

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y LA ELASTICIDAD DEL  
CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO  
REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO  
REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE  
HOJALATAS DE TARRO DE LECHE”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO**

**ASESOR:**

**MAG. ARIAS ENRIQUEZ FERNANDO MIGUEL**

**HUARAZ – ANCASH – PERÚ**

**2021**





**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	283

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS VIRTUAL N° 278**

En la ciudad de Huaraz, al (a los) DIECISEIS día (s) del mes de

NOVIEMBRE del DOS MIL VEINTIDÓS, siendo las 20 : 00 horas, se reunieron el

Jurado Evaluador integrado por:

PRESIDENTE : Ing. FELISMERO SALINAS FERNANDEZ  
 PRIMER MIEMBRO : Mag. Ing. LUIS ALBERTO ITA ROBLES  
 SEGUNDO MIEMBRO : Mag. Ing. RICHARD ALBERTO DEPAZ BLACIDO

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad de:

Tesis  Trabajo de suficiencia profesional, del (de la) Bachiller

OSCAR FELICIANO BARTOLO CANCHA

(de la Tesis) - (del Trabajo de suficiencia profesional) titulada:

**ANALISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION, FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE**

desarrollada bajo el asesoramiento de:

ASESOR : Mag. Ing. FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ  
 CO - ASESOR : .....

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición del aspirante; luego de las interrogantes, objeciones y aclaraciones y su absolución, el Jurado Evaluador determinó la calificación de:

APROBADO

Siendo las 10 : 00 horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.

\_\_\_\_\_  
 PRESIDENTE  
 Ing. FELISMERO SALINAS FERNANDEZ

\_\_\_\_\_  
 PRIMER MIEMBRO  
 Mag. Ing. LUIS ALBERTO ITA ROBLES

\_\_\_\_\_  
 SEGUNDO MIEMBRO  
 Mag. Ing. RICHARD ALBERTO DEPAZ BLACIDO

\_\_\_\_\_  
 ASESOR  
 Mag. Ing. FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ

\_\_\_\_\_  
 CO - ASESOR

\_\_\_\_\_  
 SUSTENTANTE  
 OSCAR FELICIANO BARTOLO CANCHA



## DEDICATORIA

A mis queridos padres Silvestre Bartolo Huaraz y María Lucia Cancha Componido, que iluminaron mi camino con su experiencia y sabiduría; guiando siempre mis pasos con amor y cariño para que hoy día pueda cumplir uno de mis objetivos profesionales.

A mis queridos hermanos Marco y Roger que me dieron las fuerzas para seguir siempre adelante y poder lograr así una de mis metas trazadas.



## AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento:

A la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, que es la Alma Mater de las generaciones venideras, por haberme dado la oportunidad de formarme en sus aulas y salir profesional.

A mis docentes, por sus invaluables enseñanzas en mi formación profesional; enseñanzas que han servido para darme una base sólida para la culminación de una de mis metas.

A mi asesor, Ing. Arias Enríquez Fernando Miguel por compartir su experiencia y gran apoyo en la elaboración de la presente investigación.

A la empresa Megaconcreto Ingeniería & Construcción SAC y Megaconcreto SAC por haberme brindado todo el apoyo en conocimientos, laboratorio, materiales, transporte, etc.

A Dios, por guiarme paso a paso en tomar decisiones correctas, por darme unos padres ejemplares. Y nunca abandonarme, y siempre estar aquí junto a mí, y a mi familia.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>14</b>
<b>PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>14</b>
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS	15
1.3. JUSTIFICACIÓN	16
1.4. OBJETIVOS DE LA TESIS	17
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	17
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES	18
1.5.1. HIPÓTESIS	18
1.5.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	19
1.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	20
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>22</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.	22
2.2. BASES TEÓRICAS	24
2.2.1. CONCRETO	24
2.2.2. ENSAYOS EN EL CONCRETO	27
2.2.3. FIBRAS EN EL CONCRETO	35
2.2.4. HOJALATA DE TARRO DE LECHE.	45
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>51</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>51</b>
3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA	51
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	51

3.3. LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN	51
3.4. CONTEXTO	52
3.5. UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA.	52
3.6. Y RECURSOS EMPLEADOS	53
3.7. PLAN DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	54
<b>CAPÍTULO IV. ....</b>	<b>59</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS Y PRISMÁTICAS .....</b>	<b>59</b>
4.1. ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICOS DE LOS AGREGADOS.	59
4.2. DISEÑO DE MEZCLA CON Y SIN ADICIONES	60
4.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO	67
4.4. ENSAYO A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS	68
4.5. ENSAYO DE FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS	73
4.6. CÁLCULO DE LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO POR EL MÉTODO DE SEGUNDO TEOREMA DE CASTIGLIANO	78
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>84</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS CON “PRUEBA T – STUDENT Y PRUEBA ESTADÍSTICA ANOVA Y TUKEY” .....</b>	<b>84</b>
5.1. DEFINICIÓN “PRUEBA T - STUDENT”	84
5.2. PRUEBA T – STUDEN EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SIN REFUERZO VS REFORZADO CON FIBRAS	88
5.3. PRUEBA T – STUDENT DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO SIN REFUERZO VS REFORZADO CON FIBRAS	90
5.4. PRUEBA T – STUDENT DE LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO VS REFORZADO CON FIBRAS	92
5.5. PRUEBA T – STUDENT DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO	94
5.6. PRUEBA T – STUDENT DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA RECICLABLE HOJALATA DE TARRO DE LECHE.	95
5.7. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE T – STUDENT DEL CONCRETO SIN REFUERZO VS CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CON FIBRA RECICLABLE DE HOJALATA	99
5.8. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE T – STUDENT DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO	100

5.9. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE T – STUDENT DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA RECICLABLE DE HOJALATA	101
5.10. DEFINICIÓN “PRUEBA ESTADÍSTICA ANOVA Y TUKEY”	102
5.11. PRUEBA TUKEY EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SIN REFUERZO Y REFORZADO CON FIBRAS	103
5.12. PRUEBA TUKEY EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO SIN REFUERZO Y REFORZADO CON FIBRAS	104
5.13. PRUEBA TUKEY EN DETERMINACIÓN DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO Y REFORZADO CON FIBRAS	105
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>112</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Diagrama del dispositivo para la prueba de flexión del concreto por el método de carga en el punto medio .....	30
<b>Figura 2</b> Curva normal para diferentes valores de DS, teniendo un mismo $\mu$ .....	31
<b>Figura 3</b> Sección típica de una fibra de acero .....	37
<b>Figura 4</b> Fibras metálicas sueltas y pegadas con anclaje en las extremidades.....	37
<b>Figura 5</b> Diferentes dimensiones de fibras metálicas.....	38
<b>Figura 6</b> Diferentes formas de fibras metálicas .....	38
<b>Figura 7</b> Mecanismo de control de propagación de las fisuras .....	39
<b>Figura 8</b> Aplicación de fibras de acero en túneles .....	42
<b>Figura 9</b> Aplicación de fibras de aceros en pavimento rígido.....	44
<b>Figura 10</b> Aplicación de fibras de acero en estructuras prefabricados .....	44
<b>Figura 11</b> Porcentaje de elementos químicos del sustrato metálico.....	46
<b>Figura 12</b> Rección de la hojalata colaminada ampliada 50x.....	48
<b>Figura 13</b> Tarros de leche para ser cortados en fibras.....	50
<b>Figura 14</b> Fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche.....	50
<b>Figura 15</b> Piedra chancada y arena gruesa .....	54
<b>Figura 16</b> Fibra de acero .....	55
<b>Figura 17</b> Fibra reciclable de hojalata de tarro de leche .....	55
<b>Figura 18</b> Ensayo de resistencia a la compresión .....	68
<b>Figura 19</b> Esquema de los patrones de tipos de facturas .....	68
<b>Figura 20</b> Resultados de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas.....	72
<b>Figura 21</b> Ensayo de resistencia a la flexión.....	73
<b>Figura 22</b> Resultados de resistencias a la flexión de probetas prismáticas.....	77
<b>Figura 23</b> Deflexión máxima en la viga.....	78
<b>Figura 24</b> gráfica esfuerzo vs deflexión.....	79
<b>Figura 25</b> Resultados del módulo E de probetas prismáticas.....	83
<b>Figura 26</b> Área de aceptación y de rechazo de prueba t .....	86
<b>Figura 27</b> Área de localización de prueba t.....	86



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Resumen de ensayos físicos de los agregados .....	28
<b>Tabla 2</b> Valores de t .....	32
<b>Tabla 3</b> Valores de dispersión n el control del concreto .....	33
<b>Tabla 4</b> Factor de incremento para $f'_{cr}$ para muestras menores a 30 ensayos .....	34
<b>Tabla 5</b> $f'_{cr}$ para ensayos menores de 15 o no se cuenta con datos estadísticos.....	34
<b>Tabla 6</b> Características mecánicas de las fibras .....	36
<b>Tabla 7</b> Tipos de fibra Maccaferri.....	40
<b>Tabla 8</b> Especificaciones técnicas de la fibra Wirand® FF4 .....	41
<b>Tabla 9</b> Resultado del análisis químico.....	46
<b>Tabla 10</b> Propiedades mecánicas .....	47
<b>Tabla 11</b> Densidad de hojalata .....	49
<b>Tabla 12</b> Cuadro de especímenes a elaborar .....	53
<b>Tabla 13</b> Resumen de ensayos físicos de los agregados .....	60
<b>Tabla 14</b> Diseño de mezcla del concreto sin refuerzo.....	61
<b>Tabla 15</b> Diseño de mezcla del concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	62
<b>Tabla 16</b> Diseño de mezcla del concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	63
<b>Tabla 17</b> Diseño de mezcla del concreto con 0.50% de fibra de hojalata.....	64
<b>Tabla 18</b> Diseño de mezcla del concreto con 0.75% de fibra de hojalata.....	65
<b>Tabla 19</b> Diseño de mezcla del concreto con 1.00% de fibra de hojalata.....	66
<b>Tabla 20</b> Datos del concreto en estado fresco .....	67
<b>Tabla 21</b> Resultado de resistencia a la compresión del concreto sin refuerzo .....	69
<b>Tabla 22</b> Resultado de resistencia a la compresión con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	69
<b>Tabla 23</b> Resultado de resistencia a la compresión con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.	70
<b>Tabla 24</b> Resultado de resistencia a la compresión con 0.50% de fibra de hojalata.	70
<b>Tabla 25</b> Resultado de resistencia a la compresión con 0.75% de fibra de hojalata.	70
<b>Tabla 26</b> Resultado de resistencia a la compresión con 1.00% de fibra de hojalata.	71
<b>Tabla 27</b> Resumen de los resultados de resistencias a la compresión.....	71
<b>Tabla 28</b> Resultado de resistencia a la flexión del concreto sin refuerzo .....	74
<b>Tabla 29</b> Resultado de resistencia a la flexión con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero .....	74
<b>Tabla 30</b> Resultado de resistencia a la flexión con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero .....	75
<b>Tabla 31</b> Resultado de resistencia a la flexión con 0.50% de fibra de hojalata .....	75
<b>Tabla 32</b> Resultado de resistencia a la flexión con 0.75% de fibra de hojalata .....	75

<b>Tabla 33</b>	Resultado de resistencia a la flexión con 1.00% de fibra de hojalata .....	76
<b>Tabla 34</b>	Resumen de los resultados de resistencias a la flexión .....	76
<b>Tabla 35</b>	Resultados de la elasticidad E del concreto sin refuerzo .....	80
<b>Tabla 36</b>	Resultados de la elasticidad E del concreto reforzado con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	80
<b>Tabla 37</b>	Resultados de la elasticidad E del concreto reforzado con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	80
<b>Tabla 38</b>	Resultados de la elasticidad E del concreto reforzado con 0.50% de fibra de hojalata .....	81
<b>Tabla 39</b>	Resultados de la elasticidad E del del concreto reforzado con 0.75% de fibra de hojalata .....	81
<b>Tabla 40</b>	Resultados de la elasticidad E del concreto reforzado con 1.00% de fibra de hojalata .....	82
<b>Tabla 41</b>	Resumen de los cálculos de la elasticidad de concreto.....	82
<b>Tabla 42</b>	Prueba T - Student de f <sub>c</sub> del concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero .....	88
<b>Tabla 43</b>	Prueba T - Student de f <sub>c</sub> del concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero .....	88
<b>Tabla 44</b>	Prueba T - Student de f <sub>c</sub> del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.50% de fibra de hojalata .....	89
<b>Tabla 45</b>	Prueba T - Student de f <sub>c</sub> del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.75% de fibra de hojalata .....	89
<b>Tabla 46</b>	Prueba T - Student de f <sub>c</sub> del concreto sin refuerzo vs reforzado con 1.00% de fibra de hojalata .....	89
<b>Tabla 47</b>	Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero  .....	90
<b>Tabla 48</b>	Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	90
<b>Tabla 49</b>	Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.50% de fibra de hojalata .....	91
<b>Tabla 50</b>	Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.75% de fibra de hojalata .....	91
<b>Tabla 51</b>	Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 1.00% de fibra de hojalata .....	91

<b>Tabla 52</b> Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	92
<b>Tabla 53</b> Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	92
<b>Tabla 54</b> Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.50% de fibra de hojalata .....	93
<b>Tabla 55</b> Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.75% de fibra de hojalata .....	93
<b>Tabla 56</b> Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 1.00% de fibra de hojalata .....	93
<b>Tabla 57</b> Prueba T - Student de f'c del concreto reforzado en proporciones de 20 kg/m <sup>3</sup> vs vs 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero .....	94
<b>Tabla 58</b> Prueba T - Student de Mr del concreto reforzado en proporciones de 20 kg/m <sup>3</sup> vs 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	94
<b>Tabla 59</b> Prueba T - Student de E del concreto reforzado en proporciones de 20 kg/m <sup>3</sup> vs 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero.....	94
<b>Tabla 60</b> Prueba T - Student de f'c del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 0.75% de fibra de hojalata .....	95
<b>Tabla 61</b> Prueba T - Student de f'c del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 1.00% de fibra de hojalata .....	95
<b>Tabla 62</b> Prueba T - Student de f'c del concreto reforzado en proporciones 0.75% vs 1.00% de fibra de hojalata .....	95
<b>Tabla 63</b> Prueba T - Student de Mr del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 0.75% de fibra de hojalata .....	96
<b>Tabla 64</b> Prueba T - Student de Mr del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 1.00% de fibra de hojalata .....	96
<b>Tabla 65</b> Prueba T - Student de Mr del concreto reforzado en proporciones 0.75% vs 1.00% de fibra de hojalata .....	97
<b>Tabla 66</b> Prueba T - Student de E del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 0.75% de fibra de hojalata .....	97
<b>Tabla 67</b> Prueba T - Student de E del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 1.00% de fibra de hojalata .....	97
<b>Tabla 68</b> Prueba T - Student de E del concreto reforzado en proporciones 0.75% vs 1.00% de fibra de hojalata .....	98



<b>Tabla 69</b> Resumen de la prueba T – Student de los resultados de resistencia a la compresión, módulo de rotura y elasticidad de concreto. ....	99
<b>Tabla 70</b> Resumen de la prueba T – Student de resistencia a la compresión, módulo de rotura y elasticidad del concreto reforzado con fibra de acero .....	100
<b>Tabla 71</b> Resumen de la prueba T – Student de resistencia a la compresión, módulo de rotura y elasticidad del concreto reforzado con fibra de hojalata .....	101
<b>Tabla 72</b> Resumen de la prueba Tukey de resistencia a la compresión .....	103
<b>Tabla 73</b> Resumen de la prueba Tukey de resistencia a la flexión .....	104
<b>Tabla 74</b> Resumen de la prueba Tukey de la elasticidad por flexión.....	105



## RESUMEN

La investigación es analizar y comparar las resistencias a la compresión, a la flexión y la elasticidad del concreto reforzado con fibra de acero y fibra reciclable de hojalata de tarro de leche, respecto al concreto sin refuerzo, con un diseño convencional de  $f'c = 28$  MPa; con la finalidad de evaluar el uso de la fibra de hojalata de tarros de leche como material que mejore las propiedades mecánicas del concreto. La fibra de acero se usó en dos proporciones de 20 kg y 25 kg por  $1 \text{ m}^3$  del concreto y la fibra de hojalata se usó en tres proporciones de 0.50%, 0.75% y 1.00% respecto al peso total de  $1 \text{ m}^3$  del concreto. La investigación es de tipo cuantitativa, diseño experimental, dónde se muestra con sustento de la NTP 339.183 “Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio” siendo un muestreo de tipo no probabilístico, por conveniencia, debido a la complejidad de su población.

El análisis en capítulo V mostrados en la tabla 69 “resumen de la prueba T – Student de los resultados de resistencia a la compresión, módulo de rotura y elasticidad”, muestra que los resultados del concreto reforzado con fibra de acero en sus dos proporciones por  $1 \text{ m}^3$  son válidas y significativas al aumentar su resistencia a la compresión en 7.68% y 8.02%, a la flexión en 4.02% y 6.76% y mejorando su elasticidad en 2.99% y 3.85% respectivamente.

Los resultados de los ensayos del concreto reforzado con fibra reciclable de tarro de leche también son válidas y significativas en sus proporciones de 0.75% y 1.00%, al aumentar la resistencia a la compresión en 6.02% y 8.65%, a la flexión en 4.31% y 10.33% y mejorando su elasticidad en 3.76% y 5.84% respectivamente. Las diferencias de los resultados demuestran que la fibra de hojalata incide mejor que la fibra de acero. La proporción de 0.50% no resulta significativo.

Al comparar los resultados según su proporción de fibra de acero se observa que no existe mucha diferencia a la vez no es significativo. Lo mismo se observa con el refuerzo de porcentaje de fibra de hojalata que al comparar con la prueba T – Student entre sí, las diferencias significativas son de la proporción de 0.75% y 1.00%.

Al tener los resultados favorables respecto al concreto sin refuerzo, se contrasta la hipótesis planteada de 5% a 20%, razón por lo cual se concluye y recomienda que la fibra de acero y hojalata es un buen refuerzo para el concreto.

## INTRODUCCIÓN

El concreto es un material que está presente en todo tipo de obras civiles, lo cual hace que la investigación este alineada a la necesidad y la exigencia que se tiene que cumplir mediante el control de calidad.

Entre los grandes proyectos que se desarrollan, se encuentran las obras viales, en ellas se tiene que el pavimento rígido, uno de los esfuerzos que más sufre es por flexión, donde la norma exige que, para albergar al tránsito, la resistencia a la flexión debe ser mayor o igual a 3.785 MPa que es considerada en el diseño respectivo.

Debido a estos problemas siempre se busca mejorar el comportamiento del concreto con los refuerzos más usados, que son el acero y las fibras, pero a la vez teniendo en cuenta la parte económica.

Esta investigación plantea incorporar nuevos refuerzos como es la fibra reciclable de hojalata de tarro de leche experimentándolo con las pruebas de resistencia a la compresión  $f_c$ , a la flexión  $M_r$  y su elasticidad  $E$  por el método de Segundo Teorema de Castigliano. Ensayos realizados demuestran que los resultados son favorables al reforzar el concreto con estas fibras, inclusive siendo más significativos comparado con los resultados del concreto reforzado con fibra de acero.

Al incorporar la fibra reciclable de hojalata como refuerzo para el concreto, es de gran importancia porque estamos aportando en la mejora del concreto en su resistencia a la compresión y a la flexión. Obteniendo así un concreto más resistente, más dúctil, con mayor tenacidad, disminuyendo las fisuras en su contracción plástica y en su estado endurecido, entre otras.

A la vez, con el uso de la fibra se logra reciclar los tarros de leche, lo cual es muy provechoso para el medio ambiente, disminuyendo los niveles de contaminación, ya que los tarros de leche se encuentran en todos lados, y aún no se le da un uso específico, por lo cual se recomienda a los nuevos tesisistas seguir en esta línea de la investigación, ya que también se busca la automatización en la fabricación de la fibra mencionada.

Por los resultados obtenidos, que son favorables, se puede aplicar el refuerzo de fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proyectos como pavimentos rígidos, losas industriales, túneles, canales, estructuras prefabricadas, obras de concreto lanzado en minerías, entre otros.

# CAPÍTULO I.

## PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Hoy en día el concreto es uno de los materiales más usados en la construcción civil y es por ello que cada día se busca mejorar sus propiedades mecánicas.

En el mercado existen muchos productos químicos para poder mejorar las propiedades del concreto, como son los aditivos, adiciones, las fibras, etc. Con lo cual se logra mayor resistencia en compresión y flexión, mayor trabajabilidad, mejorar la tenacidad y la ductilidad.

También, existen aditivos naturales y reciclables, que mejoran las propiedades del concreto pero que no son de uso común, tampoco han sido estudiados profundamente.

Como bien se sabe, el concreto es muy pobre a la resistencia a flexión y tracción. y de baja elasticidad, por lo cual se busca nuevos refuerzos que mejoren las propiedades del concreto, a la vez que sean económicos.

En la actualidad existen refuerzos que mejoran estas falencias, como son los diversos tipos de aceros y las fibras industriales, pero generan costos adicionales. Debido a este problema se hizo el análisis comparativo del concreto sin refuerzo, reforzado con fibra de acero industrial y reforzado con fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche para determinar la factibilidad del uso de dicha fibra.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En vista de la problemática descrita anteriormente, se busca darle uso a la fibra reciclable de hojalata de tarro de leche para mejorar las propiedades del concreto y poder reducir el grado de contaminación ambiental, se propuso hacer una investigación partiendo de las siguientes interrogantes.

### 1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la diferencia al comparar la resistencia a la compresión  $f^c$ , a la flexión  $M_r$  y su elasticidad  $E$  del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibra de acero y del concreto reforzado con las fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche?

### 1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

1. ¿Cuál es la resistencia a la compresión  $f^c$ , la flexión  $M_r$  y la elasticidad  $E$  del concreto  $f^c = 28$  MPa sin refuerzo?
2. ¿Cuál es la resistencia a la compresión  $f^c$ , la flexión  $M_r$  y la elasticidad  $E$  del concreto  $f^c = 28$  MPa reforzado con fibra de acero en proporciones de 20 kg y 25 kg por  $1 \text{ m}^3$  del concreto?
3. ¿Cuál es la resistencia a la compresión  $f^c$ , la flexión  $M_r$  y la elasticidad  $E$  del concreto  $f^c = 28$  MPa reforzado con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporciones de 0.50%, 0.75% y 1.00% respecto al peso total de  $1 \text{ m}^3$  del concreto?
4. ¿Cuál es la diferencia de la resistencia del concreto sin refuerzos respecto del concreto reforzado con fibras de acero y fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche?



