

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO RECICLADA DE UN SACO DE ARROZ PARA INCREMENTAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EVALUADO EN PRIMAS DE CONCRETO DE 210 KG/CM<sup>2</sup> SEGÚN LA NTP 339.078, LIMA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

Autora:

Gloria Estefany Durand Matta

Asesor:

Mg. Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Lima - Perú

2021

## DEDICATORIA

En primer lugar a mi amado Dios, por ser mi fuerza en la lucha emocional, por darme la oportunidad de disfrutar cada momento, en permitirme seguir en el camino e iluminarme en cada paso, por fortalecer mi corazón y por haber puesto personas de soporte y compañía el periodo de investigación.

A mi madre, mi fiel compañera, mi modelo a seguir, mi modelo de lucha y perseverancia, porque ella ha sido mi impulso en todo momento.

Y a todas aquellas personas especiales que he conocido en todo este periodo, que me han impulsado a ser mejor cada día

## AGRADECIMIENTO

A mi Dios por enseñarme a ser fuerte y valiente en cada momento de este periodo, por permitir no flaquear y perseverar como el águila y alcanzar el objetivo.

A mi amada Madre, que con su amor y sacrificio, me han hecho la mujer que soy, por motivarme a ser mejor persona e inculcarme buenos valores y no rendirme.

A mi tutor Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, por guiarme en el desarrollo de la Tesis por compartirme sus conocimientos, y por enseñarme que siempre se debe mejorar y además se debe seguir investigando.

A las personas que han llegado a mi vida, que de alguna manera u otra manera estuvieron pendientes de mí y me regalaron muchas experiencias y alegrías inolvidables.

## Índice

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE GRAFICOS.....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01.</b> Variables de la investigación.....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Tabla 02.</b> Variable independiente: adición de fibra de polipropileno de un saco de arroz Reciclado y dependiente: resistencia a flexión en primas concreto.....	<b>20</b>
<b>Tabla 03.</b> Cantidad de primas cuadráticas.....	<b>22</b>
<b>Tabla 04.</b> Materiales de dosificación.....	<b>25</b>
<b>Tabla 05.</b> Resumen de propiedades físicas del concreto convencional. ....	<b>35</b>
<b>Tabla 06.</b> Resumen de diseño de mezcla para un concreto patrón y las variaciones de las fibras de polipropileno a 0.1% y 02% con respecto al volumen en probetas y prismas. ....	<b>36</b>
<b>Tabla 07.</b> Dimensiones de probetas para un concreto convencional a 3 días de curado .....	<b>87</b>
<b>Tabla 08.</b> Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 3 días de curado. ....	<b>87</b>
<b>Tabla 09.</b> Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 3 días de curado. ....	<b>87</b>
<b>Tabla 10.</b> Dimensiones de probetas para un concreto convencional a 7 días de curado .....	<b>88</b>
<b>Tabla 11.</b> Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 7 días de curado. ....	<b>88</b>
<b>Tabla 12.</b> Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 7 días de curado. ....	<b>88</b>
<b>Tabla 13.</b> Dimensiones de probetas para un concreto convencional a 14 días de curado .....	<b>89</b>
<b>Tabla 14.</b> Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 14 días de curado. ....	<b>89</b>
<b>Tabla 15.</b> Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 14 días de curado. ....	<b>89</b>
<b>Tabla 16.</b> Dimensiones de probetas para un concreto convencional a 28 días de curado .....	<b>90</b>
<b>Tabla 17.</b> Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 28 días de curado. ....	<b>90</b>
<b>Tabla 18.</b> Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 28 días de curado. ....	<b>90</b>

<b>Tabla 19.</b> Resumen de carga máxima y resistencia alcanzada para un concreto convencional a 3, 7, 14 y 28 días de curado. ....	<b>39</b>
<b>Tabla 20.</b> Resumen de carga máxima y resistencia alcanzada con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 3, 7, 14 y 28 días de curado.. ....	<b>40</b>
<b>Tabla 21.</b> Resumen de carga máxima y resistencia alcanzada con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 3, 7, 14 y 28 días de curado.. ....	<b>42</b>
<b>Tabla 22.</b> Dimisiones de cada prismas a 3 días con concreto convencional. ....	<b>91</b>
<b>Tabla 23.</b> Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 3 días- concreto convencional. ....	<b>91</b>
<b>Tabla 24.</b> Dimisiones de cada prismas a 3 días con 0.1% de fibra de polipropileno reciclado.....	<b>91</b>
<b>Tabla 25.</b> Resumen promedio de cada prismas a ensayar a 3 días- 0.1% de fibra de polipropileno reciclado.....	<b>92</b>
<b>Tabla 26.</b> Dimisiones de cada prismas a 3 días con 0.2 % de fibras de polipropileno.....	<b>92</b>
<b>Tabla 27.</b> Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 3 días - 0.2% de fibra de polipropileno reciclado.....	<b>92</b>
<b>Tabla 28.</b> Dimisiones de cada prismas a 7 días con concreto convencional. ....	<b>93</b>
<b>Tabla 29.</b> Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 7 días- concreto convencional. ....	<b>93</b>
<b>Tabla 30.</b> Dimisiones de cada prismas a 7 días con 0.1% de fibra de polipropileno reciclado.....	<b>93</b>
<b>Tabla 31.</b> Resumen promedio de cada prismas a ensayar a 7 días con 0.1% fibras de polipropileno .....	<b>94</b>
<b>Tabla 32.</b> Dimisiones de cada prismas a 7 días con 0.2 % de fibras de polipropileno.....	<b>94</b>
<b>Tabla 33.</b> Resumen promedio de cada prismas a ensayar a 7 días con 0.2% fibras de polipropileno .....	<b>94</b>
<b>Tabla 34.</b> Dimisiones de cada prismas a 14 días con concreto convencional .....	<b>95</b>
<b>Tabla 35.</b> Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 14 días- concreto convencional .....	<b>95</b>
<b>Tabla 36.</b> Dimisiones de cada prismas a 14 días con 0.1% de fibra de polipropileno reciclado.....	<b>95</b>
<b>Tabla 37.</b> Resumen promedio de cada prismas a ensayar a 14 días con 0.1% fibras de polipropileno .....	<b>97</b>
<b>Tabla 38.</b> Dimisiones de cada prismas a 14 días con 0.2 % de fibras de polipropileno.....	<b>97</b>
<b>Tabla 39.</b> Resumen promedio de cada prismas a ensayar a 14 días con 0.2% fibras de polipropileno .....	<b>97</b>
<b>Tabla 40.</b> Dimisiones de cada prismas a 28 días con concreto convencional .....	<b>98</b>

<b>Tabla 41.</b> Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 28 días- concreto convencional .....	<b>98</b>
<b>Tabla 42.</b> Dimisiones de cada prismas a 28 días con 0.1% de fibra de polipropileno reciclado.....	<b>98</b>
<b>Tabla 43.</b> Resumen promedio de cada prismas a ensayar a 28 días con 0.1% fibras de polipropileno .....	<b>99</b>
<b>Tabla 44.</b> Dimisiones de cada prismas a 28 días con 0.2 % de fibras de polipropileno. ....	<b>99</b>
<b>Tabla 45.</b> Resumen promedio de cada prismas a ensayar a 28 días con 0.2% fibras de polipropileno .....	<b>99</b>
<b>Tabla 46.</b> Resumen de carga máxima Alcanzada y resistencia a flexión para un concreto convencional a 3, 7, 14, 28 días de curado. ....	<b>45</b>
<b>Tabla 47.</b> Resumen de carga máxima Alcanzada y resistencia a flexión para un concreto con adición de 0.1% de fibra de polipropileno reciclada a 3, 7, 14, 28 días de curado.....	<b>47</b>
<b>Tabla 48.</b> Resumen de carga máxima Alcanzada y resistencia a flexión para un concreto con adición de 0.2% de fibra de polipropileno reciclada a 3, 7, 14, 28 días de curado.....	<b>49</b>
<b>Tabla 49.</b> Resumen de los datos exportados del EXCEL- del módulo de rotura alcanzados a 28días de curado.....	<b>100</b>
<b>Tabla 50.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas.....	<b>52</b>
<b>Tabla 51.</b> Tabla de ANOVA.....	<b>52</b>
<b>Tabla 52.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas.....	<b>53</b>
<b>Tabla 53.</b> Datos Subconjuntos homogéneos.....	<b>54</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama de circuito experimental para la elaboración de los especímenes..	<b>29</b>
<b>Figura 2:</b> Diagrama de circuito de desarrollo de diseño de mezcla de concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> con la adición de fibra de polipropileno reciclado..	<b>30</b>
<b>Figura 3 :</b> Análisis granulométrico de agregado fino.....	<b>64</b>
<b>Figura 4 :</b> Análisis granulométrico de agregado grueso. ....	<b>65</b>
<b>Figura 5 :</b> Peso Unitario Compactado de agregados finos. ....	<b>66</b>
<b>Figura 6 :</b> Peso Unitario Compactado de agregados gruesos. ....	<b>66</b>
<b>Figura 7:</b> Peso Unitario suelto de agregados fino .....	<b>67</b>
<b>Figura 8:</b> Peso Unitario suelto de agregados grueso .....	<b>67</b>
<b>Figura 9:</b> Contenido de humedad para agregado grueso y fino. ....	<b>68</b>
<b>Figura 10:</b> Peso específico y absorción para agregado grueso y fino .....	<b>68</b>
<b>Figura 11:</b> Longitud de fibra.....	<b>69</b>
<b>Figura 12:</b> Propiedades de tipo de fibra sintética.....	<b>69</b>
<b>Figura 13:</b> Propiedades de fibra sintética.....	<b>69</b>
<b>Figura 14:</b> Agregados mostrados después de salir del horno, muestra seca. ....	<b>70</b>
<b>Figura 15:</b> Agregados fino con el picnómetro. ....	<b>70</b>
<b>Figura 16:</b> Agregados fino en caída libre, PUS. ....	<b>71</b>
<b>Figura 17:</b> El saco de fibra de polipropileno reciclado y deshilachado. ....	<b>71</b>
<b>Figura 18:</b> El saco de fibra de polipropileno reciclado y deshilachado. ....	<b>71</b>
<b>Figura 19:</b> Resistencia requerida.....	<b>72</b>
<b>Figura 20:</b> El requerimiento de agua de mezclado en función del TMN.....	<b>72</b>
<b>Figura 21:</b> El porcentaje de aire atrapado.....	<b>72</b>
<b>Figura 22:</b> El porcentaje de aire atrapado .....	<b>73</b>
<b>Figura 23:</b> Datos resumen para el diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm <sup>2</sup> .....	<b>73</b>
<b>Figura 24:</b> Materiales resumen para el diseño de mezcla. ....	<b>74</b>
<b>Figura 25:</b> Desarrollo 01 del diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm <sup>2</sup> . ....	<b>75</b>

<b>Figura 26:</b> Desarrollo 02 del diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm <sup>2</sup> . .....	<b>76</b>
<b>Figura 27:</b> Desarrollo 03 del diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm <sup>2</sup> .....	<b>77</b>
<b>Figura 28:</b> Desarrollo 04 del diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm <sup>2</sup> . Obteniendo las tandas. .....	<b>78</b>
<b>Figura 29:</b> Adición de las fibras en el mezclado de concreto. ....	<b>79</b>
<b>Figura 30:</b> Los materiales antes de mezclarlo.....	<b>79</b>
<b>Figura 31:</b> Humedecimientos de los equipos.....	<b>80</b>
<b>Figura 32:</b> La mezcla de los agregados con fibra de polipropileno reciclada- deshilachada. ....	<b>80</b>
<b>Figura 33:</b> Calculo del SLUMP .....	<b>80</b>
<b>Figura 34–</b> Muestras después del ensayo de resistencia a compresión .....	<b>81</b>
<b>Figura 35–</b> Ensayo de resistencia a compresión .....	<b>81</b>
<b>Figura 36:</b> Muestras totales con 0%, 0.1% y 0.2% de fibras de polipropileno después del ensayo de resistencia a compresión a 7 días. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 37:</b> Adicionando el concreto al molde de primas cuadrículares;¡Error! Marcador no definido.	
<b>Figura 38:</b> Los primas cuadrículares de concreto sumergido al agua, procesando el curado a 3 días. .....	<b>84</b>
<b>Figura 39:</b> Medición de las dimensiones de los primas cuadráticos después del curado.....	<b>84</b>
<b>Figura 40:</b> Dimensiones para el requerimiento de resistencia a flexión .....	<b>85</b>
<b>Figura 41:</b> Los primas cuadrículares de concreto procesados a ensayo de resistencia a flexión. ....	<b>85</b>
<b>Figura 42:</b> La falla está dentro del tercio de la luz.....	<b>86</b>
<b>Figura 43:</b> Contraste de Media.....	<b>86</b>

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Grafica 01:</b> Promedio de resultados de resistencia a compresión vs días de curado para un concreto convencional .....	<b>37</b>
<b>Grafica 02:</b> Promedio de resultados de resistencia a compresión vs días de curado con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno (FPR) .....	<b>39</b>
<b>Grafica 03:</b> Promedio de resultados de resistencia a compresión vs días de curado con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno (FPR) .....	<b>41</b>
<b>Grafica 04:</b> Resumen de resistencia a compresión vs días de curado.....	<b>42</b>
<b>Grafica 05:</b> Promedio de resultados de resistencia a flexión vs días de curado para un concreto convencional .....	<b>44</b>
<b>Grafica 06:</b> Promedio de resultados de resistencia a flexión vs días de curado con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno (FPR) .....	<b>46</b>
<b>Grafica 07:</b> Promedio de resultados de resistencia a flexión vs días de curado con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno (FPR) .....	<b>48</b>
<b>Grafica 08:</b> Resumen de resistencia a flexión vs días de curado .....	<b>49</b>

## RESUMEN

En la presente investigación se determinó la influencia de la adición de 0.1% y 0.2% de fibra de polipropileno, respecto al volumen de concreto en el ensayo de resistencia a flexión según NTP 339.078.

En la investigación se obtuvo la fibra de polipropileno reciclada de un saco de arroz, se trabajó con concreto convencional y/o patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, y se realizó la caracterización de los materiales para cumplir con los requerimientos de la norma NTP 400.037, datos que fueron utilizados para el diseño de mezcla por el método de ACI 211.

Se realizó el ensayo a resistencia a flexión con 3 prismas por cada día de curado (3, 7, 8, 14 y 28 días de curado), lo cual, de los resultados se pudo observar un incremento de resistencia a la flexión de 7.25% con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno reciclada a la edad de 28 días, que fue validado con el método del ANOVA, siendo el porcentaje de 0.1% de fibra de polipropileno, óptimo con respecto al concreto convencional. Finalmente se recomienda realizar mayores investigaciones acerca de la fibra de polipropileno y sus aplicaciones en diversas ramas de la tecnología de concreto.

**Palabras clave:** Fibra de polipropileno, Resistencia a flexión, diseño de mezcla.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la industria de la construcción, uno de los materiales más utilizados es el concreto (Barcelo, et all., 2013).

Es por ello que, al finalizar la segunda guerra mundial, para economizar costos se fabricaban concretos con agregados reciclados, por lo cual, el uso materiales no convencionales en la construcción dio cabida a la posibilidad de poder fabricar concretos con materiales no convencionales y teniendo resultados positivos (Moro, 2014).

La fibra de polipropileno es el polímero que tiene como composición monofilamentos de copolímero virgen (Aire, Dávila, y Mendoza; 2011).

En Brasil, se evaluó que las fibras de polipropileno presentan bajas temperaturas de procesamiento, punto de fusión relativamente alta, fase cristalina que mantiene su resistencia mecánica a altas temperaturas, baja densidad, alta rigidez, es de bajo costo porque es reciclable de los sacos de arroz o de agregados y es de inmediata disponibilidad. Las propiedades mecánicas para su uso son diversa, incluso para la construcción civil, mobiliaria y doméstica, contribuye en hacer el reciclaje, es decir, reduce la contaminación del medio ambiente (Spadetti, Alves da Silva, Lopes de Sena, vital; 2017).

Las fibras como: "Filamentos finos y elongados en forma de haz, malla o trenza, de algún material natural o manufacturado que pueda ser distribuido a través de una mezcla de hormigón fresco. La fibra de polipropileno pertenece al grupo de las poliolefinas, se obtiene mediante la polimerización de hidrocarburos insaturados como el propileno o propeno. La fibra de polipropileno para refuerzo en el hormigón

se debe basar en el tamaño nominal máximo del agregado grueso de tal manera que la longitud de la fibra pueda envolver a los agregados permitiendo coser la matriz del hormigón como se muestra en Anexos 05 (ASTM C 1116; 2003).

Según Aldana, Cañón; en 2016, nos menciona que el uso de las fibras naturales como relleno no es algo nuevo en el concreto y hay evidencias que ha sido útil en épocas antiguas como en 1910. Dentro de los aspectos analizados, las fibras de polipropileno es utilizada hasta el día de hoy, en diversas funciones y en cada función demuestra su resistencia.

En España, se identificó el efecto de la adición del producto sintético centrándose en analizar el efecto que tiene las fibras de polipropilenos, su comportamiento y los aspectos que los ensayos a compresión y a flexión con la adición de la fibra de polipropileno, al añadir fibras a la mezcla incrementa la tenacidad del hormigón, tanto a flexión como a compresión, como queda reflejado en los índices de tenacidad mencionados por la normativa ASTM. Este incremento de tenacidad del material, se transforma en un incremento de ductilidad en el comportamiento a cortante, llegando en las vigas con refuerzo de fibras a incrementos muy significativos de deformabilidad y los métodos de cálculo aplicados resultan adecuados para predecir la resistencia última a cortante de vigas de sección rectangular, apareciendo como suficientemente precisos al permitir la utilización de parámetros extrapolados en sus fórmulas (Turmo Coderque, J., Banthia, N., Gettu, R., & Barragán, B. E.; 2008).

En Ecuador, la investigación realizada por los estudios profundos (físicas y químicas) de la fibra de polipropileno mediante las pruebas de ensayos a tracción como material de refuerzo. Dentro de los aspectos se analizó que en los ensayos que

se realizó, se tuvo el mismo comportamiento mecánico, químico y físico adicionado como refuerzo en el concreto, además complementa los criterios que se necesita para interpretar los resultados obtenidos en los ensayos a resistencia a flexión- tracción en las diferentes edades de curado, consideradas en un concreto endurecido y fresco, ya que la fibra es muy resistente en un ensayo a tracción- flexión (Guzmán, S. R.; 2014).

En Ecuador, menciona que en el Reporte en Hormigón Reforzado por Fibras, recomiendan una adición mínima de 0,1% del volumen de hormigón. Se partió estos valores para encontrar una dosificación óptima que aporte mayor resistencia y a la vez una buena trabajabilidad al concreto (Mestanza, 2016).

Según Millán , en 2013, menciona que la fibras de polipropileno fibriladas son el producto de un proceso de extrusión en el que la matriz es rectangular, dando como resultado fibras en forma cintas de diámetro uniforme de 0.2 a 0.3mm, las que posteriormente son cortadas según la longitud requerida.

En los últimos años se realizó diversos estudios que evalúa las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno, el porcentaje varía de 0.1 y 10% de volumen, algunos resultados varían por el comportamiento a las resistencias a compresión y flexión del concreto. Los estudios indican que el incremento de fibras tiene efectos negativos en la resistencia a compresión, aunque se alcanza diversos incrementos en la resistencia a flexión, cuando el contenido de fibra es relativamente alto. Otros estudios presentan efectos favorables de la adición de fibra sobre la tenacidad. Dentro de los aspectos analizados, la fibra de polipropileno se comporta de manera óptima en el ensayo a flexión con un porcentaje de variación, eso no da seguridad y con un análisis adecuado, el incremento de

resistencia es muy eficiente en una viga de concreto, en la línea estructural (Mendoza, C. J., Aire, C., & Dávila, P.; 2011).

