1.0% F.A. Comercial y Reciclado

A continuación, se muestra el promedio de la carga máxima alcanzada en un concreto + 1.0% de fibras de acero tanto reciclados como comercial respectivamente para cada tiempo de curado.

El concreto con fibra de acero reciclado a los 7 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 195.29 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo así un 92.99%, para los 14 días se obtuvo 215.77 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo así un 102.75%, superando a la resistencia de diseño, mientras que a los 28 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 241.41 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 114.96%.

El concreto con fibra de acero comercial a los 7 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 169.93 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 80.92%, para los 14 días se obtuvo 233.48 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 111.28% superando a la resistencia de diseño, mientras que a los 28 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 265.06 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 126.22%.

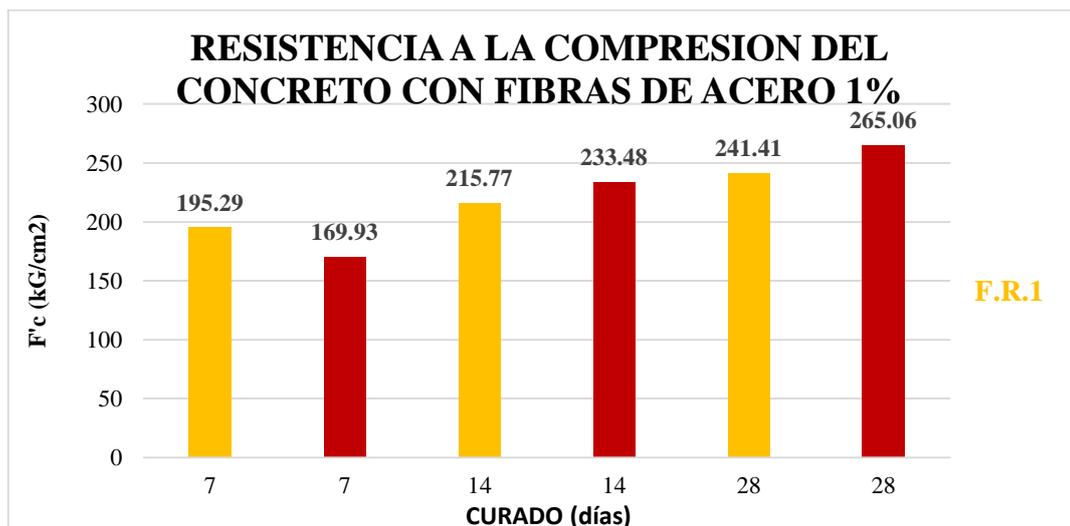
Tabla 35.- Valores de Resistencia a la Compresión del concreto + 1.5% F.A Comercial y Reciclado

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO  
1.0%**

Denominación	Curado (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Carga Promedio(kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>F.R.1%</b>	7	176.72	34652	34510	195.29
	7	176.72	33967		
	7	176.72	34912		
	14	176.72	37979	38130	215.77
	14	176.72	38341		
	14	176.72	38071		
	28	176.72	43197	42660	241.41
	28	176.72	41907		
	28	176.72	42876		
<b>F.C.1%</b>	7	176.72	30146	30030	169.93
	7	176.72	29834		
	7	176.72	30109		
	14	176.72	40984	41260	233.48
	14	176.72	41459		
	14	176.72	41337		
	28	176.72	47064	46840	265.06
	28	176.72	46979		
	28	176.72	46476		

Fuente: Elaboración Propia (2020).

Gráfica 3.- Resultados de Resistencia a la Compresión con adición del 1% de fibras.



Fuente: Elaboración Propia (2020).

**3.3.3. Resistencia a la compresión del Concreto + 2.5% F.A. Comercial y Reciclado**

A continuación, se muestra el promedio de la carga máxima alcanzada en un concreto + 2.5% de fibras de acero tanto reciclados como comercial respectivamente para cada tiempo de curado.

El concreto con fibra de acero reciclado a los 7 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 178.31 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 84.91%, para los 14 días se obtuvo 187.02 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 89.06%, mientras que a los 28 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 238.69 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 113.66% superando a la resistencia de diseño.

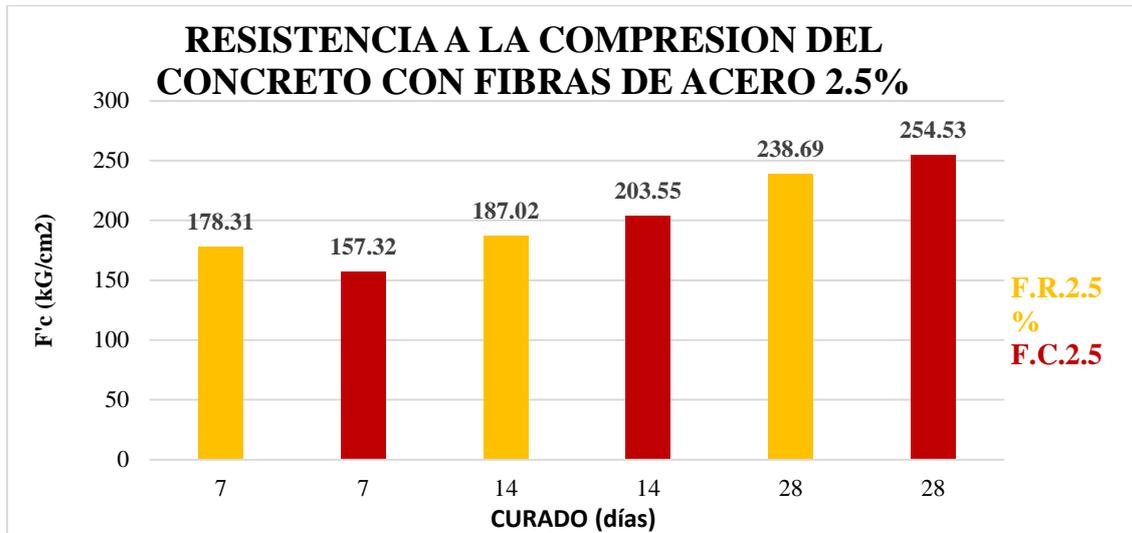
El concreto con fibra de acero comercial a los 7 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 157.32 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 74,91%, para los 14 días se obtuvo 203.55 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 96.93% y mientras que a los 28 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 254.53 kg/cm<sup>2</sup> con un 121.20% superando a la resistencia de diseño.

Tabla 36 Valores de Resistencia a la Compresión del concreto + 2.5% F.A Comercial y Reciclado.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO</b>					
<b>2.5%</b>					
<b>Denominación</b>	<b>Curado (días)</b>	<b>Área (cm2)</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>Carga Promedio(kg)</b>	<b>F'c (kg/cm2)</b>
<b>F.R.2.5%</b>	7	176.72	30712	31510	178.31
	7	176.72	32411		
	7	176.72	31407		
	14	176.72	33801	33050	187.02
	14	176.72	32411		
	14	176.72	32374		
	28	176.72	42475	42180	238.69
	28	176.72	41904		
	28	176.72	42161		
<b>F.C.2.5%</b>	7	176.72	27983	27800	157.32
	7	176.72	26984		
	7	176.72	28434		
	14	176.72	35996	35970	203.55
	14	176.72	36017		
	14	176.72	35897		
	28	176.72	45180	44980	254.54
	28	176.72	44971		
	28	176.72	44789		

Fuente: Elaboración Propia (2020).

Gráfica 4.- Resultados de Resistencia a la Compresión con adición del 2.5% de fibras.



Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.3.4. Resistencia a la compresión del Concreto + 4.0% F.A. Comercial y Reciclado

A continuación, se muestra el promedio de las cargas máximas alcanzadas en un concreto + 4.0% de fibras de acero tanto reciclados como comercial respectivamente para cada tiempo de curado.

El concreto con fibra de acero reciclado a los 7 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 171.29 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 81,57% para los 14 días se obtuvo 180.97 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 86.18%, y finalmente a los 28 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 203.89 kg/cm<sup>2</sup> con un 97.09% no llegando a la resistencia de diseño.

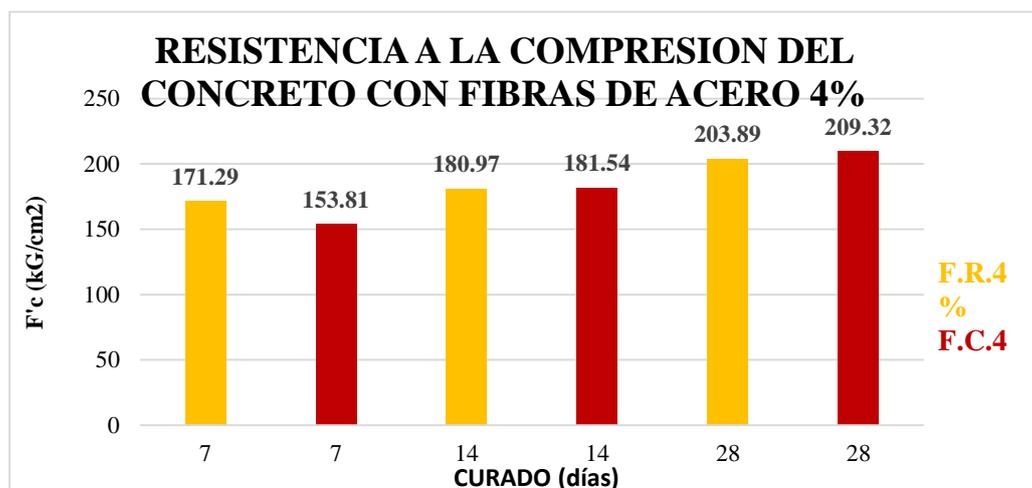
El concreto con fibra de acero comercial a los 7 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 153.81 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un 73.24%, a los 14 días se obtuvo 181.54 kg/cm<sup>2</sup> obteniéndose un 86,45% y finalmente a los 28 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 209.32 kg/cm<sup>2</sup> con un 99,68% no llegando a la resistencia de diseño.

Tabla 37 Valores de Resistencia a la Compresión del concreto + 4.0% F.A Comercial y Reciclado.

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO</b>					
<b>4.0%</b>					
Denominación	Curado (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Carga Promedio(kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>F.R.4%</b>	7	176.72	28967	30270	171.29
	7	176.72	29964		
	7	176.72	31878		
	14	176.72	32175	31980	180.97
	14	176.72	31989		
	14	176.72	31775		
	28	176.72	36107	36030	203.89
	28	176.72	35971		
	28	176.72	36013		
<b>F.C.4%</b>	7	176.72	27541	27180	153.81
	7	176.72	27024		
	7	176.72	26974		
	14	176.72	32774	32080	281.54
	14	176.72	32078		
	14	176.72	31388		
	28	176.72	37989	36990	209.32
	28	176.72	36985		
	28	176.72	35997		

Fuente: Elaboración Propia (2020).

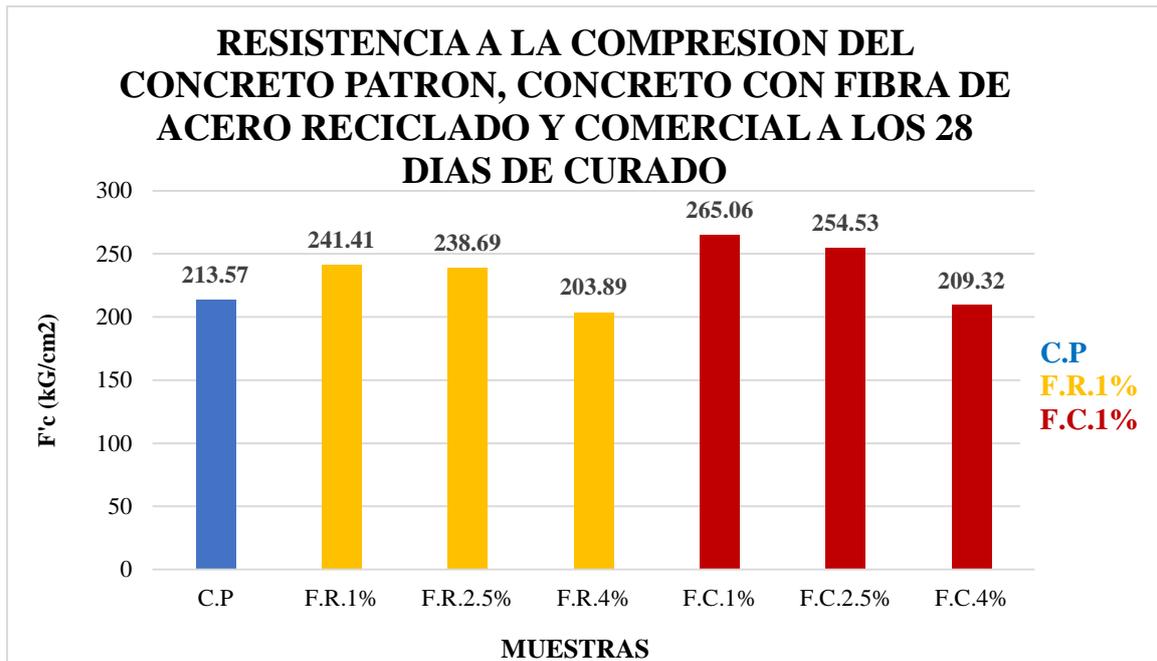
Gráfica 5.- Resultados de Resistencia a la Compresión con adición del 4.0% de fibras.



Fuente: Elaboración Propia (2020).

A continuación, se muestra un diagrama de barras con la resistencia a la compresión máxima alcanzada a los 28 días del concreto patrón, concreto con fibra de acero reciclado y concreto con fibra de acero comercial, en se puede apreciar que la resistencia máxima alcanzada se da en las fibras de acero comercial de 1% con 265.06 kg/cm<sup>2</sup> y seguidamente en las fibras de acero reciclado de 1% con 241.41 kg/cm<sup>2</sup>.

Gráfica 6 Resultados de Resistencia a la Compresión con 28 días de curado



Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.4. Resistencia a la Flexión

Para el ensayo a flexión se elaboraron probetas prismáticas de 15cm x 15cm x 50cm, y se estima el módulo de ruptura dependiendo la distancia de la falla.