### 1.3. JUSTIFICACIÓN

El concreto tiene un comportamiento muy pobre respecto a la resistencia a flexión, tracción y a la vez baja elasticidad, y hay estructuras altamente expuestas a este tipo de esfuerzos, como lo son: pavimento rígido, pavimento en aeropuerto, losa industrial, plataforma de puente, concreto lanzado e infinidad de estructuras. Las estructuras mencionadas, si no se previenen con refuerzos adicionales, pueden causar muchos problemas a futuro, generando fallas como fisuras y agrietamiento.

Los refuerzos que normalmente se usan son los aceros y fibras industriales, que generan costos adicionales, y es por ello que se busca reforzar con fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche, que el costo puede ser mínimo, y a la vez su uso sería de suma importancia, ya que se estaría mejorando las propiedades del concreto y reduciendo los niveles de contaminación.

Con esta investigación se puede lograr más adelante, reciclar y comercializar los tarros de leche logrando así un nuevo refuerzo.

## 1.4. OBJETIVOS DE LA TESIS

### 1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la resistencia a la compresión  $f'c$ , a la flexión  $M_r$  y la elasticidad  $E$  del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero y concreto reforzado con las fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche.

### 1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Determinar la resistencia a la compresión  $f'c$ , la flexión  $M_r$  y la elasticidad  $E$  del concreto  $f'c = 28$  MPa sin refuerzo.
2. Determinar la resistencia a la compresión  $f'c$ , la flexión  $M_r$  y la elasticidad  $E$  del concreto  $f'c = 28$  MPa reforzado con fibra de acero en proporciones de 20 kg y 25 kg por  $1\text{ m}^3$  del concreto.
3. Determinar la resistencia a la compresión  $f'c$ , la flexión  $M_r$  y la elasticidad  $E$  del concreto  $f'c = 28$  MPa reforzado con fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche en proporciones de 0.50%, 0.75% y 1.00% respecto al peso total de  $1\text{ m}^3$  del concreto.
4. Determinar la diferencia de la resistencia del concreto sin refuerzo con respecto del concreto reforzado con fibras de acero y fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche.

## 1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 1.5.1. HIPÓTESIS

#### HIPÓTESIS GENERAL

Al comparar la diferencia de los resultados de resistencia a la compresión  $f'c$ , a la flexión  $M_r$  y la elasticidad  $E$  del concreto reforzado con fibra de acero y fibra reciclable de hojalata de tarro son mayores respecto del concreto sin refuerzo.

#### HIPÓTESIS ESPECIFICAS

1. El concreto  $f'c = 28$  MPa reforzado con fibra de acero en proporciones de 20 kg y 25 kg por  $1 \text{ m}^3$  aumenta la resistencia a la compresión, a la flexión y mejora la elasticidad.
2. El concreto  $f'c = 28$  MPa reforzado con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporciones de 0.50%, 0.75% y 1.00% respecto al peso total de  $1 \text{ m}^3$  aumenta la resistencia a la compresión, a la flexión y mejora la elasticidad.
3. La diferencia de los resultados del concreto reforzado con fibra de acero y fibra reciclable de hojalata de tarro de leche son mayores en 5% a 20% respecto del concreto sin refuerzo.

## 1.5.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### VARIABLES INDEPENDIENTES

- Las fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche
- Las fibras de acero

### VARIABLES DEPENDIENTES

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a flexión
- Elasticidad de concreto

### VARIABLE CONTROLADA

- Diseño de la resistencia a la compresión del concreto normal  $f'_c = 28$  MPa.
- Propiedades físicas de los materiales (agregados, cemento)
- Geometría de la probeta cilíndrica y probeta prismática

## 1.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Cemento**

“Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos” (E.060, 2009, Art. 2.2).

- **Agregado**

“Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico” (E.060, 2009, Art. 2.2).

- **Agregado Fino**

“Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8”)” (E.060, 2009, p. 25).

- **Agregado Grueso**

“Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas” (E.060, 2009, Art. 2.2).

- **Fibras metálicas**

“Las fibras Wirand para refuerzo del concreto, son producidos con alambres de acero con bajo contenido de carbono. Actúan como una armadura tridimensional, absorbiendo las tensiones aplicadas en el elemento estructural, aumentan así su resistencia” (Bianchini Ingeniero, 2020, p. 3).

- **Hojalatas**

Se define como un recipiente rígido a base de metal que se usa para almacenar líquidos y/o sólidos, que puede además cerrarse herméticamente.

Está formado por una delgada capa de acero (dulce) de bajo contenido de carbono recubierta de estaño. Tiene buena estanqueidad y hermeticidad, Opacidad a la luz y radiaciones, Reciclabilidad, Resistencia mecánica y capacidad de deformación (Mincetur, 2009, p. 73).

- **Resistencia especificada a la compresión del concreto ( $f'_c$ )**

Resistencia a la compresión del concreto empleado en el diseño y evaluada de acuerdo con las consideraciones del Capítulo 5, expresada en MPa. Cuando dicha cantidad esté bajo un signo radical, se quiere indicar sólo la raíz cuadrada del valor numérico, por lo que el resultado está en MPa (E.060, 2009, Art. 2.2).

- **Resistencia de concreto a flexión**

“El Módulo de Rotura oscila entre un 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado.” (Masías, 2018, p. 18).

- **Modulo elasticidad:**

“Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material” (E.060, 2009, Art. 2.2).

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Las investigaciones e informes de tesis que se usaron como antecedentes se mencionan a continuación

1. Ñaupas y Sosa (2019) en su trabajo de grado, concluyen que la fibra de acero se puede usar en 90 kg por 1 m<sup>3</sup> del concreto como máximo, pasado a eso se pierde la trabajabilidad generando cangrejeras en estado endurecido lo cual hará que el concreto falle en menor carga.

También demuestran que el concreto reforzado con 90 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero aumenta su resistencia en 28.10% en carga axial, en 80.00% en resistencia a la flexión, también mejora la disminución del desprendimiento por fisura, aumenta la ductilidad y la tenacidad.

La finalidad de la investigación es mejorar el comportamiento del concreto ductilizando y ganando mayor resistencia en muros estructurales ya que están sometidos a deflexiones de entrepiso, lo cual es generado por efectos sísmicos y cargas laterales del viento, a consecuencia sufren fisuras, grietas, aplastamiento y trituración del concreto. Analizando los resultados concluye que el concreto reforzado con fibra de acero trabaja mejor en las placas frente a las fallas de corte, flexión y cizallamiento.

2. “XXV Congreso nacional de estudiantes de Ingeniería Civil 2017, organizado por la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo”, concurso de rotura de probetas de resistencia controlada adicionando materiales reciclables y concurso de resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas adicionando fibras naturales o reciclables, el ganador de resistencia a compresión fue la Universidad Tecnológica de los Andes – Abancay, obteniendo resultado favorable de 28.77 MPa y el ganador de resistencia a flexión fue la Universidad Ricardo Palma, obteniendo un resultado favorable de 6.80 MPa, ambos ganadores del concurso usaron fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche y concluyeron que ayuda al concreto en mejorar sus propiedades mecánicas.
3. Mendieta (2017), en su trabajo de grado, llegó a la conclusión que la presencia de fibras de acero no aumentó la resistencia a la compresión, al contrario, mostro pequeñas disminuciones en las diferentes dosificaciones de 5 kg/m<sup>3</sup> (27.92 MPa), 9 kg/m<sup>3</sup> (30.92 MPa) y 18 kg/m<sup>3</sup> (29.09 MPa), que se mantuvieron por debajo del concreto simple (31.85 MPa).

En cambio, en módulo de rotura resistencia a la flexión, todas las muestras reforzadas con fibras de acero en sus diferentes dosificaciones superaron a las muestras de concreto simple (3.73 MPa) aumentando su módulo de rotura para 5 kg/m<sup>3</sup> en 10.72% (3.73/4.13 MPa), para la dosificación 9 kg/m<sup>3</sup> aumentó un 7.77% (3.73/4.02 MPa) y finalmente, al adicionar 18 kg/m<sup>3</sup> aumentó el módulo de rotura en 9.11% (3.73/4.07 MPa).

4. Sotil y Zegarra (2015) en su trabajo de grado, concluyen que las fibras metálicas modifican el comportamiento frágil del concreto gracias a los puentes de transferencia de esfuerzos que genera. Se logra ductilizar la falla y controlar la propagación de fisura, ya que la resistencia a flexión es mayor a 20% y en resistencia a compresión aumenta mayor a 10% todo esto con respecto a un diseño patrón sin fibras.

También hace una comparación económica de los principales materiales a emplear en una losa, se obtienen ahorros de 53% para acero y 8% para concreto aproximadamente por m<sup>2</sup> de losa.



5. De La Cruz y Quispe (2014) en su trabajo de grado, concluyen: En cuanto a las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión axial ( $f'c$ ), la adición de fibra de acero no tiene mayor influencia en el aumento de la  $f'c$ , pues el incremento es muy pequeño. El aporte de las fibras a la resistencia a la compresión del concreto es que evita que este tenga una falla frágil, dándole ductilidad al compuesto.

En cuanto a la resistencia a la flexión o módulo de rotura ( $M_r$ ), se aprecia claramente el aumento de este valor con la fibra de acero presente en la mezcla de concreto. Se concluye entonces que la adición de fibra de acero es un factor relevante en el aumento de la resistencia a la flexión del concreto.

6. Carbajal y González (2012) en su trabajo de grado, concluyen: que al determinar la elasticidad del concreto por tres metodos que son ensayo por compresión, por flexión y según el Reglamento Colombiano de Construccion Sismo Resistente NSR-10. Donde determina las ecuaciones de modulo de elasticidad, según ensayo de resistencia a la compresión  $E = 1969\sqrt{f'c} MPa$ , resistencia a la flexión  $E = 2056\sqrt{f'c} MPa$  y según la norma Colombiana NSR-10  $E = 4700\sqrt{f'c} MPa$ . Los resultados fueron metodo de compresión = 8773.10 MPa, Flexión = 8400.10 y según NSR-10 = 19945.90 Mpa. Al analizar estos resultados la diferencia entre metodo de ensayo de compresión y flexión la diferencia es 4 % que practicamente son similares y comparando con la ecuación de NSR-10 la variación es 50%.

Los cálculos fueron a base el segundo teorema de Castigliano, la cual define que el módulo de elasticidad es inversamente proporcional al desplazamiento. Con el trabajo de grado también se concluye que la elasticidad estática del concreto es menor en más de 50% lo cual hace que los desplazamientos de las estructuras en la vida real son mayores que asumidas según la norma NSR-10.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. CONCRETO

#### a) Antecedentes históricos

El concreto fue usado desde tiempos muy antiguos por los egipcios, por los griegos y por los romanos, que sus estructuras reflejan hasta el día de hoy. A diferencia de hoy, ellos usaron el yeso calcinado, la piedra caliza calcinada, ladrillo partido como agregado, cenizas volcánicas, etc. **(Torre, 2004).**

Las obras más resaltantes con el concreto antiguo que se puede apreciar hasta el día de hoy, hechos por los romanos y los griegos son: el Coliseo y el Partenón **(Torre, 2004).**

A medida que avanzó el tiempo, también avanzaron los nuevos descubrimientos con el concreto, así apreciamos que, en 1774, el ingeniero John Smeaton, observó que, al combinar la cal viva con otros materiales, esta se hacía tan dura, lo cual aprovechó para la construcción de la primera estructura de concreto propiamente dicha, el faro de Eddystone en Inglaterra **(Torre, 2004).**

En 1825 en América se usó el concreto moderno con el cemento fabricado de cal hidráulica, siendo todo un éxito y aplicando en la construcción de canal de Erie **(Torre, 2004).**

Al pasar los años se fue perfeccionando cada vez más su uso, y apreciamos muchas estructuras importantes, como en 1902 en Francia donde se construyó un edificio de apartamentos con concreto reforzado, en 1914 se inició la construcción del Canal de Panamá, sienta un desafío total para la época; en 1921 la construcción de los vastos y parábolas hangares en aeropuerto de Orly en Paris, en 1933 la Penitenciaría de Alcatraz, donde mayormente se usó como agregado el ladrillo machacado, en 1973 en Australia la inauguración de la Casa de la Ópera en Sídney, donde se aprecia una perdurable imagen, hecho y acabado con concreto; en 1993 en Boston fue terminado el museo de John F. Kennedy, estructurado con concreto y con vistas impresionantes **(Torre, 2004).**

Hoy en día podemos apreciar que el concreto está presente en todo tipo de construcción, por lo cual se debe seguir investigando en esta línea.

## **b) Definición**

Es una mezcla de cemento, agua y agregados (fino y grueso), al ser combinado estos materiales genera aire atrapado por lo cual es un componente más. Opcionalmente y de acuerdo al uso se puede añadir los aditivos (Torre, 2004).

### c) **Ingredientes del concreto**

Como ingredientes del concreto se encuentra el cemento, agua, agregado fino y grueso, aire y en muchos casos, los aditivos.

- **Cemento**

El cemento es el elemento más costoso del concreto, que cumple una función importante al reaccionar con el agua, en estado fresco genera la pasta, la trabajabilidad, lo cual hace ligamento para unir el agregado fino y grueso; en seguida fragua con el calor de hidratación y en estado endurecido se encarga de dar la resistencia, de acuerdo al diseño y proporción (Torre, 2004).

Los cementos más usados en nuestro país son: el Portland, el cual debe cumplir estrictamente con la NTP 334.009, dentro de ellos encontramos el tipo I, II y V, el tipo III y IV que no se fabrican, cada tipo tiene una función especificada (Torre, 2004).

También existe cemento Portland adicionado, que tiene que cumplir con la NTP 334.082 y cada tipo de éste se usa de acuerdo a la necesidad y exigencias de cada proyecto (Torre, 2004).

- **Agua**

El agua es un elemento esencial para el concreto, se recomienda usar agua potable, al no ser así, se debe hacer su respectivo análisis que debe estar libre de colorantes orgánicos o sustancias químicas; y debe cumplir las especificaciones de NTP 339.088 y así no alterar la resistencia diseñada (Torre, 2004).

- **Agregado**

Los agregados son partículas que actúan como el esqueleto del concreto, ocupando alrededor de 75% del volumen por 1 m<sup>3</sup>, estos elementos tienen procedencia natural o artificial y necesariamente inorgánica que tiene que cumplir con las especificaciones de NTP 400.011 (Torre, 2004).

Según su naturaleza podemos clasificarlo en:

**Agregado fino**, conocido también como la arena gruesa, son partículas pasantes al 100% el tamiz 3/8” y retenidos en malla N° 200, normalmente son de procedencia de la desintegración de rocas (Torre, 2004).

**Agregado grueso**, son partículas retenidos en el tamiz N° 4, el tamaño máximo dependerá de acuerdo al uso que se aplicará y que varían desde 1/2”, 3/4”, 1” o a más, estos materiales pueden ser piedra chancada o la grava, como el canto rodado (Torre, 2004).

**Hormigón**, es un agregado global de arena más piedra, normalmente se extrae de ríos, hoy en día el uso del hormigón ya no es tan frecuente debido a que los estudios demuestran que sus resultados no son tan favorables (Torre, 2004).

Torre (2004) menciona que: “para usar los agregados en el concreto se debe de tener en cuenta los siguientes requisitos:

**Requisitos obligatorios**, granulometría y sustancias dañinas.

**Requisitos complementarios**, abrasión (método de los Ángeles) e impacto.

**Requisitos opcionales**, reacción álcali – sílice y equivalente de arena. Para la presente tesis solo se hicieron ensayos de propiedades físicas de agregado grueso y fino.

- ✓ Granulometría
- ✓ Peso específico
- ✓ Peso unitario seco (compactado y suelto)
- ✓ Absorción y humedad”

- **Aditivos o adiciones**

Los aditivos químicos o los adiciones como las fibras, microsíllice, nanosíllice, etc. Se usan de manera opcional, ya que depende de la especificación del concreto requerido (Torre, 2004).

## 2.2.2. ENSAYOS EN EL CONCRETO

Se lleva un control estricto de las propiedades del concreto en su estado fresco y endurecido con las normas especificadas para cada ensayo.

### a) Concreto en estado fresco

En estado fresco se ensayan y se registran los datos importantes para un concreto trabajable y un rendimiento adecuado, los cuales son:

- ✓ NTP 339.035, método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.
- ✓ NTP 339.046, Método de ensayo para determinar el peso unitario del concreto.
- ✓ NTP 339.184, Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas del concreto.

### b) Concreto en estado endurecido

El control del concreto en estado endurecido es indispensable para poder contrastar el diseño, se realiza el ensayo de resistencia a la compresión y a la flexión.

#### • Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión  $f'_c$  es el esfuerzo de carga  $P$  (N) entre el área  $A$  ( $\text{mm}^2$ ), los ensayos normalmente se realizan a los 28 días que llega a 100% de su resistencia (**Torre, 2004**).

Para su respectivo análisis se ha seguido la siguiente Norma y mencionamos algunos pasos importantes.

**NTP 339.034**, Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Las probetas tienen las medidas 150 mm x 300 mm manteniendo una relación altura/diámetro = 2, en caso que la relación es menor a 1.75 se usa factor de corrección (**NTP 339.034, 2008**).

Las probetas no son ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2 %. También se debe tener en cuenta que los ensayos facturados deben ser tal como se muestra en la tabla 1 (**NTP 339.034, 2008**).

**Tabla 1**

*Resumen de ensayos físicos de los agregados*

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 0,5$ h o $\pm 2,1$ %
3 d	$\pm 2$ h o $\pm 2,8$ %

7 d	± 6 h o´ 3,0 %
28 d	± 20 h o´ 3,0%
90 d	± 48 h o´ 2,2%

Fuente: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (2008). NTP 339.034

### Expresión de resultados

Según Torre (2004) La resistencia a compresión  $f'c$  se calcula mediante la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

En dónde:

$\sigma$ : Esfuerzo de resistencia de rotura a la compresión

P: Carga máxima de rotura en kilogramos

A: Área de superficie de contacto en  $cm^2$

- **Resistencia a la flexión**

Para proceder el ensayo se seguirán los pasos que menciona la norma: NTP 339.079 Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo.

La resistencia a flexión o módulo de rotura  $M_r$  se obtiene del ensayo en una viga simplemente apoyada con una carga puntual al centro.

La viga según la norma NTP 339.079 tiene las medidas de 150 mm de ancho, 150 mm de alto y 500 mm de largo (NTP 339.079, 2017).

Este ensayo se hace para probar estructuras que trabajan a flexión como el pavimento rígido, losa rígida, etc.

### Expresión de resultados

El módulo de rotura se calcula mediante la siguiente formula:

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

En dónde:

$M_r$ : Es el módulo de rotura, en MPa

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

L: Es la longitud del tramo, mm

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

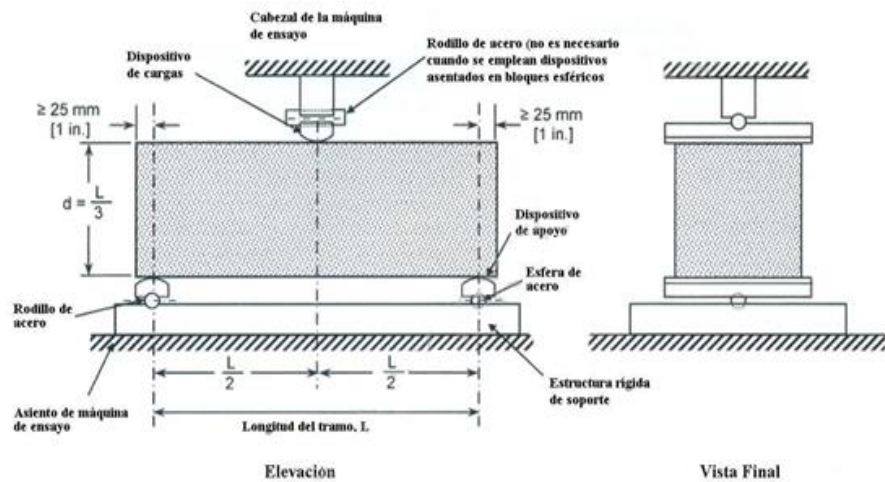
h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla en mm.

NOTA:

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

### Figura 1

Diagrama del dispositivo para la prueba de flexión del concreto por el método de carga en el punto medio



Fuente: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo NTP 339.079 (2017).

### c) Control estadístico en el concreto

El concreto es un material heterogéneo hace que los resultados del ensayo se dispersen a causa de técnicas de elaboración, transporte, colocación y curado. Por lo cual la resistencia del concreto se controla con aproximación de la distribución probabilística normal (Torre, 2004).

#### • Distribución normal (Campana de Gauss)

La práctica y los experimentos demuestran que el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto se ajusta a una distribución normal (Torre, 2004).

$$Y = \frac{1}{D_S \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{X - X_{PROM}}{D_S} \right)^2} \quad (3)$$

En dónde:

DS: Desviación Estándar

X<sub>PROM</sub>: Resistencia promedio

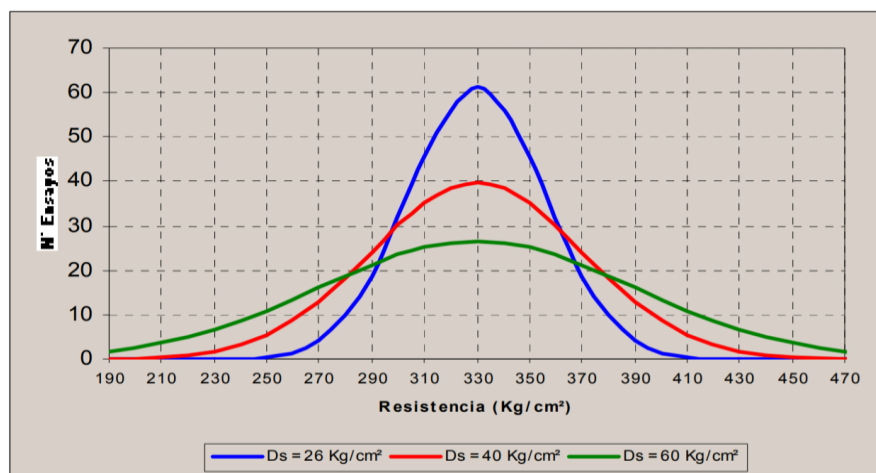
X: Resistencia de ensayo

Graficando la ecuación vemos que:

- ✓ Es simétrica con respecto a  $\mu$
- ✓ Es asintótica respecto al eje de las abscisas
- ✓ La forma y tamaño va depender de  $D_s$

**Figura 2**

*Curva normal para diferentes valores de DS, teniendo un mismo  $\mu$ .*



Fuente: Torre, A. (2004). Curso básico de Tecnología del concreto. Lima, Perú.

- **Desviación estándar**

Es la representación matemática que nos indica el grado de dispersión existente entre los resultados de ensayo de resistencia a la compresión de un determinado  $f'c$  (Torre, 2004).