La fibra de polipropileno reciclada tendrá porcentajes de 0.1% a 0.3%, lo cual hace mención que a partir de 0.3% comienza a debilitar su resistencia, por tal razón se consideró 0%, 0.1% y 0.2% para buscar en esos porcentajes cual es el más óptimo y mejora el comportamiento del concreto. La longitud a emplear es del rango de 19mm a 40mm lo cual se consideró el de 30 mm (Mestanza, 2016).

Según la NTP 339.059 Y NTP 339.034, las dimensiones de los prismas cuadráticos son de 6 pulg x 6pulg x 22pulg y de las probetas son 4pulg de diámetro y 8 pulg de altura.

Según la NTP 339.078, En la resistencia a flexión se colocan los bloques a los cuales se aplicará la carga en contacto con la superficie de la muestra en los tercios de la luz de la viga que es 15.96cm y aplicar una carga entre 3 % y 6% de la carga de rotura estimada. Usando medidores de espesores tipo láminas de 0,10mm y 0,40 mm, determinar si algún espacio existente entre la muestra y el bloque de carga o los de soporte, es mayor o menor que cada uno de los medidores de espesor en una longitud de 25 mm o más, lo cual se consideró 3 cm.

Según la NTP 339.034, En la resistencia a compresión se tiene que tener en cuenta que el resultado no debe ser menor de la resistencia específica  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, se analizó en 7, 14 y 28 días con 3 probetas de 0%, 3 probetas de 0.1% y 3 probetas de 0.2%, para descartar su resistencia, si es favorable o no, se diseñó con el método del ACI 211, 2017.

Según la NTP 339.078, 2012, se dividió los especímenes de carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm<sup>2</sup>.

En España, se analizó que la principal ventaja de las fibras es minimizar procesos de expansión de fisuras en este tipo de sistemas de baja deformabilidad, cuyas fibras adicionan una gran tenacidad, lo cual proporciona la ductilidad y reducción de la fragilidad necesaria para evitar el desprendimiento explosivo (también llamado spalling), mayor resistencia a la abrasión, impacto y fatiga; y otros beneficios en resistencia residual, principalmente bajo tensiones de tracción (Molinos, Baños; 2012).

La ingeniería civil tiene presente que la fisuración en el concreto es algo normal, por lo cual el fenómeno de la fisuración tiene efectos de variación en la composición del material que perjudica la resistencia en el concreto, hasta efectos de cambios térmicos lo cual muestra la disminución de competencias entre la capacidad del material de resistencia de esfuerzo versus efectos de una fuerza actuante, para trabajar en una viga a flexión desde su inicio el concreto de recubrimiento en la parte inferior se fisura y no tendrá en cuenta la resistencia a tensión del material. La fisuración tiene un ancho como máximo permitido por la consideración de estética como durabilidad lo cual depende del medio ambiente y durabilidad calculada para la estructura, el ancho oscila entre 0- 0.3mm (Aldana, Cañón; 2016).

En el Perú, se sabe que la influencia del reciclaje sobre fibras de polipropileno, se encuentran principalmente conformados por restos orgánicos de cocina y de alimentos, que representan el 47.0% del total de residuos generados, seguido de los

plásticos con un 9.5% y residuos peligrosos con el 6.4% (Figura A). (SIGERSOL, 2011).

Anualmente se producen 2 800 millones de envases de plástico PET (aprox. 50 mil toneladas). Esto equivale a 1 784 753 barriles de petróleo, cantidad que puede abastecer de combustible a 10 500 carros durante ese mismo año. Además, menos del 15% del total anual de PET es destinado al reciclaje, (ONG Ciudad Saludable; 2016).

La germinal industria del reciclaje del PET en el Perú, está compuesta en un 90% por recicladores informales, quienes obtienen el plástico principalmente de los botaderos, vías públicas, playas ribereñas, hogares y empresas pequeñas que generan este tipo de residuo durante su actividad. Luego, estos residuos son vendidos a pequeñas fábricas recicladoras quienes muelen el plástico para obtener el scrap o lo peletizan para obtener el pellet. Sin embargo, en el Perú aún no se ha implementado un sistema integral para el reciclaje del PET y su reutilización en fibras, esto debido a que no se cuenta con estudios técnicos que validen su utilidad a gran escala, por lo tanto, los mercados de destino son limitados. El esquema general del manejo de los envases usados de PET disponibles en el mercado con opciones de realizar programas de reciclaje en el Perú se muestra en la ANEXO 02. (Promoción de Desarrollo Sostenible- IPES, 2004).

Las aplicaciones de la fibra de polipropileno han generado buenas expectativas; debido a que la resistencia del material, muestra la disminución a la fuerza actuante, afecta los resultados de la resistencia a flexión en una viga de concreto y permite ver sus debilidades en prueba a flexión como son las fisuras, lo cual para mayor resistencia flexión se optó por el uso de la fibra de polipropileno de un saco de arroz,

que puede ser reciclada e implementarlo en el diseño de una viga de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, las fibras de polipropileno recicladas de un saco de arroz no son comercializadas y no tiene medias específicas en construcción, lo cual genera incertidumbre.

El estudio y desarrollo de nuevas tecnologías constructivas y materiales de construcción; son muy relevantes e indispensables en la actualidad, aportando nuevos procesos constructivos en la tecnología del concreto.

## **1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida la adición de la fibra de polipropileno de un saco de arroz reciclada incrementa la resistencia a la flexión evaluado en primas de concreto de 210kg/cm<sup>2</sup> según la NTP 339.078, Lima 2021?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

En la presente investigación se determina el porcentaje óptimo de la fibra de polipropileno de un saco de arroz reciclada para incrementando la resistencia a la flexión evaluado en primas de concreto de 210kg/cm<sup>2</sup> según la NTP 339.078, Lima 2021.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Evaluar la resistencia a flexión en primas del concreto de 210kg/cm<sup>2</sup> según la NTP 339.078 con la incorporación de 0.1% y 0.2% de fibra de polipropileno reciclada de un saco de arroz.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

La incorporación de fibra de polipropileno de un saco de arroz reciclada, aumentara la resistencia a flexión evaluado en primas de concreto de 210kg/cm<sup>2</sup> según la NTP 339.078, Lima 2021.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

A mayor porcentaje de fibra de polipropileno de un saco de arroz reciclado, se obtendrá mayor resistencia a flexión evaluado en primas de concreto de 210kg/cm<sup>2</sup> según la NTP 339.078, Lima 2021.

**Tabla 1**

*Variable de investigación*

VARIABLE	DESCRIPCION
Resistencia a la flexión evaluada en prismas de concreto 210kg/cm <sup>2</sup>	Dependiente
Adición de fibra polipropileno reciclada de un saco de arroz	Independiente

Fuente: Elaboración propia 2021.

Se examinó las variables independientes y dependientes con el enfoque de realizar el estudio y análisis de las hipótesis planteadas, buscando la relación entre ambas variables para seguido de ello realizar la correcta metodología basándose en procesos normalizados establecidos.

## 1.5.Operacionalización de Variables

Se consideró como variable independiente a la adición de la fibra de polipropileno reciclada de un saco de arroz; debido a la dependencia que tiene la resistencia a flexión evaluado en prismas de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> según la NTP 339.078, con respecto al % de adición de la fibra de polipropileno.

**Tabla 2**

*Variable independiente: adición de fibra de polipropileno de un saco de arroz Reciclado y dependiente: resistencia a flexión en prismas concreto.*

<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>UNIDAD DE ANALISIS</b>	<b>INSTRUMENTO USADO EN LABORATORIO</b>
La incorporación de fibra de polipropileno de un saco de arroz reciclada, aumentara la resistencia a flexión evaluado en prismas de concreto de 210kg/cm <sup>2</sup> según la NTP 339.078, Lima 2021.	<b>H1</b> A mayor porcentaje de fibra de polipropileno de un saco de arroz reciclado, se obtendrá mayor resistencia a flexión evaluado en prismas de concreto de 210kg/cm <sup>2</sup> según la NTP 339.078, Lima 2021.	Evaluar la resistencia a flexión en prismas del concreto de 210kg/cm <sup>2</sup> según la NTP 3339.078 con la incorporación de 0.1% y 0.2% de fibra de polipropileno reciclada de un saco de arroz.	<b>Resistencia Flexión</b>  <b>Fibra de polipropileno reciclada de un saco de arroz</b>	Mr  0.1% y 0.2%	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )  Peso (kg)	Prismas de concreto según NTP339.078	Máquina de ensayo de resistencia a flexión  Balanza de Laboratorio

Fuente: Elaboración propia, 2021.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Diseño de investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada porque tiene un problema fijo y está basada en resultados, dándole una solución al problema de manera práctica (C. Bernal, 2006).

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con una base en la medición numérica y el análisis estadístico (R. Sampieri, C. Collado y P. Lucio; 2007).

Debido a que se basa en investigaciones previas, se utiliza para consolidar algunos resultados y establecer con exactitud patrones de comportamiento del material estudiado y porque usa la recolección de datos para dar una aceptación a las hipótesis proyectadas con un análisis estadístico para dar aceptación a las teorías y patrones planteadas. Es un diseño Cuasi- experimental porque se realiza las aprobaciones de las variables a través de experimentos es decir de manera muy similar a las de más investigaciones con variables en diferentes contextos (R. Sampieri, C. Collado y P. Lucio; 2007).

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

#### **Población**

En la investigación la población son los elementos estructurales del concreto sometidas a ensayo a resistencia a flexión evaluados en prismas cuadráticos de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> (vigas) elaboradas.

Según Mendoza en 2016, la adición de las fibras de polipropileno considerando como porcentaje 0%, 0.1% y 0.2% del volumen del concreto. Además, la cantidad de fibras añadidas a una mezcla de concreto se mide como un porcentaje del volumen total del material compuesto (agregados aglomerante, finos, grueso, agua y fibras), basándose en el NBMCW «Construction Information, Polypropylene Fiber Reinforced Concrete».

Se consideraron las especificaciones técnicas de acuerdo ASTM C 1116, NTP 339078, NTP 339.034 y ASTM C78-02.

### Muestra

En la presente investigación, la muestra fue determinada de manera no probabilista, empelando el juicio de experto según la NTP 3339.078 y NTP 339.059, donde se rige que se debe realizar el ensayo, con un mínimo de 3 testigos por cada curado (3, 7, 14 y 28 días), es decir 12 muestras por 3, 7, 14 y 28 días de curado, un total de 36 primas cuadráticas para un mejor análisis con respecto a la incorporación de fibras de polipropileno.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de testigos empleadas por cada porcentaje de fibra polipropileno reciclada de un saco de arroz.

**Tabla 3**

*Cantidad de primas cuadráticas*

Edades de curado	Convencional		
	0%	0.10%	0.20%
3 días	3 prismas	3 prismas	3 prismas
7 días	3 prismas	3 prismas	3 prismas
14 días	3 prismas	3 prismas	3 prismas
28 días	3 prismas	3 prismas	3 prismas
Cantidad total	12 prismas	12 prismas	12 prismas

Fuente: elaboración propia 2021.

### **2.3. Técnicas e Instrumento y Materiales.**

#### **Métodos y Técnicas.**

En la presente investigación, se empleó la técnica de observación, lo cual se plasmaron en formatos propios de Excel y fue validado en el programa de SPSS en el método de ANOVA de los datos obtenido del laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte –Lima Centro, teniendo en cuenta las exigencias y parámetros de las normas; NTP 339.078, NTP 339.059 y NTP 339.034 en el equipo de ensayo a flexión y compresión para la elaboración de los prismas y probetas de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Pevio a la elaboración de los prismas, se debe especificar los estudios de los materiales, tales como; granulometría, peso unitario compactado y suelto, contenido de humedad, adsorción y peso específico, luego se realiza la dosificación adecuada para obtener las cantidades óptimas de los materiales.

#### ➤ **Diseño de mezcla.**

Se empleó el método de ACI 211.1 para el diseño de mezcla en estado fresco que nos ayudó a determinar las dosificaciones de cada insumo para la fabricación de las probetas y prismas de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Se empleó la norma NTP 339.033 y NTP 339.034, para determinar el cumplimiento de las especificaciones técnicas para su fácil trabajabilidad, al momento del mezclado, los materiales involucrados deberán ser mezclados hasta contar con una mezcla homogénea.

#### ➤ **Selección de la Fibra de Polipropileno.**

En la presente investigación se obtuvo los sacos de arroz reciclado en laboratorio de concreto de la UNP-LC, donde según la investigación de Mestanza Jessica y NBMCW «Construction Information, Polypropylene Fiber Reinforced Concrete» se

realiza los cortes de manera fibrilada con las medidas de 0.3 mm de longitud (rango de 19 a 40 mm).

➤ **Resistencia a la compresión.**

Se empleó el ensayo de resistencia a compresión según los parámetros de la norma NTP 339.034, el cual verifica cuantitativamente si el concreto cumple o no con las especificaciones técnicas establecida en las normas y escogida por el diseñados, en este caso es un concreto de 210kg/cm<sup>2</sup>.

**Resistencia a la flexión.**

*Primas cuadráticos*

Según NTP 339 059, menciona que las dimensiones de los prismas cuadráticos son de 6 pulg x 6 pulg x 22 pulg y de las probetas son 4pulg de diámetro y 8 pulg de altura.

Según la NTP 339 078, menciona que la resistencia a flexión se colocan los bloques a los cuales se aplicará la carga en contacto con la superficie de la muestra en los tercios de la luz de la viga que es 15.96cm y aplicar una carga entre 3 % y 6% de la carga de rotura estimada.

Según NTP 339078, se usa medidores de espesores tipo láminas de 0,10mm y 0,40 mm, determinar si algún espacio existente entre la muestra y el bloque de carga o los de soporte, es mayor o menor que cada uno de los medidores de espesor en una longitud de 25 mm o más, lo cual se consideró 3 cm.

**Materiales.**

En la presente investigación se utilizó los siguientes materiales para el diseño de mezcla y posteriormente obtener los especímenes de probetas y prismas de concreto.

**Tabla 4**

*Materiales para la dosificación.*

MATERIAL	CONCEPTO	TIPO	COMPONENTE	LUGAR DE EXTRACCION	MEDIDA
CEMENTO	Es un componente decisivo en la docilidad del material. Sus características son, según la NTP 334 001.	I	P.e: 3.15kg/cm <sup>2</sup>	SODIMAC	kg/cm <sup>2</sup>
AGREGADO	Se define como agregado al conjunto de partículas de origen natural o artificial.	FINO	Pasa por el tamiz 3/8" (9.51 mm) y es retenido en el No 200 (0.074mm), con los milites establecidos en la NTP 400.037).	La cantera de Huachipa « La empresa DMC La Cantera S.R.L ».	kg
AGREGADO	El agregado grueso proviene de la desagregación natural o artificial de la roca (Norma ASTM C 33, NTP 400.037).	GRUESO	Retenido en el tamiz normalizado No 4 (4. 75mm)	La cantera de Huachipa « La empresa DMC La Cantera S.R.L ».	kg
AGUA	Es un componente esencial en la mezcla de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.	-	Arsénico 0,01 grxLt. Mercurio 0,001 grxLt. Cianuro 0,05 grxLt. Cobre 2,0 grxLt. Zinc 3,0 grxLt. Fluoruro 0,05 grxLt.	Universidad Privada del Norte – Lima Centro El	Lt
FIBRA DE POLIPROPILENO	Pertenece al grupo de las poliolefinas, se obtiene mediante la polimerización de	FIBRILADA	Polipropileno PP sabbic 506: 98% y Masterbach blanco: 2%. Densidad 3.5 puntadas/pulg.	Reciclado en Laboratorio de concreto de UPN-LC	kg

hidrocarburos  
insaturados  
como el  
propileno o  
propeno.

Longitud de  
30mm.

---

Fuente: Elaboración propia 2021.

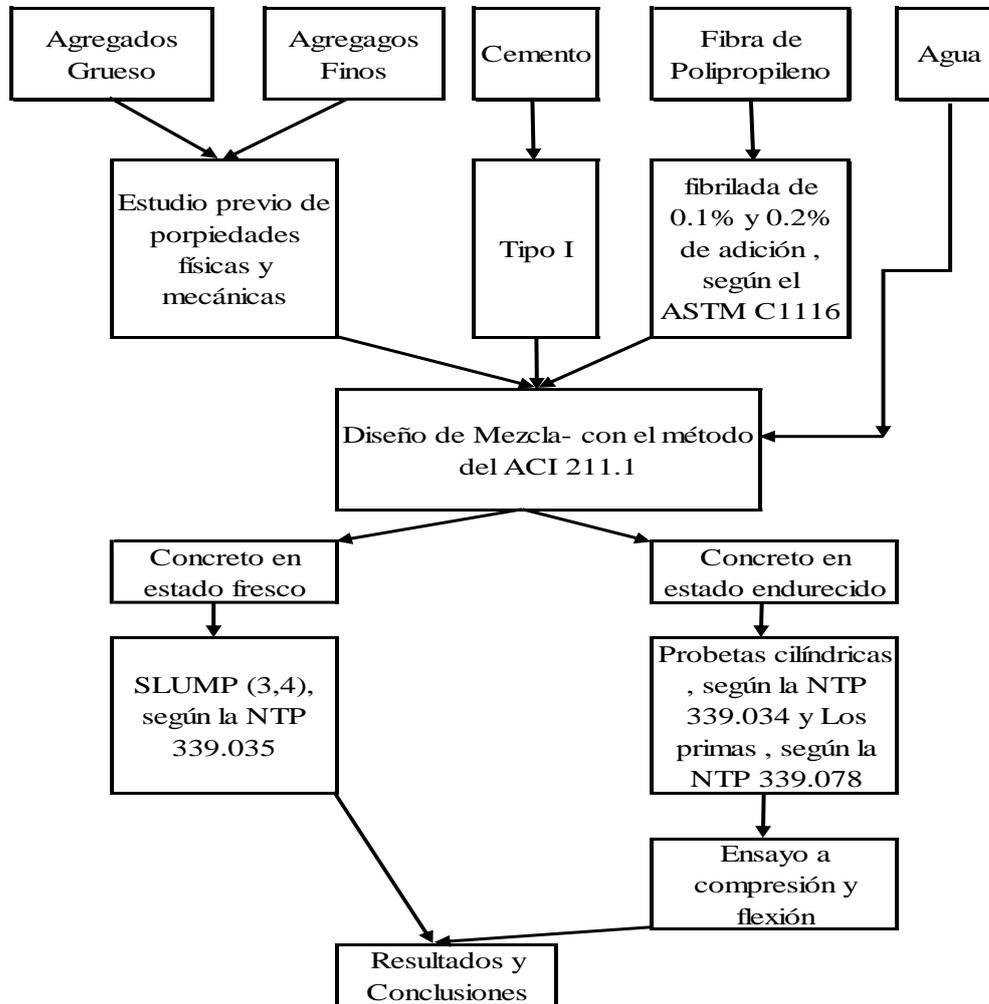
## **INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

En la presente investigación se realizó formatos en software Microsoft Excel. Para la recolección de datos obtenidas en laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte- Lima Centro para la elaboración de los prismas y probetas, con el fin de determinar las propiedades mecánicas de los tipos de agregados, los cuales no los siguientes:

- Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos -NTP 400.012 (ver anexos 1).
- Peso Unitario Compactado de agregados finos y gruesos (ver anexo 2).
- Peso Unitario Suelto de agregados finos y gruesos (ver anexo 3).
- Peso específico, absorción y contenido de humedad de los agregados finos y grueso (ver anexo 4).
- Cálculos de diseño de mezcla para concreto prismas de concreto de 210kg/cm<sup>2</sup>- método comité 211 del ACI (ver anexo 9 y 10).
- Desarrollo de cálculos de resistencia compresión y flexión, mediante la media aritmética.
- Se validó los resultados por el software SPSS.