#### 3.4.1. Resistencia a la Flexión del Concreto Patrón

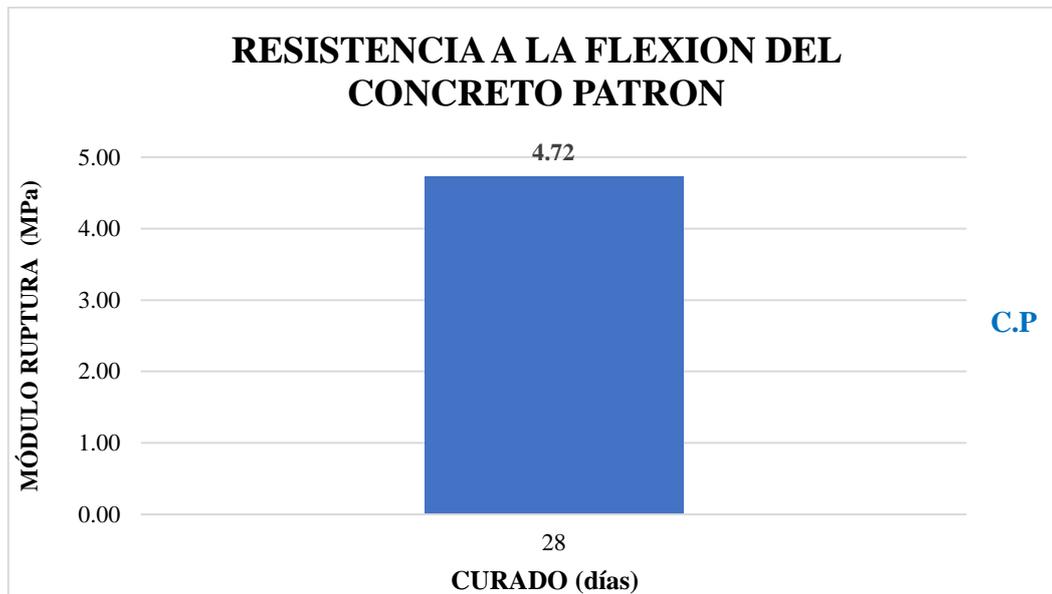
A continuación, se muestra el promedio de la carga máxima alcanzada en un concreto patrón para un tiempo de curado de 28 días, en donde se obtuvo un módulo de ruptura de 4.72 MPa.

Tabla 38 Valores de Resistencia a la Flexión.

<b>RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO SIN FIBRAS DE ACERO</b>							
Denominación	Curado (días)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Carga (N)	Carga Promedio (N)	Módulo Ruptura (MPa)
<b>C.P</b>	28	458	150	150	34284		
	28	458	150	150	34715	34836	4.72
	28	458	150	150	35509		

Fuente: Elaboración Propia (2020).

Gráfica 7.- Resultados de Resistencia a la Flexión sin adición de fibras.



Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.4.2. Resistencia a la Flexión del Concreto + 1.0% F.A. Comercial y Reciclado

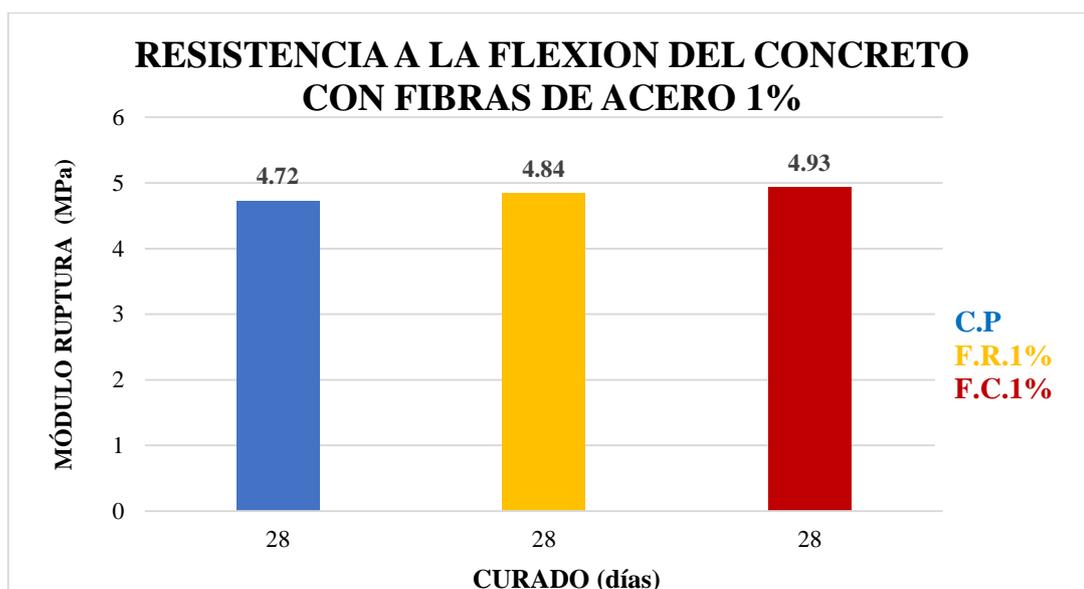
A continuación, se muestra el promedio de la carga máxima alcanzada en un concreto + 1.0% de Fibras de Acero tanto reciclado como comercial, para un tiempo de curado de 28 días, en donde se obtuvo un módulo de ruptura de 4.84 MPa y 4.93 MPa respectivamente.

Tabla 39 Valores de Resistencia a Flexión del concreto + 1.0% F.A Comercial y Reciclado.

<b>RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO + 1.0% FIBRAS DE ACERO</b>							
Denominación	Curado (días)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Carga (N)	Carga Promedio (N)	Módulo Ruptura (MPa)
F.R.1%	28	458	150	150	36039	35689	4.84
	28	458	150	150	34735		
	28	458	150	150	36294		
F.C.1%	28	458	150	150	35804	36366	4.93
	28	458	150	150	36725		
	28	458	150	150	36569		

Fuente: Elaboración Propia (2020).

Gráfica 8.- Resultados de Resistencia a la Flexión con adición de 1% de fibras.



Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.4.3. Resistencia a la Flexión del Concreto + 2.5% F.A. Comercial y Reciclado

A continuación, se muestra el promedio de la carga máxima alcanzada en un concreto + 2.5% de Fibras de Acero tanto reciclado como comercial, para un tiempo de curado de 28 días, en donde se obtuvo un módulo de ruptura de 5.05 MPa y 5.16 MPa respectivamente.

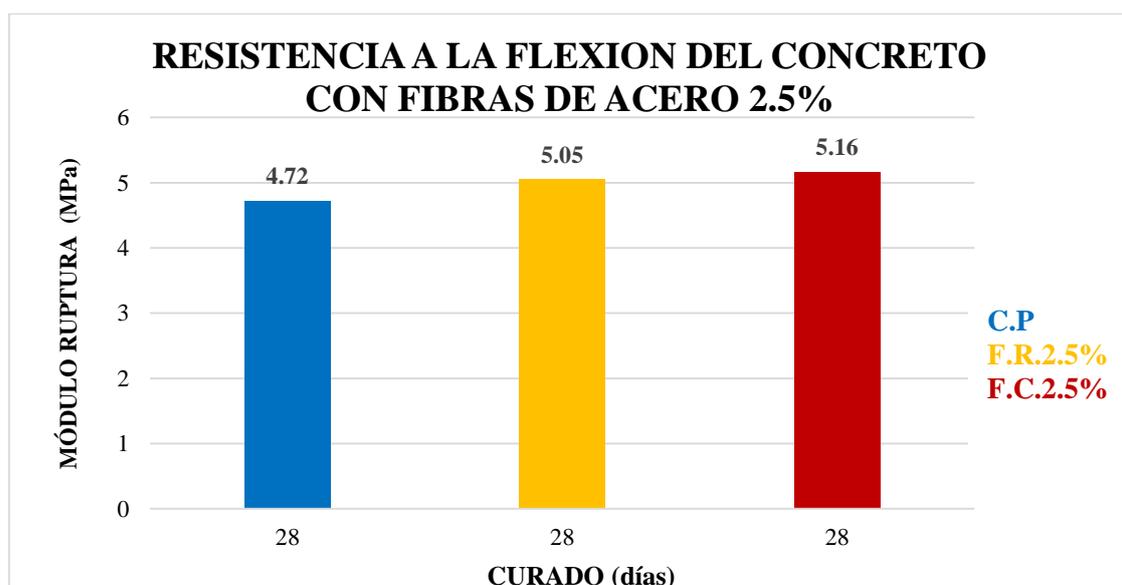
Tabla 40 Valores de Resistencia a Flexión del concreto + 4.0% F.A Comercial y Reciclado.

#### RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO + 2.5% FIBRAS DE ACERO

Denominación	Curado (días)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Carga (N)	Carga Promedio (N)	Módulo Ruptura (MPa)
F.R.2.5%	28	458	150	150	38187	37255	5.05
	28	458	150	150	37226		
	28	458	150	150	36353		
F.C.2.5%	28	458	150	150	38961	38082	5.16
	28	458	150	150	37245		
	28	458	150	150	38040		

Fuente: Elaboración Propia (2020).

Gráfica 9.- Resultados de Resistencia a la Flexión con adición de 2.5% de fibras.



Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.4.4. Resistencia a la Flexión del Concreto + 4.0% F.A. Comercial y Reciclado

A continuación, se muestra el promedio de la carga máxima alcanzada en un concreto + 4.0% de Fibras de Acero tanto reciclado como comercial, para un tiempo de curado de 28 días, en donde se obtuvo un módulo de ruptura de 5.57 MPa y 5.80 MPa respectivamente.

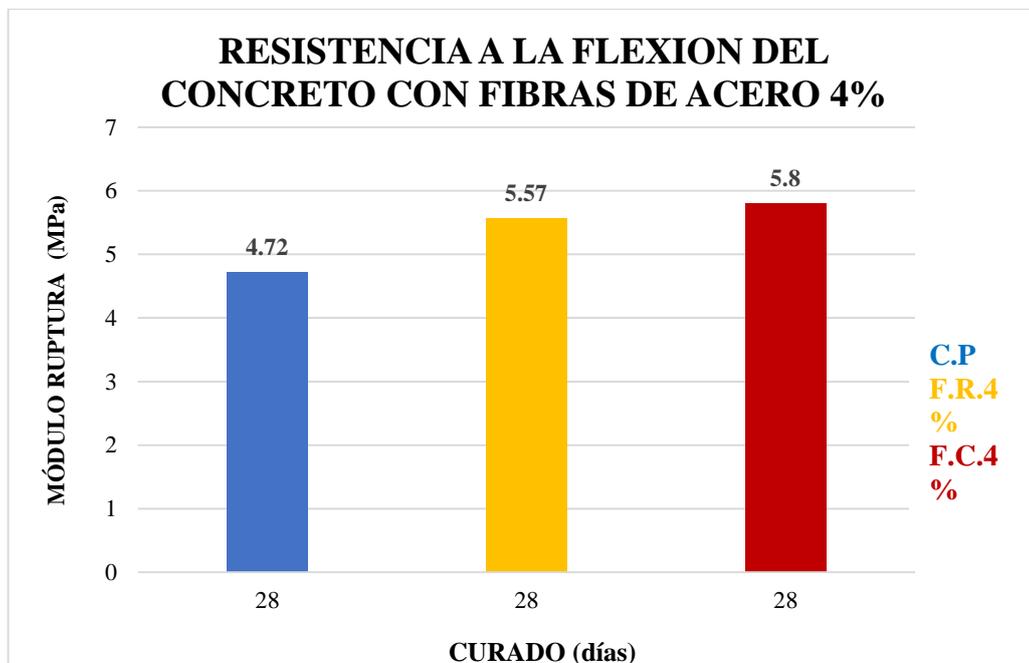
Tabla 41 Valores de Resistencia a Flexión del concreto + 2.5% F.A Comercial y Reciclado.

#### **RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO + 4.0% FIBRAS DE ACERO**

Denominación	Curado (días)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Carga (N)	Carga Promedio (N)	Módulo Ruptura (MPa)
F.R.4%	28	458	150	150	41197	41027	5.57
	28	458	150	150	40707		
	28	458	150	150	41178		
F.C.4%	28	458	150	150	42452	42746	5.80
	28	458	150	150	43286		
	28	458	150	150	42502		

Fuente: Elaboración Propia (2020).

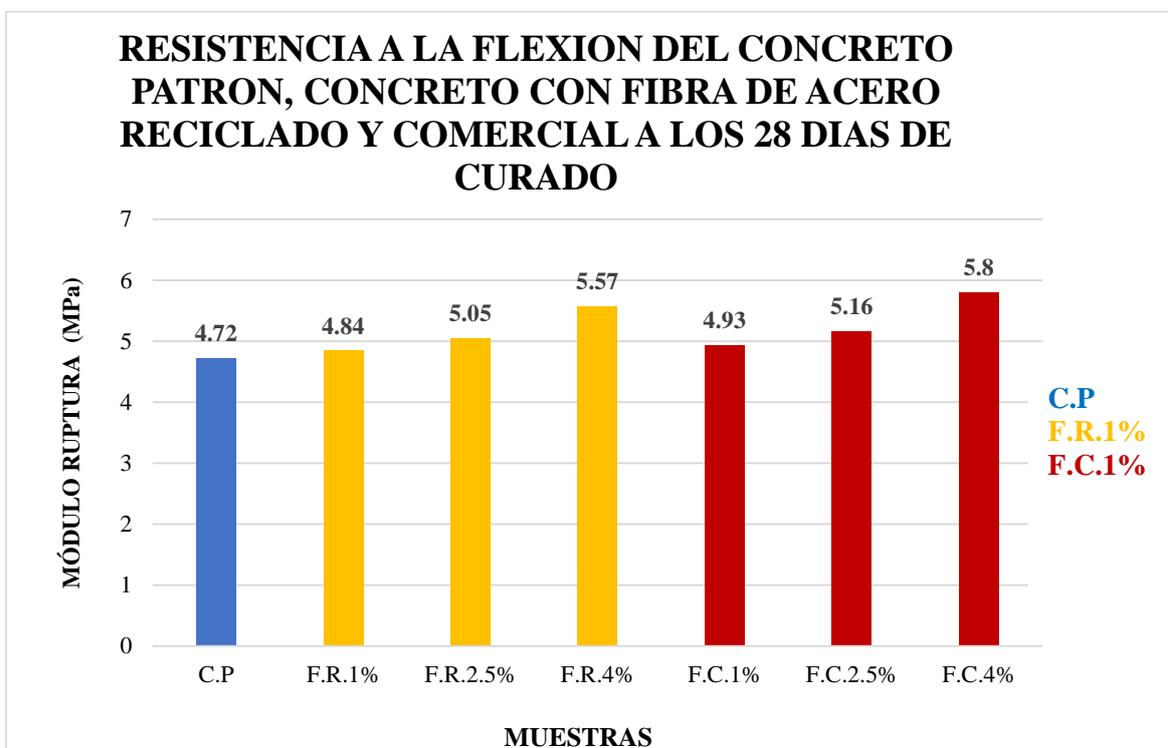
Gráfica 10.- Resultados de Resistencia a la Flexión con adición de 4.0% de fibras.