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n-1}} \quad (4)$$

En dónde:

X<sub>PROM</sub>: Resistencia promedio

X: Resistencia individual

n: Numero de ensayos

- **Coefficiente de variación**



De acuerdo Torre (2004) Es la expresión matemática que permite establecer la variación existente de los ensayos de la resistencia. Pues la distribución normal permite estimar matemáticamente la probabilidad de la ocurrencia de los diferentes fenómenos que se presentan en función de parámetros mostrados (Torre, 2004).

$$V = \frac{D_S}{X_{PROM}} \times 100 \quad (5)$$

- **Factores de seguridad**

Son formulas y criterios de diseño que garantiza un factor de seguridad para compensar las variaciones de los resultados obtenidos. Depende mucho del expediente técnico, el reglamento de diseño y el diseñador. Siempre se debe asegurar que el concreto requerido en obra  $f'_{cr}$  debe tener un valor por encima de  $f'_c$  (Torre, 2004).

$$f'_{cr} = f'_c + tD_S \quad \text{ó} \quad f'_{cr} = \frac{f'_c}{1-tV} \quad (6)$$

En dónde:

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

$f'_c$ : Resistencia especificada

V: Coeficiente de variación

t: Factor que depende

- Del % de resultados  $< f'_c$  que se admitan
- De la probabilidad de ocurrencia

Cuando se tiene datos de promedio de ensayos realizados de ciertos números de probetas las ecuaciones anteriores se modifican de la siguiente manera.

$$f'_{cr} = f'_c + \frac{t}{\sqrt{n}} D_S \quad \text{ó} \quad f'_{cr} = \frac{f'_c}{1 - \frac{t}{\sqrt{n}} V} \quad (7)$$

En dónde:

n: N° de ensayos utilizados para obtener el promedio

**Tabla 2**

*Valores de t*

% de Pruebas dentro de los límites $\mu \pm t D_s$	Probabilidad de ocurrencia por debajo del límite inferior	t
40.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 741	3.00

Fuente: Torre, A. (2004). Curso básico de Tecnología del concreto. Lima, Perú.

**Tabla 3**

*Valores de dispersión n el control del concreto*

DISPERSION TOTAL					
Clase de Operación	Desviación Estándar para diferentes grados de control ( Kg/cm <sup>2</sup> )				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
Clase de Operación	Coeficiente de variación V para diferentes grados de control ( % )				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> 5.0

Fuente: Torre, A. (2004). Curso básico de Tecnología del concreto. Lima, Perú.

*Nota.* Las tablas 2 y 3 se pueden utilizar como referencia para estimar t, D<sub>s</sub> y V cuando no cuenta con los datos reales en obra con un grado de control adecuado. En caso que no se puede asumir el grado de control, se recomienda usar el valor más crítico (Torre, 2004).

- **Criterios del reglamento del ACI 318**

Se basa de que ensayo de resistencia a compresión es igual al promedio de ensayos de 2 probetas obtenidas de misma característica controlados hasta la edad de 28 días. Los valores serán favorables y satisfactorias siempre que cumplan los dos requisitos (Torre, 2004).

1. Cuando el promedio de todos los grupos de 3 ensayos de resistencia a compresión consecutivos sea  $\geq f'c$

$$f'cr = f'c + 1.34D_s \quad (8)$$

2. Ningún ensayo de resistencia debe ser menor que  $f'c$  en más de 35 kgf/cm<sup>2</sup>.

$$f'cr = f'c - 35 + 2.33D_s \quad (9)$$

Nota:

La ecuación 8 y 9 solo es válida cuando se cuenta con los resultados de 30 o más ensayos consecutivos de un concreto especificado y también cuando los valores no varían mayor a 70 kgf/cm<sup>2</sup> con  $f'c$  diseñado (Torre, 2004).

#### Cuando se tiene menos de 30 ensayos

En caso que se tenga datos menores de 30 ensayos el ACI recomienda el uso de tabla 4 para incrementar los valores.

**Tabla 4**

*Factor de incremento para  $f'cr$  para muestras menores a 30 ensayos*

Nº Ensayos	Factor de incremento
Menos de 15	Ver Tabla cuando no se conoce el Ds
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 ó más	1.00

Fuente: Torre, A. (2004). Curso básico de Tecnología del concreto. Lima, Perú.

#### Cuando se tiene menos de 15 ensayos

Si se tiene datos menores de 15 ensayos o no se cuenta con los datos estadísticos el ACI recomienda usar la tabla 5 para obtener  $f'cr$ .

**Tabla 5**

*$f'cr$  para ensayos menores de 15 o no se cuenta con datos estadísticos*

<b>f'c Especificado</b>	<b>f'cr (Kgcm<sup>2</sup>)</b>
< 210	f'c + 70
210 – 350	f'c + 84
> 350	f'c + 98

Fuente. Torre, A. (2004). Curso básico de Tecnología del concreto. Lima, Perú.

### 2.2.3. FIBRAS EN EL CONCRETO

#### a) Antecedentes históricos

El uso de las fibras viene de épocas muy remotas, cuando los habitantes de Mesopotamia usaron la paja como ligante de sus adobes, los egipcios usaron también la paja para la confección de los ladrillos. Desde esas épocas hasta el día de hoy, la paja es muy usada, como se aprecia en las viviendas de adobe (Sotil y Zegarra, 2015).

Al pasar los años se probaron muchos tipos de fibras, al hacer los respectivos estudios, estos fueron favorables, razón por la cual su uso se masificó en el siglo XX (Sotil y Zegarra, 2015).

A inicios del año 1950 empiezan a investigar más en profundidad las fibras de acero, y en el año 1963 llegando a conclusiones satisfactorias por Romualdi, Batos y Mandel (Sotil y Zegarra, 2015).

En los años 1970 se empezaron a usar en Europa, donde mayormente se concentró en España aplicando a pavimentos, túneles, puentes, etc.

Hoy en día, las fibras de acero y otros tipos de fibras son usadas en diferentes tipos de proyecto, aplican de acuerdo a la necesidad, dando resultados sobresalientes (Sotil y Zegarra, 2015).

#### b) Definición

Las fibras son filamentos discontinuos, producidos con una variada gama de formatos, dimensiones y destinados específicamente para uso en concreto y argamasas. Tiene como finalidad principal inhibir el surgimiento de fisuras, así como su propagación en elementos estructurales como pisos y pavimentos, concreto proyectado, revestimiento de túneles y piezas prefabricadas (MACCAFERRI América Latina, 2007, p. 3).

#### c) Tipos de fibras

“La adición de fibras a la masa de concreto confiere ciertas propiedades, ya sea en estado fresco o en estado endurecido. Es por esto que se pueden clasificar de la siguiente manera” (Sotil y Zegarra, 2015, p. 43).

- ✓ “Fibras No Estructurales: controlan la fisuración por retracción (estado fresco), así también como resistencia al fuego, abrasión e impacto” (Sotil y Zegarra, 2015, p. 43).
- ✓ “Fibras Estructurales: brindan una mayor energía de rotura y proporcionan mejora en la resistencia a la fisuración en estado endurecido” (Sotil y Zegarra, 2015, p. 43).

Por otra parte, la clasificación de las fibras también se da por la materia prima con la cual son producida, entre las cuales se tienen:

- ✓ Naturales: amianto (asbesto), celulosa y carbono.
- ✓ Sintética: nylon, polipropileno, vidrio y otras.
- ✓ Metálicas: acero carbono, inox y sus aleaciones y aluminio (Sotil y Zegarra, 2015, p. 43).

La tabla 6 muestra la propiedad mecánica de las fibras.

**Tabla 6**

*Características mecánicas de las fibras*

Fibras	Diámetro (μm)	Densidad (10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> )	Modulo elástico (kN/mn <sup>2</sup> )	Resistencia a tracción (kN/mn <sup>2</sup> )	Elongación a ruptura (%)
Acero	5 - 500	7,84	200	0,5 - 2	0,5 - 3,5
Vidrio	9 - 15	2,60	70 - 80	2-4	2 - 3,5
Amianto	0,02 - 0,04	3,00	180	3,30	2 - 3
Polipropileno	20 - 200	0,90	5 - 7	0,5 - 0,75	8
Nylon	-	1,10	4	0,90	13 - 15
Polietileno	-	0,95	0,30	0,0007	10
Carbono	9	1,90	230	2,60	1
Kevlar	10	1,45	65 - 133	3,60	2,1 - 4
Acrílico	18	1,18	14 - 19,5	0,4 - 1	3

Fuente: Fibras Wirand y Fibromac, Manual interno de entrenamiento promocional (2009). Maccaferri

Se observa las diferencias de sus propiedades en resistencia, tracción y alargamiento en rotura de las fibras mostradas en tabla 6. Donde la fibra de acero es recomendable por tener elasticidad 3 veces mayor al del concreto (Sotil y Zegarra, 2015).

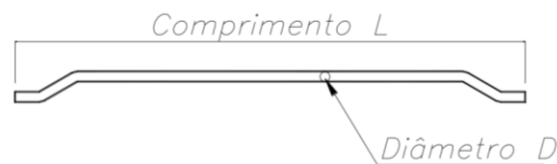
Las fibras mostradas cumplen sus respectivas funciones, de las cuales para la presente tesis se usó fibras de acero y detallamos a continuación.

- **Fibras Metálicas**

Se utilizan como refuerzo tridimensional en el concreto, dispersas homogéneamente en el volumen. Básicamente, las fibras de acero se caracterizan geoméricamente por la longitud (L), por el diámetro equivalente (De) y anclaje en las extremidades, según como se puede ver en la figura 3 y 4 (Sotil y Zegarra, 2015, p. 46).

### Figura 3

*Sección típica de una fibra de acero*



Fuente: Fibras Wirand y Fibromac, Manual interno de entrenamiento promocional (2009). Maccaferri.

La relación entre la longitud y el diámetro equivalente se denomina esbeltez o factor de forma ( $\lambda$ ) y esta expresado de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{L}{D_e}$$

### Figura 4

*Fibras metálicas sueltas y pegadas con anclaje en las extremidades*

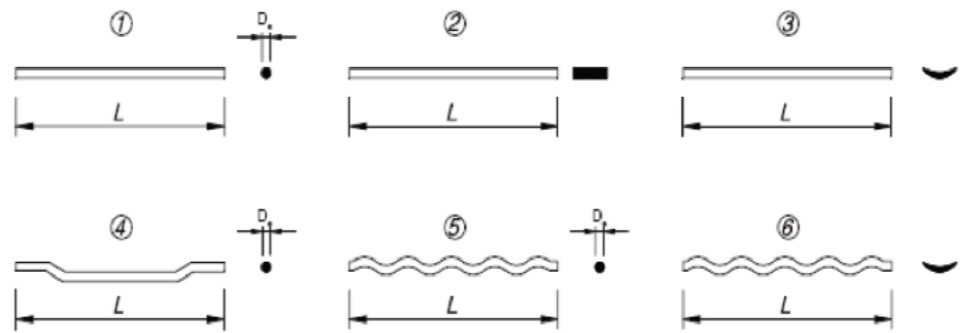


Fuente: Fibras Wirand y Fibromac, Manual interno de entrenamiento promocional (2009). Maccaferri.

Las fibras son variables en su geometría de longitud, espesor, forma y sección como muestran las figuras 5 y 6 (Sotil y Zegarra, 2015).

**Figura 5**

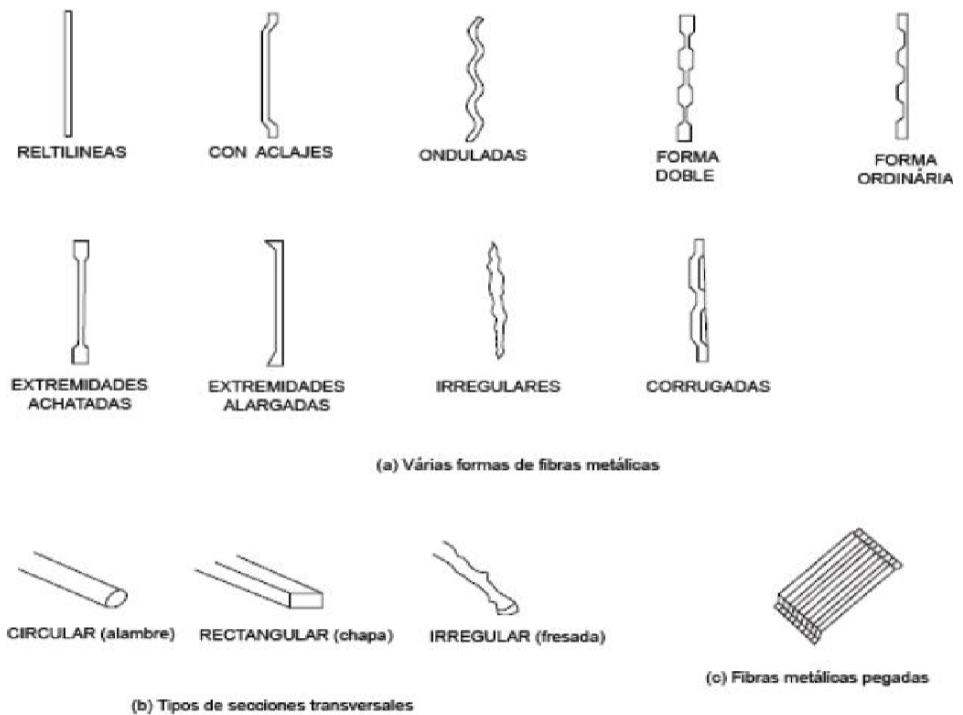
*Diferentes dimensiones de fibras metálicas*



Fuente: Fibras Wirand y Fibromac, Manual interno de entrenamiento promocional (2009). Maccaferri.

**Figura 6**

*Diferentes formas de fibras metálicas*



Fuente: Fibras Wirand y Fibromac, Manual interno de entrenamiento promocional (2009). Maccaferri.

Las fibras de acero están consideradas como refuerzo primario del concreto, por tener un alto módulo de elasticidad, no se limitan a la aplicación de control de fisuración. Las dimensiones oscilan entre 0.25 y 0.80 mm de diámetro y entre 10 y 75 mm de longitud. Existen

varios métodos de obtención de fibras, según la norma ASTM A 820, se califican en cuatro tipos (Sotil y Zegarra, 2015, p. 49).

- ✓ Tipo I: Alambre trafilado en frío
- ✓ Tipo II: Hojas sueltas
- ✓ Tipo III: Extraídos en fusión
- ✓ Tipo IV: Otros tipos de fibra

El método de obtención más común es el Tipo I, las fibras de alambre trafilado en frío son procesadas a través de esferas de acero que son estiradas en forma de hilos de alambre de sección circular, para posteriormente, ser fruncidas para formar fibras deformadas (Maccaferri 2009, p.4).

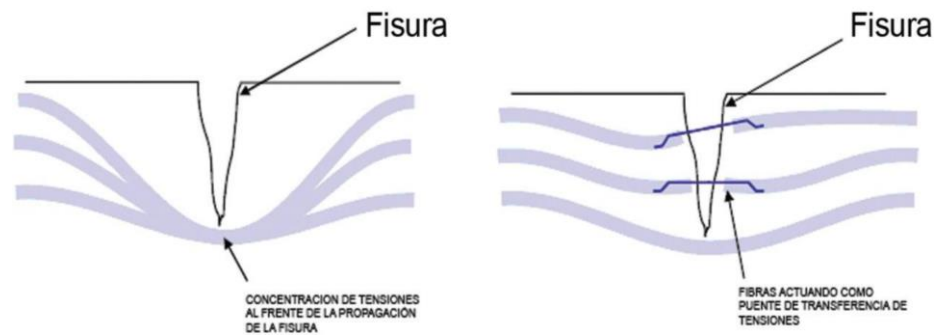
Como ya se sabe, el refuerzo con fibras de acero discontinuas y aleatoriamente distribuidas en la pasta de concreto, tienen como principal función controlar la propagación de fisuras Figura 7. Pues modifica el comportamiento mecánico, aumentando considerablemente la capacidad de absorción de energía Tenacidad (Maccaferri 2009, p.4).

El concreto se transforma en un material con característica frágil a dúctil. Este fenómeno ocurre porque las fibras crean puentes de transferencia de tensiones a través de las fisuras de bajo módulo, como es el caso de la retracción plástica en concreto (Maccaferri 2009, p.4).

### **Figura 7**

*Mecanismo de control de propagación de las fisuras*





Fuente: Fibras Wirand y Fibromac, Manual interno de entrenamiento promocional (2009). Maccaferri.

Las fibras de acero son más eficientes que otro tipo de fibra, gracias a su alta resistencia a la tracción, mayor módulo de elasticidad y la gran facilidad de adherencia a la mezcla. La fragilidad característica del concreto se reduce gracias a la disipación de energía, brindada por el trabajo en la ruptura de la adherencia entre la fibra y la matriz y posterior arrancamiento de las fibras. Se presenta una capacidad de resistencia post-fisuración, lo cual genera una redistribución de esfuerzos. Esta característica es de mucha utilidad para elementos de superficie continuos, como es el caso de pisos y pavimentos rígidos (Maccaferri, 2009, p.5).

- **Fibras Wirand® de Maccaferri**

La nomenclatura adoptada para las fibras Wirand®, básicamente, se refieren a su aplicación:

FF = fiber flooring – fibras para pisos

FS = fiber shotcrete – fibras para concreto proyectado

Actualmente, se encuentran en el mercado los siguientes tipos de fibras Wirand® Tabla 7 (Maccaferri, 2009, p.5).

**Tabla 7**

*Tipos de fibra Maccaferri*

Código de la Fibra	Material de Producción	Resistencia a la tracción (Mpa)	Dimensiones			
			Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Factor de Forma (L/d)	Número de fibras por kg
Wirand® FF1	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1100	50	1.00	50	3244
Wirand® FF3	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	50	0.75	67	5767
Wirand® FF4	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	60	0.75	80	4806
Wirand® FS1	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	37	0.55	67	14348
Wirand® FS3N	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	33	0.75	44	8651
Wirand® FS4N	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1200	33	0.60	55	13518
Wirand® FS7	Alambre de acero con bajo contenido de carbono trefilado a frio	1300	33	0.55	60	16087

Fuente. Fibras Wirand y Fibromac, Manual interno de entrenamiento promocional (2009). Maccaferri.

Para la presente tesis se usarán la fibra Wirand® FF4 debido a que sus antecedentes demuestran que da mejores resultados, a continuación, se detalla sus características.

- **Fibras Wirand® FF4 (80/60)**

Es una de las fibras más usadas, por lo cual Maccaferri nos muestra sus especificaciones técnicas y su campo de aplicación en la tabla 8.

### Tabla 8

*Especificaciones técnicas de la fibra Wirand® FF4*

<b>Propiedades Físicas</b>		<b>FF4</b>
Relación L/d (largo/diámetro)	-	80
Tolerancia del valor individual de la relación L/d	%	15
Tolerancia del valor medio de la relación L/d	%	7.5
Diámetro	mm	0.75
Tolerancia del valor individual del diámetro	%	10
Tolerancia del valor medio del diámetro	%	5
Largo	mm	60
Tolerancia del valor individual del largo	%	5
Tolerancia del valor medio del largo	%	5
<b>Propiedades Mecánicas</b>		<b>FF4</b>
Resistencia a la tracción del acero	Mpa	>1200
Deformación en la ruptura	%	<4
Módulo Elástico	Mpa	210000
Aplicación	<b>FF4</b>	
Campos de aplicación	Pavimentos y pre-fabricados	
Número de fibras por kilogramo	4806	

Fuente: Hoja técnica Wirand® FF4 (2011). Maccaferri.

#### d) Aplicaciones de las fibras de acero

El campo de aplicación de fibras de acero se da en estructuras donde el esfuerzo es a flexión.

A continuación, se menciona proyectos donde es frecuente su uso.

- **Túneles**

Los usos de fibras de acero en los túneles tienen bastante ventaja debido a su facilidad de uso, a la vez ayuda en aumentar la tenacidad del concreto, reduce la fisuración, reduce el espesor del gunitado, menor rebote al momento del impacto al lanzar el concreto en estado fresco, reduce la permeabilidad, etc. **(Bianchini Ingeniero, 2020)**.

Este tipo de estructuras se encuentra en obras viales, en la minería, donde normalmente lo usan como concreto lanzado.

Con el principio de concreto lanzado y sus ventajas que se tiene también se puede aplicar en los taludes, en revestimiento de canales **(Bianchini Ingeniero, 2020)**.

#### Figura 8

*Aplicación de fibras de acero en túneles*



Fuente: Fibras refuerzo estructural del hormigón (2020). Bianchini Ingeniero.

- **Pavimentos**

La aplicación de las fibras de acero en los pavimentos y estructuras similares son los que resaltan más debido a que el pavimento es una estructura frágil, en el cual las fibras cumplen la función de ductilizar. La fibra de acero Wirand® tiene modulo elástico de 210000 MPa como muestra la tabla 8, lo cual hace que tengan una resistencia elevada a la tracción, a la vez la gran cantidad de fibras por 1 kg hace que la estructura se forme una armadura tridimensional donde está distribuido uniformemente (**Bianchini Ingeniero, 2020**).

Usando las fibras de acero en pavimentos y similares podemos garantizar en la estructura la reducción de fisuración, mayor resistencia al punzonamiento, mayor ductilidad por variación de cargas, mayor resistencia por variaciones térmicas, menor permeabilidad, mayores longitudes en las juntas, menor espesor del concreto, su facilidad de uso y la economía frente a la malla electrosoldada o el acero (**Bianchini Ingeniero, 2020**).

Para un buen control en pavimento y liberación de tránsito se debe realizar los ensayos de resistencia a la flexión siendo este valor mayor a 3.785 MPa (**Norma CE.010 Pavimentos urbanos, 2010**).

Los estudios recomiendan de  $20 \text{ kg/m}^3$  a  $45 \text{ kg/m}^3$ , pero se calcula la cantidad exacta mediante un diseño, tomando en cuenta la economía y su trabajabilidad del concreto.

### Figura 9

*Aplicación de fibras de aceros en pavimento rígido*



Fuente: Fibras refuerzo estructural del hormigón (2020). Bianchini Ingeniero.

- **Prefabricados**

En campo de estructuras prefabricados con concreto la aplicación de las fibras de acero está presente, ya que mejora en calidad estética, mayor resistencia en proceso de fabricación por los esfuerzos que sufre, mayor resistencia en proceso de traslado por los golpes que sufre, mayor ductilidad, mayor producción debido a que puede llegar reemplazar en completo el acero de refuerzo, etc. **(Bianchini Ingeniero, 2020)**

El concreto fibroreforzado se aplica en elementos como dovelas para túneles, paredes prefabricadas, fundaciones, hornos y tanques de agua, vigas especiales, sumideros y tubos prefabricados.

Algunos de los elementos se pueden apreciar en la figura 10.

### Figura 10

*Aplicación de fibras de acero en estructuras prefabricados*



Fuente: Fibras refuerzo estructural del hormigón (2020). Bianchini Ingeniero.