## 2.4. Procedimiento tratamiento y recolección de datos

Figura 01. Diagrama de circuito experimental para la elaboración de los especímenes.



Fuente: Elaboración propia 2019.

### Características de agregados

Los agregados provienen de la localidad de Huachipa, proveído por La empresa DMC La Cantera S.R.L, tanto para el agregado grueso y el agregado fino. Estos agregados fueron sometidos a los ensayos que forman parte del requerimiento de la norma NTP 400.037, la cual es la norma de requisitos que debe cumplir los agregados tanto como gruesos y finos.

*Estudios previos de propiedades físicas y mecánicas de los agregados.*

✓ *Granulometría*

Se procedió de acuerdo a la norma ASTM C136, determinado la distribución granulométrica de cada partícula de los agregados analizados por tamices, con el fin de verificar el uso granulométrico que tiene cada uno de los agregados en mención obtenido por el cuarteo (Anexo 01), para que finalmente los datos sean procesados.

✓ *Contenido de humedad.*

Se procedió de acuerdo a la norma ASTM C 2216, para determinar el contenido de agua que tiene los agregados a analizar en el momento de ensayo como se visualiza en la figura 01 (anexo 04 y 07).

✓ *Peso específico y absorción.*

Se procedió a analizar según la norma ASTM C 127, ASTM C128 y ASTM D 2216, determinado la densidad y la absorción de la masa mediante el ensayo según la (anexos 04 y 07).

✓ *Peso unitario seco y compactado.*

Según la norma la NTP 400.017 y ASTM C29, se tomó las muestras tanto para el agregado grueso y como para el agregado fino, para determinar el peso unitario suelto y compactado mediante los ensayos requeridos como se visualiza en la (Anexo 02, 03 y 07).

✓ *Fibra de polipropileno reciclado.*

La fibra de polipropileno empleado en la presente investigación se obtuvo del proceso de reciclaje de sacos, empleado en el almacenamiento de agregados del laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte- Sede de Breña, para lo cual se realizó un proceso de desmenuzando de dicho saco detallado en la figura 17, a fin de obtener una longitud de 30 mm y lo cual le corresponde al tipo de fibra de

polipropileno fibrilada según la figura 05, según la investigación de Mestanza Jessica (Anexo 06, 07y 09).

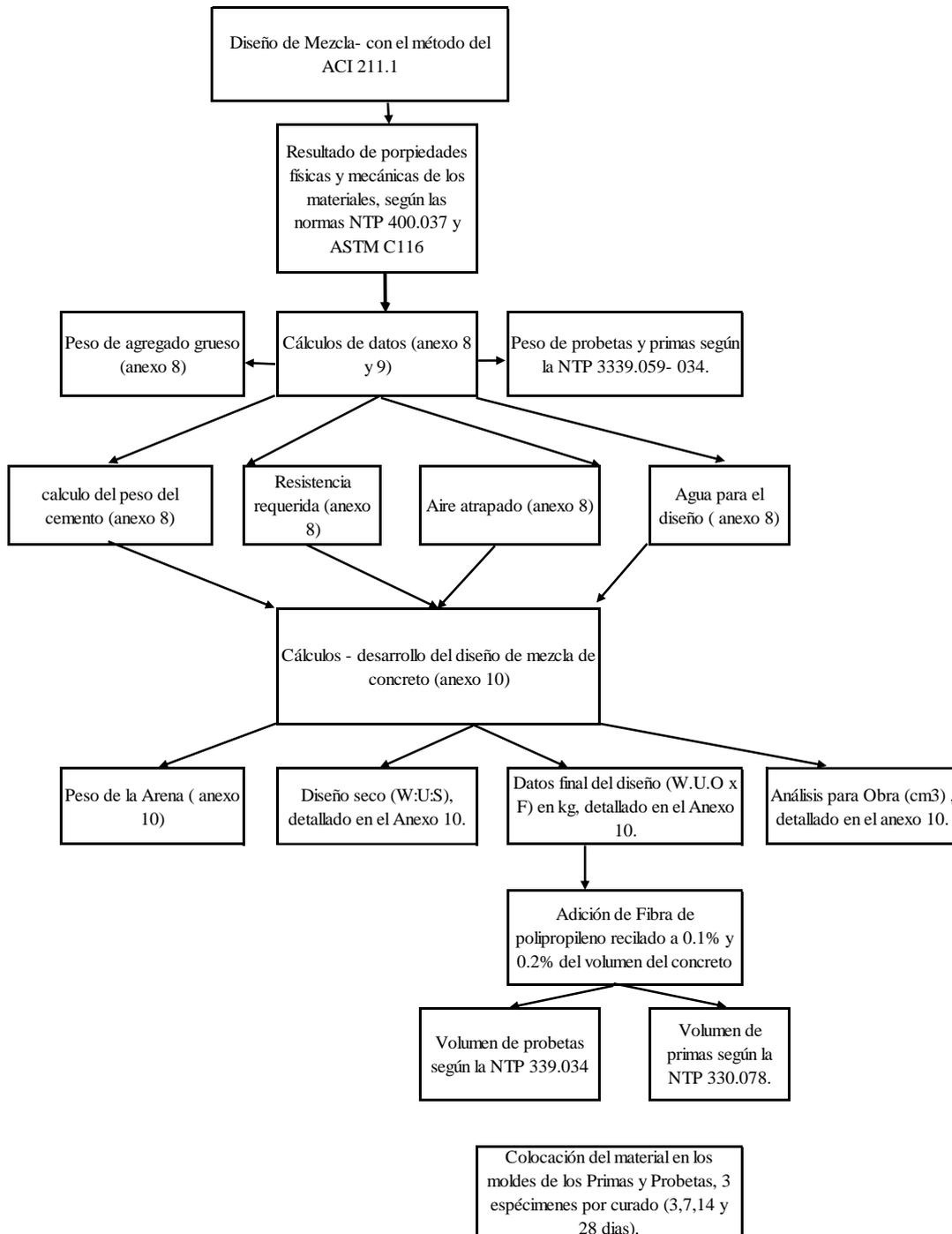
### ***Diseño de mezcla de concreto con el método del ACI 211.1***

Se procedió a utilizar la norma ACI con el método de 211.1, para determinar el diseño de mezcla para un concreto convencional de 210kg/cm<sup>2</sup>, adicionándole 0.1% y 0.2% de fibra de polipropileno reciclada, para la selección de los materiales en kilogramos, así mismo, teniendo las proporciones de la mezcla ya corregidas se diseñó por cada porcentaje adicionado, no alternado su diseño por su proporción diminutiva (anexo 09 y 10), lo cual los pasos a seguir son lo siguiente:

Parámetros y materiales para el diseño de mezcla de concreto de 210kg/cm<sup>2</sup>.

- a) Se tomó la resistencia promedio ( $f_{cr}$ ) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada ( $f_e$ ), debido a que se desconoce el valor de la desviación estándar y asumiendo un grado de control aceptable. Se utilizó la figura 19.
- b) Selección del tamaño máximo nominal. Se escogió ( $TMN = 1''$ ), debido a que se necesita mayor trabajabilidad para la manipulación del concreto con la fibra incluida como se visualiza en la figura 20, el TMN, para éste caso será concreto sin aire incorporado.
- c) Se determinó el porcentaje de aire atrapado. Se utilizó la figura 08. Ingresando a la tabla con el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado se obtiene el porcentaje de aire.
- d) Seleccionar la relación Agua - Cemento ( $a/c$ ) requerida para obtener la resistencia deseada teniendo en cuenta que es un concreto sin aire incorporado, el asentamiento y el TMN de la figura 21.

Figura 02. Diagrama de circuito de desarrollo de diseño de mezcla de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de fibra de polipropileno reciclado.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

### ***Ensayo de dosificación – Cono de Abram***

Según la norma NTP 339.035 ó ASTM C143, Se midió la docilidad de cada uno de ellos mediante el cono de Abrams, determinado el Slump de 3pulg- 4pulg, como se visualiza en la. Se colocó el concreto en su estado fresco en las probetas y los prismas como se visualiza en anexo 11.

### ***Concreto fresco en los moldes de probetas y Prismas***

Según la norma NTP 339.033 en 2009, se realizó el llenado de concreto en los 36 moldes de probetas de 4pulg de diámetro y 8 pulg. y de los 36 moldes de prismas (convencional y con la adición de 0.1% 0.2% de fibra de polipropileno reciclada) a 3 capas con 25 varilladas como se visualiza en la figura 16 y 12 golpes con el martillo de goma para las probetas y para los prismas a 2 capas y se usó la maquina vibradora. Luego se procedió con el curado a 3, 7,14 y 28 días en la piscina de agua como se visualiza en la figura 37. Al finalizar los días de curado, se retiraron los prismas y probetas y se espera 24h. Luego, se realiza la medición del diámetro de la probeta y prismas, para realizar los ensayos correspondientes.

### ***Ensayo de resistencia a compresión***

Según la norma NTP 339.034 en 2008, Se realizó el ensayo de resistencia a compresión, lo cual se verifico que cumpla, la resistencia con  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  en la edad de 3,7 y 14 y 28 días de curado, también se identificó los tipos de falla en cada probeta, Se dividiendo los especímenes de carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen, y se expresa en términos de esfuerzo kg/cm<sup>2</sup>. Lo cual, consiste en aplicar una carga axial de compresión a los

cilindros moldeados dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla. Se determinó 3 probetas como mínimo, el resultado no debe ser menor de la resistencia específica  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, se analizó en 3, 7, 14 y 28 días con 3 probetas como mínimo por cada curado.

#### *Tipos de fallas de las probetas después de los ensayos*

Se empleó los tipos de fallas según NTP 339.034 como se visualiza en el anexo 20.

Tipo I: Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25mm).

Tipo II: Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.

Tipo III: Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, como no bien formados.

Tipo IV: Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpes suavemente con un martillo para distinguirla del tipo 1.

Tipo V: Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos).

Tipo VI: Similar a tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo.

#### ***Ensayo de resistencia a flexión***

Según la norma NTP 339.078, se realizó el ensayo de resistencia a la flexión en 36 prismas, determinado la resistencia máxima alcanzada para así obtener el módulo de rotura, como se visualiza en la figura 40 y 41. La parte superior del prisma puede ser orientada como la cara tensión escogido por diseñador, aunque en este caso la superficie superior no debe ser aserrada (para evitar cortar los anclajes de extremo de las fibras).

Los soportes y los puntos de carga de la máquina de ensayo serán todos redondeados con un radio de 10 - 20 mm. El ensayo se terminó cuando se obtiene una deformación centro de la luz de 4 mm.

Se realizó la rotura de los prismas con 0%, 0.1% y 0.2% de fibras en ensayo a resistencia a flexión con una velocidad constante. Como la falla está dentro de las dentro del tercio medio de la luz como se visualiza en la figura 41.

## **2.5. Análisis de datos.**

Se realizó un análisis de datos mediante una diferencia estadística, se obtuvo que la prueba de hipótesis es paramétrica, con el desarrollo de datos, cuadros y gráficos empleando el software Microsoft Excel, es validado con SPSS aplicando el método el contraste ANOVA de un factor a un curado de 28 días (se usara un análisis de varianza) para la obtención de resultados, debido a que se cuenta con una variable dependiente e independiente, lo cual cuenta con 3 niveles de análisis (concreto convencional, fibra de polipropileno de 0.1% y 0.2%), ver tabla 50 al 53.

## **2.6. Aspectos éticos**

El trabajo de investigación contribuye a la nación del Perú cumpliendo con los deberes generales estipulados en el capítulo II del código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú usando las normas técnicas correspondientes vigentes. Además tiene impactos ambientales positivos, porque se promueve el reciclaje, contribuyendo con la mejora del país según el artículo 28 del organismo deontológicos del colegio de ingenieros, mejorando las fallas y falta de cultura de los desperdicios de construcción.

La presente Investigación se respeta la opinión crítica de los ingenieros en sus aportes con sus temas de investigación tomando como referencia textos parafraseados

aceptando la interpretación de los ingenieros según como está estipulado en el artículo 41 del código de ética del colegio de ingenieros del Perú.

Los resultados de la presente investigación han sido tomados respetando las normas y lineamientos éticos que exige la elaboración de una tesis. Por lo que se reafirma que toda la información que contiene la investigación es fidedigna.

La presente investigación tiene como referencia de tipos de letra, estructura y formato a “American Psychological Association” (APA) sexta edición, cumpliendo con los estándares establecidos en la norma en mención. Así mismo se da fe de la ausencia de plagio y/o copia en la investigación.

En estos parámetros se certifica la veracidad de los mismos por medio de las características físicas y químicas de la fibra de polipropileno que certifican el uso del insumo reciclado, demostrado en la ficha técnica. Así mismo la veracidad de los agregados y los ensayos en las instalaciones de la Universidad Privada del Norte previa solicitud con la supervisión del técnico laboratorista.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Para determinar la resistencia a flexión, previo se tiene que determinar la resistencia a compresión para comprobar si cumple su resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo las siguientes propiedades físicas y diseño de mezcla para un concreto patrón, que se utilizó en probetas y en los prismas:

**Tabla 5**

*Resumen de propiedades físicas del concreto convencional.*

Propiedades Físicas	Und.	Arena	Piedra
PUS	kg/m <sup>3</sup>	1716.43	1454.26
PUC	kg/m <sup>3</sup>	1792.53	1561.50
P.e.	gr/cm <sup>3</sup>	2.7119	2.6527
W	%	1.7084	0.5025
Abs	%	0.4520	0.6817
M.f.	-	2.8293	3.8829
T.M.N	Pulg.	Nº 4	1"
P.e. del cemento	gr/cm <sup>3</sup>	3.15	
P.e. del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1	

Fuente: Elaboración propia 2019.

**Tabla 6**

*Resumen de diseño de mezcla para un concreto patrón y las variaciones de las fibras de polipropileno a 0.1% y 0.2% con respecto al volumen en probetas y prismas.*

Material	P <sub>seco</sub>			P <sub>hum</sub>			MUESTRA POR TANDA	
	CC	0.10%	0.20%	CC	0.10%	0.20%	PROBETA (3)	PRISMA (1)
Cemento (Kg)	350	350	350	350	350	350	1.77	4.43
Agua(L)	195	195	195	184	184	184	0.99	0.24
Arena (Kg)	947	947	947	963	963	963	4.88	0.00
Piedra (Kg)	874	874	874	879	879	879	4.43	0.00
Aire (%)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0
0.1% FRP (Kg)	0	2.4		0	2.4		0.121	0.047
0.1% FRP (Kg)	0		4.7	0		4.8	0.241	0.093

*Fuente: Elaboración propia 2019.*

### 3.1. Resistencia a compresión con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Se procedió a determinar la resistencia a compresión a las edades de 3, 7, 14 y 28 días de curados para el concreto patrón, concreto con la adición de 0.1% y 0.2% de fibra de polipropileno reciclada, obtenido los siguientes resultados.

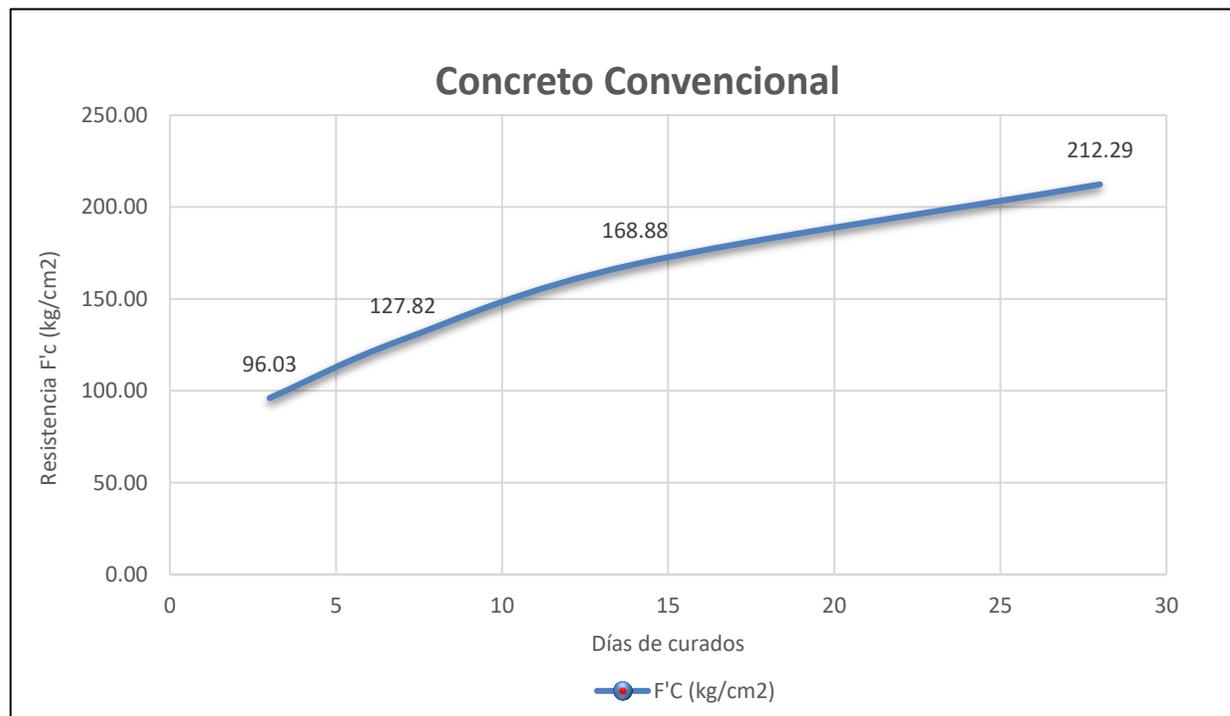
*Concreto convencional*

**Tabla 19**

*Resumen de carga máxima y resistencia alcanzada para un concreto convencional a 3, 7, 14 y 28 días de curado.*

CURADOS	3 DIAS			7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS			
	Probeta	Carga Máxima (kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	f'c Alcanzada (%)	Carga Máxima (kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	f'c Alcanzada (%)	Carga Máxima (kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	f'c Alcanzada (%)	Carga Máxima (kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	f'c Alcanzada (%)
	P0-1	7810	96.57	45.99	10332	127.76	60.84	13687	169.24	80.59	17180	212.44	101.16
	P0-2	7740	94.39	44.95	10432	127.22	60.58	13765	167.87	79.94	17668	215.47	102.60
	P0-3	7895	97.12	46.25	10445	128.48	61.18	13781	169.52	80.72	16989	208.98	99.51
	Promedio(*)												
	- 0%	7815	96.03	45.73	10403	127.82	60.87	13744	168.88	80.42	17279.00	212.29	101.09

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034 (anexos 14). (\*) Además, el promedio total de la resistencia alcanzada a compresión de 28 días de curado es de 101.09 % para un concreto convencional, determinado por la media aritmética. Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Grafica 01 – Promedio de resultados en resistencia a compresión a los 3, 7, 14 Y 28 días de curado vs. La resistencia a compresión, donde la línea de tendencia de 28 días de curado es superior con  $f'c = 212.29 \text{ kg/cm}^2$  Fuente: Elaboración propia. (2019).