Fuente: Elaboración Propia (2020).

A continuación, se muestra un diagrama de barras con el módulo de ruptura máximo alcanzado a los 28 días del concreto patrón, concreto con fibra de acero reciclado y concreto con fibra de acero comercial, en se puede apreciar que el módulo de ruptura máximo alcanzado se da en las fibras de acero comercial de 4% con 5.80 MPa y seguidamente en las fibras de acero reciclado de 4% con 5.57 MPa.

Gráfica 11.- Resultados del Módulo de Ruptura con 28 días de curado



Fuente: Elaboración Propia (2020).

### 3.5. Costos del concreto convencional, concreto con adición de fibra de acero reciclado y acero comercial

Se realizó un análisis de costos unitarios considerando los rendimientos y cuadrillas que están publicadas por capeco, para un 1 m<sup>3</sup> de concreto patrón y concreto con adición de fibras de acero comercial y reciclado.

### 3.5.1. Análisis de Costos Unitarios de Concreto Patrón:

Tabla 42 Análisis de Costos Unitarios de Concreto Patrón

<b>PARTIDA:</b>	Concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	<b>PRECIO:</b>	S/ 371,03		
<b>UNIDAD:</b>	m <sup>3</sup>	<b>RENDIMIENTO:</b>	22 m <sup>3</sup> /día		
<b><u>DESCRIPCION</u></b>	<b><u>UNIDAD</u></b>	<b><u>CUADRILLA</u></b>	<b><u>CANTIDAD</u></b>	<b><u>PRECIO</u></b>	<b><u>PARCIAL</u></b>
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>68,94</b>
Capataz	hh	0,2000	0,0727	23,08	1,68
Operario	hh	2,0000	0,7273	19,23	13,99
Oficial	hh	2,0000	0,7273	15,94	11,59
Peón	hh	8,0000	2,9091	14,33	41,69
<b>MATERIALES</b>					<b>288,32</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		0,6510	55,00	35,80
Piedra Chancada 1"	m <sup>3</sup>		1,1750	65,00	76,38
Cemento Portland Tipo I	bls		8,1400	21,50	175,01
Agua	m <sup>3</sup>		0,1999	5,68	1,14
<b>EQUIPO</b>					<b>13,76</b>
Mezcladora de 9-11 p <sup>3</sup>	hm	1,000	0,3636	26,60	9,67
Vibrador de Concreto 4 HP	hm	1,000	0,3636	5,48	1,99
Herramientas Manuales	%MO		3,0000	0,70	2,10

Fuente: Elaboración Propia (2020).

- El costo del concreto sin adición de fibras por metro cúbico es de S/. 371.03 nuevos soles.

### 3.5.2. Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 1% Fibras de Acero

Tabla 43 Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 1% de Fibras de Acero Reciclado

<b>PARTIDA:</b>	Concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	<b>PRECIO:</b>	S/ 395,22		
<b>UNIDAD:</b>	m <sup>3</sup>	<b>RENDIMIENTO:</b>	22 m <sup>3</sup> /día		
<u>DESCRIPCION</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CUADRILLA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO</u>	<u>PARCIAL</u>
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>74,15</b>
Capataz	hh	0,2000	0,0727	23,08	1,68
Operario	hh	2,0000	0,7273	19,23	13,99
Oficial	hh	2,0000	0,7273	15,94	11,59
Peón	hh	9,0000	3,2727	14,33	46,90
<b>MATERIALES</b>					<b>307,30</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		0,6510	55,00	35,80
Piedra Chancada 1"	m <sup>3</sup>		1,1750	65,00	76,38
Fibra de Acero Reciclado	kg		23,7204	0,80	18,98
Cemento Portland Tipo I	bls		8,1400	21,50	175,01
Agua	m <sup>3</sup>		0,1999	5,68	1,14
<b>EQUIPO</b>					<b>13,76</b>
Mezcladora de 9-11 p <sup>3</sup>	hm	1,0000	0,3636	26,60	9,67
Vibrador de Concreto 4 HP	hm	1,0000	0,3636	5,48	1,99
Herramientas Manuales	%MO		3,0000	0,70	2,10

Fuente: Elaboración Propia (2020).

- El costo del metro cúbico de concreto con 1% adición de fibras de acero reciclado es de S/. 395.22 nuevos soles aumentando en un 6.52% su valor, considerando que la cantidad de fibra es de 23.72 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero reciclado es de S/. 0.80 céntimos.

*Tabla 44.- Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 1% de Fibras de Acero Comercial*

<b>PARTIDA:</b>	Concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	<b>PRECIO:</b>	<b>S/ 566,73</b>		
<b>UNIDAD:</b>	m <sup>3</sup>	<b>RENDIMIENTO:</b>	22 m <sup>3</sup> /día		
<b><u>DESCRIPCION</u></b>	<b><u>UNIDAD</u></b>	<b><u>CUADRILLA</u></b>	<b><u>CANTIDAD</u></b>	<b><u>PRECIO</u></b>	<b><u>PARCIAL</u></b>
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>68,94</b>
Capataz	hh	0,2000	0,0727	23,08	1,68
Operario	hh	2,0000	0,7273	19,23	13,99
Oficial	hh	2,0000	0,7273	15,94	11,59
Peón	hh	8,0000	2,9091	14,33	41,69
<b>MATERIALES</b>					<b>484,02</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		0,6510	55,00	35,80
Piedra Chancada 1"	m <sup>3</sup>		1,1750	65,00	76,38
Fibra de Acero Comercial	kg		23,7204	8,25	195,69
Cemento Portland Tipo I	bls		8,1400	21,50	175,01
Agua	m <sup>3</sup>		0,1999	5,68	1,14
<b>EQUIPO</b>					<b>13,76</b>
Mezcladora de 9-11 p <sup>3</sup>	hm	1,0000	0,3636	26,60	9,67
Vibrador de Concreto 4 HP	hm	1,0000	0,3636	5,48	1,99
Herramientas Manuales	%MO		3,0000	0,70	2,10

*Fuente: Elaboración Propia (2020).*

- El costo del metro cúbico de concreto con 1% adición de fibras de acero comercial es de S/. 566.73 nuevos soles aumentando en un 52.74% su valor con respecto al costo del concreto convencional y en un 31.18% con respecto al costo del concreto con adición del 1% de fibras de acero reciclado; considerando que la cantidad de fibra es de 23.72 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero comercial es de S/. 8.25 nuevos soles.

### 3.5.3. Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 2.5% de Fibras de Acero

Tabla 45.-Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 2.5% de Fibras de Acero Reciclado.

<b>PARTIDA:</b>	Concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	<b>PRECIO:</b>	S/ 423,68		
<b>UNIDAD:</b>	m <sup>3</sup>	<b>RENDIMIENTO:</b>	22.00 m <sup>3</sup> /día		
<b><u>DESCRIPCION</u></b>	<b><u>UNIDAD</u></b>	<b><u>CUADRILLA</u></b>	<b><u>CANTIDAD</u></b>	<b><u>PRECIO</u></b>	<b><u>PARCIAL</u></b>
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>74,15</b>
Capataz	hh	0,2000	0,0727	23,08	1,68
Operario	hh	2,0000	0,7273	19,23	13,99
Oficial	hh	2,0000	0,7273	15,94	11,59
Peón	hh	9,0000	3,2727	14,33	46,90
<b>MATERIALES</b>					<b>335,76</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		0,6510	55,00	35,80
Piedra Chancada 1"	m <sup>3</sup>		1,1750	65,00	76,38
Fibra de Acero Reciclado	kg		59,3010	0,80	47,44
Cemento Portland Tipo I	bls		8,1400	21,50	175,01
Agua	m <sup>3</sup>		0,1999	5,68	1,14
<b>EQUIPO</b>					<b>13,76</b>
Mezcladora de 9-11 p <sup>3</sup>	hm	1,0000	0,3636	26,60	9,67
Vibrador de Concreto 4 HP	hm	1,0000	0,3636	5,48	1,99
Herramientas Manuales	%MO		3,0000	0,70	2,10

Fuente: Elaboración Propia (2020).

- El costo del metro cúbico de concreto con 2.5% adición de fibras de acero reciclado es de S/. 423.68 nuevos soles aumentando en un 14.19% su valor con respecto al costo del concreto convencional y en un 7.20% con respecto al costo del concreto con adición del 1% de fibras de acero reciclado; considerando que la cantidad de fibra aumentó a 59.30 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero reciclado es de S/. 0,80 céntimos.

*Tabla 46.- Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 2.5% de Fibras de Acero Comercial*

<b>PARTIDA:</b>	Concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	<b>PRECIO:</b>	<b>S/ 860,27</b>		
<b>UNIDAD:</b>	m <sup>3</sup>	<b>RENDIMIENTO:</b>	22.00 m <sup>3</sup> /día		
<b><u>DESCRIPCION</u></b>	<b><u>UNIDAD</u></b>	<b><u>CUADRILLA</u></b>	<b><u>CANTIDAD</u></b>	<b><u>PRECIO</u></b>	<b><u>PARCIAL</u></b>
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>68,94</b>
Capataz	hh	0,2000	0,0727	23,08	1,68
Operario	hh	2,0000	0,7273	19,23	13,99
Oficial	hh	2,0000	0,7273	15,94	11,59
Peón	hh	8,0000	2,9091	14,33	41,69
<b>MATERIALES</b>					<b>777,56</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		0,6510	55,00	35,80
Piedra Chancada 1"	m <sup>3</sup>		1,1750	65,00	76,38
Fibra de Acero Comercial	kg		59,3010	8,25	489,23
Cemento Portland Tipo I	bls		8,1400	21,50	175,01
Agua	m <sup>3</sup>		0,1999	5,68	1,14
<b>EQUIPO</b>					<b>13,76</b>
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1,0000	0,3636	26,60	9,67
Vibrador de Concreto 4 HP	hm	1,0000	0,3636	5,48	1,99
Herramientas Manuales	%MO		3,0000	0,70	2,10

*Fuente: Elaboración Propia (2020).*

- El costo del metro cúbico de concreto con 2.5% adición de fibras de acero comercial es de S/. 860.27 nuevos soles aumentando en un 131.86% su valor con respecto al costo del concreto convencional y en un 51.80% con respecto al costo del concreto con adición del 1% de fibras de acero comercial; considerando que la cantidad de fibra aumentó a 59.30 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero comercial es de S/. 8.25 nuevos soles.

### 3.5.4. Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 4% de Fibras de Acero

Tabla 47.- Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 4% de Fibras de Acero Reciclado.

<b>PARTIDA:</b>	Concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	<b>PRECIO:</b>	S/ 452,15		
<b>UNIDAD:</b>	m <sup>3</sup>	<b>RENDIMIENTO:</b>	22.00 m <sup>3</sup> /día		
<b><u>DESCRIPCION</u></b>	<b><u>UNIDAD</u></b>	<b><u>CUADRILLA</u></b>	<b><u>CANTIDAD</u></b>	<b><u>PRECIO</u></b>	<b><u>PARCIAL</u></b>
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>74,15</b>
Capataz	hh	0,2000	0,0727	23,08	1,68
Operario	hh	2,0000	0,7273	19,23	13,99
Oficial	hh	2,0000	0,7273	15,94	11,59
Peón	hh	9,0000	3,2727	14,33	46,90
<b>MATERIALES</b>					<b>364,23</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		0,6510	55,00	35,80
Piedra Chancada 1"	m <sup>3</sup>		1,1750	65,00	76,38
Fibra de Acero Reciclado	kg		94,8816	0,80	75,91
Cemento Portland Tipo I	bls		8,1400	21,50	175,01
Agua	m <sup>3</sup>		0,1999	5,68	1,14
<b>EQUIPO</b>					<b>13,76</b>
Mezcladora de 9-11 p <sup>3</sup>	hm	1,0000	0,3636	26,60	9,67
Vibrador de Concreto 4 HP	hm	1,0000	0,3636	5,48	1,99
Herramientas Manuales	%MO		3,0000	0,70	2,10

Fuente: Elaboración Propia (2020).

- El costo del metro cúbico de concreto con 4% adición de fibras de acero reciclado es de S/. 452.15 nuevos soles aumentando en un 21.86% su valor con respecto al costo del concreto convencional y en un 6.72% con respecto al costo del concreto con adición del 2.5% de fibras de acero reciclado; considerando que la cantidad de fibra aumentó a 94.88 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero reciclado es de S/. 0,80 céntimos.

*Tabla 48.- Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 4% de Fibras de Acero Comercial*

<b>PARTIDA:</b>	Concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	<b>PRECIO:</b>	<b>S/ 1.153,81</b>		
<b>UNIDAD:</b>	m <sup>3</sup>	<b>RENDIMIENTO:</b>	22.00 m <sup>3</sup> /día		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CUADRILLA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>PARCIAL</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>68,94</b>
Capataz	hh	0,2000	0,0727	23,08	1,68
Operario	hh	2,0000	0,7273	19,23	13,99
Oficial	hh	2,0000	0,7273	15,94	11,59
Peón	hh	8,0000	2,9091	14,33	41,69
<b>MATERIALES</b>					<b>1071,10</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		0,6510	55,00	35,80
Piedra Chancada 1"	m <sup>3</sup>		1,1750	65,00	76,38
Fibra de Acero Comercial	kg		94,8816	8,25	782,77
Cemento Portland Tipo I	bls		8,1400	21,50	175,01
Agua	m <sup>3</sup>		0,1999	5,68	1,14
<b>EQUIPO</b>					<b>13,76</b>
Mezcladora de 9-11 p <sup>3</sup>	hm	1,0000	0,3636	26,60	9,67
Vibrador de Concreto 4 HP	hm	1,0000	0,3636	5,48	1,99
Herramientas Manuales	%MO		3,0000	0,70	2,10

*Fuente: Elaboración Propia (2020).*

- El costo del metro cúbico de concreto con 4% adición de fibras de acero comercial es de S/. 1,153.81 nuevos soles aumentando en un 210.97% su valor con respecto al costo del concreto convencional y en un 34.12% con respecto al costo del concreto con adición del 2.5% de fibras de acero comercial; considerando que la cantidad de fibra aumentó a 94.88 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero comercial es de S/. 8.25 nuevos soles.