En resumen, se puede concluir que el concreto reforzado con fibra de acero Wirand® mejora sus propiedades mecánicas aumentando la ductilidad con mayor resistencia a flexión y tracción, aumento ligero en resistencia a la compresión, mayor resistencia en tensión directa, mayor tenacidad absorbiendo la energía en la deformación post-fisuración, mayor torsión y cortante, mejora la fatiga, concreto más compacto evitando la permeabilidad, entre otros (Bianchini Ingeniero, 2020).

#### 2.2.4. HOJALATA DE TARRO DE LECHE.

##### a) Producción anual de la leche envasada de 400g

El mercado de la leche en su presentación normal de tarro de 400 gramos mueve entre 5 mil a 6 mil millones de soles al año en el Perú, entre los más comerciales son la Gloria, Laive y Nestle. El caso de Pura Vida no se tomó en cuenta por tener problemas legales que cuenta (Tavara, 2017).

Viendo desde el punto de la vista del costo unitario cada tarro en el mercado se vende a s/. 3.00 soles entonces.

$$\#_{\text{tarro de leche anual}} = \frac{5 \times 10^9}{3.00} @ \frac{6 \times 10^9}{3.00} = 1.667 \times 10^9 @ 2 \times 10^9 \quad (10)$$

La ecuación N° 10 muestra la cantidad de tarros de leche anual, por lo cual no existen problema para producir grandes cantidades del concreto reforzado con fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche ya que aproximadamente por m<sup>3</sup> de concreto entra de 500 a 1000 tarros de leche lo cual se estima que se puede producir 2 millones m<sup>3</sup> de concreto al año.

**b) Caracterización de las propiedades mecánicas de hojalatas de tarro de leche.**

Se analizaron las propiedades mecánicas de hojalatas en laboratorios especializados de compañía Siderúrgica Huachipato (CSH) y de Universidad Austral de Chile (**Cabrera, 2003**).

- **Análisis químico**

El ensayo se aplica a la hojalata extrayendo el recubrimiento del polímero y el cromo, en la tabla 9 se aprecia los resultados (**Cabrera, 2003**).

**Tabla 9**

*Resultado del análisis químico*

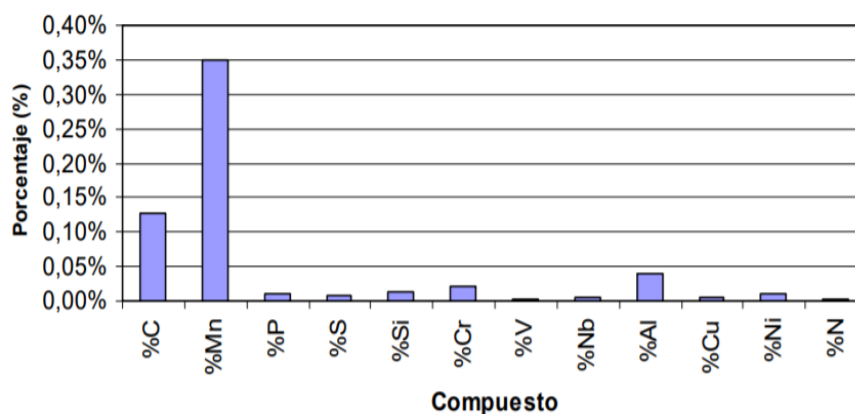
%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cr	%V	%Nb	%Al	%Cu	%Ni	%N
0.126	0.350	0.011	0.007	0.013	0.020	0.0020	0.0050	0.040	0.006	0.010	0.0039

Fuente. Cabrera, F. (2003). Caracterización de las propiedades mecánicas y del desempeño de una hojalata colaminado. Valdiia, Chile.

**Figura 11**

*Porcentaje de elementos químicos del sustrato metálico*

## ANÁLISIS QUÍMICO



Fuente: Cabrera, F. (2003). Caracterización de las propiedades mecánicas y del desempeño de una hojalata colaminado. Valdivia, Chile.

*Nota.* En la figura 11 se aprecia que los más resaltantes son el carbono y el manganeso ocupando el 80.14% de sus componentes. lo cual demuestra que representa un acero de bajo espesor y baja aleación debido que otros elementos representa en baja porcentaje, por lo tanto, se dice que el material es equivalente a un SAE 1010 bajo contenido de carbono (Cabrera, 2003).

- **Propiedades mecánicas**

Los ensayos aplicados a la muestra de hojalata, rigen según las normas NCh198Of56 de Dureza, NCh1147.Of1977 en el ensayo de resistencia a la tracción (Cabrera, 2003).

**Tabla 10**

*Propiedades mecánicas*

Espesor mm	Dureza HB 30T	Ruptura kg/mm <sup>2</sup>	Fluencia kg/mm <sup>2</sup>	Alarg. %
0.265	60	42.5	34.09	24.3

Fuente: Cabrera, F. (2003). Caracterización de las propiedades mecánicas y del desempeño de una hojalata colaminado. Valdivia, Chile.

*Nota.* Se sabe que los aceros que sufren un alargamiento mayor a 0.05 cm/cm o 5% pertenece al acero dúctil. Entonces la hojalata es muy



dúctil que tiene gran capacidad de deformarse al soportar esfuerzos grandes de tracción sin llegar a la rotura. En la tabla 10 también se observa que soporta gran alargamiento antes de ruptura y a la vez un límite de fluencia alta (Cabrera, 2003).

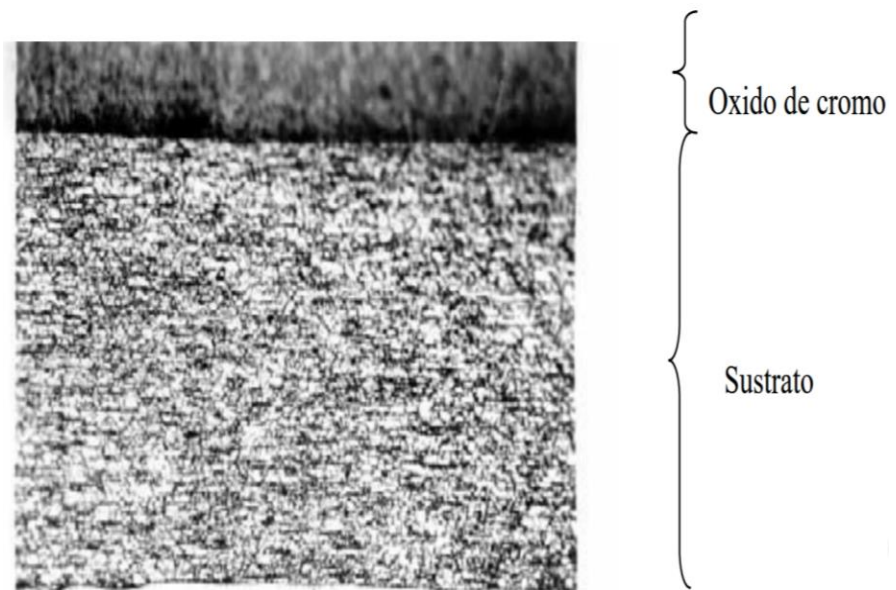
- **Análisis metalográfico**

Los ensayos metalográficos dieron los respectivos resultados:

- ✓ Grano equiaxial tamaño 9-10 según norma ASTM
- ✓ Espesor del sustrato 0,25 mm
- ✓ Espesor del cromo 0,02  $\mu\text{m}$  y
- ✓ Espesor del recubrimiento 50  $\mu\text{m}$

**Figura 12**

*Rección de la hojalata colaminada ampliada 50x*



Fuente: Cabrera, F. (2003). Caracterización de las propiedades Mecánicas y del desempeño de una hojalata colaminado. Valdivia, Chile.

- **Ensayo de porosidad**

Las hojalatas presentan en mayor o menor medida las discontinuidades microestructurales, porosidad y defecto en su recubrimiento, que son la causa de corrosión (Cabrera, 2003).

- **Densidad de lata**

La densidad de hojalata es 7.80 ton/m<sup>3</sup>, en muchas veces no es notorio este valor debido a que la presentación en su espesor es muy delgada (Cabrera, 2003).

**Tabla 11**

*Densidad de hojalata*

	Aluminio	Hojalata
Costo por tonelada	1525 \$ (99)	811 \$
Densidad en toneladas/m <sup>3</sup>	2,8	7,8
Resistencia	Moderado	Muy fuerte
Corrosión	Atacado por sal, acidas y álcalis	Exteriormente podría oxidarse; interiormente atacado por algunos alimentos

Fuente. Cabrera, F. (2003). Caracterización de las propiedades mecánicas y del desempeño de una hojalata colaminado. Valdivia, Chile.

- **Reciclado de hojalatas**

En países europeos se han trazado objetivos de reciclar hasta 100% de las hojalatas, la delantera lo lleva Suecia con 91%. Se sabe que el uso de hojalatas es alto por tal motivo cada país quiere darle su uso reciclable, a la vez beneficiando a la sociedad al generar economía y sobre todo por el bien de medio ambiente, que se disminuye el grado de contaminación (Cabrera, 2003).

En nuestro país también hay objetivos de reciclar, solo que no lo hacen a gran magnitud por falta de múltiples usos que se daría. Con la presente tesis se masificaría la idea y los tarros de leche reciclados serían un producto sumamente importante para el concreto.

- **Fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche**

Los tarros de leche son rugosos y tienen forma de rollos, pues esta forma hace que convirtiéndolo en fibras tienen las mismas características que las fibras industriales.

Las fibras para la presente tesis han sido cortadas en dimensiones de 50.00 mm de largo y de (1.00 a 2.00 mm) de ancho como se muestra en la figura 14.

Al comparar la cantidad de fibras en un peso determinado se concluye que el número de fibras de hojalatas son 3.50 veces mayor que las de fibras de acero.

**Figura 13**

*Tarros de leche para ser cortados en fibras*



**Figura 14**

*Fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche*



## CAPÍTULO III.

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA

El enfoque de investigación es cuantitativo, debido a que se registran las medidas, los datos, los ensayos de variables intervinientes para luego determinar la resistencia a la compresión, módulo de rotura y elasticidad del concreto del modelo aplicado en un laboratorio especializado.

Para cada uno de los ensayos e interpretación de los resultados se han seguido los establecido en la Norma Técnica Peruana.

#### 3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se ha desarrollado es de tipo cuasi experimental, diseño con post prueba y grupos intactos. Ya que se manipulan variables independientes y dependientes.

Además, es aplicada en vista que las conclusiones de esta investigación podrán servir para dar el uso del nuevo refuerzo en concreto normal en pavimentos rígidos, losas industriales y obras similares.

#### 3.3. LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se limita a comparar la resistencia a la compresión, módulo de rotura y la elasticidad del concreto  $f'c = 28$  MPa sin refuerzo, reforzado con fibra

de acero y reforzado con fibra reciclada de hojalata de tarro de leche, donde la fibra de acero será proporcionada en 20 kg y 25 kg por 1 m<sup>3</sup> de concreto y la fibra de hojalata de tarro de leche se proporcionará en 0.50%, 0.75%, y 1.00% respecto al peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto.

Los ensayos de laboratorio se limitan; a la carga axial en resistencia a la compresión para probetas cilíndricas, la carga puntual al medio entre apoyos para módulo de rotura y determinación de la elasticidad en probetas prismáticas.

### **3.4. CONTEXTO**

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Huaraz, ubicada a una altitud aproximada de 3052 msnm. La temperatura media anual es 14 °C, con oscilaciones de temperaturas máximas y mínimas de 24 °C y 6 °C respectivamente, además presenta una humedad relativa promedio de 73.5%.

### **3.5. UNIDAD DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA.**

#### **3.5.1. Población**

Concreto  $f'c = 28$  MPa sin refuerzo, reforzado con fibra de acero y reforzado con fibra reciclada de hojalata de tarro de leche.

#### **3.5.2. Muestra**

Debido a la complejidad de los ensayos, la muestra será del tipo no probabilístico, realizando un muestreo por conveniencia.

Para un buen muestreo se aplica la NTP 339.183, Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio, donde en capítulo 5 “Especímenes”, ítem 5.5 “Número de especímenes” menciona que se deben muestrear 3 o más especímenes por cada edad de ensayo.

Siguiendo estas recomendaciones se tomaron muestras representativas como se muestra en la (Tabla 12 cuadro de especímenes a elaborar), las cuales fueron ensayados a los 28 días de edad.

**Tabla 12***Cuadro de especímenes a elaborar*

Concreto	Refuerzo en (kg/m <sup>3</sup> ) o %	N° de probetas para ensayo a compresión	N° de probetas para ensayo a flexión	Desperdicios
Sin refuerzo	0.00%	6	6	10%
Con refuerzo de fibra de acero	20 kg/m <sup>3</sup>	6	6	10%
Con refuerzo de fibra de acero	25 kg/m <sup>3</sup>	6	6	10%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.50%	6	6	10%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.75%	6	6	10%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	1.00%	6	6	10%

**3.6. Y RECURSOS EMPLEADOS****3.6.1. Métodos**

Los métodos empleados fueron guiados por la Norma Técnica Peruana, donde cada ensayo fue determinado con sus respectivos cálculos matemáticos.

Cada una de estas normas fueron usadas para determinar ensayos de propiedades físicas de los agregados, diseño de mezcla, análisis del concreto fresco, análisis del concreto endurecido e interpretación de los datos.

**3.6.2. Recursos empleados**

Los recursos empleados partieron desde los antecedentes y bibliografía, en la que hay estudios, tesis, artículos, libros, etc. Donde cada autor nos brinda sus investigaciones y conclusiones para un buen concepto y análisis.

Se usa un laboratorio especializado con herramientas y equipos calibrados para los ensayos de los materiales y el concreto a investigar.

A nivel de software se usa el Excel 2019, para almacenar los datos registrados y procesar los cálculos a analizar.

Para los datos y cálculos procesados se usa las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones y la Norma Técnica Peruana.

### 3.7. PLAN DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

#### 3.7.1. Plan de recolección de los datos.

- **Agregados**

Los agregados a usarse son piedra chancada con tamaño máximo nominal de ½” de Huso 67 y la arena gruesa, extraídos de la cantera Mitapampa – Mancos – Yungay – Ancash.

#### Figura 15

*Piedra chancada y arena gruesa*



*Nota.* Se determina las características físicas de los agregados para el diseño de mezcla basándose con las siguientes normas:

- ✓ NTP 400.010, Extracción y preparación de las muestras en agregados.
- ✓ NTP 339.185, Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- ✓ NTP 400.012, Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- ✓ NTP 400.017, Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- ✓ NTP 400.018, Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en agregados.
- ✓ NTP 400.021, Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- ✓ NTP 400.022, Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

- **Cemento**
  - ✓ Cemento Portland tipo I
- **Agua**
  - ✓ Agua potable
- **Fibra de acero**
  - ✓ Fibra Wirand® FF4 (80/60) en proporciones de 20 kg y 25 kg por 1 m<sup>3</sup> del concreto, recomendados por su especificación técnica.

**Figura 16**

*Fibra de acero*



- **Fibra reciclable de hojalata**
  - ✓ La fibra reciclable de hojalata es de tarro de leche, las cuales son cortados 50 mm de largo, 1 a 2 mm de ancho y proporcionados en 0.50%, 0.75% y 1.00% respecto de peso total de 1 m<sup>3</sup> de concreto.

**Figura 17**

*Fibra reciclable de hojalata de tarro de leche*





### 3.7.2. Procesamiento de datos

- **Diseño de mezcla**

- ✓ Se usa el “**DISEÑADOR DE MEGACONCRETO SAC**” que emplea el método de ACI, además cumpliendo con las exigencias de norma E.060.
- ✓ El diseño original se corrige para concreto reforzado con fibra de acero y fibra reciclada de hojalata de tarro de leche para no alterar el diseño por 1 m<sup>3</sup>.

- **Elaboración de especímenes**

Una vez obtenido el diseño de mezcla se procede a elaborar probetas cilíndricas y prismáticas como indica la tabla 12.

- ✓ Las probetas cilíndricas son de medidas de 150 mm de diámetro y 300 mm de alto tal como indica la NTP 339.034.
- ✓ Las probetas prismáticas son de medidas de 150 mm ancho, 150 mm de alto y 500 mm de largo tal como indica la NTP 339.079.

- **Registro de datos en concreto fresco**

Se registran los datos importantes para tener referencias.

- ✓ NTP 339.035, método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.
- ✓ NTP 339.046, Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto.
- ✓ NTP 339.184, Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas del concreto.

- **Curado de especímenes de concreto**

Curado de las muestras son controlados según la NTP 339.183 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

- **Registro de datos en concreto endurecido**

Los datos registrados en concreto endurecido son en rotura de probetas cilíndricas y rotura de probetas prismáticas.

**Se registran los datos de ensayo de resistencia a la compresión según la NTP 339.034 para los cálculos necesarios.**

- ✓ Fecha de moldeo
- ✓ Fecha de ensayo
- ✓ Numero de espécimen
- ✓ Diámetro de espécimen D (mm)
- ✓ Área de espécimen (mm<sup>2</sup>)
- ✓ Carga máxima registrada (N)
- ✓ Dispersión (%)
- ✓ Tipo de rotura
- ✓ Resistencia a la compresión  $f'_c$  (MPa)

**Se registran los datos de ensayo de resistencia a la flexión según la NTP 339.079 para los cálculos necesarios.**

- ✓ Fecha de moldeo
- ✓ Fecha de ensayo
- ✓ Numero de espécimen
- ✓ Luz libre entre apoyos L (mm)
- ✓ Ancho del espécimen b (mm)
- ✓ Altura del espécimen h (mm)
- ✓ Carga máxima registrada del equipo (PSI)
- ✓ Carga máxima convertida P (N)
- ✓ Dispersión (%)
- ✓ Módulo de rotura  $M_r$  (MPa)

**Se registran los datos para la determinación de elasticidad por método de Segundo Teorema de Castigliano:**

- ✓ Luz libre entre apoyos L (mm)
- ✓ Ancho del espécimen b (mm)
- ✓ Altura del espécimen h (mm)
- ✓ Tiempo cada 4 segundos (S)
- ✓ Carga registrada cada 4 segundos (PSI)
- ✓ Deflexión registrada cada 4 segundos  $\delta$ , con precisión de 0.01 mm.
- ✓ Carga registrada convertida cada 4 segundos P (N)
- ✓ Deflexión registrada convertida cada 4 segundos  $\delta$  (mm)
- ✓ Inercia del espécimen I (mm<sup>4</sup>)

- ✓ Pendiente de la curva elástica  $K$  (N/mm)
- ✓ Elasticidad de concreto  $E$  (MPa)

### 3.7.3. Análisis e interpretación

- **Análisis**

Los datos se calculan y se analizan en programa software Excel 2019 determinando los resultados finales de:

- ✓ Resistencia a la compresión  $f'_c$  (MPa)
- ✓ Resistencia a la flexión  $M_r$  (MPa)
- ✓ Elasticidad de concreto por el método de segundo teorema de Castigliano (MPa)

- **Interpretación**

Para la interpretación de los resultados se hace la comparación a base del concreto sin refuerzo con respecto del concreto reforzado con fibra de acero y fibra reciclable de hojalata de tarro de leche para ver el porcentaje de la diferencia.

- ✓ Para una mejor interpretación, validez, credibilidad y significancia de los resultados se aplicó el método estadístico de “T – DE STUDENT” y la “PRUEBA TUKEY”

## CAPÍTULO IV.

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS Y PRISMÁTICAS

#### 4.1. ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICOS DE LOS AGREGADOS.

En la tabla 13 se muestran el resumen de los ensayos de las propiedades físicas del agregado grueso y fino, véase el anexo 02.

A base las normas se procedieron a calcular las características físicas de los agregados.

- ✓ NTP 400.010, Extracción y preparación de las muestras en agregados.
- ✓ NTP 339.185, Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- ✓ NTP 400.012, Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- ✓ NTP 400.017, Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- ✓ NTP 400.018, Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en agregados.
- ✓ NTP 400.021, Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

**Tabla 13***Resumen de ensayos físicos de los agregados*

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>AGREGADO FINO</b>	<b>AGREGADO GRUESO</b>
MODULO DE FINEZA =	2.55	6.71
HUSO =	-	67
TAMAÑO MAXIMO =	3/8"	3/4"
% CONTENIDO DE HUMEDAD =	5.41%	0.68%
%PASANTE MALLA #200 =	2.86%	0.32%
ABSORCIÓN (%) =	2.28	0.74
PESO ESPECÍFICO (Tn/m <sup>3</sup> ) =	2.56	2.66
PESO SECO SUELTO (kg/m <sup>3</sup> ) =	1623.00	1424.00
PESO SECO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> ) =	1838.00	1628.00

**4.2. DISEÑO DE MEZCLA CON Y SIN ADICIONES**

El diseño de mezcla se realizó con el método del ACI y siguiendo los parámetros de la norma E.60, véase el anexo 09.

A continuación, se muestran los cuadros del resumen por cada proporción del diseño de mezcla del concreto sin refuerzo y reforzado.

✚ Diseño de mezcla convencional  $f'c = 28$  MPa sin refuerzo.

**Tabla 14**

*Diseño de mezcla del concreto sin refuerzo*

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>			
<b>Resistencia de Diseño <math>f'c = 28.00</math> MPa.</b>			
<b>DATOS TECNICOS</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Modulo de Fineza = 2.55		Contenido de Humedad 0.68	
Contenido de Humedad (%) = 5.41		Absorcion (%) = 0.74	
Absorcion (%) = 2.28		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66	
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424	
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628	
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838			
<b>VALORES DE DISEÑO</b>			
Resistencia a la Compresion MPa = 28.00		Peso Especifico del Cemento = 3.11	
Resistencia a la Compresion Kg/Cm2 = 280		Revenimiento (Pulg) = 3" a 4"	
Tamaño Maximo Nom.(Pulg) = 1/2"		Aire Incluido (%) = 2.5%	
Relacion a/c = 0.55		Volumen de Agregado = 0.63	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS</b>			
<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>		
Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3	
Piedra	901.67		
Arena	804.33		
Agua	190.37		
<b>REFUERZO</b> libra de acero	0.00		
Fibra de hojalata	0.00		
<b>Peso especifico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>		
<b>CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HUMEDO - PROPORCIONES</b>			
<b>Material</b>	<b>Proporción</b>		
	<b>Peso</b>	<b>Volumen</b>	
Cemento Tipo I	1.00	1	
Piedra	2.32	2.44	
Arena	2.07	1.91	
Agua	0.49	20.81	Litros/bolsa
<b>REFUERZO</b> libra de acero	0.00%	0.000	Kgs/m3
Fibra de hojalata	0.00%	0.000	%/m3

- ✚ Diseño de mezcla modificado  $f'c = 28$  MPa reforzado con fibra de acero y hojalata reciclable de tarro de leche.