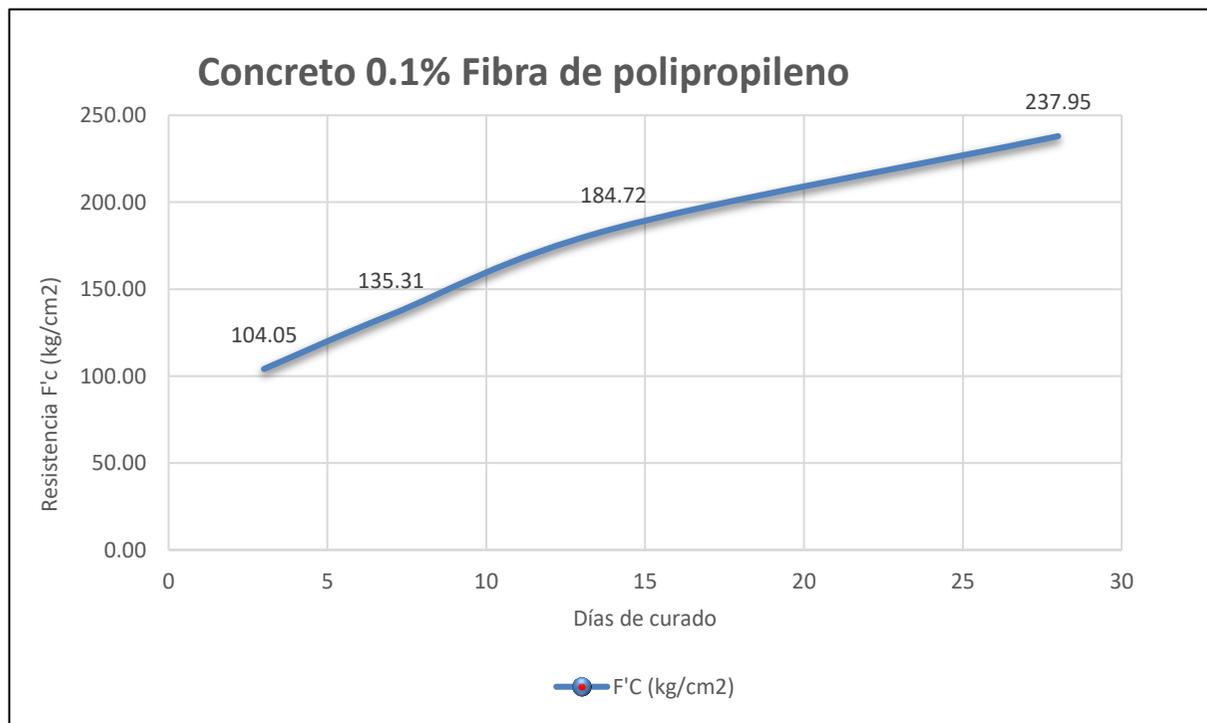
**Concreto con 0.1% de fibra de polipropileno.**

**Tabla 20**

*Resumen de carga máxima y resistencia alcanzada con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 3, 7, 14 y 28 días de curado.*

CURADO S	3 DIAS			7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS			
	Probeta	Carga Máxim a (kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	f'c Alcanzada (%)	Carga Máxim a (kg)	f'c kg/ cm <sup>2</sup>	f'c Alcanzada (%)	Carga Máxim a (kg)	f'c kg/ cm <sup>2</sup>	f'c Alcanzad a (%)	Carga Máxim a (kg)	f'c kg/ cm <sup>2</sup>	f'c Alcanzad a (%)
	P2-1	8246	102.33	48.73	10898	135.24	64.40	14756	183.11	87.20	19420	240.99	114.76
	P2-2	8370	103.97	49.51	10890	135.27	64.41	15135	188.00	89.52	19207	238.58	113.61
	P2-3	8566	105.87	50.41	10957	135.42	64.49	14810	183.04	87.16	18956	234.28	111.56
	Promedio(* ) - 0.1%	8394	104.05	49.55	10915	135.31	64.43	14900	184.72	87.96	19194.33	237.95	113.31

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034. (\*) Además, el promedio total de la resistencia alcanzada a compresión de 28 días de curado con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno, es de 113.31 %, determinado por la media aritmética. Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Grafica 02 – Promedio de resultados en resistencia a compresión a los 3, 7, 14 Y 28 días de curado vs. La resistencia a compresión, donde la línea de tendencia de 28 días de curado es superior con  $f'c = 237.95 \text{ kg/cm}^2$  Fuente: Elaboración propia. (2019).

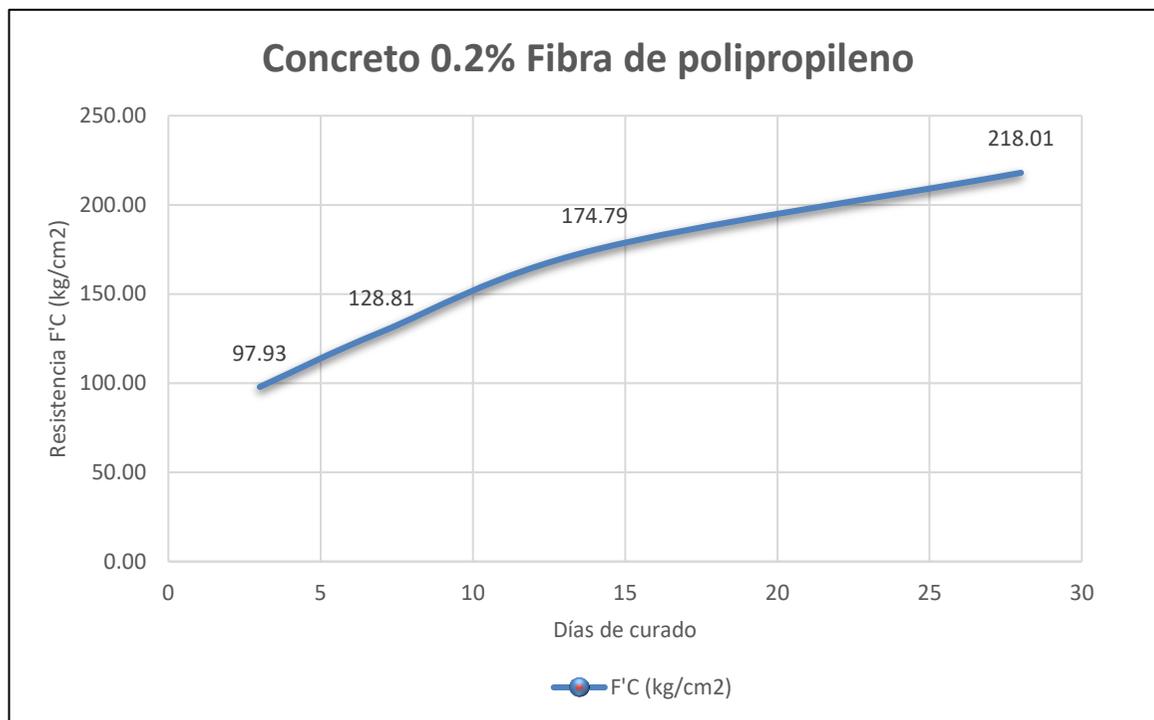
**Concreto con 0.2% de fibra de polipropileno.**

**Tabla 21**

*Resumen de carga máxima y resistencia alcanzada con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 3, 7, 14 y 28 días de curado.*

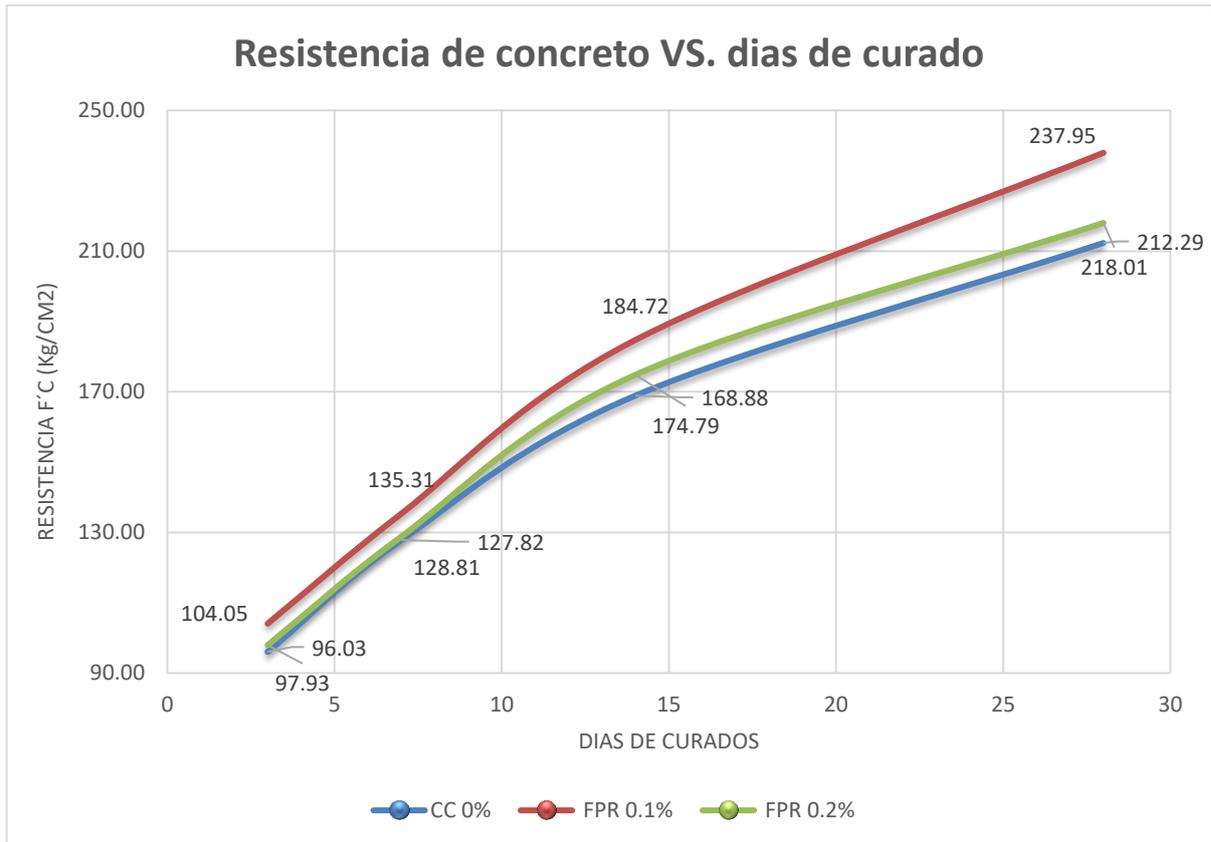
CURADOS	3 DIAS			7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS			
	Probeta	Carga Máxima (kg)	f'c kg/cm <sup>2</sup>	f'c Alcanzada (%)									
	P3-1	7998	98.31	46.81	10491	128.95	61.40	14108	173.41	82.57	17517	215.31	102.53
	P3-2	7945	98.16	46.74	10373	128.15	61.02	14257	176.14	83.87	17903	221.18	105.32
	P3-3	7859	97.32	46.34	10443	129.32	61.58	14118	174.83	83.25	17567	217.54	103.59
	Promedio(*)- 0.2%	7934	97.93	46.63	10436	128.81	61.34	14161	174.79	83.23	17662.33	218.01	103.81

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034. (\*) Además, el promedio total de la resistencia alcanzada a compresión de 28 días de curado con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno, es de 103.81 %, determinado por la media aritmética. Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Grafica 03 – Promedio de resultados en resistencia a compresión a los 3, 7, 14 Y 28 días de curado, donde la línea de tendencia de 28 días de curado es superior con  $f'c = 218.01 \text{ kg/cm}^2$  Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el resumen de resistencia a compresión versus a los 3, 7, 14 y 28 días de curado para un concreto patrón y con la adición de 0.1% y 0.2% de fibra de polipropileno fibrilada reciclada con respecto al volumen del concreto, en este caso, las probetas de 12kg cada uno, como se visualiza en el grafico 04.



Grafica 04 – Resumen de resistencia a compresión versus el resumen de curados con relación a los porcentajes de la adición de fibra de polipropileno, que va aumentando conforme va pasando los días de curado, siendo superior el porcentaje de 0.1% con 237.95 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión.

### 3.2. Resistencia a flexión.

Se procedió a determinar la resistencia a flexión a las edades de 3, 7, 14 y 28 días de curados para el concreto patrón, con la adición de 0.1% y 0.2% de fibra de polipropileno reciclada, obtenido los siguientes resultados.

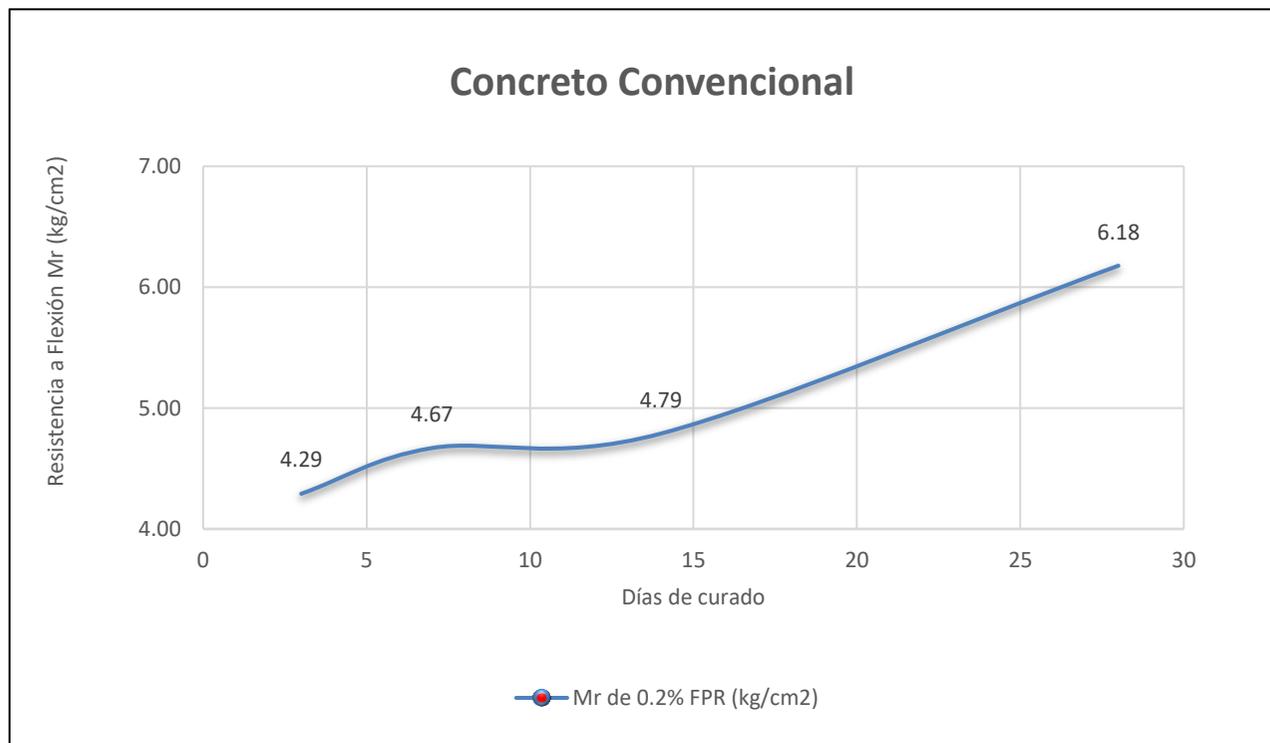
*Concreto convencional*

**Tabla 46**

*Resumen de carga máxima Alcanzada y resistencia a flexión para un concreto convencional a 3, 7, 14, 28 días de curado.*

CURADOS	3 días		7días		14días		28 días		
	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	
V1	2650	0.4277	2950	0.4751	2950	0.4751	3880	0.6253	
V2	2535	0.4040	2735	0.4358	2955	0.4709	3780	0.6021	
V3	2695	0.4309	2895	0.4629	2895	0.4629	3690	0.5902	
	Promedio en kg/cm <sup>2</sup> (*)- 0%		4.29		4.67		4.79		6.18

*Nota: Se determinó 3 mediciones de alturas, ancho y largo, diferentes según la NTP 3339.033-059-(Anexo 16). (\*) Además, el promedio total de la resistencia a flexión a 28 días de curado es 6.18 kg/cm<sup>2</sup> para un concreto convencional, determinado por la media aritmética. Fuente: Elaboración propia 2019.*



Grafica 05 – Promedio de resultados de resistencia a flexión de un concreto convencional vs los días de curado a los 3, 7, 14 Y 28 días de curado, donde la línea de tendencia de 28 días de curado es superior con  $Mr = 6.18 \text{ kg/cm}^2$ , Fuente: Elaboración propia. (2019).

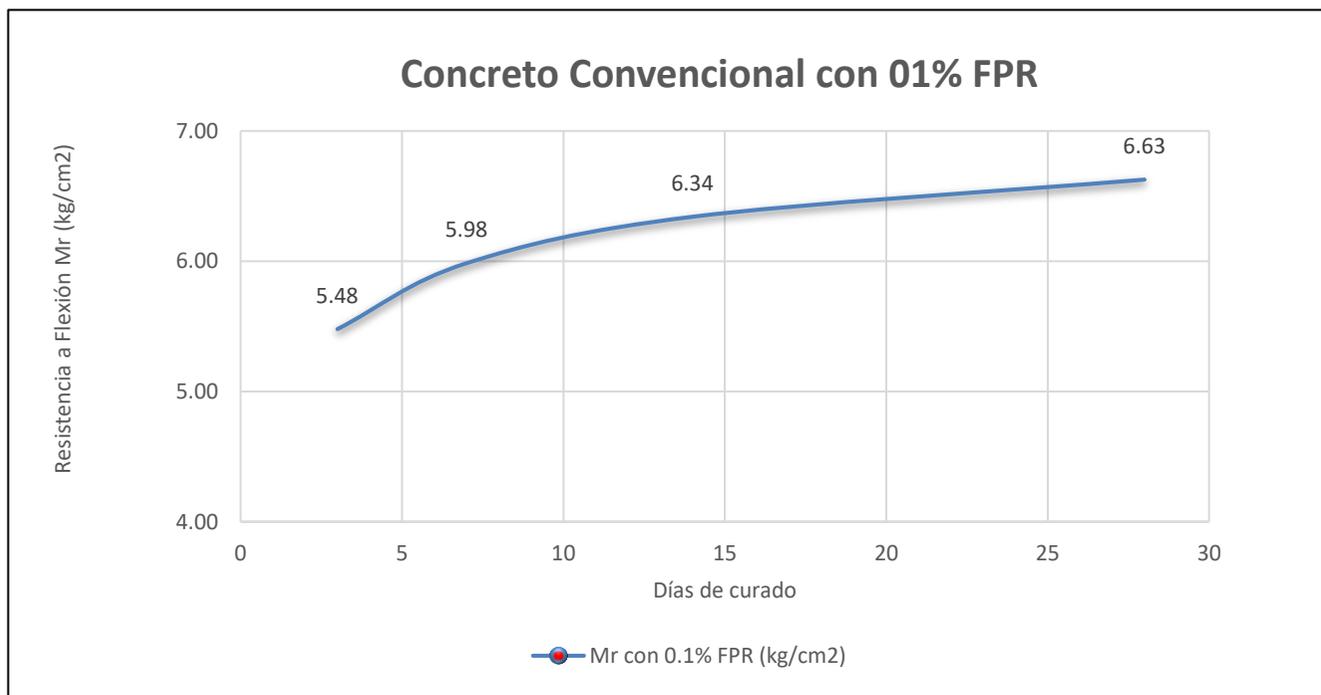
**Concreto con 0.1% de fibra de polipropileno.**

**Tabla 47**

*Resumen de carga máxima Alcanzada y resistencia a flexión para un concreto con adición de 0.1% de fibra de polipropileno reciclada a 3, 7, 14, 28 días de curado.*

CURADOS	3 días		7días		14días		28 días	
	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)
PROBETAS								
V1	3325	0.5353	3725	0.5876	4100	0.6293	4020	0.6451
V2	3455	0.5494	3855	0.5792	4055	0.6174	4125	0.6578
V3	3280	0.5271	3900	0.5937	4070	0.6188	4021	0.6466
	Promedio en kg/cm <sup>2</sup>						6.34	6.63
	(*)- 0.1%			5.98				