### 3.6. ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS

Se realizó un cuadro de comparación de resultados para una mejor vista e interpretación, en siguiente tabla se muestra el resumen de los principales resultados de los ensayos a compresión, flexión y costos.

*Tabla 49 Análisis General de Resultados*

<b><u>ENSAYO</u></b>		<b><u>COMPRESIÓN (kg/cm<sup>2</sup>)</u></b>			<b><u>FLEXIÓN</u></b>	<b><u>COSTO</u></b>
<b><u>PROBETAS</u></b>	<b><u>TIPO</u></b>	<b><u>7</u></b>	<b><u>14</u></b>	<b><u>28</u></b>	<b><u>(MPa)</u></b>	<b><u>(por m<sup>3</sup>)</u></b>
Sin fibras de Acero	Convencional	155.22	175.71	213.57	4.72	371.03
1.0% de Fibra de Acero	Reciclado	195.29	215.77	241.41	4.84	395.22
	Comercial	169.93	233.48	265.06	4.93	566.73
2.5% de Fibra de Acero	Reciclado	178.31	187.02	238.69	5.05	423.68
	Comercial	157.32	203.55	254.53	5.16	860.27
4.0% de Fibra de Acero	Reciclado	171.29	180.97	203.89	5.57	452.15
	Comercial	153.81	181.54	209.32	5.80	1153.81

*Fuente: Elaboración Propia (2020)*

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

- Actualmente en la sociedad casi el 70% de residuos de fibras de acero (virutas) son desechados por los talleres de torno, metal, etc. mientras que el 30% restante suele reciclarse como chatarra. Sin embargo, en esta investigación se propuso reciclar dichas fibras con la finalidad de darle un uso adecuado y aplicarlo de manera óptima al concreto. Es por ello que en este trabajo se observó una gran mejora en el concreto aplicando fibras de acero recicladas desde el día 7 hasta el día 28. Así como se puede apreciar en otras investigaciones. E. Cuenca y C. Solorzano (2018) usaron proporciones de 10%, 15% y 20% de fibras de acero, en donde también obtuvieron resultados satisfactorios, de los que más destacan son sus ensayos puestas a flexión, ya que logro valores máximos de 30.1 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón y 32.5 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto con 20% de fibra de acero, ambas después de 28 días de curado.

En nuestro caso las proporciones fueron de 1.0%, 2.5% y 4.0% de fibras de acero, teniendo como resultado satisfactorio la proporción del 4.0% de fibras de acero comercial y reciclado, ya que de igual manera mostro mejor comportamiento ante el ensayo a flexión y alcanzando un módulo de ruptura de 5.80 MPa y 5.57 MPa equivalentes a 59.14 kg/cm<sup>2</sup> y 56.79 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, mientras que en el concreto patrón se alcanzó 4.72 MPa equivalente a 46.30 kg/cm<sup>2</sup>. Así podemos determinar y comprobar que no se necesita agregar demasiada cantidad (%) de fibras de acero para alcanzar mayor resistencia.

- Los resultados encontrados por W. Lao (2007), indican que las fibras funcionan mejor ante esfuerzos de tracción, tensión directa, flexión y corte. Sin embargo, esta puede cambiar si se tiene fibras con formas diferentes e inadecuadas, ya que perjudica su trabajabilidad y mala distribución en la mezcla, es por eso que se busca mejorar el anclaje de la fibra a la matriz, no aumentando demasiado el factor de forma, sino por medio de superficies irregulares o extremos doblados. En nuestra investigación, se pudo analizar e interpretar que las fibras de acero comercial funcionan mejor en la estructura ya sea sometida a flexión o compresión, ya que estas tienen forma y tamaño uniforme la cual permite una mejor distribución y trabajabilidad. Asimismo, las fibras de acero reciclado también funcionan mejor debido a que estas tienen mejor anclaje a la estructura por su forma y responden ante un esfuerzo de compresión o flexión.

Por ello es importante indicar tanto el tamaño de las fibras de acero como las proporciones añadidas influye mucho en las propiedades mecánicas y físicas del concreto, esto debido a la energía absorbida por las fibras que se adhieren al concreto la ruptura, las fibras se oponen al desarrollo de la fisura. El mejor aporte de las fibras al concreto sometido a compresión es que evita que éste tenga una falla frágil y explosiva, dándole ductilidad al compuesto. Todos estos factores compensan el hecho de que el adicionar tanto fibras de acero reciclado, como fibras de acero comercial tiene una resistencia mayor a la convencional, lo que explica la similitud de los resultados de resistencia a la compresión y flexión.

Además de los resultados de resistencia a la flexión encontrados por W. Lao (2007), presentan valores muy cercanos a los obtenidos por la investigación. Ya que se pudo comprobar y afirmar que si la selección de tamaño y forma de fibras de acero reciclada tienen factores mínimos les dan eficiencia a las muestras ya que permiten adherirse mejor al concreto y le da mayor resistencia a diferencia de un concreto convencional.

Por otro lado, para las probetas de concreto adicionando fibras de acero al 1.0%, 2.5% y 4.0% fueron aceptables, ya que se presentaron resultados cercanos, demostrando así la fibra de acero ser un excelente aditivo para ser empleados en las mezclas de concreto debido a que mejoran significativamente sus características físicas y mecánicas quedando evidentemente demostrado en varias investigaciones relacionadas.

## 4.2. Conclusiones

- Se realizó un diseño de mezcla de concreto de acuerdo al procedimiento del método ACI 211, obteniéndose dosificaciones para un concreto convencional y concreto con porcentajes de adición de 1.0%, 2.5% y 4.0% de fibras de acero comercial y recicladas.
- Se logró determinar el asentamiento del concreto convencional, del concreto con adición de fibras de acero recicladas y concreto con adición de fibras de acero comerciales, así mismo se concluyó que mientras más porcentaje de fibra se le agregue al concreto, esta se volverá más seca, lo que se traducirá en una baja trabajabilidad.
- Se logró determinar la resistencia a la compresión ensayada a los 28 días de curado, para el concreto patrón se alcanzó una resistencia máxima de 213.57 kg/cm<sup>2</sup>, así mismo usando fibras de acero reciclado al 1% alcanza los 241.41 kg/cm<sup>2</sup>, al 2.5% 238.69 kg/cm<sup>2</sup> y al 4% 203.89 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a las fibras de acero comercial al 1% alcanza los 265.06 kg/cm<sup>2</sup>, al 2.5% 254.53 kg/cm<sup>2</sup> y al 4% 209.32 kg/cm<sup>2</sup>. Observándose una mejora en la resistencia a la compresión al disminuir el porcentaje de fibra de acero. La adición de fibras al concreto generó una gran mejoría en la ductilidad, debido a que, al momento de realizarle la prueba de resistencia a la compresión, estas presentaron deformaciones durante la aplicación de la carga, a diferencia de las probetas sin adición de fibra que sus fallas fueron explosivas.

- Se logró determinar la resistencia a flexión ensayada a los 28 días de curado, para el concreto patrón se alcanzó un módulo de ruptura de, 4.72 MPa, así mismo usando fibras de acero reciclado al 1% alcanza los 4.84 MPa, al 2.5% 5.05 MPa y al 4% 5.57 MPa. En cuanto a las fibras de acero comercial al 1% alcanza los 4.93 MPa, al 2.5% 5.16 MPa y al 4% 5.8 MPa. Observándose una mejora en la resistencia a la flexión al incrementar el porcentaje de fibra de acero.
- Teniendo los resultados finales se determinó que hay mayor resistencia tanto a compresión y flexión en las probetas con fibras de acero comercial seguido de las de probetas con fibra de acero reciclado, y esto se debe a que las fibras de acero comercial tienen forma y tamaño uniforme la cual permite una mejor distribución y trabajabilidad, así mismo ayudan a reducir las fisuras a diferencia de un concreto convencional sin fibras de acero.
- Se logró determinar la cantidad óptima de fibras de acero de acuerdo a cada evaluación (compresión y flexión). Para esfuerzos a compresión, no es necesario una gran cantidad de fibra debido a que es el concreto que absorbe la mayor cantidad del esfuerzo, por ello se comprobó que la cantidad óptima es de 1.0% de fibras de acero. Sin embargo, para flexión se requiere más fibras de acero debido a que este esfuerzo actúa perpendicular a la carga y en este actúan las fibras directamente, en nuestra investigación se determinó que la cantidad óptima es 4.0%. Analizando las propiedades mecánicas del concreto elaborado con fibras de acero recicladas y comerciales se puede concluir que se pueden usar como material alternativo, ya que presentan un mejor comportamiento mecánico ante las cargas que reciben de acuerdo a su función, a comparación de elementos estructurales sin adición de fibras de acero.

- Se logró comparar los costos del concreto convencional y concreto con adición del 4% de fibras de acero reciclado, y se observó que hay una diferencia de S/. 81.12 nuevos soles de uno con respecto del otro y esto se debe porque se agregaron las fibras de acero reciclado, es por eso que basándonos en nuestros resultados obtenidos se concluye que el uso de estas fibras recicladas ayuda favorablemente a resistir esfuerzos a compresión y flexión sin hacer un costo excesivo. Asimismo, Al comparar los mayores costos del concreto con fibras de acero reciclado y concreto con fibras de acero comercial, se aprecia que hay una diferencia de S/. 701.66 nuevos soles de uno con respecto del otro generando así un mayor gasto al agregarle las fibras de acero comercial, pero esa diferencia de costos no se ve reflejado en sus resultados ya que, si bien las comerciales resisten más a los esfuerzos de compresión y flexión, estos valores están muy cercanos a los resultados de las fibras recicladas.
- Se da por concluido que las Fibras de Acero Reciclado si influyen favorablemente en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto (resistencia a la compresión y resistencia a la flexión), generando un menor costo y como consecuencia de su uso ayudar al medio ambiente ya que muchas de estas virutas o fibras son desechadas causando un daño al ambiente en el que vivimos.

#### 4.3. Limitaciones del Estudio

- La falta de acceso a la información sobre datos estadísticos para el hallazgo de la desviación estándar del concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, para poder determinar la Resistencia Requerida del concreto en la ciudad de Trujillo, ello imposibilita a que se pueda obtener un resultado más conciso.
- La falta de investigaciones sobre las propiedades mecánicas de las fibras de acero reciclado, para que así se pueda tener conocimiento del porque estas fibras ayudan al concreto a soportar esfuerzos de compresión y flexión.

### **Sugerencias para futuros trabajos:**

- Se recomienda hacer ensayos para porcentajes menores a 1% de fibras de acero reciclado y comercial a fin de comprobar el comportamiento del concreto frente al ensayo de compresión.
- Se recomienda hacer ensayos para porcentajes mayores a 4% de fibras de acero reciclado y comercial a fin de comprobar el comportamiento del concreto frente al ensayo de flexión; y sobre todo ver cuál es la resistencia máxima que puede alcanzar el concreto con adición de fibras y por ende ver el porcentaje máximo de fibra que se le puede agregar al concreto.
- Trabajar con fibras de acero reciclados de corto tamaño y forma uniforme, ya que de esta manera garantiza una mejor distribución en todo el concreto.
- Clasificar manualmente las fibras o virutas de acero extraídas de los tornos ya que estas salen con escombros y plásticos adheridos al material a utilizar.
- Al momento de clasificar las virutas o fibras de acero, utilizar siempre guantes de tela para así poder evitar cortes o raspones en las manos
- Se recomienda que, para mejorar la trabajabilidad de una mezcla de concreto con incorporación de fibras de acero el uso de aditivos plastificante.
- Se recomienda el uso de un vibrador mecánico, para así poder tener una mejor distribución del concreto y evitar que existan vacíos en las probetas.

- Incrementar el tiempo de curado de las muestras, para poder obtener datos de resistencia a largo plazo, y así poder ver cómo se comportan estas muestras de concreto con adición de fibras de acero reciclado y acero comercial.
- Concientizar a los futuros profesionales a usar este tipo de productos reciclados, y así ayudar al medio ambiente disminuyendo la contaminación.

## REFERENCIAS

Ainchil, J, y De la Fuente A. (2012). Aplicación de Fibras Estructurales a los Pilotes Tipo CPI 8. Universitat Politecnica de Catalunya.

Cuenca E. & Solorzano C. (2018). Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto, Trujillo 2018. Universidad Cesar Vallejo de Trujillo.

De la Cruz, W. & Quispe W. (2014). Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la provincia de Huamanga–Ayacucho. Universidad Nacional de Huancavelica.

Flores F & Mamani R. (2018). Evaluación comparativa de la resistencia a la compresión y flexión del concreto normal, con fibra Sika Fiber Cho 65-35-NB y con fibra Sika Force PP-48. Universidad Nacional del Altiplano.

García F. (2017). Efecto de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno. Universidad Nacional del Altiplano.

Gallo L., González P. & León, Carrillo J. (2013). Comportamiento del concreto reforzado con fibras de acero ZP-306 sometido a esfuerzos de compresión. Universidad Militar Nueva Granada.

Lao, W. (2007). Utilización de fibras metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa. Universidad Ricardo Palma.

Montalvo, M. (2015). Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Mendieta L. (2017). Aplicación de concreto reforzado con fibras de acero en losas de contrapiso para viviendas de interés social. Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá.

Morillas M. & Plasencia D. (2018). Características mecánicas de un concreto premezclado en seco “Concreto Rápido” F’c210 kg/cm<sup>2</sup> y su costo comparativo. Universidad Privada Antenor Orrego.

Sarta H. & Silva J. (2017). Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%. Universidad Católica de Colombia.

Sandoval F. (2017). Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales. Universidad Técnica de Ambato.