**Tabla 15**

*Diseño de mezcla del concreto con  $20 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero*

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>			
Resistencia de Diseño $f'c =$		<b>28.00</b>	<b>MPa.</b>
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Modulo de Fineza = 2.55		Contenido de Humedad (%) = 0.68	
Contenido de Humedad (%) = 5.41		Absorcion (%) = 0.74	
Absorcion (%) = 2.28		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66	
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424	
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628	
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>			
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DE HOJALATA</b>	
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80	
<b>VALORES DE DISEÑO</b>			
Resistencia a la Compresion MPa = 28.00		Peso Especifico del Cemento = 3.11	
Resistencia a la Compresion Kg/Cm2 = 280		Revenimiento (Pulg) = 3" a 4"	
Tamaño Maximo Nom.(Pulg) = 1/2"		Aire Incluido (%) = 2.5%	
Relacion a/c = 0.55		Volumen de Agregado = 0.63	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS</b>			
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>	
	Cemento Tipo I	385.40	9.07 Bolsas/m3
	Piedra	893.78	
	Arena	797.29	
	Agua	188.71	
	<b>REFUERZO</b> Fibra de acero	20.00	
	Fibra de hojalata	0.00	
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HUMEDO - PROPORCIONES</b>			
		<b>Proporción</b>	<b>Proporción</b>
	<b>Material</b>	<b>Peso</b>	<b>Volumen</b>
	Cemento Tipo I	1.00	1
	Piedra	2.32	2.44
	Arena	2.07	1.91
	Agua	0.49	20.81 Litros/bolsa
	<b>REFUERZO</b> Fibra de acero	0.88%	20.000 Kgs/m3
	Fibra de hojalata	0.00%	0.000 kgs/m3

**Tabla 16**

*Diseño de mezcla del concreto con 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>			
<b>Resistencia de Diseño f'c =</b>		<b>28.00</b>	<b>MPa.</b>
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Modulo de Fineza = 2.55		Contenido de Humedad (%) 0.68	
Contenido de Humedad (%) = 5.41		Absorcion (%) = 0.74	
Absorcion (%) = 2.28		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66	
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424	
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628	
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>			
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DE HOJALATA</b>	
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80	
<b>VALORES DE DISEÑO</b>			
Resistencia a la Compresion MPa = 28.00		Peso Especifico del Cemento = 3.11	
Resistencia a la Compresion Kg/Cm2 = 280		Revenimiento (Pulg) = 3" a 4"	
Tamaño Maximo Nom.(Pulg) = 1/2"		Aire Incluido (%) = 2.5%	
Relacion a/c = 0.55		Volumen de Agregado = 0.63	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS</b>			
<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>		
Cemento Tipo I	384.55	9.05 Bolsas/m3	
Piedra	891.81		
Arena	795.53		
Agua	188.29		
<b>REFUERZO</b> fibra de acero	25.00		
Fibra de hojalata	0.00		
<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>		
<b>CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HUMEDO - PROPORCIONES</b>			
<b>Material</b>	<b>Proporción</b>		
	<b>Peso</b>	<b>Volumen</b>	
Cemento Tipo I	1.00	1	
Piedra	2.32	2.44	
Arena	2.07	1.91	
Agua	0.49	20.81	Litros/bolsa
<b>REFUERZO</b> fibra de acero	1.09%	25.000	Kgs/m3
Fibra de hojalata	0.00%	0.000	kgs/m3



**Tabla 17***Diseño de mezcla del concreto con 0.50% de fibra de hojalata*

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>			
<b>Resistencia de Diseño <math>f'c</math> =</b>		<b>28.00</b>	<b>MPa.</b>
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Modulo de Fineza = 2.55		Contenido de Humedad (%) 0.68	
Contenido de Humedad (%) = 5.41		Absorcion (%) = 0.74	
Absorcion (%) = 2.28		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66	
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424	
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628	
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>			
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DE HOJALATA</b>	
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80	
<b>VALORES DE DISEÑO</b>			
Resistencia a la Compresion MPa = 28.00		Peso Especifico del Cemento = 3.11	
Resistencia a la Compresion Kg/Cm2 = 280		Revenimiento (Pulg) = 3" a 4"	
Tamaño Maximo Nom.(Pulg) = 1/2"		Aire Incluido (%) = 2.5%	
Relacion a/c = 0.55		Volumen de Agregado = 0.63	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS</b>			
<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>		
Cemento Tipo I	386.86	9.10 Bolsas/m3	
Piedra	897.17		
Arena	800.30		
Agua	189.42		
<b>REFUERZO</b> Fibra de acero	0.00		
Fibra de hojalata	11.43		
<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>		
<b>CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HUMEDO - PROPORCIONES</b>			
<b>Material</b>	<b>Proporción Peso</b>	<b>Proporción Volumen</b>	
Cemento Tipo I	1.00	1	
Piedra	2.32	2.44	
Arena	2.07	1.91	
Agua	0.49	20.81	Litros/bolsa
<b>REFUERZO</b> Fibra de acero	0.00%	0.000	Kgs/m3
Fibra de hojalata	0.50%	11.426	kgs/m3

**Tabla 18**

*Diseño de mezcla del concreto con 0.75% de fibra de hojalata*

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>			
Resistencia de Diseño $f'c =$		<b>28.00</b>	MPa.
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Modulo de Fineza = 2.55		Contenido de Humedad (%) 0.68	
Contenido de Humedad (%) = 5.41		Absorcion (%) = 0.74	
Absorcion (%) = 2.28		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66	
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424	
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628	
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>			
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DE HOJALATA</b>	
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80	
<b>VALORES DE DISEÑO</b>			
Resistencia a la Compresion MPa = 28.00		Peso Especifico del Cemento = 3.11	
Resistencia a la Compresion Kg/Cm2 = 280		Revenimiento (Pulg) = 3" a 4"	
Tamaño Maximo Nom.(Pulg) = 1/2"		Aire Incluido (%) = 2.5%	
Relacion a/c = 0.55		Volumen de Agregado = 0.63	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS</b>			
<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>		
Cemento Tipo I	385.88	9.08 Bolsas/m3	
Piedra	894.91		
Arena	798.29		
Agua	188.94		
<b>REFUERZO</b> Fibra de acero	0.00		
Fibra de hojalata	17.14		
<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>		
<b>CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HUMEDO - PROPORCIONES</b>			
<b>Material</b>	<b>Proporción Peso</b>	<b>Proporción Volumen</b>	
Cemento Tipo I	1.00	1	
Piedra	2.32	2.44	
Arena	2.07	1.91	
Agua	0.49	20.81	Litros/bolsa
<b>REFUERZO</b> Fibra de acero	0.00%	0.000	Kgs/m3
Fibra de hojalata	0.75%	17.139	kgs/m3

**Tabla 19**

*Diseño de mezcla del concreto con 1.00% de fibra de hojalata*

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>			
Resistencia de Diseño $f'c =$		<b>28.00</b>	<b>MPa.</b>
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Modulo de Fineza = 2.55		Contenido de Humedad (%) = 0.68	
Contenido de Humedad (%) = 5.41		Absorcion (%) = 0.74	
Absorcion (%) = 2.28		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66	
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424	
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628	
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>			
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DEHOJALATA</b>	
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80	
<b>VALORES DE DISEÑO</b>			
Resistencia a la Compresion MPa = 28.00		Peso Especifico del Cemento = 3.11	
Resistencia a la Compresion Kg/Cm2 = 280		Revenimiento (Pulg) = 3" a 4"	
Tamaño Maximo Nom.(Pulg) = 1/2"		Aire Incluido (%) = 2.5%	
Relacion a/c = 0.55		Volumen de Agregado = 0.63	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS</b>			
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>	
	Cemento Tipo I	384.91	9.06 Bolsas/m3
	Piedra	892.66	
	Arena	796.28	
	Agua	188.47	
<b>REFUERZO</b>	Fibra de acero	0.00	
	Fibra de hojalata	22.85	
<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>		<b>2285.17</b>	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HUMEDO - PROPORCIONES</b>			
	<b>Material</b>	<b>Proporción Peso</b>	<b>Proporción Volumen</b>
	Cemento Tipo I	1.00	1
	Piedra	2.32	2.44
	Arena	2.07	1.91
	Agua	0.49	20.81 Litros/bolsa
<b>REFUERZO</b>	Fibra de acero	0.00%	0.000 Kgs/m3
	Fibra de hojalata	1.00%	22.852 kgs/m3

### 4.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Elaboración del concreto según diseño de mezcla.

Se registran los datos necesarios del concreto en estado fresco en base a las siguientes normas.

- ✓ NTP 339.035, método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.
- ✓ NTP 339.046, Método de ensayo para determinar peso unitario del concreto.
- ✓ NTP 339.184, Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas del concreto.
- ✓ NTP 339.183, Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

**Tabla 20**

*Datos del concreto en estado fresco*

Concreto	Refuerzo en (kg/m <sup>3</sup> ) o %	Asentamiento (Slump, plg)	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Temperatura de concreto (°C)
Sin refuerzo	0.00%	4.00	2354.848	21.70
Con refuerzo de fibra de acero	20 kg/m <sup>3</sup>	3.50	2392.357	22.20
Con refuerzo de fibra de acero	25 kg/m <sup>3</sup>	3.00	2399.151	21.90
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.50%	4.00	2365.464	22.00
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.75%	3.50	2373.956	21.80
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	1.00%	3.00	2379.618	21.80

*Nota.* Se muestrearon 6 probetas cilíndricas y 6 probetas prismáticas.

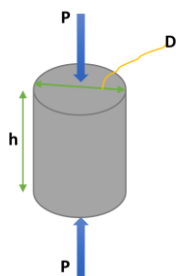
#### 4.4. ENSAYO A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS

Para ensayo de probetas cilíndricas a la compresión se siguieron los procedimientos indicados según la NTP 339.034.

- **Cálculos matemáticos**

**Figura 18**

*Ensayo de resistencia a la compresión*



De la gráfica:

P': la carga aplicada (KN)

P: la carga convertida (N)

D: Diámetro de la probeta (mm)

h: Altura de la probeta

Sabemos que:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (11)$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (12)$$

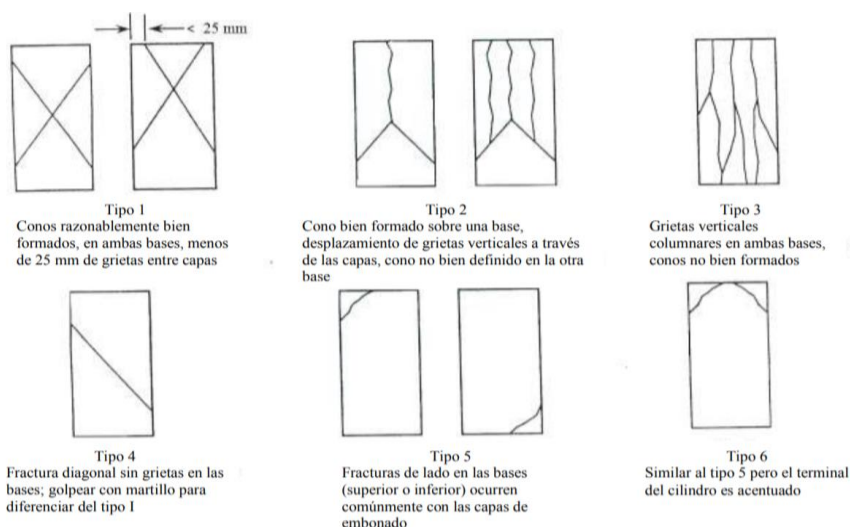
Para poder tener la P en N se hizo la respectiva operación:

$$P (N) = P' \times 1000 \quad (13)$$

- **Tipo de fractura**

**Figura 19**

*Esquema de los patrones de tipos de fracturas*



Fuente: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas NTP 339.034 (2008).

- **Dispersión**

La NTP 339.034, inciso 11 indica que la dispersión no debe superar 7.80% para probetas de 150 mm x 300 mm muestreados en laboratorio y ensayados mayor a 3 especímenes.

$$Disp = \frac{D_s}{f'c_{prom}} \times 100 \quad (14)$$

- **Cuadro de datos y cálculos**

Con las indicaciones tomadas se procedió a calcular por cada probeta y por cada lote de especímenes muestreada para el ensayo de resistencia a la compresión, véase el anexo 01.

- ✚ Muestras sin refuerzo

**Tabla 21**

*Resultado de resistencia a la compresión del concreto sin refuerzo*

Muestra	Carga P (N)	Área (mm <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Disp.	Tipo de factura
1	747690	18121.97	41.26	2.48%	4
2	749190	18074.28	41.45		4
3	755470	18074.28	41.80		3
4	785150	18193.62	43.16		3
5	742930	18169.72	40.89		4
6	787620	18145.84	43.40		4
<b>Promedio</b>	<b>761341.67</b>	<b>18129.95</b>	<b>41.99</b>		

- ✚ Muestras reforzadas con fibra de acero en 20 kg por 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 22**

*Resultado de resistencia a la compresión con 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Muestra	Carga P (N)	Área (mm <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Disp.	Tipo de factura
1	848190	18145.839	46.74	2.99%	2
2	815850	18169.723	44.90		2
3	814200	18457.556	44.11		4
4	826100	18289.379	45.17		4
5	789890	18145.839	43.53		4
6	850010	18145.839	46.84		4
<b>Promedio</b>	<b>824040.00</b>	<b>18225.696</b>	<b>45.22</b>		

- ✚ Muestras reforzadas con fibra de acero en 25 kg por 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 23**

*Resultado de resistencia a la compresión con 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Muestra	Carga P (N)	Área (mm <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Disp.	Tipo de factura
1	825560	18265.416	45.20		4
2	819350	18121.971	45.21		4
3	835250	18121.971	46.09	0.90%	4
4	833140	18337.351	45.43		
5	814350	17955.333	45.35		
6	809820	18050.460	44.86		
<b>Promedio</b>	<b>822911.67</b>	<b>18142.084</b>	<b>45.36</b>		

- Muestras reforzadas con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporción de 0.50% por peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 24**

*Resultado de resistencia a la compresión con 0.50% de fibra de hojalata*

Muestra	Carga P (N)	Área (mm <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Disp.	Tipo de factura
1	772420	18050.46	42.79		4
2	764340	18289.38	41.79		1
3	784920	18098.12	43.37	2.71%	1
4	743110	18050.46	41.17		
5	797260	18098.12	44.05		
6	350990	18026.65	43.90		
<b>Promedio</b>	<b>702173.33</b>	<b>18117.31</b>	<b>42.85</b>		

- Muestras reforzadas con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporción de 0.75% por peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 25**

*Resultado de resistencia a la compresión con 0.75% de fibra de hojalata*

Muestra	Carga P (N)	Área (mm <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Disp.	Tipo de factura
1	804580	18074.28	44.52		4
2	798580	17955.33	44.48		4
3	808210	18289.38	44.19	0.63%	4
4	811240	18169.72	44.65		
5	795570	17955.33	44.31		
6	365440	18002.87	44.99		
<b>Promedio</b>	<b>730603.33</b>	<b>18088.81</b>	<b>44.52</b>		

- Muestras reforzadas con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporción de 1.00% por peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 26**

*Resultado de resistencia a la compresión con 1.00% de fibra de hojalata*

Muestra	Carga P (N)	Área (mm <sup>2</sup> )	f'c (MPa)	Disp.	Tipo de factura
1	834610	18098.12	46.12		1
2	822160	18050.46	45.55		3
3	816800	18074.28	45.19	1.78%	3
4	835680	17907.86	46.67		4
5	802080	18098.12	44.32		1
6	375230	17955.33	45.92		1
<b>Promedio</b>	<b>747760.00</b>	<b>18045.77</b>	<b>45.63</b>		

- **Resumen**

Se resumen los resultados que muestra la tabla 27, adicionalmente se calcula el % de diferencia con la ecuación N° 15.

$$\% \text{ Diferencia} = \frac{f'c_{\text{reforzado}} - f'c_{\text{sin refuerzo}}}{f'c_{\text{sin refuerzo}}} \times 100\% \quad (15)$$

**Tabla 27**

*Resumen de los resultados de resistencias a la compresión*

Concreto	Refuerzo en (kg/m <sup>3</sup> ) ó %	f'c promedio (MPa)	Dispersión	% Diferencia
Sin refuerzo	0.00%	41.99	2.48%	<b>0.00%</b>
Con refuerzo de fibra de acero	20 kg/m <sup>3</sup>	45.22	2.99%	<b>7.68%</b>
Con refuerzo de fibra de acero	25 kg/m <sup>3</sup>	45.36	0.90%	<b>8.02%</b>
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.5%	42.85	2.71%	<b>2.03%</b>
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.75%	44.52	0.63%	<b>6.02%</b>
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	1.00%	45.63	1.78%	<b>8.65%</b>

*Nota.* En la tabla 27 se muestran los resultados de resistencia a la compresión que son mayores al diseño estimado de f'c = 28 MPa debido a que fue diseñado con el método ACI y respetando los parámetros de Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado. Pues los métodos mencionados están expuestos a factor de seguridad y para casos extremos. Al elaborar las muestras en un laboratorio el procedimiento es prácticamente ideal con errores mínimas, a esto se le suma la alta calidad de los agregados en la curva granulométrica, módulo de finura y la resistencia al desgaste por abrasión que son excelentes.



Las cuales hacen que su resistencia a la compresión supere los  $f'c = 40$  MPa. También como comentario que los agregados usados son altamente tratados y clasificados por la empresa que produce por lo cual los diseños a  $f'c = 28$  MPa se logra con 6.50 bolsas de cemento.

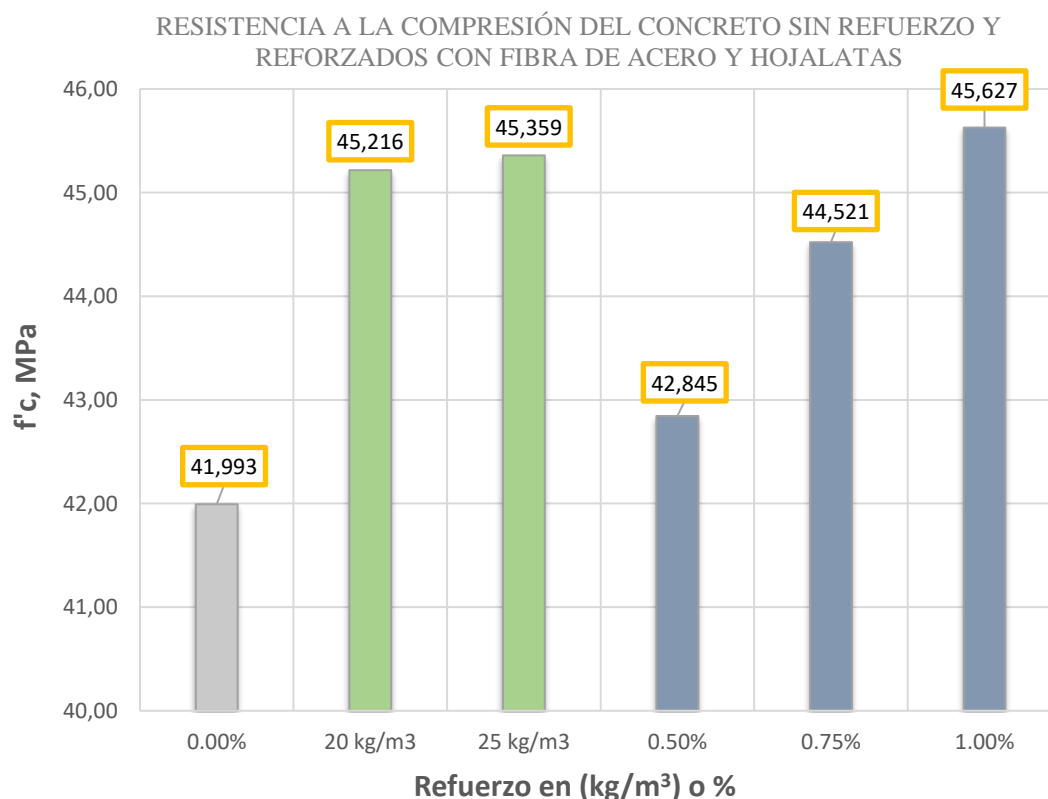
En la tabla 27 también se muestra los resultados aplicados de la ecuación 15, el porcentaje de diferencia que son positivos y favorables, por lo que se analiza su grado de significancia con la prueba T – STUDENT en capítulo V. También se aplica la ecuación 14 para la verificación de la dispersión, observándose que no supera el 7.80% por lo que no se elimina ningún dato.

- **Análisis de los resultados**

Para el análisis de los resultados se procede a trazar las siguientes gráficas:

**Figura 20**

*Resultados de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas*



*Nota.* En la figura 20 se muestran los valores  $f'c$  promedio del concreto sin refuerzo y reforzados, donde se aprecia que al agregar las fibras de acero y hojalata crece respecto del concreto sin refuerzo.

#### 4.5. ENSAYO DE FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS

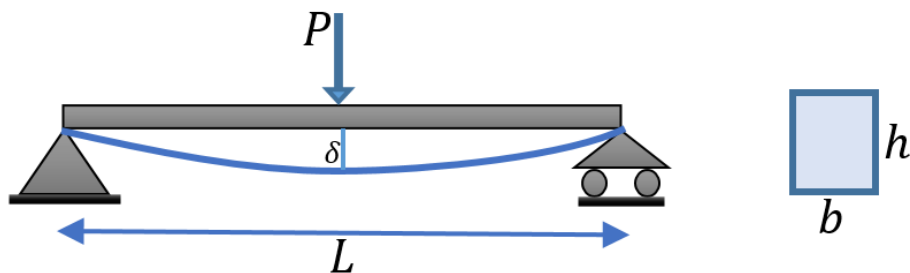
Para ensayo de probetas prismáticas a la flexión se siguieron los procedimientos indicados según la NTP 339.079.

- **Cálculos matemáticos**

Se procede a calcular con los sustentos teóricos matemáticos que se muestra a continuación.

**Figura 21**

*Ensayo de resistencia a la flexión*



De la gráfica:

L: Longitud de la viga entre ejes (mm)

b: Ancho de la viga (mm)

h: Altura de la viga (mm)

la carga P se convierte en N como prosigue lo siguiente:

✓ Carga máxima registrada de la rotura en equipo P'' (PSI).

✓ Determinación de carga P en (N).

$$P'(\text{KN}) = 0.224P'' - 0.21 \quad (16)$$

La ecuación 16 es para convertir la carga registrada en PSI a KN, los cuales son los datos que proporciona el equipo de ensayo según su calibración. La ecuación 17 es para convertir la carga en N y uniformizar los cálculos.

$$P(N) = P' \times 1000 \quad (17)$$

Donde:

P'': Carga registrada en PSI

Por lo tanto, procedemos a calcular el Mr:

$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (18)$$

- **Dispersión**

La NTP 339.079, inciso 11 indica que la dispersión para probetas prismáticas no está aceptado un procedimiento normalizado para determinar, solo menciona que los resultados no defieran entre sí en más de 15 % lo cual lo usaremos para poder eliminar muestras que se alejan.

$$Disp = \frac{D_s}{Mr_{prom}} \times 100 \quad (19)$$

- **Cuadro de datos y cálculos**

Con las indicaciones tomadas se procede a calcular por cada probeta y por cada lote de especímenes muestreada para el ensayo de resistencia a la flexión, véase el anexo 02.