*Nota: Se determinó 3 mediciones de alturas, ancho y largo, diferentes según la NTP 3339.033-059-(Anexo 16). (\*) Además, el promedio total de la resistencia a flexión a 28 días de curado con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno, es de 6.63 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo un aumento de 7.25% con respecto al concreto convencional, determinado por la media aritmética. Fuente: Elaboración propia 2019.*



*Grafica 06 – Promedio de resultados de resistencia a flexión de un concreto convencional con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno vs los días de curado a los 3, 7, 14 Y 28 días de curado, donde la línea de tendencia de 28 días de curado es superior con  $Mr = 6.63 \text{ kg/cm}^2$ , teniendo un aumento de 7.25% con respecto al concreto convencional. Fuente: Elaboración propia. (2019).*

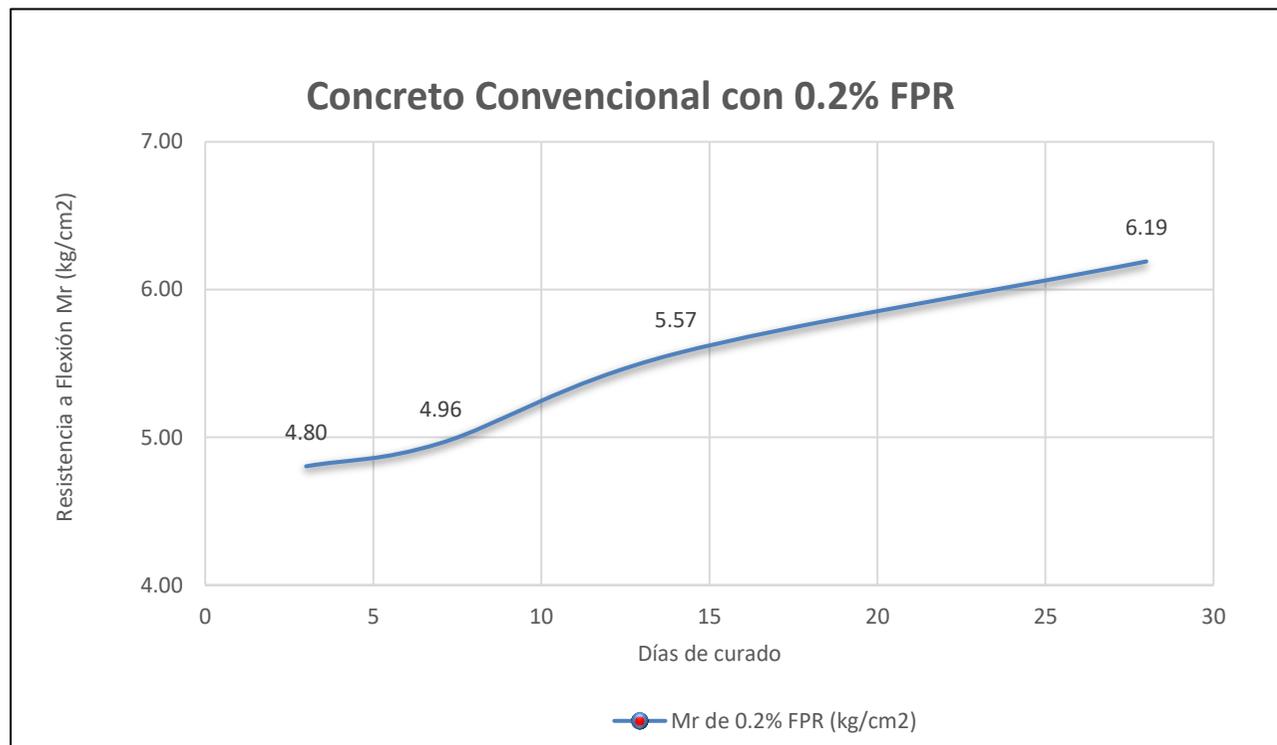
*Concreto con 0.2% de fibra de polipropileno.*

**Tabla 48**

*Resumen de carga máxima Alcanzada y resistencia a flexión para un concreto con adición de 0.2% de fibra de polipropileno reciclada a 3, 7, 14, 28 días de curado.*

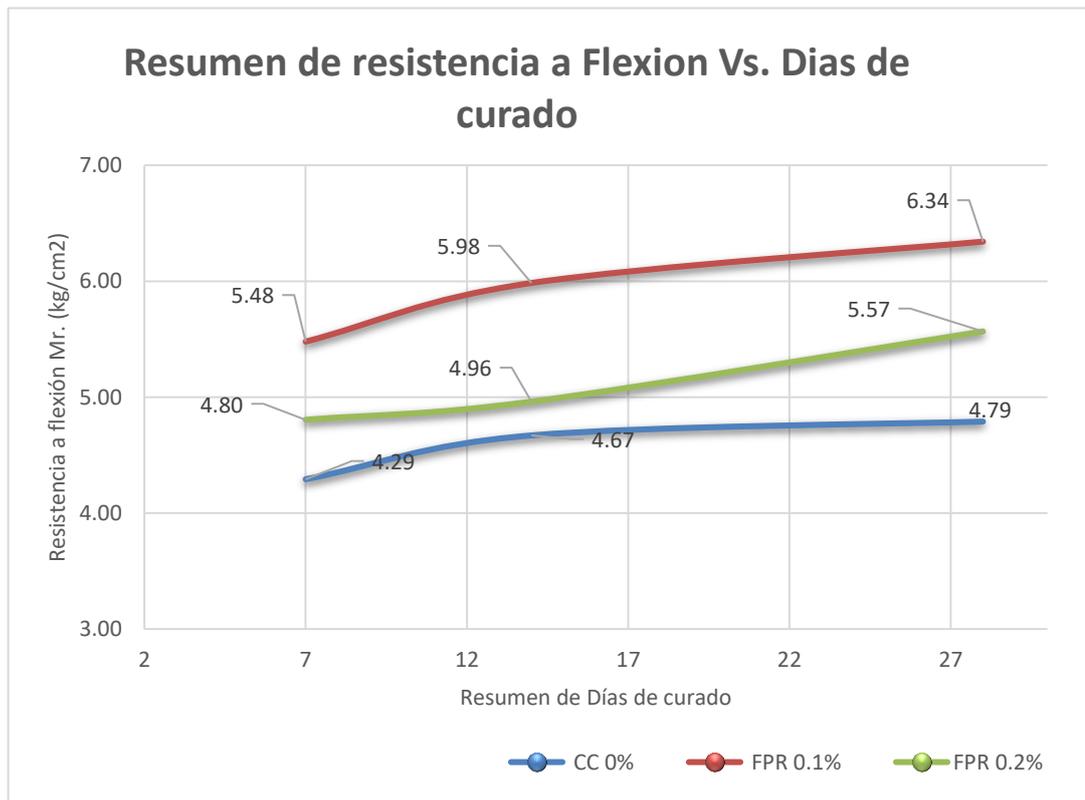
CURADOS	3 días		7 días		14 días		28 días	
	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)	CARGAS (Kg)	Mr (MPa)
PROBETAS								
V1	3058	0.4920	3158	0.5081	3558	0.5725	3800	0.6114
V2	2890	0.4587	2995	0.4753	3295	0.5230	3805	0.6039
V3	2906	0.4627	2990	0.4760	3406	0.5423	3806	0.6059
	Promedio en kg/cm <sup>2</sup> (*)- 0.2% 4.80			4.96		5.57		6.19

*Nota: Se determinó 3 mediciones de alturas, ancho y largo, diferentes según la NTP 3339.033-059-(Anexo 16). (\*) Además, el promedio total de la resistencia a flexión a 28 días de curado con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno, es de Mr = 6.19 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo un aumento de 0.20% con respecto al concreto convencional, determinado por la media aritmética. Fuente: Elaboración propia 2019.*



*Grafica 07 –Promedio de resultados de resistencia a flexión de un concreto convencional con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno vs los días de curado a los 3, 7,14 Y 28 días de curado, donde la línea de tendencia de 28 días de curado es superior con  $Mr = 6.19 \text{ kg/cm}^2$ , teniendo un aumento de 0.20% con respecto al concreto conveccional, Fuente: Elaboración propia. (2019).*

Se realizó el resumen de resistencia a flexión versus a los 3, 7, 14 y 28 días de curado para un concreto patrón y con la adición de 0.1% y 0.2% de fibra de polipropileno fibrilada reciclada con respecto al volumen del concreto, en este caso, los prismas de 30 kg cada uno, como se visualiza en el grafico 08



*Grafica 08 – Resumen de resistencia a flexión por medio del módulo de rotura versus el resumen de curados con relación a los porcentajes de la adición de fibra de polipropileno, que va aumentando conforme va pasando los días de curado, siendo superior el porcentaje de 0.1% con 6.34 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a flexion. Con un aumento de 7.25% con respecto al concreto convencional.*

Finalmente, se analizó de resistencia a flexión mediante gráficos, en este caso se escogió a 28 días de curado para la validación de análisis (anexo 17) de datos con el método de ANOVA, lo cual, se cumple y es válido como se ve en tabla 50 al 53.

**Tabla 50**

*Prueba de homogeneidad de varianzas.*

**Prueba de homogeneidad de varianzas**

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
EFEECTO	Se basa en la media	3,296	2	6	,108

*Nota: El estadístico de Levene muestra igualdad de hipótesis de varianzas poblacionales, ya que el nivel crítico es mayor a 0.05 (valor estándar).*

**Tabla 51**

*La tabla de ANOVA.*

**ANOVA**

MODULO DE ROTURA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,004	2	,002	14,706	,005
Dentro de grupos	,001	6	,000		
Total	,005	8			

*Nota: El valor de significancia es menor a 0.05, lo cual, si existe diferencia estadística significativa entre grupos, cumpliendo la normalidad y homocedasticidad.*

**Tabla 52***Datos Pruebas post hoc.***Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: MODULO DE ROTURA

		(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Scheffe	CONTROL	0.1%	0.1%	-,043955879487689*	,009232778896275	,009	-,073567786086075	-,014343972889303
		0.2%	0.2%	-,001209004261314	,009232778896275	,991	-,030820910859700	,028402902337072
	0.1%	CONTROL	0.1%	,043955879487689*	,009232778896275	,009	,014343972889303	,073567786086075
		0.2%	0.2%	,042746875226375*	,009232778896275	,010	,013134968627989	,072358781824761
	0.2%	CONTROL	0.1%	,001209004261314	,009232778896275	,991	-,028402902337072	,030820910859700
		0.2%	0.1%	-,042746875226375*	,009232778896275	,010	-,072358781824761	-,013134968627989

\* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

*Nota: Difiere la adición de 0.1% con respecto al concreto convencional, pero no difiere el 0.2% con respecto al 0.1% de adición de fibra de polipropileno reciclado y el concreto convencional, mediante la media, porque el nivel de significancia en el tratamiento 0.2% (adición de fibra de polipropileno de 0.2%) es mayor a 0.05 (valor estándar).*

**Tabla 53***Datos Subconjuntos homogéneos*

		<b>MODULO DE ROTURA</b>	
		Subconjunto para alfa = 0.05	
TRATAMIENTO N		1	2
Scheffe <sup>a</sup>	CONTROL	3	,605871626416258
	0.1%	3	,607080630677572
	0.2%	3	,649827505903947
	Sig.		,991

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

*Nota: hay dos niveles del factor que producen distintos efectos con respecto a la variable dependiente, lo cual no tiene significancia el 0.2% de adición de fibra de polipropileno y si tiene significancia el 0.1% de fibra de polipropileno reciclado.*

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Tras describir y analizar lo diferentes resultados obtenidos, se tuvo limitaciones que se detallan a continuación:

#### *Limitaciones*

Con respecto a recolección de datos, las características de la fibra de polipropileno y evaluar su estudio, ya que el saco de arroz tenía que evidenciar la composición de 98% a 100% el material puro, que es la fibra de polipropileno, por lo cual, el material era reciclado, sin embargo, se validó con la ficha técnica del producto obtenido en laboratorio.

La fibra de polipropileno no es explorado al 100%, sin embargo, actualmente existe investigaciones que los estudia. Se consideró la interpretación de los hallazgos de las siguientes tesis similares:

Según Mestanza Jessica en 2016, menciona que hay un aumento en la resistencia de compresión a 28 días de curado, un 6.24 %, con la cantidad de 0.2% de fibra de polipropileno (volumen del concreto) para condiciones normales. En esta investigación se usó la adición de fibra de polipropileno a 0.2% y a 0.1%, aumento la resistencia a compresión un 3.81% y 13.31% respectivamente, teniendo el mismo comportamiento respecto a los resultados obtenidos en la presente investigación.

Según Armas Cesar en 2016, menciona que la dosis de 300 a 400 gr/m<sup>3</sup> genera una resistencia a la compresión a los 28 días de 215.88 y 220.31 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; y en la resistencia a flexión se obtuvieron valores del orden de 4.385 y 4.895 kg/cm<sup>2</sup>; respectivamente. En la presente investigación se analizó que el 0.1% y 0.2 % de adición de fibra de polipropileno se obtuvo resultados de resistencia a la compresión

de 237.95 kg/cm<sup>2</sup> y 218.01 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente a los 28 días de curado; asimismo, se obtuvo valores de resistencia a flexión de 6.63 y 6.22 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con los resultados de Armas Cesar, donde se determina que el óptimo es el porcentaje de adición de fibra de polipropileno, corresponde a 0.1%.

Según Mendoza, Aire y Dávila en 2007, menciona que la resistencia a flexión del concreto al impacto se incrementa en forma significativa con el consumo de 0.065 kg de fibras de polipropileno, lo cual, tiene un aumento de resistencia a flexión de 7.5% en 28 días de curado con respecto al concreto patrón. En la presente investigación, se usó 0.030 kg y 0.060 kg de la fibra de polipropileno, lo cual, se obtuvo como resultado un aumento de resistencia a flexión de 7.25% y 0.20%, respectivamente, teniendo el mismo comportamiento respecto a los resultados obtenidos en la presente investigación con la adición del 0.2% de fibra de polipropileno en el concreto.

Según Millán Maria en 2013, se menciona que el porcentaje óptimo de adición de fibra de polipropileno es 0.23% para la resistencia a compresión, mientras que para la resistencia a flexión el óptimo es de 0.25%. En la presente investigación, se obtuvo como resultado, que el porcentaje óptimo es 0.1% de fibra de polipropileno para la resistencia a flexión y compresión, estos resultados obtenidos concuerdan con los resultados de Millán Maria, donde se determina que el porcentaje de fibra de polipropileno no es directamente proporcional con respecto al concreto patrón.

Según las implicancias abarcadas en la presente investigación se puede determinar: La fibra de polipropileno reciclada de un saco de arroz presenta beneficios benéficos y ecológicos, tiene una aceptación en diferentes rubros, siendo uno de ellos el incremento a la resistencia a flexión, abriendo la posibilidad de una masiva

explotación en cantidades significativas, en especial, en el mundo de la construcción (el sector de edificaciones), ya que para un prisma se necesita 15 bolsas, pero para los elementos estructurales, se requiere más cantidades de acuerdo a las dimensiones requeridas, generando empleo en fábricas de producción de futuros materiales sintéticos (fibra de polipropileno), ya que necesita ser fibrilada para ser adicionado en el concreto, también, fomentado el reciclaje y cuidando el medio ambiente, ya que, tiene un impacto positivo con respecto a la huella ecológica, una solución ante el consumo excesivo por parte de la población de este material y así formando un país mejor.

La fibra de polipropileno reciclado de un saco de arroz, es a 0 costos, ya que se adquiere de los desperdicios domésticos o en el mismo sector de la construcción, con respeto a los sacos de los agregados, ya que tienen las mismas propiedades.

La fibra de polipropileno es un material sintético no explorado al 100%, teniendo buenas características físicas y químicas, fomentando la investigación académica, descubriendo diferentes métodos y aplicaciones de la fibra de polipropileno en el concreto en base a estudios nacionales y extranjeras. La presente investigación fomenta la ejecución de experimentos científicos a fin de aprobar y afirmar las diversas hipótesis planteadas, creado de esta manera nuevos métodos y procedimientos con porcentajes óptimos, dando cabida a una futura elaboración industrial de materiales en base a las fibras de polipropileno recicladas.

## 4.2 Conclusiones

En la presente investigación se tuvo como objetivo determinar el porcentaje óptimo de la incorporación de la fibra de polipropileno reciclada para incrementar la resistencia a flexión evaluado en prismas de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> según la NTP

339.078 en relación al volumen de concreto, lo cual, de acuerdo a los resultados, se concluye que la fibra de polipropileno es un material sintético con buenas propiedades físicas y químicas, aportando una mayor resistencia a la flexión con la adición de 0.1% con respecto al concreto patrón. Además, se concluye que tiene aumento de resistencia a flexión en todas las edades analizadas con el porcentaje de 0.1% a comparación del porcentaje 0.2% y el concreto patrón. El porcentaje de 0.2% tiene un aumento de resistencia despreciable con respecto al concreto patrón, esto fue validado con el método del ANOVA, existiendo diferencia estadística significativa entre grupos, tales como la adición 0.1% y concreto convencional; la adición de 0.1 % y 0.2% de fibra de polipropileno y finalmente no existe diferencia estadística significativa entre el concreto convencional y la adición de 0.2% de fibra de polipropileno reciclada.

Se determinó que la incorporación del 0.1 % de fibra de polipropileno reciclada de un saco de arroz, es superior al concreto patrón con un aumento de resistencia a flexión de 7.25% y 0.2% de la adición de fibra de polipropileno tiene un aumento de 0.20% de resistencia a flexión con respecto al concreto patrón, lo cual fue evaluado a los 28 días de curado.

Finalmente, se concluye que el porcentaje óptimo muestra incidencias positivas y no generando un efectos contrarios a lo planteado en la hipótesis general, siendo 6.63 kg/cm<sup>2</sup> mayor al concreto patrón de 210kg/cm<sup>2</sup>, que es 6.18 kg/cm<sup>2</sup>. Es decir tiene un aumento de 7.25%, comprobando que la fibra de polipropileno es un material apto para incrementar la resistencia a flexión, dejando la posibilidad de poder realizar mayores estudios con otros porcentajes, en el rango de 0% a 0.1%.