## ANEXOS

### ANEXO 01: ESTUDIO DE AGREGADOS

 <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <b>N.T.P. 339.185</b>			
<b>A) DATOS GENERALES:</b>			
<b>TESIS</b> : *ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LA MEZCLA*			
<b>UBICACIÓN:</b> LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - UPN			
<b>MUESTRA:</b> PIEDRA 3/4"			
<b>CANTERA:</b> "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO SAC"			
<b>FECHA:</b> 28/04/2016			
<b>TESISTAS:</b> CONTRERAS CUEVA, KAROL NATALY PEÑA VILLALOBOS, JOSÉ STEVEN			
<b>B) DATOS TÉCNICOS:</b>			
<b>TARA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DE TARA (g)	239.63	214.21	268.10
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA (g)	3239.80	3214.42	3268.24
PESO MUESTRA SECA + TARA (g)	3222.57	3137.58	3248.77
PESO DEL AGUA (g)	17.23	16.84	19.47
PESO MUESTRA SECA (g)	2982.94	2983.37	2980.67
% DE HUMEDAD	0.58	0.56	0.65
<b>PROMEDIO (%)</b>	<b>0.60</b>		

Ilustración 14.- Contenido de Humedad – Agregado Grueso

 <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <b>N.T.P. 339.185</b>			
<b>A) DATOS GENERALES:</b>			
<b>TESIS</b> : *ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LA MEZCLA*			
<b>UBICACIÓN:</b> LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - UPN			
<b>MUESTRA:</b> ARENA GRUESA			
<b>CANTERA:</b> "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO SAC"			
<b>FECHA:</b> 29/04/2016			
<b>TESISTAS:</b> CONTRERAS CUEVA, KAROL NATALY PEÑA VILLALOBOS, JOSÉ STEVEN			
<b>B) DATOS TÉCNICOS:</b>			
<b>TARA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DE TARA (g)	165.38	137.12	139.17
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA (g)	1165.38	1137.12	1139.18
PESO MUESTRA SECA + TARA (g)	1159.66	1131.53	1133.61
PESO DEL AGUA (g)	5.72	5.59	5.57
PESO MUESTRA SECA (g)	994.28	994.41	994.44
% DE HUMEDAD	0.58	0.56	0.56
<b>PROMEDIO (%)</b>	<b>0.57</b>		

Ilustración 15.- Contenido de Humedad - Agregado fino.

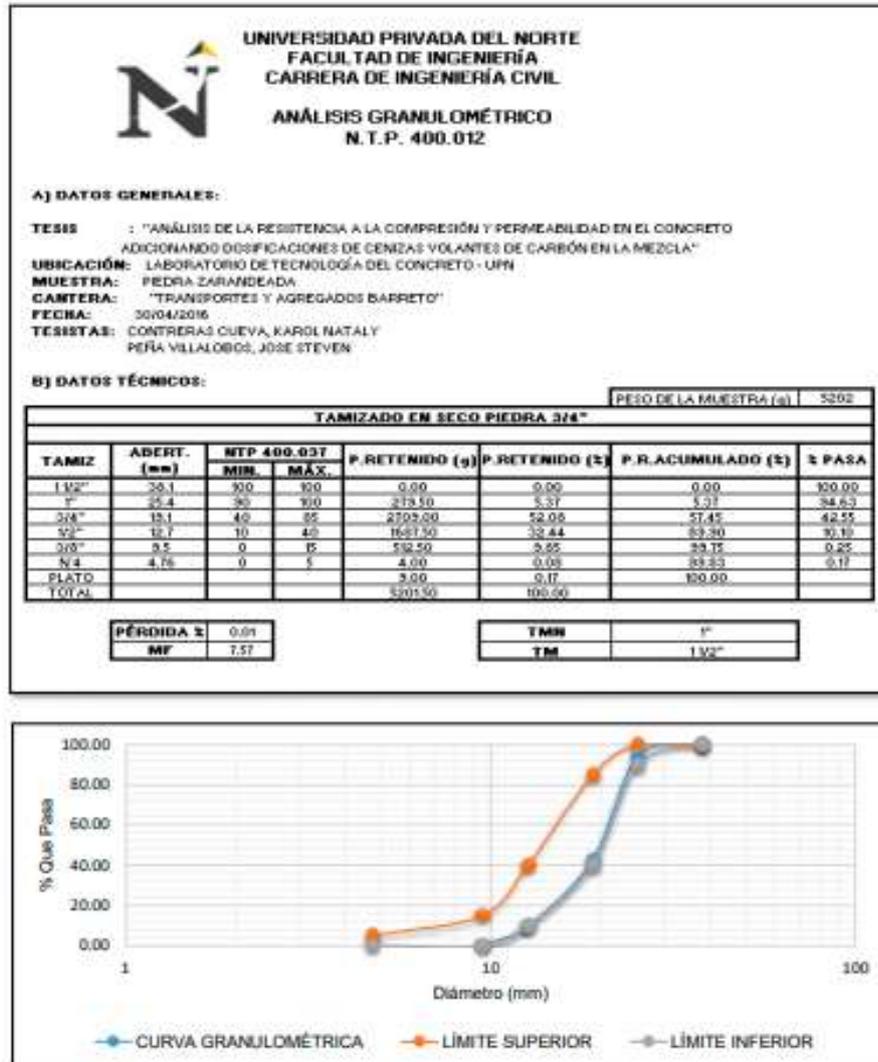


Ilustración 16.- Análisis Granulométrico –Agregado Grueso.

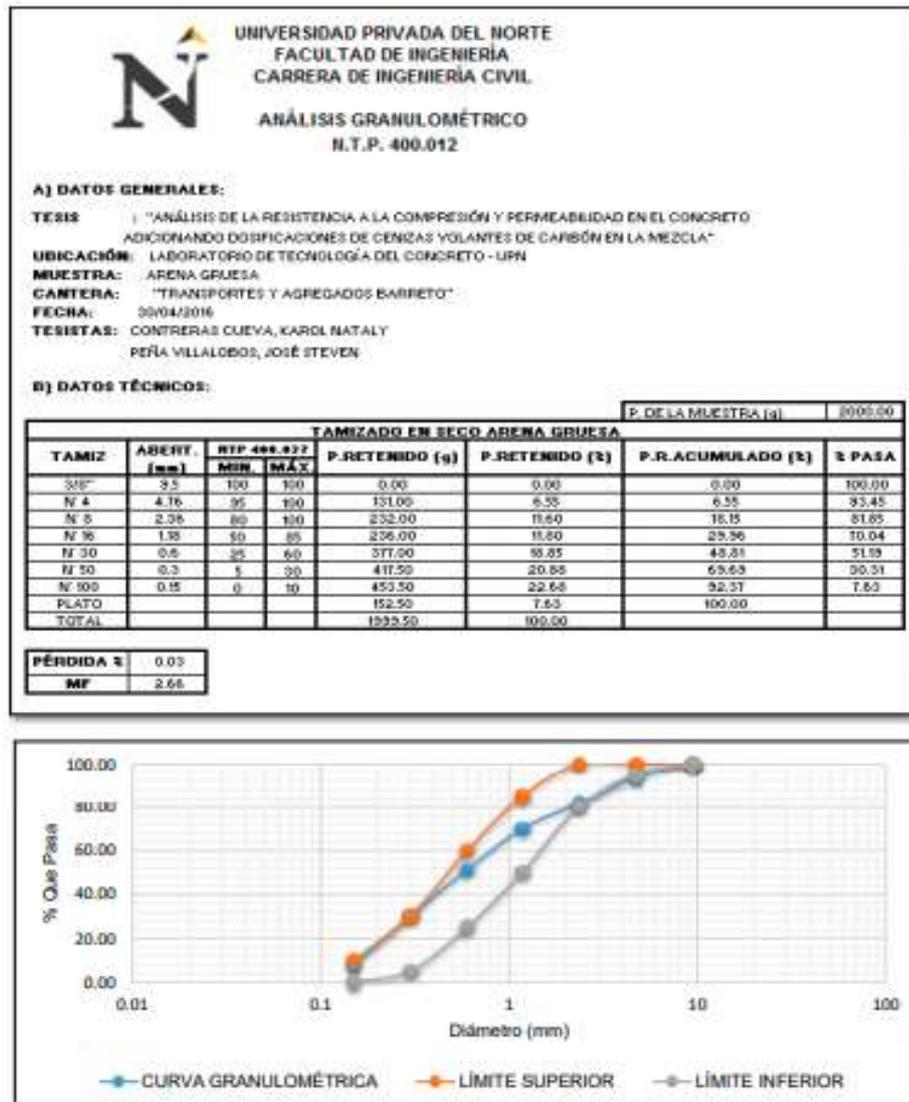


Ilustración 17.- Análisis Granulométrico - Agregado Fino.

		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
		FACULTAD DE INGENIERÍA		
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
		PESO UNITARIO		
		N.T.P. 400.017.2011		
<b>A) DATOS GENERALES:</b>				
<b>TESIS</b>	: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LA MEZCLA”			
<b>UBICACIÓN:</b>	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - UPN			
<b>MUESTRA:</b>	PIEDRA 94”			
<b>CANTERA:</b>	“TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO”			
<b>FECHA:</b>	04/05/2018			
<b>TESISTAS:</b>	CONTRERAS CUEVA, KAROL NATALY PEÑA VILLALOBOS, JOSÉ STEVEN			
<b>B) DATOS TÉCNICOS:</b>				
Datos		1		
Peso (molde) (kg)		5.505		
Peso (molde+agua) (kg)		19.406		
Peso (agua) (kg)		13.901		
Factor (kg/m <sup>3</sup> )		1500.000		
<b>Volumen del Molde (m<sup>3</sup>)</b>		<b>0.014</b>		
Datos		1	2	3
Peso (molde) (kg)		5.505	5.505	5.505
Peso (molde+muestra) (kg)		27.315	27.220	27.880
Peso Suelto (muestra) (kg)		21.810	21.715	21.675
Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )		0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> )		1558.952	1562.118	1559.240
<b>Promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1563.437</b>		
Datos		1	2	3
Peso (molde) (kg)		5.505	5.505	5.505
Peso (molde+muestra) (kg)		29.210	29.295	29.275
Peso Compactado (muestra) (kg)		23.705	23.750	23.770
Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )		0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m <sup>3</sup> )		1705.272	1708.518	1709.949
<b>Promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1707.911</b>		

Ilustración 18.- Peso Unitario - Agregado Grueso.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PESO UNITARIO**  
N.T.P. 400.017.2011

**A) DATOS GENERALES:**

**TESIS** : "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO  
ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN"

**UBICACIÓN:** LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - UPN

**MUESTRA:** APENA GRUESA

**CANTERA:** "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO"

**FECHA:** 03/05/2016

**TESISTAS:** CONTRERAS CUEVA, KAROL NATALY  
PEÑA VILLALOBOS, JOSÉ STEVEN

**B) DATOS TÉCNICOS:**

Datos	1
Peso (molde) (kg)	5.505
Peso (molde-agua) (kg)	39.405
Peso (agua) (kg)	13.501
Factor (kg/m <sup>3</sup> )	1000.000
Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )	0.014

Datos	1	2	3
Peso (molde) (kg)	5.505	5.505	5.505
Peso (molde-muestra) (kg)	29.667	30.336	30.240
Peso Suelto (muestra) (kg)	24.162	24.830	24.735
Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m <sup>3</sup> )	1726.143	1768.202	1769.368
<b>Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1767.986</b>		

Datos	1	2	3
Peso (molde) (kg)	5.505	5.505	5.505
Peso (molde-muestra) (kg)	31.890	32.060	31.850
Peso Compactado (muestra) (kg)	28.395	28.575	28.345
Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Compactado Seco (kg/m <sup>3</sup> )	1898.865	1897.733	1895.887
<b>Promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1897.662</b>		

Ilustración 19.- Peso Unitario - Agregado Fino.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN N.T.P. 400.021.2013	
<b>A) DATOS GENERALES:</b>	
<b>TESIS</b>	: *ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LA MEZCLA*
<b>UBICACIÓN:</b>	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - UPN
<b>MUESTRA:</b>	PIEDRA 3/4"
<b>CANTERA:</b>	"TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO"
<b>FECHA:</b>	02/05/2016
<b>TESISTAS:</b>	CONTRERAS CUEVA, KAROL NATALY PEÑA VILLALOBOS, JOSÉ STEVEN
<b>B) DATOS TÉCNICOS:</b>	
ENSAYO	
A= Masa de la muestra secada al horno en aire, g	2938.00
B= Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, g	3030.00
C= Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, g.	1916.00
a) Densidad relativa (Gravedad Específica) (OD)= A/(B-C)	2.69
b) Densidad relativa (Gravedad Específica) (SSD)= B/(B-C)	2.72
c) Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)= A/(A-C)	2.77
d) Absorción, % = 100 [(B-A)/A]	1.07

Ilustración 20.- Gravedad Específica y Absorción - Agregado Grueso.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN N.T.P. 400.022.2013	
<b>A) DATOS GENERALES:</b>	
<b>TESIS</b>	: *ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LA MEZCLA*
<b>UBICACIÓN:</b>	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - UPN
<b>MUESTRA:</b>	ARENA GRUESA
<b>CANTERA:</b>	"TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO"
<b>FECHA:</b>	02/05/2016
<b>TESISTAS:</b>	CONTRERAS CUEVA, KAROL NATALY PEÑA VILLALOBOS, JOSÉ STEVEN
<b>B) DATOS TÉCNICOS:</b>	
ENSAYO	
A= Masa de la muestra seca al horno, g	496.00
B= Masa del Pícnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, g.	652.60
C= Masa del Pícnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, g	962.00
S= Masa de la muestra de Saturado Superficialmente Seca	500.00
a) Densidad relativa (Gravedad Específica) (OD)= A/(B-S-C)	2.60
b) Densidad relativa (Gravedad Específica) (SSD)= S/(B-S-C)	2.62
c) Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)= A/(B-A-C)	2.66
d) Absorción, % = 100 [(S-A)/A]	0.81

Ilustración 21.- Gravedad Específica y Absorción - Agregado Fino.