- Muestras sin refuerzo

**Tabla 28**

*Resultado de resistencia a la flexión del concreto sin refuerzo*

Muestra	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P (N)	Mr (MPa)	Disp.
1	450.00	154.83	155.51	44366.00	8.00	1.77%
2	450.00	156.41	155.25	43694.00	7.82	
3	450.00	155.14	151.40	41006.00	7.78	
4	450.00	152.55	151.85	41902.00	8.04	
5	450.00	151.28	151.30	41678.00	8.12	
6	450.00	154.74	153.12	43470.00	8.09	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>154.16</b>	<b>153.07</b>	<b>42686.00</b>	<b>7.98</b>	

- Muestras reforzadas con fibra de acero en 20 kg por 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 29**

*Resultado de resistencia a la flexión con 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Muestra	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P (N)	Mr (MPa)	Disp.
1	450.00	154.37	153.24	43470.00	8.09	2.90%
2	450.00	154.22	154.59	46606.00	8.54	
3	450.00	154.09	153.34	43022.00	8.02	
4	450.00	153.00	152.27	43470.00	8.27	
5	450.00	153.05	153.26	45934.00	8.62	
6	450.00	152.57	152.01	43022.00	8.24	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>153.55</b>	<b>153.12</b>	<b>44254.00</b>	<b>8.30</b>	

✚ Muestras reforzadas con fibra de acero en 25 kg por 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 30**

*Resultado de resistencia a la flexión con 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Muestra	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P (N)	Mr (MPa)	Disp.
1	450.00	151.81	153.28	45038.00	8.52	
2	450.00	151.55	150.79	45262.00	8.87	
3	450.00	152.21	151.10	43918.00	8.53	
4	450.00	151.29	152.04	42798.00	8.26	2.40%
5	450.00	153.26	153.13	44590.00	8.37	
6	450.00	153.27	153.17	45486.00	8.54	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>152.23</b>	<b>152.25</b>	<b>44515.33</b>	<b>8.52</b>	

✚ Muestras reforzadas con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporción de 0.50% por peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 31**

*Resultado de resistencia a la flexión con 0.50% de fibra de hojalata*

Muestra	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P (N)	Mr (MPa)	Disp.
1	450.00	153.20	151.19	189.00	42126.00	
2	450.00	153.76	155.31	204.00	45486.00	
3	450.00	154.29	152.32	201.00	44814.00	
4	450.00	153.59	151.65	192.00	42798.00	1.43%
5	450.00	153.17	152.39	193.00	43022.00	
6	450.00	152.00	151.96	192.00	42798.00	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>153.33</b>	<b>152.47</b>	<b>195.17</b>	<b>43507.33</b>	

✚ Muestras reforzadas con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporción de 0.75% por peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 32**

*Resultado de resistencia a la flexión con 0.75% de fibra de hojalata*

Muestra	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P (N)	Mr (MPa)	Disp.
1	450.00	155.15	154.53	46158.00	8.41	
2	450.00	153.43	152.75	44814.00	8.45	
3	450.00	153.28	153.66	44366.00	8.27	
4	450.00	153.69	152.70	44142.00	8.31	1.27%
5	450.00	154.88	153.24	43918.00	8.15	
6	450.00	153.37	154.32	45038.00	8.32	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>153.97</b>	<b>153.53</b>	<b>44739.33</b>	<b>8.32</b>	

- Muestras reforzadas con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporción de 1.00% por peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 33**

*Resultado de resistencia a la flexión con 1.00% de fibra de hojalata*

Muestra	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P (N)	Mr (MPa)	Disp.
1	450.00	153.68	152.86	44814.00	8.42	
2	450.00	153.38	152.41	47950.00	9.08	
3	450.00	153.39	151.92	46830.00	8.93	
4	450.00	152.10	151.71	45262.00	8.73	2.56%
5	450.00	152.62	153.40	47278.00	8.89	
6	450.00	152.72	151.95	45710.00	8.75	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>152.98</b>	<b>152.38</b>	<b>46307.33</b>	<b>8.80</b>	

- Resumen**

Se resumen los resultados que muestra la tabla 34, adicionalmente se calcula % de diferencia con la ecuación N° 20.

$$\% \text{ Diferencia} = \frac{Mr_{\text{reforzado}} - Mr_{\text{sin refuerzo}}}{Mr_{\text{sin refuerzo}}} \times 100\% \quad (20)$$

**Tabla 34**

*Resumen de los resultados de resistencias a la flexión*

Concreto	Refuerzo en (kg/m <sup>3</sup> ) o %	Mr (MPa)	Dispersión	% Diferencia
Sin refuerzo	0.00%	7.98	1.77%	0.00%
Con refuerzo de fibra de acero	20 kg/m <sup>3</sup>	8.30	2.90%	4.02%
Con refuerzo de fibra de acero	25 kg/m <sup>3</sup>	8.52	2.40%	6.76%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.50%	8.24	1.43%	3.27%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.75%	8.32	1.27%	4.31%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	1.00%	8.80	2.56%	10.33%

*Nota.* En la tabla 34 se muestran los resultados de resistencia a la flexión de probetas prismáticas, donde los resultados son similares según lo estimado en la teoría el 10%*f*'*c*. También al aplicar la ecuación N° 20 se observa que el

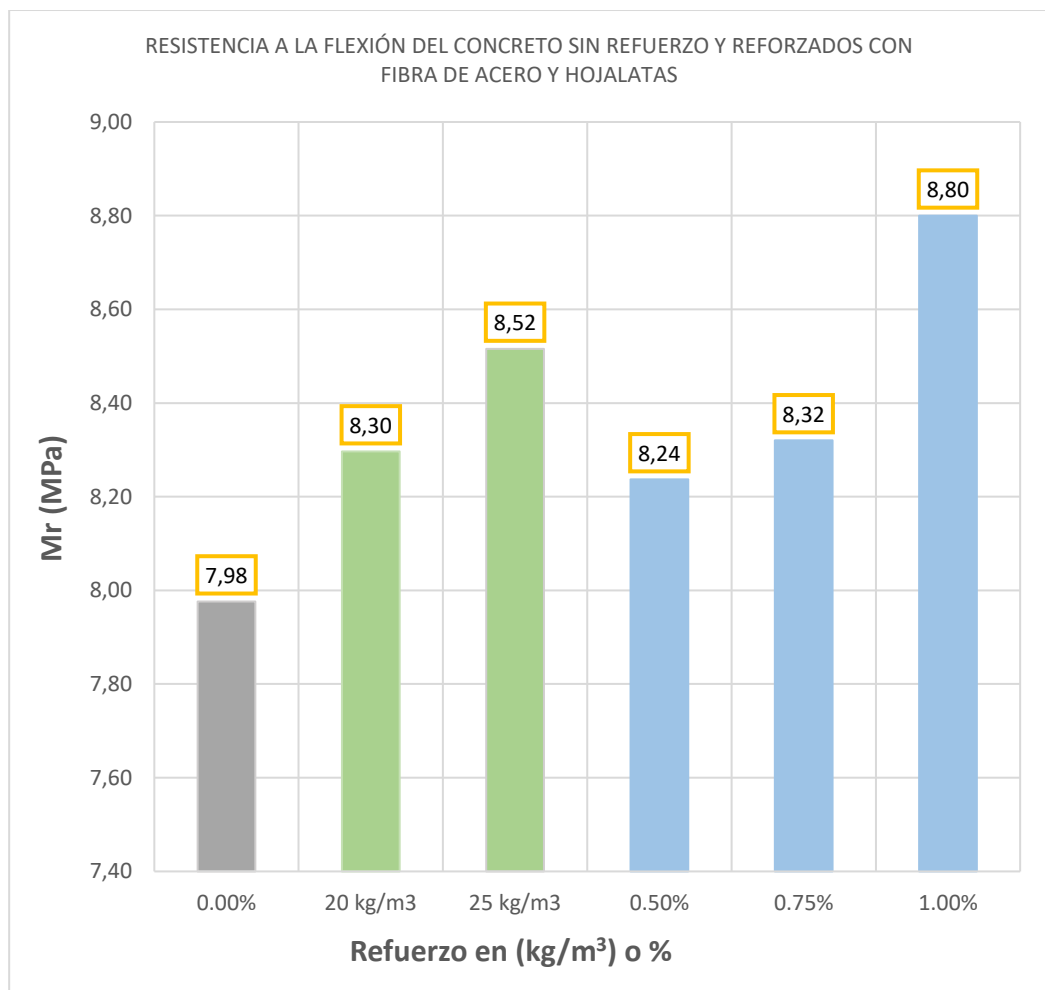
porcentaje de diferencia son positivos y favorables, lo cual se analizara su grado de significancia en capítulo V con la prueba T – STUDENT. Se aplica la ecuación 19 para la verificación de la dispersión, observando que no supera el 15.00% por lo cual no se elimina ningún espécimen.

- **Análisis de los resultados**

Para el análisis de los resultados se procede a trazar las siguientes gráficas:

**Figura 22**

*Resultados de resistencias a la flexión de probetas prismáticas*



*Nota.* En la figura 22 se muestran los valores Mr promedio del concreto sin refuerzo y reforzados, donde se aprecia que al agregar las fibras de acero y hojalata crece respecto del concreto sin refuerzo.

#### 4.6. CÁLCULO DE LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO POR EL MÉTODO DE SEGUNDO TEOREMA DE CASTIGLIANO

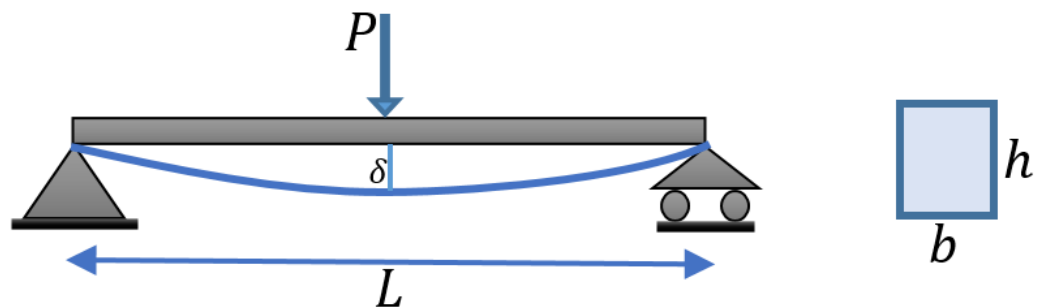
La elasticidad del concreto se determina por el método de Segundo Teorema de Castigliano:

- **Cálculos matemáticos**

Se modela una viga aplicada una carga puntual al medio como muestra la figura 23.

**Figura 23**

*Deflexión máxima en la viga*



De la gráfica:

P: Carga aplicada (N)

L: Longitud de la viga entre ejes (mm)

b: Ancho de la viga (mm)

h: Altura de la viga (mm)

$\delta$ : Deflexión máxima de la viga (mm)

- ✓ Deflexión de la viga

Se sabe que la representación matemática de la deflexión máxima de una viga es como muestra la ecuación 21.

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI} \quad (21)$$

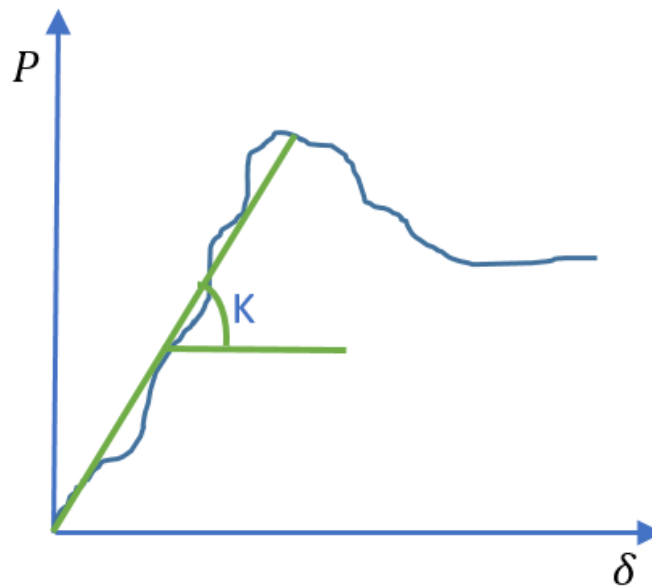
- ✓ Inercia de la viga

$$I = \frac{1}{12}bh^3 \quad (22)$$

✓ Módulo de elasticidad

**Figura 24**

*Gráfica esfuerzo vs deflexión*



De la grafico

$$P = K\delta \quad (23)$$

Donde:

- Despejando P en (21)

$$P = \frac{48EI}{L^3} \delta \quad (24)$$

- De ecuación (23) y (24)

$$K = \frac{48EI}{L^3} \quad (25)$$

- Despejando E en (25)

$$E = \frac{KL^3}{48I} \quad (26)$$

### • **Dispersión**

Para la determinación de desviación de la elasticidad, no está normado, pero se calculará con la siguiente fórmula para su validación de los resultados.

$$Disp = \frac{D_s}{E_{f_{prom}}} \times 100 \quad (27)$$



- **Cuadro de datos y cálculos**

Se procede a calcular por el método de Segundo Teorema de Castigliano, véase el anexo 03.

- Muestras sin refuerzo

**Tabla 35**

*Resultados de la elasticidad E del concreto sin refuerzo*

Muestra	Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	P (N)	δ <sub>elás</sub> máx (mm)	δ <sub>inelast</sub> máx (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)	Disp
1	450.00	154.83	155.51	44366.00	0.30	0.00	48523751.28	784000.00	30673.12	
2	450.00	156.41	155.25	43694.00	0.30	0.00	48771584.51	806400.00	31389.18	
3	450.00	155.14	151.40	41006.00	0.29	0.00	44871003.86	716800.00	30326.93	
4	450.00	152.55	151.85	41902.00	0.30	0.00	44508302.80	716800.00	30574.07	1.64%
5	450.00	151.28	151.30	41678.00	0.28	0.00	43662195.79	705600.00	30679.57	
6	450.00	154.74	153.12	43470.00	0.32	0.00	46293189.93	728000.00	29854.55	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>154.16</b>	<b>153.07</b>	<b>42686.00</b>	<b>0.30</b>	<b>0.00</b>	<b>46105004.69</b>	<b>742933.33</b>	<b>30582.91</b>	

- Muestras reforzadas con fibra de acero en 20 kg por 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 36**

*Resultados de la elasticidad E del concreto reforzado con 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Muestra	Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	P (N)	δ <sub>elás</sub> máx (mm)	δ <sub>inelast</sub> máx (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)	Disp
1	450.00	154.37	153.24	43470.00	0.46	7.12	46288750.39	761600.00	31235.45	
2	450.00	154.22	154.59	46606.00	0.46	7.86	47481070.31	795200.00	31794.51	
3	450.00	154.09	153.34	43022.00	0.48	7.86	46295305.62	754133.33	30924.84	
4	450.00	153.00	152.27	45934.00	0.42	11.42	45011632.13	750400.00	31649.32	1.21%
5	450.00	153.05	153.26	45934.00	0.58	11.22	45915102.03	772800.00	31952.72	
6	450.00	152.57	152.01	43022.00	0.36	11.65	44655591.75	739200.00	31425.52	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>153.55</b>	<b>153.12</b>	<b>44664.67</b>	<b>0.46</b>	<b>9.52</b>	<b>45941242.04</b>	<b>762222.22</b>	<b>31497.06</b>	

- Muestras reforzadas con fibra de acero en 25 kg por 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 37**

*Resultados de la elasticidad E del concreto reforzado con 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Muestra	Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	P (N)	δ <sub>elás</sub> máx (mm)	δ <sub>inelast</sub> máx (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)	Disp
1	450.00	151.81	153.28	45038.00	0.52	8.95	45559749.86	761600.00	31735.25	
2	450.00	151.55	150.79	45262.00	0.48	10.54	43300440.88	731733.33	32081.66	
3	450.00	152.21	151.10	43918.00	0.46	9.43	43756047.74	731733.33	31747.61	
4	450.00	151.29	152.04	42798.00	0.53	9.95	44311245.46	731733.33	31349.83	0.75%
5	450.00	153.26	153.13	44590.00	0.50	10.95	45861202.65	769066.67	31835.73	
6	450.00	153.27	153.17	45486.00	0.46	11.25	45898947.44	769066.67	31809.55	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>152.23</b>	<b>152.25</b>	<b>44515.33</b>	<b>0.49</b>	<b>10.18</b>	<b>44781272.336</b>	<b>749155.556</b>	<b>31759.94</b>	

- ✚ Muestras reforzadas con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporción de 0.50% por peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto.

**Tabla 38**

*Resultados de la elasticidad E del concreto reforzado con 0.50% de fibra de hojalata*

Muestra	Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	P (N)	δ <sub>elás</sub> máx (mm)	δ <sub>inelast</sub> máx (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)	Disp
1	450.00	153.20	151.19	42126.00	0.35	4.35	44117061.74	716800.00	30845.21	
2	450.00	153.76	155.31	45486.00	0.42	4.47	48003970.60	784000.00	31005.25	
3	450.00	154.29	152.32	44814.00	0.51	4.96	45437671.44	739200.00	30884.62	
4	450.00	153.59	151.65	42798.00	0.34	4.68	44640802.45	716800.00	30483.32	0.74%
5	450.00	153.17	152.39	43022.00	0.44	5.10	45167078.83	739200.00	31069.64	
6	450.00	153.17	152.39	42798.00	0.36	4.75	44451887.43	716800.00	30612.87	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>153.53</b>	<b>152.54</b>	<b>43507.33</b>	<b>0.40</b>	<b>4.72</b>	<b>45303078.75</b>	<b>735466.67</b>	<b>30816.82</b>	

- ✚ Muestras reforzadas con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporción de 0.75% por peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto

**Tabla 39**

*Resultados de la elasticidad E del del concreto reforzado con 0.75% de fibra de hojalata*

Muestra	Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	P (N)	δ <sub>elás</sub> máx (mm)	δ <sub>inelast</sub> máx (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)	Disp
1	450.00	155.15	154.53	46158.00	0.54	6.00	45567545.57	761600.00	31729.82	
2	450.00	153.43	152.75	44814.00	0.48	4.47	45567545.57	761600.00	31729.82	
3	450.00	153.28	153.66	44366.00	0.57	6.13	46346895.41	761600.00	31196.26	
4	450.00	153.69	152.70	44142.00	0.72	6.04	45598767.87	761600.00	31708.09	0.95%
5	450.00	154.88	153.24	43918.00	0.53	12.00	46447115.09	784000.00	32044.51	
6	450.00	153.37	154.32	45038.00	0.52	7.83	46973007.16	791466.67	31987.52	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>153.97</b>	<b>153.53</b>	<b>44739.33</b>	<b>0.56</b>	<b>7.08</b>	<b>46083479.45</b>	<b>770311.11</b>	<b>31732.67</b>	

- ✚ Muestras reforzadas con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporción de 1.00 % por peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto

**Tabla 40**

*Resultados de la elasticidad E del concreto reforzado con 1.00% de fibra de hojalata*

Muestra	Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	P (N)	δ <sub>elás máx</sub> (mm)	δ <sub>inelast máx</sub> (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)	Disp
1	450.00	153.68	152.86	44814.00	0.71	5.86	45742860.92	784000.00	32537.86	
2	450.00	153.38	152.41	47950.00	0.68	7.21	45254531.20	769066.67	32262.52	
3	450.00	153.39	151.92	46830.00	0.82	8.01	44821216.05	769066.67	32574.42	0.80%
4	450.00	152.10	151.71	45262.00	0.68	8.15	44258465.01	761600.00	32668.33	
5	450.00	152.62	153.40	47278.00	0.70	8.92	45906903.43	776533.33	32112.82	
6	450.00	152.72	151.95	45710.00	0.60	7.83	44653045.00	754133.33	32062.20	
<b>Promedio</b>	<b>450.00</b>	<b>152.98</b>	<b>152.38</b>	<b>46307.33</b>	<b>0.70</b>	<b>7.66</b>	<b>45106170.27</b>	<b>769066.67</b>	<b>32369.69</b>	

• **Resumen**

Se resume los resultados que muestra la tabla 41, adicionalmente se calcula % de diferencia con la ecuación N° 28.

$$\% \text{ Diferencia} = \frac{E_{\text{reforzado}} - E_{\text{sin refuerzo}}}{E_{\text{sin refuerzo}}} \times 100 \quad (28)$$

**Tabla 41**

*Resumen de los cálculos de la elasticidad de concreto.*

CONCRETO	Refuerzo en (kg/m <sup>3</sup> ) o %	P (N)	δ <sub>elástica</sub> (mm)	δ <sub>inelástica</sub> (mm)	E (MPa)	Dispersión	% Diferencia
Sin refuerzo	0.00%	42686.00	0.30	0.000	30582.91	1.64%	0.00%
Con refuerzo de fibra de acero	20 kg/m <sup>3</sup>	44664.67	0.44	9.59	31497.06	1.21%	2.99%
Con refuerzo de fibra de acero	25 kg/m <sup>3</sup>	44515.33	0.46	10.18	31759.94	0.75%	3.85%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.50%	43507.33	0.40	4.76	30816.82	0.74%	0.76%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.75%	44739.33	0.56	7.08	31732.67	0.95%	3.76%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	1.00%	46307.33	0.70	7.66	32369.69	0.80%	5.84%

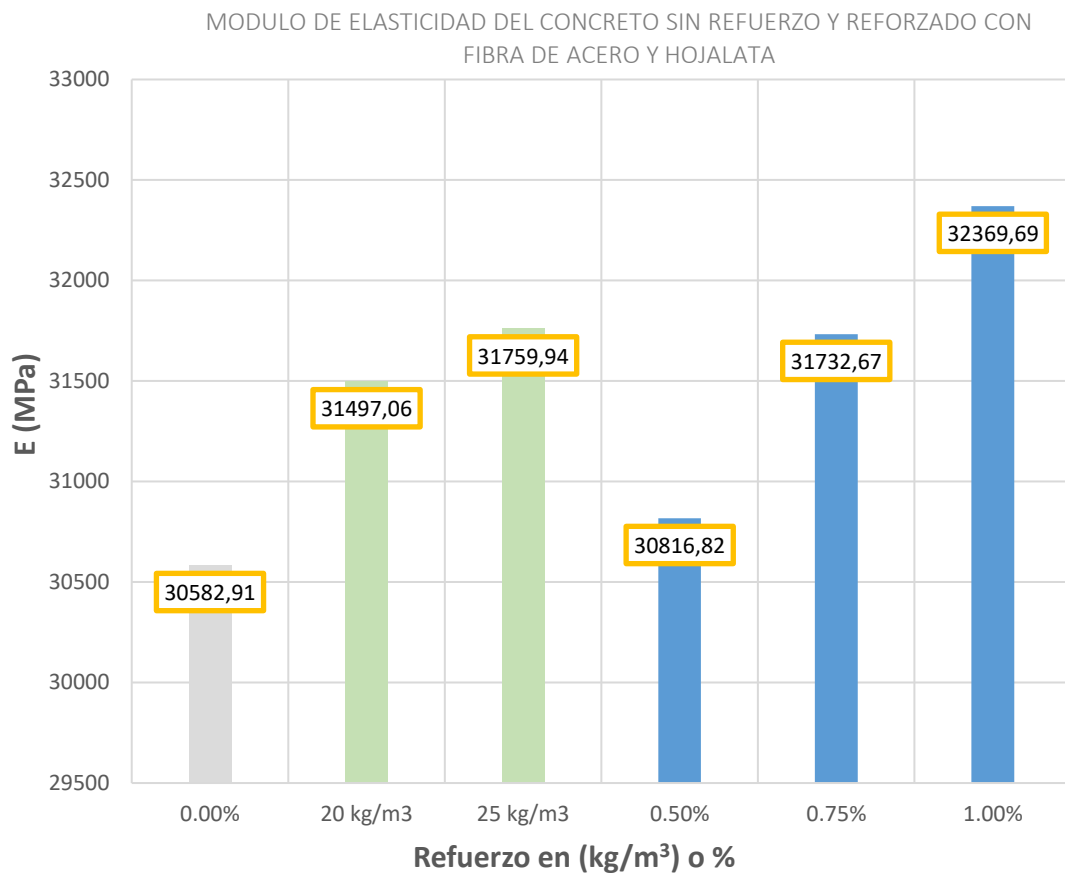
[Nota. En la tabla 41 se muestran los valores E promedio del concreto sin refuerzo y reforzados. También se aprecia que al aplicar la ecuación N° 28 se observa que el porcentaje de diferencia son positivos y favorables, lo cual analizara su grado de significancia en capítulo V con la prueba T – STUDENT.