## REFERENCIAS

- Mendoza, C. J., Aire, C., & Dávila, P. (2011). «Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en los estados plásticos y endurecidos». [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200730112011000100003&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200730112011000100003&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Spadetti, C., Alves da Silva Filho, E., Lopes de Sena, G., & Vital Paixão de Melo, C. (2017). «Propiedades térmicas e mecânicas dos compósitos de polipropileno pós-consumo reforçados com fibras de celulose». <https://www.redalyc.org/html/470/47051135013/>
- Gómez, A. M., Escudero, F. B., Bricio, M. D. C., Rodríguez, A. R., de la Fuente Antequera, A., Cavalaro, S. P., & Pérez, I. S. (2012). «Experiencias en el desarrollo de hormigones autocompactantes reforzados con fibras eficientes & versátiles». [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39572301/Experiencias\\_en\\_el\\_desarrollo\\_de\\_hormigo201510315985150v185.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1556011920&Signature=zR7xm6H9ZWgVvvQ4xsEhIdghhYY%3D&response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DExperiencias\\_en\\_el\\_desarrollo\\_de\\_hormigo.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39572301/Experiencias_en_el_desarrollo_de_hormigo201510315985150v185.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1556011920&Signature=zR7xm6H9ZWgVvvQ4xsEhIdghhYY%3D&response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DExperiencias_en_el_desarrollo_de_hormigo.pdf)
- Guzmán, S. R. estudio experimental de la variación de la resistencia a la tracción del hilo de polipropileno de los sacos utilizados para el envasado de arroz. [https://www.researchgate.net/profile/Salvatore\\_Reina/publication/29348605](https://www.researchgate.net/profile/Salvatore_Reina/publication/29348605)

[1 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA VARIACION DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION DEL HILO DE POLIPROPILENO DE LOS SACOS UTILIZADOS PARA EL ENVASADO DE ARROZ/links/56b8cc1308ae87d564272d76.pdf](#)

Rojas Suero, L. D. (2014). Estudio de viabilidad de utilización de fibras de acero para hormigones convencionales y autocompactantes (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/20967>

Association House, 99 West Street, Farnham, Surrey, GU9 7EN, United Kingdom; European Federation of National Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products for Concrete (especificaciones técnicas). <http://www.efnarc.org/pdf/Guidelines.PDF>

Cañón Sosa, L. M., & Aldana Calderón, F. G. (2017). Estudio Comparativo De La Resistencia A La Compresión De Concreto Con Fibras De Polipropileno Sikafiber® Ad De Sika Y Toc Fibra500 De Toxement. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4988>

National Ready Mixed Concrete Association. (2004). Freeze thaw resistance of pervious concrete. Silver Spring, MD, 1-17. [https://scholar.google.com.pe/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=National+Ready+Mixed+Concrete+Association&btnG](https://scholar.google.com.pe/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=National+Ready+Mixed+Concrete+Association&btnG)

Mestanza Orellana, J. B. (2016). Análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto con adición de fibras de polipropileno sometido a ambientes severos: altas, bajas temperaturas y ambientes salinos (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil).

<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24053>

Ortiz Barboza, S. (2015). Determinación de la influencia de la fibra de acero en el esfuerzo a flexión del concreto para un "  $f_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>".

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/636>

Gómez, A. M., Escudero, F. B., Bricio, M. D. C., Rodríguez, A. R., de la Fuente Antequera, A., Cavalero, S. P., & Pérez, I. S. Experiencias en el desarrollo de hormigones autocompactantes reforzados con fibras eficientes y versátiles. [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39572301/Experiencias en el desarrollo de hormigo20151031598150v185.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1544365909&Signature=UXIF2DLXOO%2F8I1Bg3srundMbUM0%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DExperiencias en el desarrollo de hormigo.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39572301/Experiencias_en_el_desarrollo_de_hormigo20151031598150v185.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1544365909&Signature=UXIF2DLXOO%2F8I1Bg3srundMbUM0%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DExperiencias_en_el_desarrollo_de_hormigo.pdf)

Clotario, T., Cecilia, P., & Carlos, C. (2009). Comparación de las propiedades de compuestos en base de polipropileno en mezcla con diversos residuos agroindustriales del ecuador.

<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/9769159/7322.pdf?AW>

[SAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1544366122&Signature=s7o%2F05HuGRS86xOHY52huSgAvdo%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DComparacion+De+Las+Propiedades+De+Compue.pdf](#)

Elsaid, A., Dawood, M., Seracino, R., & Bobko, C. (2011). Mechanical properties of kenaf fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1991-2001. <http://indiafiber.com/Files/ACI%20report.pdf>

Campoverde Cajamarca, D. F. (2017). Análisis del comportamiento del hormigón reforzado con fibras metálicas para el ensayo de flexo-tracción (Bachelor's thesis, Machala). [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11591/1/TTUAIC\\_2017\\_IC\\_CD0005.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11591/1/TTUAIC_2017_IC_CD0005.pdf)

Torres, C. A. B. (2006). Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. Pearson educación. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=h4X\\_eFai59oC&oi=fnd&pg=PR13&dq=libro+donde+explica+los+tipos+de+investigaci%C3%B3n,+enfoques+y+dise%C3%B1o+de+una+tesis+para+ingenieria&ots=vVIKs6vmw4&sig=AiuleZ1uly9TJxFSB6ewR3C3uvs#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=h4X_eFai59oC&oi=fnd&pg=PR13&dq=libro+donde+explica+los+tipos+de+investigaci%C3%B3n,+enfoques+y+dise%C3%B1o+de+una+tesis+para+ingenieria&ots=vVIKs6vmw4&sig=AiuleZ1uly9TJxFSB6ewR3C3uvs#v=onepage&q&f=false)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2007). Fundamentos de metodología de la investigación.

[http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=camoa.xis&method=post  
&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001911](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=camoa.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001911)

NBMCW, Construction Information, "Polypropylene Fiber Reinforced Concrete".

Flujo de la presión de vapor a través de las fibras de PP derretidos en el caso de incendio, 2019. <https://www.nbmcw.com/tech-articles/concrete/26929-pfrc.html>

Madhavi, T. C., Raju, L. S., & Mathur, D. (2014). Polypropylene fiber reinforced concrete-a review. International journal of emerging technology and advanced engineering, 4(4), 114-118. <https://pdfs.semanticscholar.org/99c0/a5466fee16dc991b81125d84b0a9836cddecf>

Galloovich and B. Rossi, "Fibras como Elemento Estructural para el Refuerzo del Hormigón," Manual Técnico Maccaferri, <https://vdocuments.es/manual-fibras-5687652d9683e.html>

Millán Castillo, M. F. «Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua » (2013). <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6029/1/Tesis%20744%20%20iil%20C3%A1n%20Castillo%20Mar%20C3%ADa%20Fernanda%200.pdf>

Campoverde Cajamarca, D. F. «Análisis del comportamiento del hormigón reforzado

con fibras metálicas para el ensayo de flexo-tracción», (2017).

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11591>

Armas Aguilar, C. H. «Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico» (2016).

<http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/2712>

NTP 339.033-2009 «Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo» [https://docslide.net/documents/ntp-](https://docslide.net/documents/ntp-339033-2009.html)

[339033-2009.html](https://docslide.net/documents/ntp-339033-2009.html)

NTP 339.034-2008 «Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a compresión, en muestras cilíndricas»

<https://es.slideshare.net/ERICKSA2/ntp-339034-2008>

Libro de resistencia a compresión

[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=MdGFUcyCr9MC&oi=fnd&pPA1&dq=S.+Tsai+and+A.+Miravete,+Dise%C3%B1o+y+An%C3%A1lisis+de+Materiales+Compuestos,+Bogot%C3%A1:+Reverte+S.A.,+1987.&ots=frGZ41OkxJ&sig=ukodD4jTPJX\\_0VMAEhXmP\\_hqVQ8#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=MdGFUcyCr9MC&oi=fnd&pPA1&dq=S.+Tsai+and+A.+Miravete,+Dise%C3%B1o+y+An%C3%A1lisis+de+Materiales+Compuestos,+Bogot%C3%A1:+Reverte+S.A.,+1987.&ots=frGZ41OkxJ&sig=ukodD4jTPJX_0VMAEhXmP_hqVQ8#v=onepage&q&f=false)

Turmo Coderque, J., Banthia, N., Gettu, R., & Barragán, B. E. (2008). Estudio del comportamiento a cortante de vigas de hormigón reforzado con fibras.

Materiales de construcción (Madrid), 58(292), 5-13.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/113638/21134581.pdf?sequence=1&isAllowed=y> <http://www.c-s-h.ir/wp-content/uploads/2014/12/C-1116.pdf>

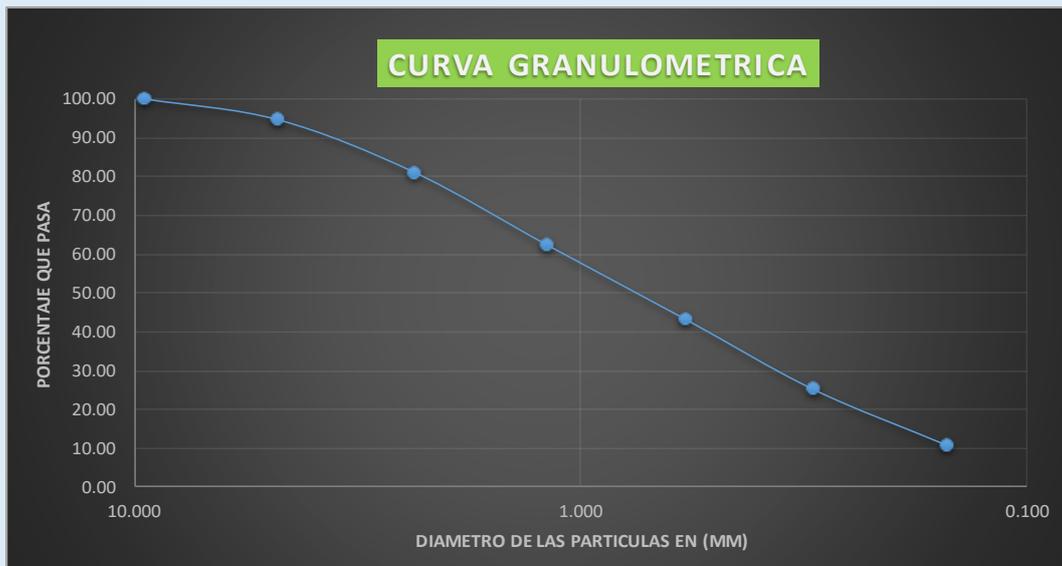
## ANEXOS

### 1. ANEXO n.º 1. Análisis Granulométrico de agregados finos y gruesos.

Figura 03. Análisis granulométrico de agregado fino.

#### ***ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO-NTP 400.012***

MALLA	ABERTURA DE MALLA EN (mm)	PESO RETENIDO EN (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	16.07	5.41	5.41	94.59
Nº 8	2.360	39.94	13.46	18.87	81.13
Nº 16	1.180	56.16	18.92	37.79	62.21
Nº 30	0.580	56.38	19.00	56.79	43.21
Nº 50	0.300	53.47	18.02	74.80	25.20
Nº 100	0.150	42.90	14.45	89.26	10.74
FONDO		31.88	10.74	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>296.80</b>			



TAMAÑO MAXIMO: Nº 4  
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: Nº 4  
MODULO DE FINURA : 2.83

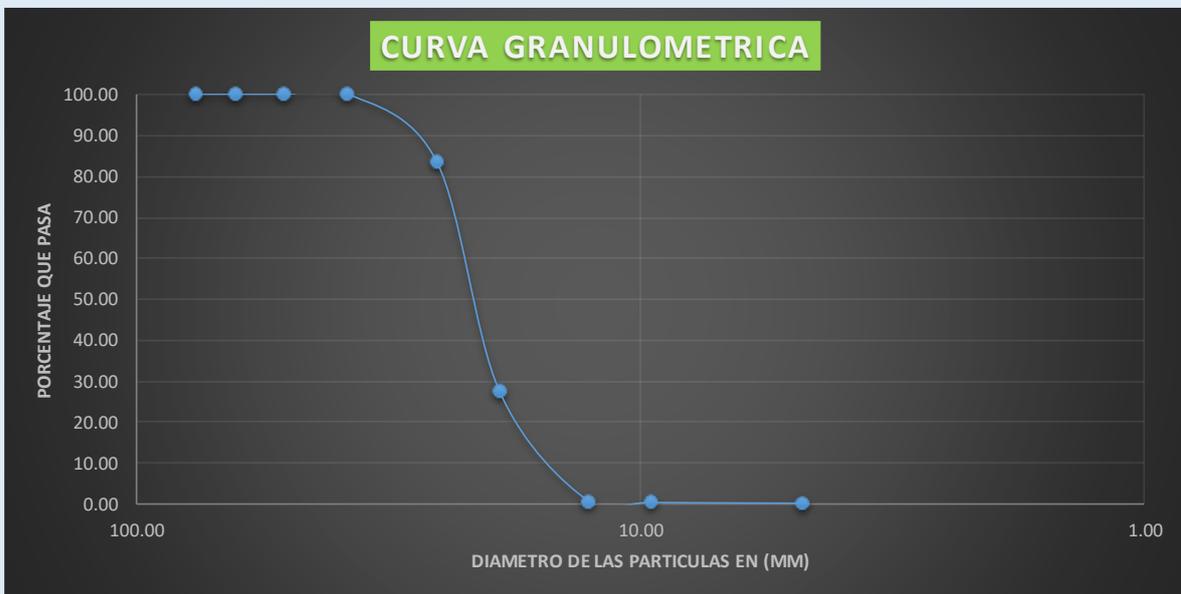
**Inspeccion** : Los agregados fueron requerido e definido por el alumno.

Fuente: NTP400.012.

Figura 04. Análisis granulométrico de agregado grueso.

**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO - NTP 400.012**

MALLA	PESO REIENIDO EN (gr)	% REIENIDO	% REIENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.20	0.00	0.00	100.00
2½"	63.50	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1½"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	1630.11	16.43	83.57
¾"	19.05	5575.31	56.19	27.39
½"	12.70	2662.47	26.83	0.56
3/8"	9.53	36.10	0.36	99.81
N° 4	4.75	19.04	0.19	100.00
FONDO		0.00	0.00	100.00
<b>TOTAL</b>		9923.03		



**TAMAÑO MAXIMO:** 1"  
**TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:** 1"  
**MODULO DE FINURA :** 3.88

**Inspeccion :** Los agregados fueron requerido e definido por el alumno.

Fuente: NTP400.012

2. ANEXO n.º 2. Peso Unitario Compactado de agregados finos y gruesos.

Figura 05. Peso Unitario Compactado de agregados finos.

AGREGADO FINO			
Peso del molde (kg)	1.58		
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.002847		
Muestra	M1	M2	M3
Peso	6.71	6.69	6.65
Peso Unitario Suelto	1801.896733	1794.872	1780.821918
PUC (arena)	1792.53		
<b>Inspeccion :</b> Los agregados fueron requerido e definido por el alumno.			

Fuente: ASTM C 29.

Figura 06. Peso Unitario Compactado de agregados grueso.

AGREGADO GRUESO			
Peso del molde (kg)	4.82		
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.009418		
Muestra	M1	M2	M3
Peso	19.5	19.53	19.55
Peso Unitario Suelto	1558.668	1561.85	1563.976514
PUC (grava)	1561.499		
<b>Inspeccion :</b> Los agregados fueron requerido e definido por el alumno.			

Fuente: ASTM C 29.

3. A NEXO n.º 3. Peso Unitario Suelto de agregados finos y gruesos.

Figura 07. Peso Unitario suelto de agregados finos.

<b>AGREGADO FINO</b>			
Peso del molde (kg)	1.58		
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.002847		
Muestra	M1	M2	M3
Peso	6.42	6.47	6.51
Peso Unitario Suelto	1700.04	1717.60	1731.65
PUS (arena)	1716.43		
<b>Inspeccion</b> : Los agregados fueron requerido e definido por el alumno.			

Fuente: ASTM C 29.

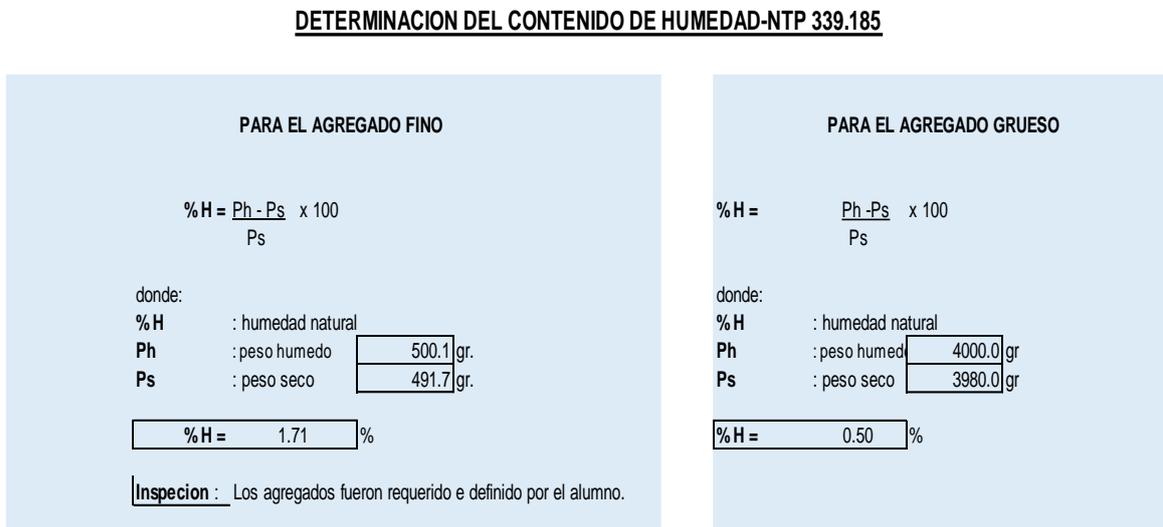
Figura 08. Peso Unitario suelto de agregados grueso.

<b>AGREGADO GRUESO</b>			
Peso del molde (kg)	4.82		
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.0094183		
Muestra	M1	M2	M3
Peso	18.55	18.51	18.49
Peso Unitario Suelto	1457.80	1453.55	1451.43
PUS (grava)	1454.26103		
<b>Inspeccion</b> : Los agregados fueron requerido e definido por el alumno.			

Fuente: ASTM C 29.

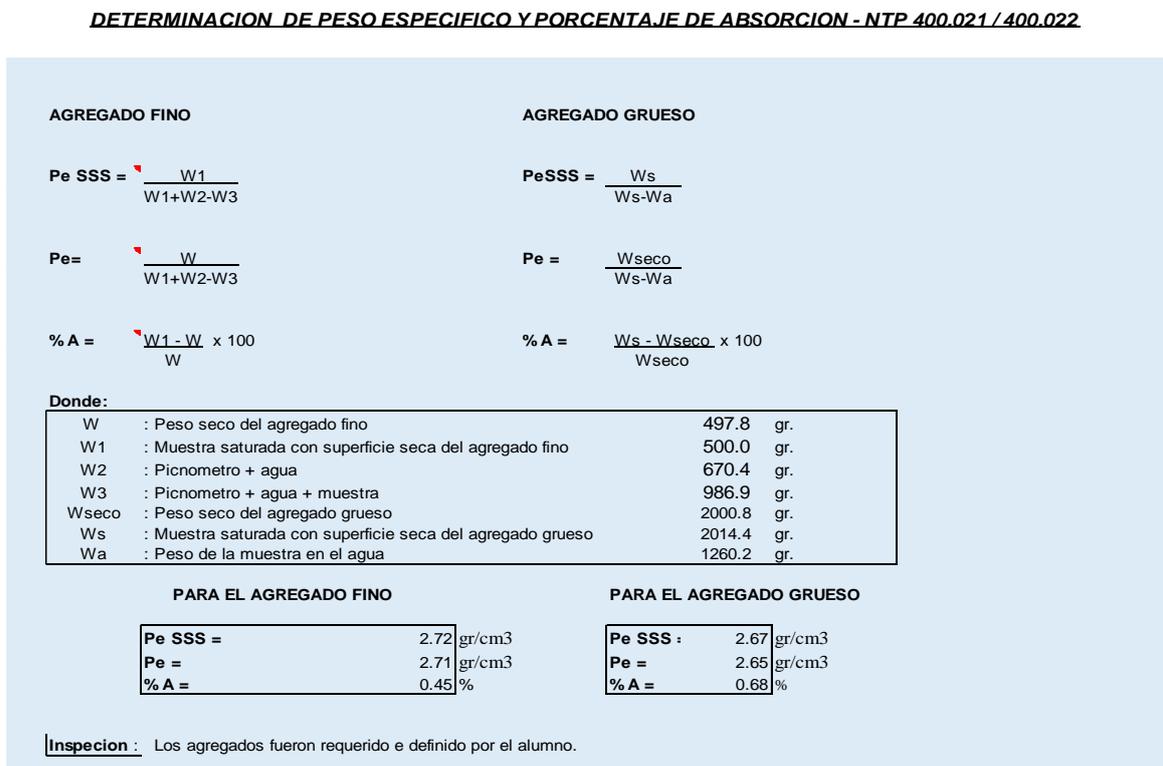
4. ANEXO n.º 4. Peso específico, absorción y contenido de humedad de los agregados finos y grueso.