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**DESGASTE POR ABRASIÓN LOS ÁNGELES**  
N.T.P. 400.019

**A) DATOS GENERALES:**

**TESIS** : \*ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO  
ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LA MEZCLA\*

**UBICACIÓN:** LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - UPN

**MUESTRA:** PIEDRA 3/4"

**CANTERA:** "TRANSPORTES Y AGREGADOS BARRETO"

**FECHA:** 05/05/2016

**TESISTAS:** CONTRERAS CUEVA, KAROL NATALY  
PEÑA VILLALOBOS, JOSÉ STEVEN

**B) DATOS TÉCNICOS:**

DATOS	1
PESO MUESTRA SECA ANTES DE ENSAYO (g)	5000.00
PESO MUESTRA SECA DESPUÉS DE ENSAYO (g)	4241.00
NÚMERO DE ESFERAS	12.00
% DE DESGASTE	15.18

*Ilustración 22.- Desgaste por Abrasión Los Ángeles - Agregado Grueso.*

## ANEXO 02: PROCEDIMIENTO



*Ilustración 23.- Maquinas las cuales convierten grandes masas de acero en fibras o virutas.*



*Ilustración 24.- Recogiendo las fibras de los botes de basura en donde son colocadas.*



*Ilustración 25.- Moldes para las probetas cilíndricas.*



*Ilustración 26.- Moldes de madera para la realización de las probetas prismáticas.*



*Ilustración 27.- Como desmoldante para las probetas cilíndricas se usó el aceite.*



*Ilustración 28.- Como desmoldante para las probetas prismáticas se usó petróleo.*



*Ilustración 29.- Para que la mezcla no se pegue en el trompo se le mojó con petróleo.*



*Ilustración 30.- Vaciado del cemento.*



*Ilustración 31.- Vaciado de los agregados al trompo*



*Ilustración 32.- Fibras Recicladas.*



*Ilustración 33.- Fibras Comerciales.*



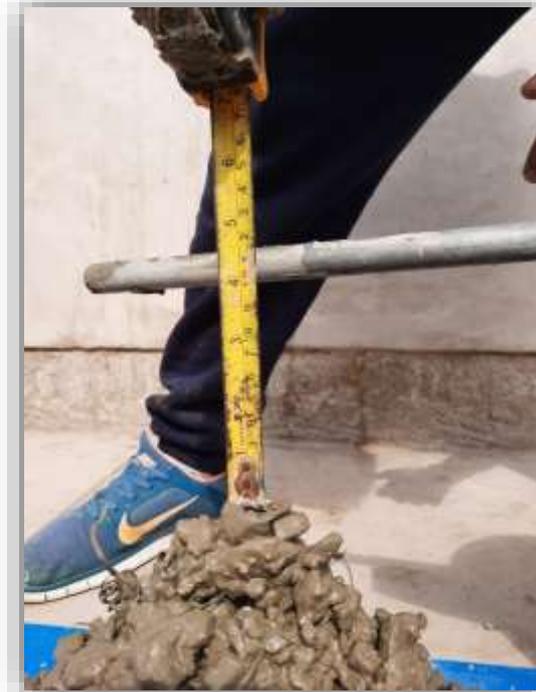
*Ilustración 34.- Se dejó que se mezcle 2 minutos  
aproximadamente.*



*Ilustración 35.- Se realiza el chuceado y al final se enrasa.*



*Ilustración 36.- Se retira cuidadosamente de manera vertical.*



*Ilustración 37.- Se mide el Slump en pulgadas.*



*Ilustración 38.- La mezcla usada para el ensayo de slump se desecha.*



*Ilustración 39.- Chuceo con 25 golpes, en cada una de las 3 capas.*



*Ilustración 40.- Chuceo con 25 golpes, en cada una de las 3 capas, del molde prismático.*



*Ilustración 41.- Desencofrado de probetas cilíndricas.*



*Ilustración 42.- Desencofrado de probetas prismáticos.*



*Ilustración 43.- Todas las probetas realizadas para nuestro estudio de investigación.*



*Ilustración 44.- Curado de todas las probetas, cilíndricas y prismáticas.*



*Ilustración 45.- Colocando la probeta a la prensa de resistencia a la compresión..*



*Ilustración 46.- Ensayo de Resistencia a la Compresión.*



*Ilustración 47.- Colocando la probeta a la prensa de resistencia a la flexión.*



*Ilustración 48.- Ensayo de Resistencia a la Flexión.*



*Ilustración 49.- Probeta sin fibra de acero.*



*Ilustración 50 Probeta con fibra de acero.*



*Ilustración 51 Imagen general del Laboratorio GECONSAC.*

### ANEXO 03: FICHA TÉCNICA DE FIBRA METÁLICA Z



**El mejor amigo del concreto**

Q Av. Los Famosos Nº 575 Urb. La Campesina, Chiclaya, Lima - Perú  
 ☎ (01) 2523056 ☎ 950 080 271 / 994 388 534 / 998 028 506 / 996 230 130

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 0738

---

Fibra para concreto

## Fibra Metálica Z

Descripción: Fibra de acero fabricada bajo carbonado al frío para el aumento de la tenacidad del concreto. ASTM A 820 Alta tensión. ASTM C 94 Concreto lanzado ASTM A 116. Tenacidad ASTM A 108. Viene en dos presentaciones: FIBRA METÁLICA Z 65/35 (shotcrete), FIBRA METÁLICA Z 80/60 (losas).

**Ventajas**

- Alta resistencia a la flexión.
- Alta resistencia a los impactos.
- Alta resistencia a la fatiga.
- Resistencia al corte.
- Resistencia a la torsión.
- Aumento de la resistencia a las 24 horas.
- Proyecta el hormigón de una forma rápida.
- Se asegura mejor a la roca.
- Reemplazo a la malla.
- Consume menos gunit, la fibra rellena los vacíos o desniveles.
- Reducción del ciclo de trabajo.
- Fibras adheridas con pigmentos que se diluyen con la humedad de los agregados.
- Resistente a la abrasión.

---

**Usos**

- Reparación de túneles.
- Muelles.
- Soporte de terreno.
- Paredes de retención.
- Estabilización de taludes.
- Pisos industriales tráfico pesado.
- Túneles convirtiéndose en tuberías reforzadas con fibra.
- Túneles seco o húmeda.
- Cimentación de equipos.
- Prefabricados.

**Cuidados**

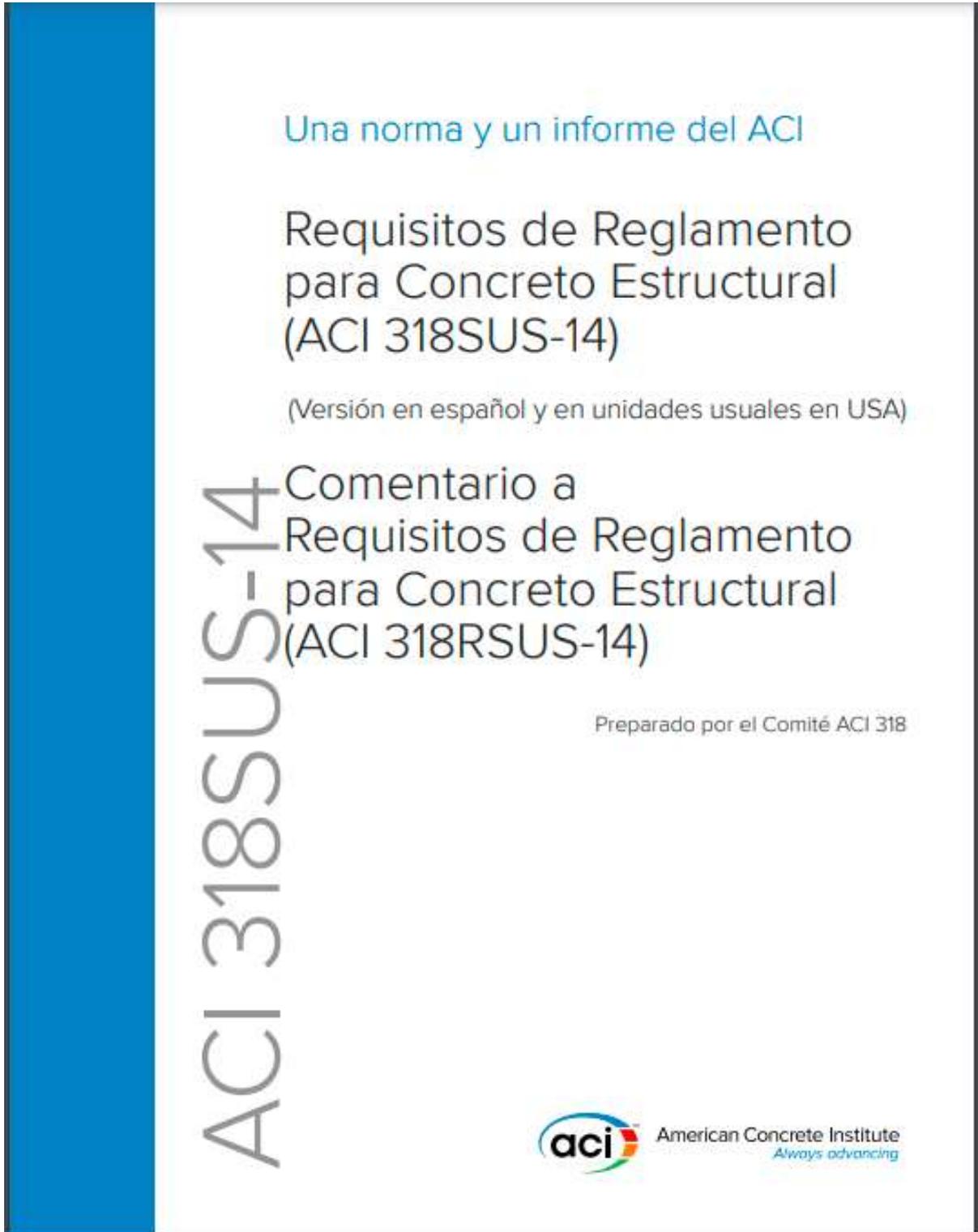
Consultar con nuestras oficinas para recomendar el tipo de FIBRA METÁLICA Z de acuerdo al tipo de trabajo. Se recomienda el uso de guantes, lentes y mascarilla. Para mayor detalle remitase a la hoja de seguridad del producto.

---

E-mail: [ventas@aditivos.com.pe](mailto:ventas@aditivos.com.pe) | [coordinacion@aditivos.com.pe](mailto:coordinacion@aditivos.com.pe) | web: [www.aditivos.com.pe](http://www.aditivos.com.pe)

San Borja: Av. San Luis 3051, Tel: (05) 795 5744 / 961 285 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1631, Tel: (01) 719 5076 / 998 028 493  
 Chiclaya: Calle Los Tumbos 505, Urb. San Eduardo, Tel: (074) 223 798 / 994 276 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744, Tel: (061) 573 501 / 998 028 495  
 Piura: Av. Basadre 271, It. 3, Tel: (073) 321 480 / 972 501 351 | Sullana: Av. José de Sarmiento 344, Tel: (072) 909 408 / 993 055 399  
 Tarma: Av. Tarma Tito Condorreyta 1032 - Miraflores, Tel: (084) 267 111 / 994 268 292  
 Arequipa: Calle Pascopampa 323A - Cercado, Tel: (054) 203 388 / 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 318, Urb. Palermo, Tel: (044) 425 548 - 998 027 457

**ANEXO 04: ACI 318SUS-14**



506	REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL (ACI 318SUS-14) Y COMENTARIO (ACI 318SUSR-14)
REGLAMENTO	COMENTARIO
<p>(e) El estimativo de la resistencia del concreto en sitio debe estar basado en ensayos de probetas curadas en obra o bien por otros procedimientos para evaluar la resistencia del concreto aprobados por el profesional facultado para diseñar y, cuando se requiera, aprobado por la autoridad competente.</p>	<p>las diversas operaciones; (e) Cualquier otra carga o condición que afecte la seguridad o funcionamiento de la estructura durante la construcción.</p>
<p>(f) El descimbrado debe realizarse de tal manera que no se afecte negativamente la seguridad o funcionamiento de la estructura. (g) El concreto expuesto por el descimbrado debe tener suficiente resistencia para no ser dañado por la operación de descimbrado. (h) Las cimbras para miembros de concreto preesforzado no deben ser removidas hasta que se haya aplicado suficiente preesfuerzo para permitir que el miembro soporte su propio peso y las cargas de construcción previstas. (i) No se pueden apoyar en la estructura sin apuntalar cargas de construcción que excedan la suma de las cargas muertas más vivas utilizadas en el diseño, a menos que por medio de un análisis estructural se demuestre que existe resistencia suficiente para sostener estas cargas adicionales.</p>	<p>El ACI 347.2R entrega información para el apuntalamiento y reapuntalamiento de construcciones de varios pisos.</p>
26	<p><b>R26.11.2.1 (e)</b> La evaluación de la resistencia del concreto durante la construcción puede llevarse a cabo utilizando probetas curadas en obra, o mediante otros procedimientos aprobados por el profesional facultado para diseñar y, cuando se requiera, por la autoridad competente y tomando en consideración de (a) hasta (d):</p>
<p><b>26.12 — Evaluación y aceptación del concreto</b> <b>26.12.1 Generalidades</b></p>	<p>(a) Ensayos de cilindros fabricados en obra, de acuerdo con la norma ASTM C873. El empleo de este método está limitado a losas de concreto cuyo espesor sea de 5 a 12 pulg. (b) Resistencia a la penetración de acuerdo con la norma ASTM C803; (c) Resistencia a la extracción de acuerdo con la norma ASTM C900; (d) Correlación y mediciones del factor de madurez, de acuerdo con la norma ASTM C1074.</p>
<p><b>26.12.1.1</b> Requisitos de construcción a cumplir:</p>	<p>Los procedimientos (b), (c) y (d) requieren datos suficientes empleando materiales de la obra, para demostrar la correlación de las mediciones en la estructura con la resistencia a la comprensión de cilindros o de núcleos. En el ACI 228.1R se discute el uso de estos métodos para evaluar la resistencia del concreto en la obra.</p>
<p>(a) Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 6 por 12 pulg. o de al menos tres probetas de 4 por 8 pulg., preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días o a la edad de ensayo designada para la determinación de <math>f'_c</math>.</p>	<p><b>R26.11.2.1(i)</b> Con frecuencia, la carga viva nominal especificada en los planos es reducida para los miembros que soportan grandes áreas de piso, y el límite de las cargas de construcción debe considerar esas reducciones.</p>
<p>American Concrete Institute — Copyrighted © Material — www.concrete.org</p>	<p><b>R26.12 — Evaluación y aceptación del concreto</b> <b>26.12.1 Generalidades</b></p>
	<p><b>R26.12.1.1(a)</b> Podría ser deseable contar con más de un número mínimo de probetas de ensayo de manera que permita el descarte de cilindros individuales con resistencia fuera de rango según el ACI 214R. Cuando las resistencias de cilindros individuales son descartadas de acuerdo con el ACI 214R, un</p>

**REGLAMENTO**

**COMENTARIO**

(b) La entidad o laboratorio que realice los ensayos de aceptación debe cumplir con la norma ASTM C1077.