- **Análisis de los resultados**

Para el análisis de los resultados se procede a trazar las siguientes gráficas:

**Figura 25**

*Resultados del módulo E de probetas prismáticas*



*Nota.* En la figura 25 se muestran los valores E promedio del concreto sin refuerzo y reforzados, donde se aprecia que al agregar las fibras de acero y hojalata es más elástico respecto del concreto sin refuerzo.

## CAPÍTULO V.

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS CON “PRUEBA T – STUDENT Y PRUEBA ESTADÍSTICA ANOVA Y TUKEY”

#### 5.1. DEFINICIÓN “PRUEBA T - STUDENT”

Esta prueba T – Student se usará para ver el grado de significancia del % de diferencia de los resultados obtenidos del concreto reforzado en comparación del concreto sin refuerzo (Cobo y Cortés, 2014).

- **Cálculos matemáticos**

Según Cobo y Cortes (2014) se determina mediante la prueba de hipótesis de medias usando distribución T, donde el espacio muestral no tiene que ser mayor a 30, con población normal. Para determinar la prueba será necesario los siguientes datos.

$\bar{x}$ : **Media muestral**

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (29)$$

Donde:

n: Número de muestras

$\mu$ : **Media poblacional**

$$\mu = \bar{x} \pm t_{(n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}} \begin{matrix} \rightarrow Ls \\ \rightarrow Li \end{matrix} \quad (30)$$

Donde:

$t_{(n-1)}$ : Coeficiente de confiabilidad (distribución t, con n-1 grados de libertad)

S: Desviación estándar muestral

Ls: Límite superior del intervalo de confianza (+)

Li: Límite inferior del intervalo de confianza (-)

**$\varepsilon\varepsilon$ : Error estándar**

$$\varepsilon\varepsilon = \frac{\alpha_x}{\sqrt{n}} \quad (31)$$

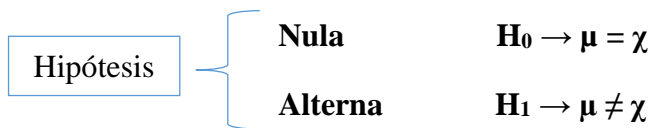
Donde:

$\alpha_x$ : Desviación estándar de media muestral

Para los cálculos se seguirán los siguientes pasos:

✓ **Paso I:** Se declarará la hipótesis

Se define la hipótesis nula y alterna como se muestra a continuación.

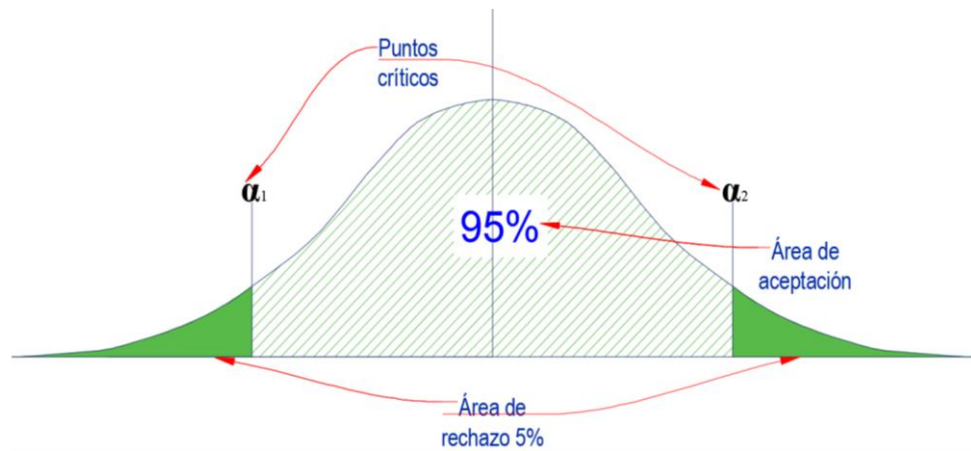


✓ **Paso II:** Considerar nivel de significancia, grados de libertad y puntos críticos

El nivel de significancia será el área de rechazo, para la presente tesis el área de rechazo es de 5%. El número que se cruce con el grado de libertad y con el nivel de significancia es el valor de los puntos críticos (Cobo y Cortés, 2014).

**Figura 26**

*Área de aceptación y de rechazo de prueba t*



Donde:

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

$$gl = n - 1$$

✓ **Paso III:** Conseguir punto de prueba

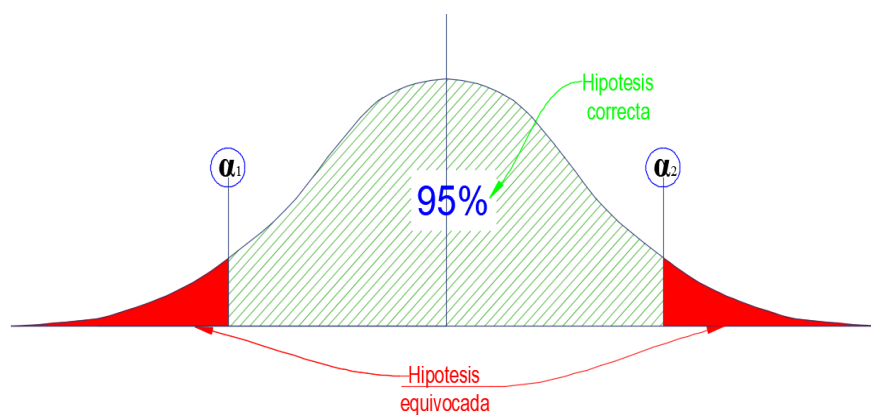
Se determina la prueba t con la ecuación N° 32

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (32)$$

✓ **Paso IV:** Comparar puntos de prueba

**Figura 27**

*Área de localización de prueba t*



*Nota.* En la figura 27 se localiza el punto de prueba t donde se concluye de la siguiente manera:

- ✚ Si el punto de prueba se localiza en área de aceptación entonces se concluye que la hipótesis esta correcta.
- ✚ Si el punto de prueba se localiza en área de rechazo entonces se concluye que la hipótesis está equivocada (Cobo y Cortés, 2014).

**Por lo tanto:**

$P(T \leq t)$  dos colas  $< 0.05 \rightarrow$  Si hay diferencia, se rechaza la hipótesis nula.

$P(T \leq t)$  dos colas  $> 0.05 \rightarrow$  No hay diferencia, se acepta la hipótesis nula.

Con estas indicaciones se procede a analizar los resultados de ensayos del concreto reforzado con respecto de concreto sin refuerzo, con la ayuda de software Excel 2019.



## 5.2. PRUEBA T – STUDEN EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SIN REFUERZO VS REFORZADO CON FIBRAS

A continuación, se muestran los resultados de prueba T – Student de comparación del concreto sin refuerzo versus concreto reforzado en resistencia a la compresión.

**Tabla 42**

*Prueba T - Student de  $f'c$  del concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 20  $kg/m^3$  de fibra de acero*

Descripción	$f'c$ del Concreto sin refuerzo	$f'c$ del concreto con 20 $kg/m^3$ de fibra de acero
Media (MPa)	41.99	45.22
Grados de libertad		10
Estadístico t		-4.63
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000944</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 42 se observa que  $0.000944 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 20  $kg/m^3$  de fibra de acero es **significativo**.

**Tabla 43**

*Prueba T - Student de  $f'c$  del concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 25  $kg/m^3$  de fibra de acero*

Descripción	$f'c$ del Concreto sin refuerzo	$f'c$ del concreto con 25 $kg/m^3$ de fibra de acero
Media (MPa)	41.99	45.36
Grados de libertad		10
Estadístico t		-7.36
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.0000241</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 43 se observa que  $0.0000241 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 25  $kg/m^3$  de fibra de acero es **significativo**.

**Tabla 44**

*Prueba T - Student de  $f'c$  del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.50% de fibra de hojalata*

Descripción	$f'c$ del Concreto sin refuerzo	$f'c$ del concreto con 0.50% de fibra de hojalata
Media (MPa)	41.99	42.85
Grados de libertad		10
Estadístico t		-1.34
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.211</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 44 se observa que  $0.211 > 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 0.50% de fibra reciclable de hojalata **no es significativo**.

**Tabla 45**

*Prueba T - Student de  $f'c$  del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.75% de fibra de hojalata*

Descripción	$f'c$ del Concreto sin refuerzo	$f'c$ del concreto con 0.75% de fibra de hojalata
Media (MPa)	41.99	44.52
Grados de libertad		10
Estadístico t		-5.74
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000189</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 45 se observa que  $0.000189 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 0.75% de fibra reciclable de hojalata **es significativo**.

**Tabla 46**

*Prueba T - Student de  $f'c$  del concreto sin refuerzo vs reforzado con 1.00% de fibra de hojalata*

Descripción	$f'c$ del Concreto sin refuerzo	$f'c$ del concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Media (MPa)	41.99	45.63
Grados de libertad		10
Estadístico t		-6.73
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.0000517</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 46 se observa que  $0.0000517 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 1.00% de fibra reciclable de hojalata **es significativo**.

### 5.3. PRUEBA T – STUDENT DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO SIN REFUERZO VS REFORZADO CON FIBRAS

A continuación, se muestran los resultados de prueba T – Student de comparación del concreto sin refuerzo versus concreto reforzado en resistencia a la flexión.

**Tabla 47**

*Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero/*

Descripción	Mr del Concreto sin refuerzo	Mr del concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero
Media	7.98	8.30
Grados de libertad		10
Estadístico t		-2.82
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.0183</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 47 se observa que  $0.0183 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero es **significativo**.

**Tabla 48**

*Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Descripción	Mr del Concreto sin refuerzo	Mr del concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero
Media (MPa)	7.98	8.52
Grados de libertad		10
Estadístico t		-5.32
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000337</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 48 se observa que  $0.000337 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de **acero es significativo**.

**Tabla 49**

*Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.50% de fibra de hojalata*

Descripción	Mr del Concreto sin refuerzo	Mr del concreto con 0.50% de fibra de hojalata
Media (MPa)	7.98	8.24
Grados de libertad		10
Estadístico t		-3.47
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.00599</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 49 se observa que  $0.00599 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 0.50% de fibra reciclable de hojalata **es significativo**.

**Tabla 50**

*Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.75% de fibra de hojalata*

Descripción	Mr del Concreto sin refuerzo	Mr del concreto con 0.75% de fibra de hojalata
Media (MPa)	7.98	8.32
Grados de libertad		10
Estadístico t		-4.78
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000743</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 50 se observa que  $0.000743 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 0.75% de fibra reciclable de hojalata **es significativo**.

**Tabla 51**

*Prueba T - Student de Mr del concreto sin refuerzo vs reforzado con 1.00% de fibra de hojalata*

Descripción	Mr del Concreto sin refuerzo	Mr del concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Media (MPa)	7.98	8.80
Grados de libertad		10
Estadístico t		-7.59
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.0000187</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 51 se observa que  $0.0000187 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 1.00% de fibra reciclable de hojalata **es significativo**.

#### 5.4. PRUEBA T – STUDENT DE LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO VS REFORZADO CON FIBRAS

A continuación, se muestran los resultados de prueba T – Student de comparación del concreto sin refuerzo versus concreto reforzado en resistencia a la flexión.

**Tabla 52**

*Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Descripción	E del Concreto sin refuerzo	E del concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero
Media (MPa)	30582.91	31497.06
Grados de libertad		10
Estadístico t		-3.55
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.00523</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

Nota. En la tabla 52 se observa que  $0.00523 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero **es significativo**.

**Tabla 53**

*Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Descripción	E del Concreto sin refuerzo	E del concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero
Media (MPa)	30582.91	31759.94
Grados de libertad		10
Estadístico t		-5.19
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000408</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

Nota. En la tabla 53 se observa que  $0.000408 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero **es significativo**.

**Tabla 54**

*Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.50% de fibra de hojalata*

Descripción	E del Concreto sin refuerzo	E del concreto con 0.50% de fibra de hojalata
Media (MPa)	30582.91	30816.82
Grados de libertad		10
Estadístico t		-1.04
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.323</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 54 se observa que  $0.323 > 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 0.50% de fibra de hojalata **no es significativo**.

**Tabla 55**

*Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 0.75% de fibra de hojalata*

Descripción	E del Concreto sin refuerzo	E del concreto con 0.75% de fibra de hojalata
Media	30582.91	31732.67
Grados de libertad		10
Estadístico t		-4.81
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000713</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 55 se observa que  $0.000713 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 1.00% de fibra de hojalata **es significativo**.

**Tabla 56**

*Prueba T - Student de E del concreto sin refuerzo vs reforzado con 1.00% de fibra de hojalata*

Descripción	E del Concreto sin refuerzo	E del concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Media (MPa)	30582.91	32369.69
Grados de libertad		10
Estadístico t		-7.75
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.0000156</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 56 se observa que  $0.0000156 < 0.05$ , lo cual indica que al reforzar el concreto con 1.00% de fibra de hojalata **es significativo**.

## 5.5. PRUEBA T – STUDENT DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

**Tabla 57**

*Prueba T - Student de  $f'c$  del concreto reforzado en proporciones de 20 kg/m<sup>3</sup> vs 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Descripción	$f'c$ del concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	$f'c$ del concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero
Media (MPa)	45.22	45.36
Grados de libertad		10
Estadístico t		-0.247
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.810</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 57 se observa que  $0.810 > 0.05$ , lo cual **no es significativo** entre sí en usar las proporciones de 20 kg/m<sup>3</sup> y 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero.

**Tabla 58**

*Prueba T - Student de  $M_r$  del concreto reforzado en proporciones de 20 kg/m<sup>3</sup> vs 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Descripción	$M_r$ del concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	$M_r$ del concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero
Media (MPa)	8.30	8.52
Grados de libertad		10
Estadístico t		-1.701
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.120</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 58 se observa que  $0.120 > 0.05$ , lo cual **no es significativo** entre sí en usar las proporciones de 20 kg/m<sup>3</sup> y 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero.

**Tabla 59**

*Prueba T - Student de E del concreto reforzado en proporciones de 20 kg/m<sup>3</sup> vs 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero*

Descripción	E del concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	E del concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero
Media (MPa)	31497.06	31759.94
Grados de libertad		10
Estadístico t		-1.44
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.181</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 59 se observa que  $0.181 > 0.05$ , lo cual **no es significativo** entre sí en usar las proporciones de 20 kg/m<sup>3</sup> y 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero.

## 5.6. PRUEBA T – STUDENT DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA RECICLABLE HOJALATA DE TARRO DE LECHE.

**Tabla 60**

*Prueba T - Student de f'c del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 0.75% de fibra de hojalata*

Descripción	f'c del concreto con 0.50% de fibra de hojalata	f'c del concreto con 0.75% de fibra de hojalata
Media (MPa)	42.85	44.52
Grados de libertad		10
Estadístico t		-3.43
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.00641</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 60 se observa que  $0.00641 < 0.05$ , lo cual **es significativo** entre sí en usar en sus proporciones de 0.50% y 0.75% de fibra de hojalata.

**Tabla 61**

*Prueba T - Student de f'c del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 1.00% de fibra de hojalata*

Descripción	f'c del concreto con 0.50% de fibra de hojalata	f'c del concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Media (MPa)	42.85	45.63
Grados de libertad		10
Estadístico t		-4.80
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000723</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 61 se observa que  $0.000723 < 0.05$ , lo cual **es significativo** entre sí en usar en sus proporciones de 0.50% y 1.00% de fibra de hojalata.



*Prueba T - Student de f'c del concreto reforzado en proporciones 0.75% vs 1.00% de fibra de hojalata*

Descripción	f'c del concreto con 0.75% de fibra de hojalata	f'c del concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Media (MPa)	44.52	45.63
Grados de libertad		10
Estadístico t		-3.148
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.0104</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 62 se observa que  $0.0104 < 0.05$ , lo cual **es significativo** entre sí en usar en sus proporciones de 0.75% y 1.00% de fibra de hojalata.

**Tabla 63**

*Prueba T - Student de Mr del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 0.75% de fibra de hojalata*

Descripción	Mr del concreto con 0.50% de fibra de hojalata	Mr del concreto con 0.75% de fibra de hojalata
Media (MPa)	8.24	8.32
Grados de libertad		10
Estadístico t		-1.29
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.226</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 63 se observa que  $0.226 > 0.05$ , lo cual **no es significativo** entre sí en usar en sus proporciones de 0.50% y 0.75% de fibra de hojalata.

**Tabla 64**

*Prueba T - Student de Mr del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 1.00% de fibra de hojalata*

Descripción	Mr del concreto con 0.50% de fibra de hojalata	Mr del concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Media (MPa)	8.24	8.80
Grados de libertad		10
Estadístico t		-5.42
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000292</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 64 se observa que  $0.000292 < 0.05$ , lo cual **es significativo.** entre sí en usar en sus proporciones de 0.50% y 1.00% de fibra de hojalata.



**Tabla 65**

*Prueba T - Student de Mr del concreto reforzado en proporciones 0.75% vs 1.00% de fibra de hojalata*

Descripción	Mr del concreto con 0.75% de fibra de hojalata	Mr del concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Media (MPa)	8.32	8.80
Grados de libertad		10
Estadístico t		-4.72
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000816</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 65 se observa que  $0.000816 < 0.05$ , lo cual **es significativo** entre sí en usar en sus proporciones de 0.75% y 1.00% de fibra de hojalata.

**Tabla 66**

*Prueba T - Student de E del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 0.75% de fibra de hojalata*

Descripción	E del concreto con 0.50% de fibra de hojalata	E del concreto con 0.75% de fibra de hojalata
Media (MPa)	30816.82	31732.67
Grados de libertad		10
Estadístico t		-5.96
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000139</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 66 se observa que  $0.000139 < 0.05$ , lo cual **no es significativo** entre sí en usar en sus proporciones de 0.50% y 0.75% de fibra de hojalata.

**Tabla 67**

*Prueba T - Student de E del concreto reforzado en proporciones 0.50% vs 1.00% de fibra de hojalata*

Descripción	E del concreto con 0.50% de fibra de hojalata	E del concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Media (MPa)	30816.82	32369.69
Grados de libertad		10
Estadístico t		-11.08
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.000000615</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 67 se observa que  $0.000000615 < 0.05$ , lo cual **es significativo**. entre sí en usar en sus proporciones de 0.50% y 1.00% de fibra de hojalata.

### **Tabla 68**

*Prueba T - Student de E del concreto reforzado en proporciones 0.75% vs 1.00% de fibra de hojalata*

Descripción	E del concreto con 0.75% de fibra de hojalata	E del concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Media (MPa)	31732.67	32369.69
Grados de libertad		10
Estadístico t		-3.95
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>		<b>0.0027</b>
Valor crítico de t (dos colas)		2.228

*Nota.* En la tabla 68 se observa que  $0.0027 < 0.05$ , lo cual **es significativo**. entre sí en usar en sus proporciones de 0.75% y 1.00% de fibra de hojalata.

## 5.7. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE T – STUDENT DEL CONCRETO SIN REFUERZO VS CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CON FIBRA RECICLABLE DE HOJALATA

**Tabla 69**

*Resumen de la prueba T – Student de los resultados de resistencia a la compresión, módulo de rotura y elasticidad de concreto.*

CONCRETO	Resistencia a la compresión ( $f'c$ , MPa)	Resistencia a la flexión ( $M_r$ , MPa)	Elasticidad del concreto ( $E$ , MPa)
Concreto sin refuerzo	41.99	7.98	30582.91
Concreto reforzado con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	45.22	8.30	31497.06
% de diferencia	7.68%	4.02%	2.99%
Análisis de Prueba T Student	0.000944	0.0183	0.00523
Validación de Prueba T Student	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>
Concreto sin refuerzo	41.99	7.98	30582.91
Concreto reforzado con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	45.36	8.52	31759.94
% de diferencia	8.02%	6.76%	3.85%
Análisis de Prueba T Student	0.0000241	0.000337	0.000408
Validación de Prueba T Student	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>
Concreto sin refuerzo	41.99	7.98	30582.91
Concreto reforzado con 0.50% de fibra de hojalata	42.85	8.24	30816.82
% de diferencia	2.03%	3.27%	0.76%
Análisis de Prueba T Student	0.211	0.00599	0.323
Validación de Prueba T Student	<b>No Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>No Significativo</b>
Concreto sin refuerzo	41.99	7.98	30582.91
Concreto reforzado con 0.75% de fibra de hojalata	44.52	8.32	31732.67
% de diferencia	6.02%	4.31%	3.76%
Análisis de Prueba T Student	0.000189	0.000743	0.000713
Validación de Prueba T Student	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>
Concreto sin refuerzo	41.99	7.98	30582.91
Concreto reforzado con 1.00% de fibra de hojalata	45.63	8.80	32369.69
% de diferencia	8.65%	10.33%	5.84%
Análisis de Prueba T Student	0.0000517	0.0000187	0.0000156
Validación de Prueba T Student	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>

*Nota.* La tabla 69 muestra el resumen de prueba T – Student donde se valida por ser significativo y no significativo. Se aprecia que los reforzados con 0.50% fibra de hojalata no son significantes.