Figura 09. Contenido de humedad para agregado grueso y fino.



Fuente: ASTM D 2216

Figura 10. Peso específico y absorción para agregado fino y grueso.



Fuente: ASTM D 2216 Y ASTM C 128.

5. ANEXO n.º 5. Longitud de fibras de polipropileno según ASTM C1116.

Figura 11. Longitud de fibra.

Tabla # 32 Longitud de Fibra

TAMAÑO NOMINAL MAXIMO		LONGITUD DE FIBRA	
(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)
¼	6	¾	19
½	13	1-1/2	38
¾	19	2-1/4	54
1	+ 25	2-1/2	60

Fuente: ASTM C-1116, Standard Specification for Fiber Reinforced Concrete and Shorcrete.

6. ANEXO n.º 6. Propiedades de tipos de fibras de polipropileno según NBMCW.

Figura 12: Propiedades de tipos de fibras sintéticas.

Tipo de fibra	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Resistencia a la tracción(MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Superficie específica (m <sup>2</sup> / kg)	Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )
Multifilamento	12-20	0,05-0,20	330-414	3,70-5,50	225	0,91
Fibrilada	19-40	0,2-0,3	500-750	5,00-10,00	58	0,95

Fuente: NBMCW, Construction Information, "Polypropylene Fiber Reinforced Concrete", 2019.

Figura 13: Propiedades de las fibras sintéticas.

Tipo de fibra	Diámetro Equivalente In.*10 <sup>-3</sup>	Gravedad específica	Resistencia a la tracción Ksi	Módulo Elástico Ksi	Alargamiento Último %	Temperatura Combustión °F	Fundición, oxidación, o temperatura de descomposición °F	Capacidad de absorción por ASTM D570 % por peso
Acrilico	0.5-4.1	1.16-1.18	39-145	2000-2800	7.5-50.0	-	430-455	1.0-2.5
Aramida I	0.47	1.44	425	9000	4.4	Alto	900	4.3
Aramida II	0.40	1.44	340	17000	2.5	Alto	900	1.2
Nylon	0.90	1.14	140	750	20	-	392-430	2.8-5.0
Polyester	0.78	1.34-1.39	33-160	2500	12-150	1100	495	0.4
Polietileno	1.0-40.0	0.92-0.96	11-85	725	3-80	-	273	Nulo
Polipropileno		0.90-0.91	20-100	500-700	15	1100	330	Nulo

Fuente: ACI, "Report on Fiber Reinforced Concrete", pp. 544.1R-40; 4.2. "Concreto reforzado con fibra sintética".

7. ANEXO n.º 7. Estudios previos de propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

*Figura 14, Agregados mostrados después de salir del horno, muestra seca.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

*Figura 15, Agregados fino con el picnómetro.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

*Figura 16, Agregados fino en caída libre, PUS.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

*Figura 17: El saco de fibra de polipropileno reciclado y deshilachado.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

*Figura 18, fibra de polipropileno reciclada-deshilachada.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

8. ANEXO n.º 8. Los datos para el diseño de mezcla para un concreto de 210kg/cm<sup>2</sup>.

Figura 19, Resistencia requerida.

RESISTENCIA ESPECIFICADA f 'c (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA REQUERIDA f 'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
f 'c < 210	f 'cr = f 'c + 70
210 ≤ f 'c ≤ 350	f 'cr = f 'c + 85
f 'c > 350	f 'cr = 1.10 * f 'c + 50

Fuente: ACI318-2011.

Figura 20, El requerimiento de agua de mezclado en función del TMN.

TABLA N° 1: REQUISITOS DE AGUA DE MEZCLADO EN FUNCIÓN DEL D n max. Y EL ASENTAMIENTO EN PULGADAS									
SLUMP	D n max.								CON O SIN AIRE
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
1" - 2"	205	200	185	180	160	155	145	125	SIN
3" - 4"	225	215	200	195	175	170	160	140	AIRE
6" - 7"	240	230	210	205	185	185	170	-----	INCORPORADO
1" - 2"	180	175	165	160	145	140	135	120	CON
3" - 4"	200	190	180	175	160	155	150	135	AIRE
6" - 7"	215	205	190	185	170	165	160	-----	INCORPORADO

Fuente: ACI318-2011.

Figura 21, El porcentaje de aire atrapado.

TABLA N° 4:	
D n max.	AIRE (%) ATRAPADO
3/8"	3.00
1/2"	2.50
3/4"	2.00
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30
6"	0.20

Fuente: ACI 318-2011.

Figura 22, El porcentaje de aire atrapado.

TABLA N° 3: VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (b/b.)					
D n max.	MODULO DE FINURA DE LA ARENA				
	2.40	2.6	2.80	3.00	3.20
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70
3"	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

Fuente: ACI318-2011.

9. ANEXO n.º 9. Parámetros y materiales resumidos, previo al diseño de mezcla para un concreto de 210kg/cm<sup>2</sup> con el método del ACI 211.1.

Figura 23, Datos resumen para el diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm<sup>2</sup>.

### PARAMETROS BASICO

#### Resistencia a la compresión y flexión

Esta dado en función del promedio de dos probetas

$$f'c = [f'c1 + f'c2] / 2$$

#### Resistencia a la compresión especificado (f'c)

Dado por el ingeniero estructural del proyecto de construcción.

#### Resistencia a la compresión y flexión requerida (f'cr)

Dado en base

$$f'cr = f'c + F.S. \quad f'cr > f'c$$

#### Calculo de la Resistencia requerida (f'cr)

\*Cuando se conoce la desviación estandar (SS)

NÚMERO DE ENSAYOS (*) f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	FACTOR DE CORRECCIÓN (E) EN LA DESVIACIÓN ESTANDAR
Menos de 15	EMPLEAR LA TABLA (item b)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 ó más	1.00

(\*) SE PERMITE INTERPOLAR PARA UN NÚMERO DE ENSAYOS INTERMEDIOS.

RESISTENCIA ESPECIFICADA f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA REQUERIDA f'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
f'c ≤ 350	f'cr = f'c + 1.34 (Ss) * (E) .....(1)
	f'cr = f'c + 2.33 (Ss) * (E) - 35 .....(2)
SE TOMA EL MAYOR VALOR OBTENIDO DE (1) Y (2)	
f'c > 350	f'cr = f'c + 1.34 (Ss) * (E) .....(1)
	f'cr = 0.90 * f'c + 2.33 (Ss) * (E) .....(3)
SE TOMA EL MAYOR VALOR OBTENIDO DE (1) Y (2)	

NOTA: Ss = DESVIACIÓN ESTÁNDAR

\*Cuando no se conoce la desviación estandar (SS)

RESISTENCIA ESPECIFICADA f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA REQUERIDA f'cr (kg/cm <sup>2</sup> )
f'c < 210	f'cr = f'c + 70
210 ≤ f'c ≤ 350	f'cr = f'c + 85
f'c > 350	f'cr = 1.10 * f'c + 50

Fuente propia: Parámetros resumidos previos al diseño de mezcla, 2019.

Figura 24: Materiales resumen para el diseño de mezcla.

**MATERIALES**

<b>Cemento</b>		<b>Resistencia:</b> <input style="width: 50px;" type="text" value="210"/> kg/cm <sup>2</sup>																						
*Portland ASTM tipo I "Sol"																								
*Peso específico	<input style="width: 150px;" type="text" value="3.15"/> g/cm <sup>3</sup>	0.023478261																						
<b>Agua</b>																								
*Potable																								
*Peso específico	<input style="width: 150px;" type="text" value="1"/> g/cm <sup>3</sup>																							
<b>Agregado Fino</b>		<b>Agregado Grueso</b>																						
*Tamaño Maximo	<input style="width: 100px;" type="text" value="N° 4"/>	*Tamaño Maximo	<input style="width: 50px;" type="text" value="1"/> pulg																					
*Tamaño Maximo nominal	<input style="width: 100px;" type="text" value="N° 4"/>	*Tamaño Maximo nominal	<input style="width: 50px;" type="text" value="1"/> pulg																					
*Modulo de finura	<input style="width: 100px;" type="text" value="2.83"/>	*Modulo de finura	<input style="width: 50px;" type="text" value="3.88"/>																					
*Peso Especifico	<input style="width: 100px;" type="text" value="2.71"/> gr/cm <sup>3</sup>	*Peso Especifico	<input style="width: 50px;" type="text" value="2.65"/> gr/cm <sup>3</sup>																					
*Contenido de Humedad	<input style="width: 100px;" type="text" value="1.71"/> %	*Contenido de Humedad	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.50"/> %																					
*Porcentaje de absorción	<input style="width: 100px;" type="text" value="0.45"/> %	*Porcentaje de absorción	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.68"/> %																					
*Peso unitario suelto	<input style="width: 100px;" type="text" value="1716.43"/> kg/m <sup>3</sup>	*Peso unitario suelto	<input style="width: 50px;" type="text" value="1454.26"/> kg/m <sup>3</sup>																					
*Peso unitario compactado	<input style="width: 100px;" type="text" value="1792.53"/> kg/m <sup>3</sup>	*Peso unitario compactado	<input style="width: 50px;" type="text" value="1561.50"/> kg/m <sup>3</sup>																					
<b>Fibra de polipropileno reciclada</b>																								
Tipo	<input style="width: 150px;" type="text" value="fibra de polipropileno 98%"/>																							
Clase	<input style="width: 150px;" type="text" value="fibrilada"/>																							
Densidad de puntada de costura	<input style="width: 150px;" type="text" value="3.5 puntadas/pulg."/>																							
Dosificaciones	<input style="width: 150px;" type="text" value="0.1 % y 0.2%"/>																							
<b>Trabajabilidad</b>																								
Consistencia																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th>TIPOS DE CONSTRUCCIÓN</th> <th>MÁXIMO(*)</th> <th>MÍNIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ZAPATAS Y MUROS DE CIMENTACIÓN REFORZADAS</td> <td style="text-align: center;">3 "</td> <td style="text-align: center;">1 "</td> </tr> <tr> <td>ZAPATAS SIMPLES, CAJONES Y MUROS DE SUBESTRUCTURA</td> <td style="text-align: center;">3 "</td> <td style="text-align: center;">1 "</td> </tr> <tr> <td>VIGAS Y MUROS REFORZADOS</td> <td style="text-align: center;">4 "</td> <td style="text-align: center;">1 "</td> </tr> <tr> <td>COLUMNAS EN EDIFICIOS</td> <td style="text-align: center;">4 "</td> <td style="text-align: center;">1 "</td> </tr> <tr> <td>PAVIMENTOS Y LOSAS</td> <td style="text-align: center;">3 "</td> <td style="text-align: center;">1 "</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO CICLOPEO</td> <td style="text-align: center;">2 "</td> <td style="text-align: center;">1 "</td> </tr> </tbody> </table>				TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	MÁXIMO(*)	MÍNIMO	ZAPATAS Y MUROS DE CIMENTACIÓN REFORZADAS	3 "	1 "	ZAPATAS SIMPLES, CAJONES Y MUROS DE SUBESTRUCTURA	3 "	1 "	VIGAS Y MUROS REFORZADOS	4 "	1 "	COLUMNAS EN EDIFICIOS	4 "	1 "	PAVIMENTOS Y LOSAS	3 "	1 "	CONCRETO CICLOPEO	2 "	1 "
TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	MÁXIMO(*)	MÍNIMO																						
ZAPATAS Y MUROS DE CIMENTACIÓN REFORZADAS	3 "	1 "																						
ZAPATAS SIMPLES, CAJONES Y MUROS DE SUBESTRUCTURA	3 "	1 "																						
VIGAS Y MUROS REFORZADOS	4 "	1 "																						
COLUMNAS EN EDIFICIOS	4 "	1 "																						
PAVIMENTOS Y LOSAS	3 "	1 "																						
CONCRETO CICLOPEO	2 "	1 "																						
SLUMP	<input style="width: 100px;" type="text" value="&lt;3;4&gt;"/>	Pulg																						

Fuente: Elaboración propia, 2019.

10. ANEXO n.º 10. Desarrollo del diseño de mezcla para un concreto de 210kg/cm<sup>2</sup> con el método del ACI 211.1.

Figura 25, Desarrollo 01 del diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm<sup>2</sup>.

**1. Datos de entrada:**

Propiedades físicas	Und.	Arena	Piedra
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1716.43	1454.26103
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1792.53	1561.499
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.7119	2.6527
Contenido de humedad	%	1.7084	0.5025
Porcentaje de absorción	%	0.4520	0.6817
Modulo de finura	-	2.8293	3.8829
Tamaño Maximo nominal	Pulg.	Nº 4	1"
Pero específico del cemento	gr/cm <sup>3</sup>	3.15	
Pero específico del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1	

**2. Calculo del Agua**

SLUMP <3;4>

Dn Max 1"

TABLA N° 1: REQUISITOS DE AGUA DE MEZCLADO EN FUNCIÓN DEL D n max. Y EL ASENTAMIENTO EN PULGADAS									
SLUMP	D n max.								CON O SIN AIRE
	3 / 8 "	1 / 2 "	3 / 4 "	1 "	1 1 / 2 "	2 "	3 "	6 "	
1 " - 2 "	205	200	185	180	160	155	145	125	SIN
3 " - 4 "	225	215	200	195	175	170	160	140	AIRE
6 " - 7 "	240	230	210	205	185	185	170	-----	INCORPORADO
1 " - 2 "	180	175	165	160	145	140	135	120	CON
3 " - 4 "	200	190	180	175	160	155	150	135	AIRE
6 " - 7 "	215	205	190	185	170	165	160	-----	INCORPORADO

Agua 195

**3. Calculo del volumen de aire atrapado**

Dn Max 1"

TABLA N° 4:	
D n max.	AIRE ( % ) ATRAPADO
3 / 8 "	3.00
1 / 2 "	2.50
3 / 4 "	2.00
1 "	1.50
1 1 / 2 "	1.00
2 "	0.50
3 "	0.30
6 "	0.20

Aire Atrapado 1.5

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 26, Desarrollo 02 del diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm<sup>2</sup>.

**4. Cálculo de la resistencia requerida**

f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	210
F <sub>cr</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	295

**5. Cálculo de cemento**

Interpolación para f<sub>c</sub> 210 kg/cm<sup>2</sup>

F <sub>cr</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	a/c
300	0.55
295	0.557
250	0.62

TABLA N° 2: RELACIÓN (a/c) Y LA RESISTENCIA (f'cr)		
f'cr	AIRE INCORPORADO	
	SIN	CON
450	0.38	-----
400	0.43	-----
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.60
150	0.80	0.71

Cemento

**6. Cálculo del peso de la piedra, en función del factor (b/b)**

D<sub>n</sub> Max

Extrapolación para 1 Pulgada

M <sub>f</sub>	b/b
3	0.65
3.2	0.63
2.82931267	0.56

Piedra

TABLA N° 3: VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (b/b.)					
D <sub>n</sub> max.	MODULO DE FINURA DE LA ARENA				
	2.40	2.6	2.80	3.00	3.20
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70
3"	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 27, Desarrollo 03 del diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm<sup>2</sup>.

### 7. Calculo del volumen de la arena

Material	ws(kg)	Pe (kg/cm <sup>3</sup> )	Vol (cm <sup>3</sup> )
Cemento	350.089767	3150	0.111
Agua	195	1000	0.195
Arena	947.0775	2711.9429	0.349
Piedra	874.43944	2652.74518	0.330
Aire	1.5		0.0150
Suma total			1.00

Valor sin arena	0.65
Volumen de arena	0.35

Arena 947.0775 kg/cm<sup>3</sup>

### 8. Diseño Seco

Materiales	W.S.	P.e.	Vol.Abs.	W.U.S.
Cemento	350.089767	3150	0.111	1
Agua	195	1000	0.195	0.56
Arena	947.0775	2711.9429	0.349	2.71
Piedra	874.43944	2652.74518	0.330	2.5
Aire	1.5	0	0.015	
Aditivo				

### 9. Analisis para obra

Materiales	WO	WOU	Volumen	
			WOU*42.5 ( VOL (Pies <sup>3</sup> ))	
Cemento	350.089767	1.00	42.5	1
Agua	195	0.56	23.8	23.8
Arena	947.0775	2.71	115.175	2.37
Piedra	874.43944	2.50	106.25	2.58
Aire				
Aditivo				
			6.77	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 28, Desarrollo 04 del diseño de mezcla para concreto de 210kg/cm<sup>2</sup>. Obteniendo las tandas.

**10. Determinando el peso de las probetas pequeñas.**

Probetas	Dimensiones		
Diametro	4	0.1016	m
Altura	8	0.2032	m
Volumen		0.001647411	m <sup>3</sup>
Pe Concreto		2300	kg/m <sup>3</sup>
Peso de probeta		4	kg
3 Probetas		12	kg
Volumen del concreto		0.005217391	

Primas	Dimensiones		
Largo	22	0.5588	m
Ancho	6	0.1524	m
Altura	6	0.1524	m
Volumen		0.012978555	m <sup>3</sup>
Pe Concreto		2300	kg/m <sup>3</sup>
Peso de probeta		30	kg
3 Prismas		90	kg
Volumen del concreto		0.013043478	

$$F = \boxed{1.77}$$

**11. Datos de Laboratorio**

Probetas			Primas		
Materiales	WUO*F		Materiales	WUO*F	
Cemento	1.77	Kg	Cemento	4.43	Kg
Agua	0.99	Lt	Agua	2.48	Lt
Arena	4.80	Kg	Arena	12.01	Kg
Piedra	4.43	Kg	Piedra	11.08	Kg
Aire			Aire		
Aditivo			Aditivo		
Total	12.00	Kg	Total	30.00	Kg

**12. Adición de fibra de polipropileno**

	Probetas		Primas
Diseño de mezcla	Porporción (kg)	Porporción (kg)	Porporción (kg/cm <sup>3</sup> )
Diseño convencional	0	0	0
Diseño 0.1 % del Cen	0.0120	0.0300	2.30
Diseño 0.2 % del Cen	0.0240	0.0600	4.60

Fuente: Elaboración propia, 2019.

11. ANEXO n.º 11. Desarrollo experimental del diseño de mezcla para un concreto de 210kg/cm<sup>2</sup> y pesos de los materiales.

*Figura 29, adición de las fibras en el mezclado de concreto.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

*Figura 30, los materiales antes de mezclarlo.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

*Figura 31, humedecimiento de los equipos.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

*Figura 32, La mezcla de los agregados con fibra de polipropileno reciclada- deshilachada.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

## 12. ANEXO n.º 12. Ensayo del SLUMP.

*Figura 33, el cálculo del Slump.*



*Fuente: fuente propia 2019.*

### 13. ANEXO n.º 13. Ensayo de resistencia a Compresión y Flexión.

Figura 34, *muestras después del ensayo de resistencia a compresión.*



Fuente: *fuentes propia 2019.*

Figura 35, *Ensayo de resistencia a compresión.*



Fuente: *fuentes propia 2019.*

Figura 36, muestras totales con 0%, 0.1% y 0.2% de fibras de polipropileno después del ensayo de resistencia a compresión a 7 días.



Fuente: fuente propia 2019.

Figura 37, adicionando el concreto al molde de primas cuadrulares.



Fuente: fuente propia 2019.