(c) Los ensayos de concreto fresco realizados en la obra, la preparación de probetas que requieran de un curado bajo condiciones de obra, la preparación de probetas que se vayan a ensayar en laboratorio y el registro de temperaturas del concreto fresco mientras se preparan las probetas de resistencia debe ser realizado por técnicos calificados en ensayos de campo.

(d) Los ensayos de laboratorio deben ser realizados por técnicos de laboratorio calificados.

(e) Los informes de los ensayos de aceptación se deben distribuir al profesional facultado para diseñar, al constructor, al productor del concreto, y, cuando se requiera, al propietario y a la autoridad competente.

ensayo de resistencia es válido siempre que se promedien las resistencias de al menos dos cilindros individuales de 6 por 12 pulg. o de al menos tres cilindros de 4 por 8 pulg. Las resistencias de todos los cilindros individuales que no hayan sido descartados según ACI 214R deben ser usadas para calcular la resistencia promedio. El tamaño y el número de las probetas que representan un ensayo de resistencia deben mantenerse constantes para cada clase de concreto. El tamaño de los cilindros debe ser acordado entre el propietario, el profesional facultado para diseñar, y la entidad que realice los ensayos antes de iniciar la construcción.

El ensayo de tres en vez de dos cilindros de 4 por 8 pulg. mantiene el nivel de confianza de la resistencia promedio ya que los cilindros de 4 por 6 pulg. tienden a tener variabilidades propias de ensayo aproximadamente un 20 por ciento mayores que las correspondientes para ensayos de cilindros de 6 por 12 pulg. (Carino et al. 1994).

**R26.12.1.1(b)** La norma ASTM C1077 define las funciones, responsabilidades y los requisitos técnicos mínimos del personal del laboratorio y los requisitos técnicos de los equipos para ensayar concreto y sus agregados. Las entidades o laboratorios que realicen ensayos de cilindros y núcleos para determinar el cumplimiento de los requisitos del Reglamento deben estar acreditados o someterse a inspección para verificar el cumplimiento de los requisitos de la norma ASTM C1077 por parte de una autoridad de evaluación reconocida.

**R26.12.1.1(c)** Los técnicos de campo y laboratorio pueden establecer su calificación certificándose a través de programas de certificación. Los técnicos de campo a cargo del muestreo del concreto, de ensayos de asentamiento, densidad, rendimiento, contenido de aire y temperatura; y de la fabricación y curado de probetas deben estar certificados de acuerdo con los requisitos del programa de certificación ACI para Técnicos en Ensayos de Concreto — Grado 1, los requisitos de la norma ASTM C1077, o un programa equivalente.

**R26.12.1.1(d)** El personal de ensayo de laboratorio debe estar certificado de acuerdo con los requisitos del programa de certificación de ACI para Técnico en Ensayos de Concreto en Laboratorio - Nivel 1, el programa de certificación de ACI para Técnico en Ensayo de Resistencia del Concreto, los requisitos de la norma ASTM C1077, o un programa equivalente.

**R26.12.1.1(e)** El Reglamento requiere que los informes se distribuyan a las partes responsables del diseño, construcción y aprobación del trabajo. Los contratos de inspección y de servicio de ensayos deben indicar a quienes se les distribuyen los informes. La distribución oportuna de los informes permite la identificación oportuna tanto de cumplimiento como de la necesidad de tomar acciones correctivas. Un registro completo de ensayos permite al productor del concreto establecer de una manera confiable la resistencia promedio requerida para futuros trabajos.



**ANEXO 05: NORMA TÉCNICA PERUANA 339.078**

---

**NORMA TÉCNICA** **NTP 339.078**  
**PERUANA** **2012**

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

---

**CONCRETO. Método de ensayo para determinar la  
resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente  
apoyadas con cargas a los tercios del tramo**

CONCRETE. Standard test method for flexural strength of concrete using simple beam with third-point  
loading

**2012-09-26**  
**3ª Edición**

R.0092-2012/CNB-INDECOPI. Publicada el 2012-10-31 Precio basado en 10 páginas  
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**  
Descriptores: Concreto, vigas, resistencia a la flexión, ensayo

---

NORMA TECNICA  
PERUANA

---

NTP 339.078  
7 de 10

## 9. CÁLCULOS

9.1 Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2} \quad (2)$$

En donde:

- $M_r$  : es el módulo de rotura, en MPa.
- $P$  : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N
- $L$  : Es la luz libre entre apoyos, en mm
- $b$  : Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm
- $h$  : Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados.

9.2 Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste no mayor del 5 % de la luz libre, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

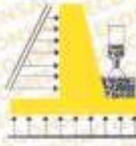
$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2} \quad (3)$$

En donde:

- $a$  : Es la distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en mm

NOTA: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados.

ANEXO 06: CERTIFICADO DE ENSAYOS REALIZADOS



# GECONSAC

INFORME		Código	6038-LEM-T001
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	00
		Fecha	21-10-2020
		Página	1 de 1

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO RECICLADO Y COMERCIAL SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM<sup>2</sup>, TRUJILLO 2020"

SOLICITANTE: Reynal Benites Abel Jhonatan / Rafael Saavedra Brayan Aldair

REGISTRO N°: 6038-008-1881

LABORIO DE PROYECTO: Trujillo- la Libertad

REALIZADO POR: 6131

UBICACIÓN DE PROYECTO: Trujillo- la Libertad

REVISADO POR: 6131

FECHA DE EMISIÓN: 14/11/2020

FECHA DE DIBUJO: 14/10/2020

N° Muestra	Probeta	Tipo	Normal	Fecha de Vuelto	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Lapso (m)	H (cm)	H (cm)	Carga Max. (kg)	Carga Promedio (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Sin fibras de Acero	Concreto Pastoso	C.P	01/10/2020	7/11/2020	28	45.8	13	13	3456	3552	48.21
2				10/10/2020	7/11/2020	28	45.8	13	13	3540		
3				10/10/2020	7/11/2020	28	45.8	13	13	3621		
4	1.4% de Fibra de Acero	Reciclado	F.R.1%	11/10/2020	8/11/2020	28	45.8	15	15	3675	3639	49.39
5				11/10/2020	8/11/2020	28	45.8	13	13	3542		
6				11/10/2020	8/11/2020	28	45.8	13	13	3301		
7	1.4% de Fibra de Acero	Comercial	F.C.1%	12/10/2020	9/11/2020	28	45.8	15	15	3681	3708	50.32
8				12/10/2020	9/11/2020	28	45.8	15	15	3745		
9				12/10/2020	9/11/2020	28	45.8	13	13	3729		
10	2.5% de Fibra de Acero	Reciclado	F.R.2.5%	13/10/2020	10/11/2020	28	45.8	15	15	3994	3799	51.55
11				13/10/2020	10/11/2020	28	45.8	15	15	3796		
12				15/10/2020	10/11/2020	28	45.8	15	15	3207		
13	2.5% de Fibra de Acero	Comercial	F.C.2.5%	14/10/2020	11/11/2020	28	45.8	15	15	3923	3883	52.70
14				14/10/2020	11/11/2020	28	45.8	15	15	3798		
15				14/10/2020	11/11/2020	28	45.8	15	15	3629		
16	4.0% de Fibra de Acero	Reciclado	F.R.4%	15/10/2020	12/11/2020	28	45.8	15	15	4201	4184	54.77
17				15/10/2020	12/11/2020	28	45.8	15	15	4151		
18				15/10/2020	12/11/2020	28	45.8	15	15	4100		
19	4.0% de Fibra de Acero	Comercial	F.C.4%	16/10/2020	13/11/2020	28	45.8	15	15	4320	4385	57.15
20				16/10/2020	13/11/2020	28	45.8	15	15	4014		
21				16/10/2020	13/11/2020	28	45.8	15	15	4034		

$M_r = \frac{P \cdot L}{3y - 2H}$

M<sub>r</sub>= Módulo de rotura.  
P = Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo.  
L = Longitud de separación entre los apoyos.  
y = Deflexión o ancho promedio de la viga.  
H = Altura o espesor promedio de viga.





**GECONSAC**  
GESTIÓN INTEGRAL DEL  
ING. JORGE L. SAAVEDRA  
JEFE LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO

📍 Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 08 - Trujillo  
 📞 Movistar: 046180393 - RPC: 993756436 - RPC: 993756247  
 ✉️ geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
 📧 logistica.geconsac@gmail.com





# GECONSAC

INFORME	Código	GC25-LEM
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	00
	Fecha	01-10-2020
	Página	1 de 2

---

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO RECICLADO Y COMERCIAL SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM<sup>2</sup>, TRUJILLO 2020\*

**SOLICITANTE** : Reynal Benites Abel Jhonatan / Rafael Saavedra Brayan Aldair      REGISTRO N°: 0029488-1000

**CÓDIGO DE PROYECTO** :      REALIZADO POR: IIC/J

**UBICACIÓN DE PROYECTO** : TRUJILLO- LA LIBERTAD      REVISADO POR: IIC/J

**FECHA DE EMISIÓN** : 14/11/2020      FECHA DE ENSAYO: 08/11/2020

**Tipo de muestra** : CONCRETO CON FIBRA RECICLADO 1%

**Presentación** : Especímenes cilíndricos 6" x 12"

**Fc de diseño** :      TURNO: Diurno

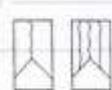
---

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens**  
ASTM C39/C39M-20

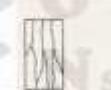
Mue	Estructura o Identif.	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Filal (días)	Diám. (cm)	Carga Máx (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	Res. Cbr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Dia. (kg/cm <sup>2</sup> )	(%) (95%)
10	1.0% de Fibra de Acero R.R.1%	11/10/20	18/10/20	07	15.00	34652	176.72	196.09	210	93
11		11/10/20	18/10/20	07	15.00	33967	176.72	192.21	210	92
12		11/10/20	18/10/20	07	15.00	34912	176.72	197.56	210	94
13		11/10/20	25/10/20	14	15.00	37979	176.72	214.92	210	102
14		11/10/20	25/10/20	14	15.00	38341	176.72	216.97	210	103
15		11/10/20	25/10/20	14	15.00	38071	176.72	215.44	210	103
16		11/10/20	08/11/20	28	15.00	43197	176.72	244.44	210	116
17		11/10/20	08/11/20	28	15.00	41907	176.72	237.14	210	113
18		11/10/20	08/11/20	28	15.00	42876	176.72	242.63	210	110



**Tipo 1**  
Columna rectangular con fibras de acero en ambas direcciones. Sección de las columnas de 15.00 x 28.00 cm.



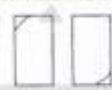
**Tipo 2**  
Columna tipo T con fibras de acero en las alas. Sección de las columnas, como se muestra, de 15.00 x 28.00 cm.



**Tipo 3**  
Fibras comerciales mezcladas con fibras de acero recicladas, como se muestra.



**Tipo 4**  
Fibras diagonales de fibra de acero. Sección de las columnas, como se muestra, de 15.00 x 28.00 cm.



**Tipo 5**  
Pruebas en los lados de las alas. Sección de las columnas, como se muestra, de 15.00 x 28.00 cm.



**Tipo 6**  
Sección a Tipo 1 pero el extremo del cilindro es parabólico.

**VALORES IDEALES**

EDAD (días)	RESISTENCIA (%)	
	Mínimo	Máximo
07	90	95
14	70	85
21	80	90
28	90	115

**FIG. 3 Esquema de los Modelos de Pruebas Típicas**

Fuente: ASTM C39



**GECONSAC**  
LABORATORIO GEOTECNICO  
ING. JORGE L. GUERRA  
JEFE LABORATORIO, LA LIBERTAD - TRUJILLO

**OBSERVACIONES:**

- Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la perforación de agujeros.
- Prohíbese la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GECONSAC.

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06 - Trujillo  
 Movistar: 946180383 - RPC: 993756435 RPC: 993756247  
 geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
 logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

INFORME	Código	GC20-LEM T1
	Versión	00
	Fecha	01-10-20
	Página	1 de 3

---

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO RECICLADO Y COMERCIAL SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM<sup>2</sup>, TRUJILLO 2020\*

**SOLICITANTE:** Reynal Benites Abel Jhonatan / Rafael Saavedra Brayan Aldair      **REGISTRO N°:** GC20-LE

**CÓDIGO DE PROYECTO:**      **REALIZADO POR:** III

**UBICACIÓN DE PROYECTO:** TRUJILLO- LA LIBERTAD      **REVISADO POR:** III

**FECHA DE EMISIÓN:** 14/11/2020      **FECHA DE ENSAYO:** 14/11

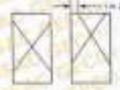
**Tipo de muestra:** CONCRETO CON FIBRA COMERCIAL 1%

**Presentación:** Espacimenes cilíndricos 6" x 12"

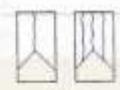
**F'c de diseño:** TURNO      Día

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-20**

Mol	Estructura o Identificación	Fecha Variado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Diámetro (mm)	Carga Máxima (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	Res. Obr. (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Dis. (kg/cm <sup>2</sup> )	(% Obten)
19	1.0% de Fibra de Acero F.C.1%	12/10/20	19/10/20	07	15.00	30146	176.72	170.59	210	81
20		12/10/20	19/10/20	07	15.00	29834	176.72	168.83	210	80
21		12/10/20	19/10/20	07	15.00	30109	176.72	170.38	210	81
22		12/10/20	26/10/20	14	15.00	40964	176.72	231.92	210	110
23		12/10/20	26/10/20	14	15.00	41459	176.72	234.61	210	112
24		12/10/20	26/10/20	14	15.00	41337	176.72	233.92	210	111
25		12/10/20	09/11/20	28	15.00	47064	176.72	266.33	210	127
26		12/10/20	09/11/20	28	15.00	46979	176.72	265.85	210	127
27		12/10/20	09/11/20	28	15.00	46476	176.72	263.00	210	125



**Tipo 1**  
Ensayo de compresión



**Tipo 2**  
Ensayo de tracción



**Tipo 3**  
Ensayo de flexión

**VALORES IDEALES**

EDAD (Días)	RESISTENCIA (%)	
	Mínimo	Máximo
07	50	85
14	70	85
21	80	95
28	100	115



**Tipo 4:** Prueba de tracción  
**Tipo 5:** Prueba de flexión  
**Tipo 6:** Prueba de tracción

**Fig. 2 Esquema de los Métodos de Prueba Tipos**  
Fuente: ASTM C39

**OBSERVACIONES:**

- Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- Las muestras cumplen con la relación altura y diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo



**GECONSAC**  
LABORATORIO GEOTECNICO  
AGUA - CONCRETO - PAVIMENTOS

**Ing. Jorge L. Saavedra**  
JEFE LABORATORIO

Urb. Villa de Contadores Mza. N° - Lote 06 - Trujillo  
 Movistar: 948180393 - RPC: 993756435 - RPC: 993756247  
 geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
 logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

INFORME	Código	GC20-LEM T1
	Versión	00
	Fecha	01-10-20
	Página	1 de 4

---

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO RECICLADO Y COMERCIAL SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM<sup>2</sup>, TRUJILLO 2020”

**SOLICITANTE** : Reynal Benites Abel Jhonatan / Rafael Saavedra Brayan Aldair      **REGISTRO N°** : GC20-LE

**CÓDIGO DE PROYECTO** :      **REALIZADO POR** : ILL

**UBICACIÓN DE PROYECTO** : TRUJILLO- LA LIBERTAD      **REVISADO POR** : ILL

**FECHA DE EMISIÓN** : 14/11/2020      **FECHA DE ENSAYO** : 04/11

**Tipo de muestra** : CONCRETO CON FIBRA RECICLADO 2.5%

**Presentación** : Especímenes cilíndricos 6” x 12”

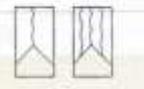
**Fc de diseño** :      **TURNO** : Dña

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-20**

Md	Fibración o Identificación	Fecha Vacado	Fecha Entero	Ebal (días)	Diam (cm)	Carga Max(kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	Res Obs (kg/cm <sup>2</sup> )	Res Des (kg/cm <sup>2</sup> )	(%) Obten
28	2.5% de Fibra de Acero F.R.2.5%	13/10/20	20/10/20	07	15.00	80712	176.72	173.79	210	83
29		13/10/20	20/10/20	07	15.00	32411	176.72	183.41	210	87
30		13/10/20	20/10/20	07	15.00	31407	176.72	177.73	210	85
31		13/10/20	27/10/20	14	15.00	33801	176.72	191.27	210	91
32		13/10/20	27/10/20	14	15.00	32974	176.72	186.59	210	89
33		13/10/20	27/10/20	14	15.00	32374	176.72	183.20	210	87
34		13/10/20	10/11/20	28	15.00	42475	176.72	240.36	210	114
35		13/10/20	10/11/20	28	15.00	41904	176.72	237.13	210	113
36		13/10/20	10/11/20	28	15.00	42161	176.72	238.58	210	114



**Tipo 1**  
Construcción con las juntas en ambos extremos, fuera y hacia de los cabezales de unos de 1 in (25 mm)



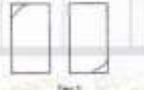
**Tipo 2**  
Construcción con un extremo, fuera y hacia de los cabezales, como se muestra en el dibujo



**Tipo 3**  
Construcción con un extremo, fuera y hacia de los cabezales, como se muestra en el dibujo



**Tipo 4**  
Forma especial de Tipo 1, fuera de los extremos, guías de alineación con un espacio igual de largo de 1 in (25 mm)



**Tipo 5**  
Forma de Tipo 1, fuera de los extremos, guías de alineación con un espacio igual de largo de 1 in (25 mm)



**Tipo 6**  
Forma de Tipo 1, fuera de los extremos, guías de alineación con un espacio igual de largo de 1 in (25 mm)

**VALORES IDEALES**

EDAD (días)	RESISTENCIA (%)	
	Mínimo	Máximo
07	50	60
14	70	85
21	80	95
28	100	115

**FIG. 1 Esquema de los Muestras de Probetas Tipo**

Fuente: ASTM C39

**OBSERVACIONES:**

- Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la conexión de estuerzo



**GECONSAC**  
LABORATORIO GEOTECNICO

**JEFE LABORATORIO, ESTADISTICO**

**Ing. Jorge L. Quiroz**

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06 - Trujillo  
 Movistar: 948180393 - RPC: 993756436 - RPC: 993756247  
 geconsac\_laboratorio@hotmail.com  
 logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

METODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON

INFORME	Código	OC20-LEM 11
	Versión	00
	Fecha	01-10-20
	Página	1 de 1

---

**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO RECICLADO Y COMERCIAL SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM<sup>2</sup>, TRUJILLO 2020\*

**SOLICITANTE** : Reynal Benites Abel Jhonatan / Rafael Saavedra Brayan Aldair      REGISTRO N° : 9020-LE

**CÓDIGO DE PROYECTO** :      REALIZADO POR : A.C

**UBICACIÓN DE PROYECTO** : TRUJILLO- LA LIBERTAD      REVISADO POR : A.C

**FECHA DE EMISIÓN** : 14/11/2020      FECHA DE ENSAYO : 14/11

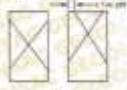
**Tipo de muestra** : CONCRETO CON FIBRA COMERCIAL 2.5%

**Presentación** : Especímenes cilíndricos 6" x 12"

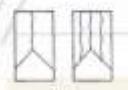
**Fo de diseño** :      TURNO : Día

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-20**

Moi	Identificación o Identific	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga Máx(kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	Res. Cbk (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Dk (kg/cm <sup>2</sup> )	(% Obten.
37	2.5% de Fibra de Acero F.C. 2.5%	14/10/20	21/10/20	07	15.00	27983	176.72	158.95	210	75
38		14/10/20	21/10/20	07	15.00	26984	176.72	152.70	210	73
39		14/10/20	21/10/20	07	15.00	28434	176.72	160.90	210	77
40		14/10/20	28/10/20	14	15.00	35996	176.72	203.70	210	97
41		14/10/20	28/10/20	14	15.00	36017	176.72	203.81	210	97
42		14/10/20	28/10/20	14	15.00	35897	176.72	203.13	210	97
43		14/10/20	11/11/20	28	15.00	45180	176.72	255.67	210	122
44		14/10/20	11/11/20	28	15.00	44971	176.72	254.48	210	121
45		14/10/20	11/11/20	28	15.00	44789	176.72	253.45	210	121



**Tipo 1**  
Concreto con fibras de acero distribuidas en todas direcciones.



**Tipo 2**  
Concreto con fibras de acero distribuidas en todas direcciones, con un eje de fibras.



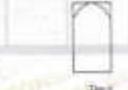
**Tipo 3**  
Concreto con fibras de acero distribuidas en todas direcciones, con un eje de fibras.



**Tipo 4**  
Fibras de acero distribuidas en todas direcciones, con un eje de fibras.



**Tipo 5**  
Fibras de acero distribuidas en todas direcciones, con un eje de fibras.



**Tipo 6**  
Fibras de acero distribuidas en todas direcciones, con un eje de fibras.

FIG. 1 Esquema de los Métodos de Pruebas Tipos

Fuente: ASTM C39

EDAD (días)	RESISTENCIA (%)	
	Mínimo	Máximo
07	70	85
14	70	85
21	80	95
28	100	115



**GECONSAC**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

Ing. Jhonatan Benites Aldair  
JEFE LABORATORIO, L. TUBOS HORMIGON

**OBSERVACIONES:**

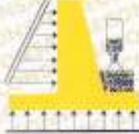
- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzos

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06 - Trujillo

Movistar: 948180393 - RPC: 993756435 RPC: 993756247

geconsac\_laboratorio@hotmail.com

logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

INFORME	Código	GC20-LEM T1
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRÓBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	08
	Fecha	01-10-20
	Página	1 de 4

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO RECICLADO Y COMERCIAL SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM<sup>2</sup>, TRUJILLO 2020"

**SOLICITANTE:** Reynal Benites Abel Jhonatan / Rafael Saavedra Brayan Aldair      REGISTRO N°: 802018

**CÓDIGO DE PROYECTO:**      REALIZADO POR: AL

**UBICACIÓN DE PROYECTO:** TRUJILLO- LA LIBERTAD      REVISADO POR: BE

**FECHA DE EMISIÓN:** 14/11/2020      FECHA DE ENSAYO: 14/11

**Tipo de muestra:** CONCRETO CON FIBRA RECICLADO 4%

**Presentación:** Especímenes cilíndricos 8" x 12"

**F'c de diseño:**      TURNO: Día

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-20

Mza	Estructura o Identificación	Fecha Vacación	Fecha Ensayo	Edad (días)	Diám (mm)	Carga (Mxkg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	Res. Obs. (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. Dxs. (kg/cm <sup>2</sup> )	(%) Obxas
46	4.0% de Fibra de Acero F.R.4%	15/10/20	22/10/20	07	15.00	28967	176.72	163.92	210	78
47		15/10/20	22/10/20	07	15.00	29964	176.72	169.56	210	81
48		15/10/20	22/10/20	07	15.00	31878	176.72	180.39	210	86
49		15/10/20	29/10/20	14	15.00	32175	176.72	182.07	210	87
50		15/10/20	29/10/20	14	15.00	31989	176.72	181.02	210	86
51		15/10/20	29/10/20	14	15.00	31775	176.72	179.81	210	86
52		15/10/20	12/11/20	28	15.00	36107	176.72	204.32	210	97
53		15/10/20	12/11/20	28	15.00	35971	176.72	203.55	210	97
54		15/10/20	12/11/20	28	15.00	36013	176.72	203.79	210	97

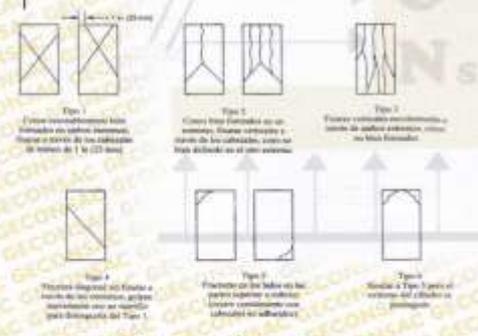


FIG. 1 Esquema de las Probetas de Pruebas Tipos

Fuente: ASTM C39

VALORES REALES		
EDAD (días)	Número	RESISTENCIA (%)
07	50	86
14	70	85
21	80	85
28	100	115



GECONSAC

Geotecnia y Estudios Geotécnicos S.R.L.  
CALLE 1841  
JEFTE LABORATORIO, ESTUDIOS Y SERVICIOS

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzos

Ing. Jorge I. Saavedra Brayan Aldair  
JEFE LABORATORIO, ESTUDIOS Y SERVICIOS

📍 Urb. Villa de Contadores Mza. N° - Lote 08 - Trujillo

📞 Movistar: 948190393 - RPC: 993756435 RPC: 993756247

✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com

📧 logistica.geconsac@gmail.com



# GECONSAC

INFORME	Código	GC25-LEM YC001
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	00
	Fecha	01-10-2020
	Página	1 de 7

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO RECICLADO Y COMERCIAL SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM<sup>2</sup>, TRUJILLO 2020\*

**SOLICITANTE:** Reynal Benites Abel Jhonatan / Rafael Saavedra Brayan Aldair REGISTRO N°: GC25-LEM-000

**CÓDIGO DE PROYECTO:** REALIZADO POR: ILQU

**UBICACIÓN DE PROYECTO:** TRUJILLO- LA LIBERTAD REVISADO POR: ILQU

**FECHA DE EMISIÓN:** 14/11/2020 FECHA DE ENSAYO: 04/11/2020

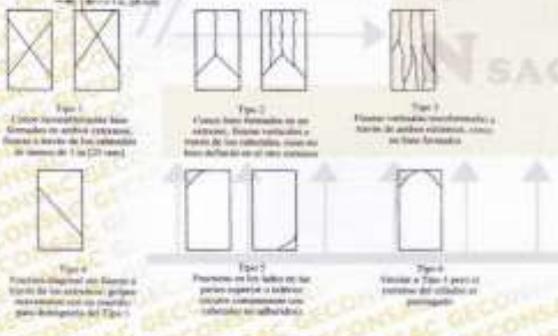
**Tipo de muestra:** CONCRETO CON FIBRA COMERCIAL 4%

**Presentación:** Especímenes cilíndricos 6" x 12"

**F’c de diseño:** TURNO: Diurno

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens  
ASTM C39/C39M-20

MM	Especímenes o Muestra	Fecha Vacado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	Diám. (cm)	Carga Máx (kg)	Sección (cm <sup>2</sup> )	Res (Kg) (kg/cm <sup>2</sup> )	Res (Mpa) (kg/cm <sup>2</sup> )	(%) (Fibras)
55	4.0% de Fibra de Acero F.C.4%	16/10/20	23/10/20	07	15.00	27541	176.72	155.85	210	74
56		16/10/20	23/10/20	07	15.00	27024	176.72	152.92	210	73
57		16/10/20	23/10/20	07	15.00	26974	176.72	152.64	210	73
58		16/10/20	30/10/20	14	15.00	32774	176.72	185.46	210	88
59		16/10/20	30/10/20	14	15.00	32078	176.72	181.52	210	86
60		16/10/20	30/10/20	14	15.00	31388	176.72	177.62	210	85
61		16/10/20	13/11/20	28	15.00	37989	176.72	214.97	210	102
62		16/10/20	13/11/20	28	15.00	36985	176.72	209.29	210	100
63		16/10/20	13/11/20	28	15.00	35997	176.72	203.70	210	97



EDAD (Días)	RESISTENCIA (%)	
	Mínimo	Máximo
07	50	60
14	70	80
21	80	95
28	100	115

**OBSERVACIONES:**

- Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- Las muestras cumplen con la relación agua y diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de ensayo
- Prohíbese la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GECONSAC



**GECONSAC**  
LABORATORIO GEOTÉCNICO

Ing. Jorge L. Quiroz C. O. Januvia  
JEFE LABORATORIO, SATULIBUS DE INGENIERIA

📍 Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 08 - Trujillo

📞 Movistar: 948180393 - RPC: 993756435 - RPC: 993756247

✉ geconsac\_laboratorio@hotmail.com

✉ logistica.geconsac@gmail.com