*Figura 38, Los primas cuadraticulares de concreto sumergido al agua, procesando el curado a 3 días.*



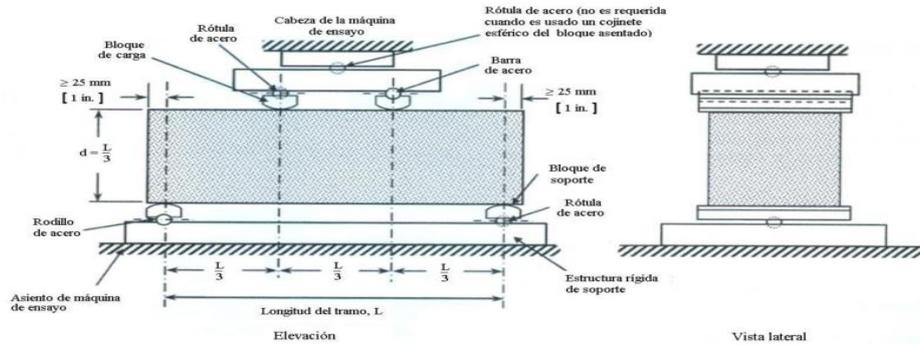
*Fuente: fuente propia 2019.*

*Figura 39: Medición de las dimensiones de los primas cuadráticos después del curado.*



*Fuente: fuente propia 2019*

*Figura 40: Las dimensiones para el requerimiento del ensayo de resistencia a flexión.*



*Fuente: NTP339078 «Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo».*

*Figura 41, Los primas cuadrículaes de concreto procesados a ensayo de resistencia a flexión.*



*Fuente: fuente propia 2019*

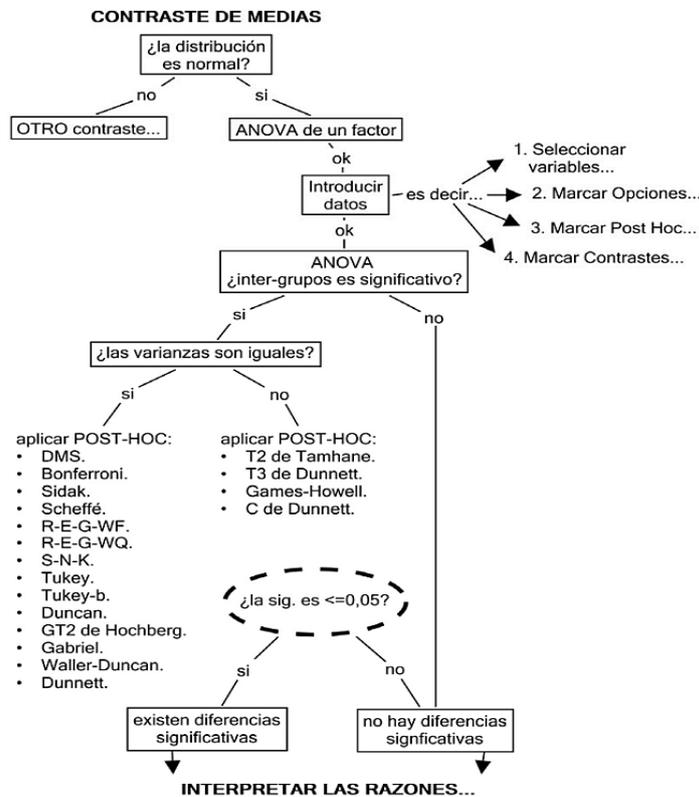
Figura 42, La falla está dentro del tercio de la luz.



Fuente: fuente propia 2019.

14. ANEXO n.º 14. Diagrama de flujo de análisis de datos en SPSS- método de Anova.

Figura 43, Contraste de medias.



Fuente: fuente propia 2019.

15. ANEXO n.º 15. Dimensiones promedios de probetas según la NTP 339.034, con 3,7, 14 y 28 días de curado.

**Tabla 7**

*Dimensiones de probetas para un concreto convencional a 3 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P0-1	10.167	10.128	10.15	20.065	20.072	20.081	20.07
P0-2	10.221	10.215	10.22	19.752	19.763	19.75	19.76
P0-3	10.181	10.167	10.17	20.51	20.527	20.505	20.51

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

**Tabla 8**

*Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 3 días de curado.*

Probet a	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P3-1	10.135	10.124	10.13	20.329	20.351	20.332	20.34
P3-2	10.121	10.128	10.12	20.23	20.378	20.349	20.32
P3-3	10.158	10.142	10.15	20.424	20.409	20.498	20.44

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

**Tabla 9**

*Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 3 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P5-1	10.175	10.181	10.18	20.272	20.306	20.288	20.29
P5-2	10.166	10.138	10.15	20.463	20.409	20.396	20.42
P5-3	10.145	10.135	10.14	20.504	20.498	20.494	20.50

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

**Tabla 10***Dimensiones de probetas para un concreto convencional a 7 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P0-1	10.167	10.128	10.15	20.329	20.351	20.332	20.34
P0-2	10.221	10.215	10.22	20.23	20.378	20.349	20.32
P0-3	10.181	10.167	10.17	20.424	20.409	20.498	20.44

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.***Tabla 11***Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 7 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P3-1	10.135	10.124	10.13	20.329	20.351	20.332	20.34
P3-2	10.121	10.128	10.12	20.23	20.378	20.349	20.32
P3-3	10.158	10.142	10.15	20.424	20.409	20.498	20.44

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.***Tabla 12***Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 7 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P5-1	10.175	10.181	10.18	20.272	20.306	20.288	20.29
P5-2	10.166	10.138	10.15	20.463	20.409	20.396	20.42
P5-3	10.145	10.135	10.14	20.504	20.498	20.494	20.50

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

**Tabla 13**

*Dimensiones de probetas para un concreto convencional a 14 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P0-1	10.167	10.128	10.15	20.065	20.072	20.081	20.07
P0-2	10.221	10.215	10.22	19.752	19.763	19.75	19.76
P0-3	10.181	10.167	10.17	20.51	20.527	20.505	20.51

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

**Tabla 14**

*Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 14 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P3-1	10.135	10.124	10.13	20.329	20.351	20.332	20.34
P3-2	10.121	10.128	10.12	20.23	20.378	20.349	20.32
P3-3	10.158	10.142	10.15	20.424	20.409	20.498	20.44

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

**Tabla 15**

*Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 14 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P5-1	10.175	10.181	10.18	20.272	20.306	20.288	20.29
P5-2	10.166	10.138	10.15	20.463	20.409	20.396	20.42
P5-3	10.145	10.135	10.14	20.504	20.498	20.494	20.50

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

**Tabla 16**

*Dimensiones de probetas para un concreto convencional a 28 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P0-1	10.167	10.128	10.15	20.065	20.072	20.081	20.07
P0-2	10.221	10.215	10.22	19.752	19.763	19.75	19.76
P0-3	10.181	10.167	10.17	20.51	20.527	20.505	20.51

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

**Tabla 17**

*Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 0.1% de fibra de polipropileno a 28 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P3-1	10.135	10.124	10.13	20.329	20.351	20.332	20.34
P3-2	10.121	10.128	10.12	20.23	20.378	20.349	20.32
P3-3	10.158	10.142	10.15	20.424	20.409	20.498	20.44

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

**Tabla 18**

*Dimensiones de probetas para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 0.2% de fibra de polipropileno a 28 días de curado.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P3-1	10.175	10.181	10.18	20.272	20.306	20.288	20.29
P3-2	10.166	10.138	10.15	20.463	20.409	20.396	20.42
P3-3	10.145	10.135	10.14	20.504	20.498	20.494	20.50

*Nota: Se determinó 2 diámetros y 3 alturas diferentes según la NTP 3339.033-034.*

16. ANEXO n.º 16. Dimensiones promedios de prismas según la NTP 339.058, con 3  
7, 14 y 28 días de curado.

**Tabla 22**

Dimensiones de cada prismas a 3 días con concreto convencional.

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
	55.890	55.520	55.320
	55.880	55.690	55.720
LARGO	55.900	55.795	55.820
	15.462	15.510	15.410
	15.386	15.410	15.387
ANCHO	15.378	15.390	15.275
	14.999	15.210	15.050
ALTURA	15.008	15.010	15.210
	14.968	14.910	14.890

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 23**

Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 3 días- concreto convencional.

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.890	15.409	14.992
V2	55.668	15.437	15.043
V3	55.620	15.357	15.050

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 24**

Dimensiones de cada prismas a 3 días con 0.1% de fibra de polipropileno reciclado.

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
	55.590	55.420	55.420
LARGO	55.695	55.490	55.620
	55.590	55.595	55.425
	15.362	15.420	15.370
ANCHO	15.242	15.410	15.447
	15.305	15.395	15.275
	15.010	15.219	15.056
ALTURA	14.980	15.013	15.017
	15.090	14.919	14.899

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 25**

*Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 3 días- 0.1% de fibra de polipropileno reciclado.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.625	15.303	15.027
V2	55.502	15.408	15.050
V3	55.488	15.364	14.991

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 26**

*Dimensiones de cada prismas a 3días con 0.2 % de fibras de polipropileno.*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
LARGO	55.670	55.528	55.328
	55.895	55.697	55.620
ANCHO	55.690	55.395	55.725
	15.367	15.580	15.400
ALTURA	15.245	15.420	15.385
	15.425	15.391	15.435
PRISMAS	15.010	15.210	15.050
	14.980	15.010	15.210
	15.090	14.910	14.890

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 27**

*Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 3 días con 0.2% de fibra de polipropileno.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.752	15.346	15.027
V2	55.540	15.464	15.043
V3	55.558	15.407	15.050

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 28**

*Dimensiones de cada prismas a 7 días con concreto convencional.*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
	55.890	55.520	55.320
	55.980	55.690	55.720
LARGO	55.790	55.795	55.820
	15.368	15.510	15.410
	15.298	15.410	15.387
ANCHO	15.418	15.390	15.275
	15.030	15.210	15.050
ALTURA	14.930	15.010	15.210
	15.130	14.910	14.890

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 29**

*Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 7 días- concreto convencional.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.887	15.361	15.030
V2	55.668	15.437	15.043
V3	55.620	15.357	15.050

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 30**

*Dimensiones de cada prismas a 7 días con 0.1% de fibra de polipropileno reciclado*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
	55.890	55.420	55.420
	55.695	55.490	55.620
LARGO	55.590	55.595	55.525
	15.462	15.520	15.670
ANCHO	15.242	15.510	15.647

	15.405	15.795	15.275
	15.110	15.419	15.356
ALTURA	15.280	15.413	15.317
	15.090	15.319	15.299

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 31**

*Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 7 días con 0.1% fibras de polipropileno.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.725	15.370	15.160
V2	55.502	15.608	15.384
V3	55.522	15.531	15.324

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 32**

*Dimensiones de cada prisma a 3 días con 0.2 % de fibras de polipropileno.*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
	55.670	55.528	55.328
	55.895	55.697	55.620
LARGO	55.690	55.395	55.725
	15.367	15.580	15.400
	15.245	15.420	15.385
ANCHO	15.425	15.391	15.435
	15.010	15.210	15.050
ALTURA	14.980	15.010	15.210
	15.090	14.910	14.890

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 33**

*Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 7 días con 0.2% fibras de polipropileno.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.752	15.346	15.027
V2	55.540	15.464	15.043

55.558

15.407

15.050

V3

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 34**

*Dimensiones de cada prisma a 14 días - concreto convencional.*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
	55.890	55.520	55.320
	55.980	55.690	55.720
LARGO	55.790	55.795	55.820
	15.368	15.510	15.410
	15.298	15.410	15.387
ANCHO	15.418	15.390	15.275
	15.030	15.210	15.050
ALTURA	14.930	15.010	15.210
	15.130	14.910	14.890

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 35**

*Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 14 días- concreto convencional.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.887	15.361	15.030
V2	55.668	15.437	15.043
V3	55.620	15.357	15.050

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 36**

*Dimensiones de cada prisma a 14 días con 0.1% de fibras de polipropileno.*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
---------	---------	--------	---------

	55.492	55.331	55.321
	55.497	55.489	55.323
LARGO	55.395	55.397	55.327
	15.563	15.521	15.571
	15.545	15.517	15.548
ANCHO	15.415	15.496	15.576
	15.212	15.318	15.257
ALTURA	15.282	15.314	15.318
	15.298	15.318	15.295

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 37**

*Resumen promedio de cada a ensayar a 14 días con 0.1% de fibra de polipropileno.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.461	15.508	15.264
V2	55.406	15.511	15.317
V3	55.324	15.565	15.290

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 38**

*Dimensiones de cada prisma a 14 días con 0.2 % de fibras de polipropileno.*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
	55.670	55.528	55.328
	55.895	55.697	55.620
LARGO	55.690	55.395	55.725
	15.367	15.580	15.400
	15.245	15.420	15.385
ANCHO	15.425	15.391	15.435
	15.010	15.210	15.050
ALTURA	14.980	15.010	15.210
	15.090	14.910	14.890

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 39**

*Resumen promedio de cada a ensayar a 14 días con 0.2% de fibra de polipropileno.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.752	15.346	15.027
V2	55.540	15.464	15.043
V3	55.558	15.407	15.050

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 40**

*Dimensiones de cada prisma a 28 días con concreto convencional.*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
LARGO	55.895	55.528	55.321
	55.978	55.689	55.722
ANCHO	55.797	55.795	55.824
	15.358	15.513	15.413
ALTURA	15.308	15.414	15.388
	15.358	15.391	15.275
	15.032	15.215	15.051
	14.935	15.012	15.212
	15.137	14.910	14.880

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 41**

*Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 28 días- concreto convencional.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.890	15.341	15.035
V2	55.671	15.439	15.046
V3	55.622	15.359	15.048

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 42**

*Dimensiones de cada prisma a 28 días con 0.1% de fibras de polipropileno.*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
LARGO	55.893	55.624	55.421
	55.696	55.792	55.623
	55.592	55.597	55.526
	15.463	15.422	15.372
ANCHO	15.247	15.413	15.448
	15.406	15.397	15.277
	15.014	15.219	15.055
ALTURA	14.987	15.013	15.018
	15.091	14.919	14.899

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 43**

*Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 28 días con 0.1% de fibra de polipropileno.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.727	15.372	15.031
V2	55.671	15.411	15.051
V3	55.523	15.366	14.991

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 44**

*Dimensiones de cada prismas a 28 días con 0.2 % de fibras de polipropileno.*

PRISMAS	V1 (cm)	V2(cm)	V3 (cm)
LARGO	55.670	55.528	55.328
	55.895	55.697	55.620
	55.690	55.395	55.725
	15.367	15.580	15.400
ANCHO	15.245	15.420	15.385
	15.425	15.391	15.435

	15.010	15.210	15.050
ALTURA	14.980	15.010	15.210
	15.090	14.910	14.890

Fuente: Fuente propia 2019.

**Tabla 45**

*Resumen promedio de cada prisma a ensayar a 28 días con 0.2% de fibra de polipropileno.*

PRISMAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA(cm)
V1	55.752	15.346	15.027
V2	55.540	15.464	15.043
V3	55.558	15.407	15.050

Fuente: Fuente propia 2019.

I. ANEXO n.º 17. Resumen de datos y análisis para el cálculo del anova y para resistencia a flexión, validez.

**Tabla 49**

*Resumen de los datos exportados del EXCEL- del módulo de rotura alcanzados a 28 días de curado.*

<b>Estadísticos Descriptivos</b>							
MODULO DE ROTURA							
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		
					Límite inferior	Límite superior	Mínimo Máximo
CONTROL	3	,605871626416258	,017880998974984	,010323599571587	,561452762538730	,650290490293786	,590178970105682 ,625338433381905
0.1%	3	,649827505903947	,006984346512547	,004032414339133	,632477427340198	,667177584467697	,645067043005257 ,657845519802977
0.2%	3	,607080630677572	,003884289782320	,002242595751433	,597431519945945	,616729741409199	,603892866340475 ,611406970716131
Total	9	,620926587665926	,023790949512858	,007930316504286	,602639245013604	,639213930318248	,590178970105682 ,657845519802977

*Nota: Datos obtenidos del EXCEL, para el análisis de varianza (ANOVA) de un factor, variable cuantitativa y contraste de igualdad de poblaciones.*

2. ANEXO n.º 18. Fórmulas de módulo de rotura, según la NTP 339.078.

Prismas con 0%,0.1%y0.2% de fibras de polipropileno

$$Mr = \frac{PL}{bxh^2} = 109.35MPa \quad (1)$$

*Ecuación 1. Módulo de Rotura de resistencia a flexión. Fuente: NTP 339.078.*

Mr: es el módulo de rotura, en MPa.

P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N

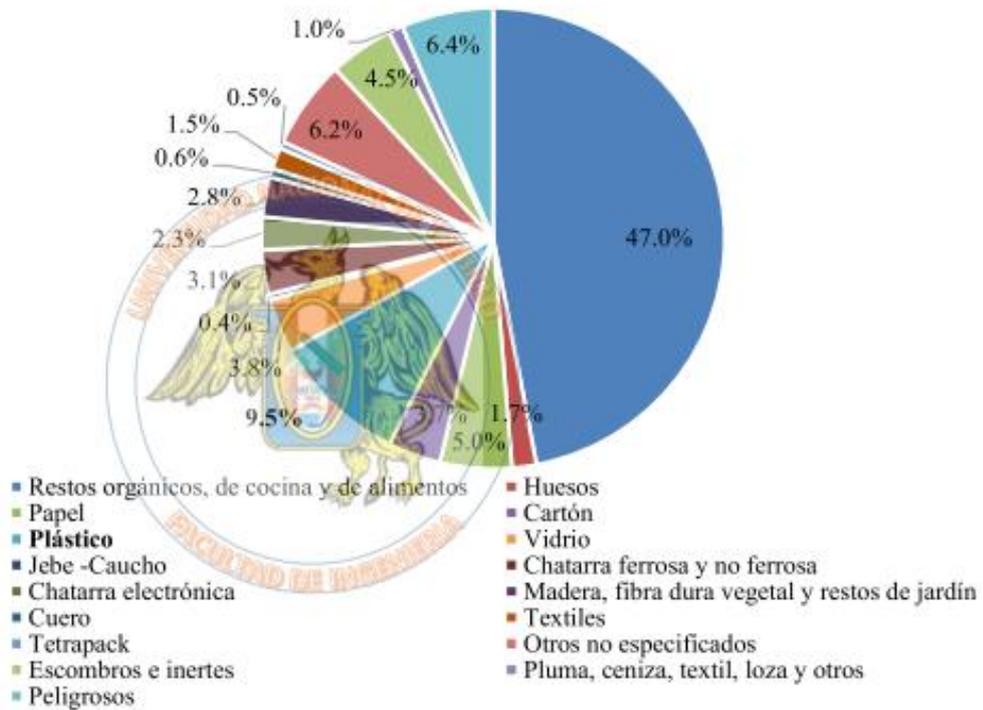
L: Es la luz libre entre apoyos, en mm

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

3. ANEXO n.º 19. Composición de residuos – SIGERSOL 2011.

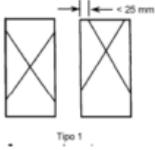
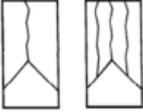
Figura 25, *Composición de residuos sólidos – 2011.*



Fuente: *SIGERSOL, 2011.*

- ANEXO n.º 20. Mecanismo de fallas en probetas sometida a ensayos a resistencia a compresión.

**GRÁFICO #9:** Esquema de los modelos típicos de fractura.

 <p>Tipo 1</p>	<p>Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25mm</p>
 <p>Tipo 2</p>	<p>Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, pero no bien definidos en el otro extremo</p>
 <p>Tipo 3</p>	<p>Fisuras verticales en columnas a través de ambos extremos, conos mal formados.</p>
 <p>Tipo 4</p>	<p>Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes;</p>
 <p>Tipo 5</p>	<p>Fractura a los lados, en el extremo superior o en el fondo</p>
 <p>Tipo 6</p>	<p>Fractura en los dos extremos del cilindro.</p>

Fuente: *mecanismo de fallas de resistencia a compresión según la NTP 339.034.*