## 5.8. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE T – STUDENT DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

**Tabla 70**

*Resumen de la prueba T – Student de resistencia a la compresión, módulo de rotura y elasticidad del concreto reforzado con fibra de acero*

CONCRETO	Resistencia a la compresión ( $f'c$ , MPa)	Resistencia a la flexión ( $M_r$ , MPa)	Elasticidad del concreto ( $E$ , MPa)
Concreto reforzado con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	45.22	8.30	31497.06
Concreto reforzado con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	45.36	8.52	31759.94
% de diferencia	0.32%	2.64%	0.84%
Análisis de Prueba T Student	0.810	0.120	0.181
Validación de Prueba T Student	<b>No Significativo</b>	<b>No Significativo</b>	<b>No Significativo</b>

*Nota.* La tabla 70 muestra el resumen de prueba T – Student del concreto reforzado por fibra de acero donde se valida la significancia de sus resultados.

La tabla 70 muestra el análisis de prueba T – Student del Concreto reforzado con 20 kg/m<sup>3</sup> vs 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero por 1 m<sup>3</sup> de diseño. Donde se aprecia que la diferencia entre las proporciones no es significativa, por tanto, se puede usar en su proporción de 20 kg/m<sup>3</sup> ya que es significativo respecto del concreto sin refuerzo y la vez sus máximos esfuerzos alcanzados están muy cercanos al de la proporción de 25 kg/m<sup>3</sup>.

## 5.9. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE T – STUDENT DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA RECICLABLE DE HOJALATA

**Tabla 71**

*Resumen de la prueba T – Student de resistencia a la compresión, módulo de rotura y elasticidad del concreto reforzado con fibra de hojalata*

CONCRETO	Resistencia a la compresión ( $f'c$ , MPa)	Resistencia a la flexión ( $M_r$ , MPa)	Elasticidad del concreto ( $E$ , MPa)
Concreto reforzado con 0.50% de fibra de hojalata	42.85	8.24	30816.82
Concreto reforzado con 0.75% de fibra de hojalata	44.52	8.32	31732.67
% de diferencia	3.91%	1.01%	2.97%
Análisis de Prueba T Student	0.00641	0.2262	0.000139
Validación de Prueba T Student	<b>Significativo</b>	<b>No Significativo</b>	<b>Significativo</b>
Concreto reforzado con 0.50% de fibra de hojalata	42.85	8.24	30816.82
Concreto reforzado con 1.00% de fibra de hojalata	45.63	8.80	32369.69
% de diferencia	6.49%	6.83%	5.04%
Análisis de Prueba T Student	0.000723	0.000292	0.00000615
Validación de Prueba T Student	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>
Concreto reforzado con 0.75% de fibra de hojalata	44.52	8.32	31732.67
Concreto reforzado con 1.00% de fibra de hojalata	45.63	8.80	32369.69
% de diferencia	2.48%	5.76%	2.01%
Análisis de Prueba T Student	0.0104	0.000816	0.0027
Validación de Prueba T Student	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>	<b>Significativo</b>

*Nota.* La tabla 71 muestra el resumen de prueba T – Student del concreto reforzado por fibra de hojalata donde se valida la significancia de sus resultados.

La tabla 71 muestra el análisis de prueba T – Student del Concreto reforzado con 0.50%, 0.75% y 1.00% de fibra reciclable de hojalata de tarro. Donde se aprecia que la diferencia entre las proporciones 0.50% vs 0.75% no es significativa, las proporciones 0.50% vs 1.00% y 0.75% vs 1.00% es significativa, por tanto, se puede usar en su proporción de 1.00% ya que también es significativo respecto del concreto sin refuerzo y la vez sus máximos esfuerzos alcanzados se alejan determinantemente respecto de otras proporciones usadas.

## 5.10. DEFINICIÓN “PRUEBA ESTADÍSTICA ANOVA Y TUKEY”

Para validar y diferenciar el grado de significancia también se realizará la prueba de Tukey, a la vez comparar con los resultados de prueba T – Student.

- **Anova:** Se usa para variables cuantitativos que tengan más de dos grupos con lo cual se comparan las medias con análisis de varianzas. Para lo cual tiene que existir la distribución normal, homogeneidad de varianzas y los grupos independientes.

**Se plantean hipótesis:**

**H<sub>0</sub> (nula):** las medias de los grupos son iguales.

**H<sub>a</sub> (alterna):** No todas las medias de los grupos son iguales. Al menos una de las medias es distinta.

Se trabaja con un nivel de confianza de 95%, donde se determina los valores críticos de **F**, revisar anexo 10.

- **Prueba de Tukey:** A partir de los resultados de Anova determinaremos las diferencias entre las medias de las muestras de los grupos comparando con una denominada “**Diferencia honestamente significativa**” (**HSD**), que se determina con la formula n° 33.

$$HSD = Multiplicador * \sqrt{\frac{MSe}{n}} \quad (33)$$

Donde:

Multiplicador: valor obtenido en la Tabla Tukey (Valor Q<sub>a</sub>), revisar anexo 11.

MSe: Cuadrado medio de error (media cuadrática DENTRO de los grupos)

n: tamaño de la muestra en los grupos.

Para que los resultados sean significativos necesariamente:

**HSD < DIFERENCIA DE MEDIAS DE LOS GRUPOS**

Con estas indicaciones se procede a analizar los resultados de ensayos del concreto reforzado con respecto de concreto sin refuerzo, con la ayuda de software Excel 2019.

## 5.11. PRUEBA TUKEY EN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO SIN REFUERZO Y REFORZADO CON FIBRAS

**Tabla 72**

*Resumen de la prueba Tukey de resistencia a la compresión*

<b>HSD = 16.62</b>						
	Concreto sin refuerzo	Concreto con 20 kg/m3 de fibra de acero	Concreto con 25 kg/m3 de fibra de acero	Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	Concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Concreto sin refuerzo		<b>-32.873</b>	<b>-34.327</b>	-8.692	<b>-25.779</b>	<b>-37.056</b>
Concreto con 20 kg/m3 de fibra de acero	<b>-32.873</b>		-1.454	<b>24.181</b>	7.094	-4.183
Concreto con 25 kg/m3 de fibra de acero	<b>-34.327</b>	-1.454		25.635	8.548	-2.729
Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	-8.692	<b>24.181</b>	<b>25.635</b>		<b>-17.087</b>	<b>-28.364</b>
Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	<b>-25.779</b>	7.094	8.548	<b>-17.087</b>		-11.277
Concreto con 1.00% de fibra de hojalata	<b>-37.056</b>	-4.183	-2.729	<b>-28.364</b>	-11.277	

*Nota.* La tabla 72 muestra el análisis de prueba Tukey en resistencia a la compresión donde HSD es igual a 16.62, la teoría indica que será válido y significativo cuando la diferencia de medias sea mayor que HSD, por tal los resultados significativos se negrean en la tabla mencionada.



## 5.12. PRUEBA TUKEY EN RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO SIN REFUERZO Y REFORZADO CON FIBRAS

**Tabla 73**

*Resumen de la prueba Tukey de resistencia a la flexión*

<b>HSD = 0.32</b>						
	Concreto sin refuerzo	Concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	Concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	Concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Concreto sin refuerzo		-0.320	<b>-0.539</b>	-0.261	<b>-0.344</b>	<b>-0.824</b>
Concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	-0.320		-0.219	0.060	-0.024	<b>-0.503</b>
Concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	<b>-0.539</b>	-0.219		0.279	0.195	-0.284
Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	-0.261	0.060	0.279		-0.083	<b>-0.563</b>
Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	<b>-0.344</b>	-0.024	0.195	-0.083		<b>-0.480</b>
Concreto con 1.00% de fibra de hojalata	<b>-0.824</b>	<b>-0.503</b>	-0.284	<b>-0.563</b>	<b>-0.480</b>	

*Nota.* La tabla 73 muestra el análisis de prueba Tukey en resistencia a la flexión donde HSD es igual a 0.32, la teoría indica que será válido y significativo cuando la diferencia de medias sea mayor que HSD, por tal los resultados significativos se negrean en la tabla mencionada.

### 5.13. PRUEBA TUKEY EN DETERMINACIÓN DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO Y REFORZADO CON FIBRAS

**Tabla 74**

*Resumen de la prueba Tukey de la elasticidad por flexión*

<b>HSD = 582.59</b>						
	Concreto sin refuerzo	Concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	Concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	Concreto con 1.00% de fibra de hojalata
Concreto sin refuerzo		<b>-914.155</b>	<b>-1177.034</b>	-233.913	<b>-1149.765</b>	<b>-1786.785</b>
Concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	<b>-914.155</b>		-262.879	<b>680.242</b>	-235.611	<b>-872.630</b>
Concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	<b>-1177.034</b>	-262.879		<b>943.121</b>	27.268	<b>-609.751</b>
Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	-233.913	<b>680.242</b>	<b>943.121</b>		<b>-915.852</b>	<b>-1552.872</b>
Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	<b>-1149.765</b>	-235.611	27.268	<b>-915.852</b>		<b>-637.020</b>
Concreto con 1.00% de fibra de hojalata	<b>-1786.785</b>	<b>-872.630</b>	-609.751	<b>-1552.872</b>	<b>-637.020</b>	

*Nota.* La tabla 74 muestra el análisis de prueba Tukey en determinación de elasticidad de concreto, donde HSD es igual a 582.59, la teoría indica que será válido y significativo cuando la diferencia de medias sea mayor que HSD, por tal los resultados significativos se negrean en la tabla mencionada.

## CONCLUSIONES

1. Al comparar los resultados de la resistencia a la compresión, módulo de rotura y la elasticidad del concreto sin refuerzo respecto al concreto reforzado con fibra de acero y fibra de hojalata de tarro leche, se obtienen de las muestras reforzados con mayores valores en resistencia a la compresión  $f'_c$ , resistencia a flexión  $M_r$  y elasticidad  $E$  como se muestra en las siguientes conclusiones.
2. Los resultados del concreto sin refuerzo son: resistencia a la compresión  $f'_{c_{prom.}} = 41.99$  MPa y la resistencia a la flexión  $M_{r_{prom.}} = 7.98$  MPa.
3. Los resultados del concreto reforzado con fibra de acero en proporciones de 20 kg y 25 kg por 1 m<sup>3</sup> del concreto fueron:
  - ✓ Concreto reforzado con 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero, la resistencia a la compresión  $f'_{c_{prom.}} = 45.22$  MPa y resistencia a la flexión  $M_{r_{prom.}} = 8.30$  MPa.
  - ✓ Concreto reforzado con 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero, la resistencia a la compresión  $f'_{c_{prom.}} = 45.36$  MPa y resistencia a la flexión  $M_{r_{prom.}} = 8.52$  MPa.
4. Los resultados del concreto reforzado con fibra reciclable de hojalata de tarro de leche en proporciones de 0.50%, 0.75% y 1.00% respecto al peso total de 1 m<sup>3</sup> del concreto fueron:
  - ✓ Concreto reforzado con 0.50% de fibra reciclable de hojalata, la resistencia a la compresión  $f'_{c_{prom.}} = 42.85$  MPa y resistencia a la flexión  $M_{r_{prom.}} = 8.24$  MPa.
  - ✓ Concreto reforzado con 0.75% de fibra reciclable de hojalata, la resistencia a la compresión  $f'_{c_{prom.}} = 44.52$  MPa y resistencia a la flexión  $M_{r_{prom.}} = 8.32$  MPa.
  - ✓ Concreto reforzado con 1.00% de fibra reciclable de hojalata, la resistencia a la compresión  $f'_{c_{prom.}} = 45.63$  MPa y resistencia a la flexión  $M_{r_{prom.}} = 8.80$  MPa.
5. La diferencia de los resultados del concreto sin refuerzo con respecto del concreto reforzado con fibra de acero y fibra reciclable de hojalata de tarro de leche según el análisis de prueba T - Student, se muestran en la tabla 69 y las comparaciones entre sí en tablas 70 y 71, donde se observa:
  - ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero muestran: resistencia a la compresión diferencia = 7.68%, es significativo y resistencia a la flexión diferencia = 4.02%, es significativo.

- ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con  $25 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero muestran, resistencia a la compresión diferencia = 8.02%, es significativo y resistencia a la flexión diferencia = 6.76%, es significativo.
  - ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 0.50% de fibra de hojalata muestran, resistencia a la compresión diferencia = 2.03%, no es significativo y resistencia a la flexión diferencia = 3.27%, es significativo.
  - ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 0.75% de fibra de hojalata muestran, resistencia a la compresión diferencia = 6.02%, es significativo y resistencia a la flexión diferencia = 4.31%, es significativo.
  - ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 1.00% de fibra de hojalata muestran, resistencia a la compresión diferencia = 8.65%, es significativo y resistencia a la flexión diferencia = 10.33%, es significativo.
  - ✓ Concreto reforzado con  $20 \text{ kg/m}^3$  vs  $25 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero muestran: resistencia a la compresión diferencia = 0.32%, no es significativo y resistencia a la flexión diferencia = 2.64%, no es significativo.
  - ✓ Concreto reforzado con 0.50% vs 0.75% de fibra de hojalata muestran, resistencia a la compresión diferencia = 3.91%, es significativo y resistencia a la flexión diferencia = 1.01%, no es significativo.
  - ✓ Concreto reforzado con 0.50% vs 1.00% de fibra de hojalata muestran, resistencia a la compresión diferencia = 6.49%, es significativo y resistencia a la flexión diferencia = 6.83%, es significativo.
  - ✓ Concreto reforzado con 0.75% vs 1.00% de fibra de hojalata muestran, resistencia a la compresión diferencia = 2.48%, es significativo y resistencia a la flexión diferencia = 5.76%, es significativo.
  - ✓ Para validar los resultados analizados de prueba T – Student se comparó con la prueba Tukey obteniendo los mismos resultados que se muestran en las tablas 72, 73 y 74.
6. La toma de datos y los cálculos iniciales fueron corregidos según la fuente de “Carbajal, B. M., & González, B. E. (2012). *Comparación de los módulos de elasticidad de concreto normal, con el ensayo de compresión y el ensayo de flexión*. Tesis de Grado, Universidad Pontificia Boliviriana Seccional Bucaramanga, Escuela de ingenierías, Facultad de Ingeniería Civil, Bucaramanga”. Donde la toma de datos de deflexión es a un tiempo que se puede visualizar sin problemas para lo cual se registra cada 4 segundos para evitar la dispersion y la constante K se

determina en limite proporcional, aproximados de 60% de modulo de rotura por lo tanto se obtienen las siguientes resultados de elasticidad:

- ✓ Concreto sin refuerzo  $E_{prom.} = 30582.91$  MPa.
- ✓ Concreto reforzado con  $20 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero  $E_{prom.} = 31497.06$  MPa.
- ✓ Concreto reforzado con  $25 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero  $E_{prom.} = 31759.94$  MPa.
- ✓ Concreto reforzado con 0.50% de fibra de hojalata  $E_{prom.} = 30816.82$  MPa.
- ✓ Concreto reforzado con 0.75% de fibra de hojalata  $E_{prom.} = 31732.67$  MPa.
- ✓ Concreto reforzado con 1.00% de fibra de hojalata  $E_{prom.} = 32369.69$  MPa.

La significancia de las diferencias de la elasticidad:

- ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con  $20 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero la diferencia = 2.99%, es significativo.
- ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con  $25 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero la diferencia = 3.85%, es significativo.
- ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 0.50% de fibra de hojalata la diferencia = 0.76%, es significativo.
- ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 0.75% de fibra de hojalata la diferencia = 3.76%, es significativo.
- ✓ Concreto sin refuerzo vs concreto reforzado con 1.00% de fibra de hojalata la diferencia = 5.84%, es significativo.
- ✓ Concreto reforzado con  $20 \text{ kg/m}^3$  vs  $25 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero la diferencia = 0.83%, no es significativo.
- ✓ Concreto reforzado con 0.50% vs 0.75% de fibra de hojalata la diferencia = 2.97%, es significativo.
- ✓ Concreto reforzado con 0.50% vs 1.00% de fibra de hojalata la diferencia = 5.04%, es significativo.
- ✓ Concreto reforzado con 0.75% vs 1.00% de fibra de hojalata la diferencia = 5.76%, es significativo.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda analizar y comparar los resultados de los ensayos del concreto reforzado con fibra de hojalata de tarro de leche y materiales similares con dimensiones diferentes.
- ✓ Se recomienda analizar y comparar los resultados de los ensayos del concreto reforzado con fibra de hojalata de tarro de leche en más proporciones con la finalidad de determinar el porcentaje óptimo.
- ✓ Se recomienda reciclar los tarros de leche en forma de fibra y usarlo como refuerzo del concreto ya que en la presente tesis se demostró que aumenta la resistencia a la compresión  $f'c$ , a la flexión  $M_r$  y mejora su elasticidad  $E$ , por ende, se garantiza un concreto con mayor ductilidad y sin fisuras.
- ✓ Se recomienda usar aditivo plastificante cuando el concreto es reforzado con fibra de acero o fibra reciclable de tarro de leche para no alterar su trabajabilidad del concreto.
- ✓ Se recomienda extender la investigación respecto a la producción de fibra reciclable de tarro de leche buscando la factibilidad técnica y economía.
- ✓ Se recomienda a los futuros investigadores realizar los ensayos en un laboratorio moderno certificado por Inacal, con medidores electrónicos para así obtener resultados con mayor precisión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bianchini Ingeniero. (2020). Fibras Refuerzo Estructural del Hormigon. *B Bianchini Ingeniero*, 1 - 16.
- Cabrera, R. F. (2003). *Caracterización de las propiedades Mecánicas y del desempeño de una hojalata colaminado con recubrimientos Poliméricos*. Tesis de para grado, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Mecánica, Valdivia.
- Carbajal, B. M., & González, B. E. (2012). *Comparación de los módulos de elasticidad de concreto normal, con el ensayo de compresión y el ensayo de flexión*. Tesis de Grado, Universidad Pontificia Boliviriana Seccional Bucaramanga, Escuela de ingenierías, Facultad de Ingeniería Civil, Bucaramanga.
- Cervera, R. M., & Blanco, D. E. (2015). *Resistencia de Materiales*. Barcelona, España.
- Cobo, E., & Cortés, J. (2014). *Prueba de significación y contraste de hipótesis*. Barcelona, España.
- De La Cruz, M. W., & Quispe, C. W. (2014). *Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la provincia de Huamanga - Ayacucho*. tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ingeniería de Minas - Civil, Escuela académico profesional de Ingeniería Civil, Huancavelica.
- E.060, R. (2009). *Norma E.060 Concreto Armado*. Lima, Perú.
- MACCAFERRI América Latina. (2009). *Fibras Wirand y Fibromac. Manual interno de entrenamiento promocional*. Brasilia, Brasil.
- MACCAFERRI América Latina. (2011). *Las soluciones para la ingeniería estructural. Pavimentos reforzados con fibra de acero*. Brasilia, Brasil.
- Masías, M. K. (2018). *Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso*. Tesis de grado, Universidad de Piura, Escuela de ingeniería civil, Facultad de Ingeniería, Piura.
- Mendieta, H. L. (2017). *Aplicación de concreto reforzado con fibra de acero en losas de contrapiso para viviendas de interes social*. Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de estudios a distancia - FAEDIS, Bogotá.
- Mincetur. (2009). Hojalatas. *Guía de Envases y Embalajes*, 73 - 80.
- Norma CE.010 Pavimentos urbanos, M. d. (2010). *Norma CE.010 Pavimentos urbanos*. Lima, Perú.
- NTP 339.034. (2008). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Perú.
- NTP 339.035. (1999). *HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams*. Lima, Perú.
- NTP 339.046. (2008). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)*. Lima, Perú.
- NTP 339.079. (2017). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo*. Lima, Perú.
- NTP 339.183. (2013). *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. Lima, Perú.

- NTP 339.184. (2002). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto)*. Lima, Perú.
- NTP 339.185. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú.
- NTP 400.010. (2001). *AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras*. Lima, Perú.
- NTP 400.012. (2001). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú.
- NTP 400.017. (1999). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*. Lima, Perú.
- NTP 400.018. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados*. Lima, Perú.
- NTP 400.021. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú.
- NTP 400.022. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. Lima, Perú.
- Ñaupas, T. D., & Sosa, S. D. (2019). *Comportamiento mecánico del concreto reforzados con fibra de acero en el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del centro médico san Conrado en los Olivos*. Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima.
- Sotil, L. A., & Zegarra, R. J. (2015). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand® FF3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand® FF4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido*. Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, Lima.
- Tavara, M. J. (08 de Junio de 2017). El mercado de la leche mueve S/ 6,000 millones al año en Perú. *RRP Noticias*, pág. 1.
- Torre, C. A. (2004). *Curso básico de Tecnología del Concreto*. Lima, Perú.



## ANEXOS

anexo 01: Ensayo de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas

ROTURA DE PROBETAS CILÍNDRICAS A COMPRESIÓN										
Concreto	Refuerzo en (kg/m <sup>3</sup> ) o %	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Muestra	D (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Carga (KN)	f'c (MPa)	Disp.	Tipo de rotura
<b>Sin refuerzo</b>	<b>0.00%</b>	10/07/2018	07/08/2018	1	151.90	18121.97	747.69	41.26	2.48%	4
				2	151.70	18074.28	749.19	41.45		4
				3	151.70	18074.28	755.47	41.80		3
				4	152.20	18193.62	785.15	43.16		3
				5	152.10	18169.72	742.93	40.89		4
				6	152.00	18145.84	787.62	43.40		4
				<b>Prom.</b>	<b>151.93</b>	<b>18129.95</b>	<b>761.34</b>	<b>41.99</b>		
<b>Con refuerzo de fibras de acero</b>	<b>20 kg/m<sup>3</sup></b>	11/07/2018	08/08/2018	1	152.00	18145.84	848.19	46.74	2.99%	2
				2	152.10	18169.72	815.85	44.90		2
				3	153.30	18457.56	814.20	44.11		4
				4	152.60	18289.38	826.10	45.17		4
				5	152.00	18145.84	789.89	43.53		4
				6	152.00	18145.84	850.01	46.84		4
				<b>Prom.</b>	<b>152.33</b>	<b>18225.70</b>	<b>824.04</b>	<b>45.22</b>		
<b>Con refuerzo de fibras de acero</b>	<b>25 kg/m<sup>3</sup></b>	12/07/2018	09/08/2018	1	152.50	18265.42	825.56	45.20	0.90%	4
				2	151.90	18121.97	819.35	45.21		4
				3	151.90	18121.97	835.25	46.09		4
				4	152.80	18337.35	833.14	45.43		4
				5	151.20	17955.33	814.35	45.35		4
				6	151.60	18050.46	809.82	44.86		3
				<b>Prom.</b>	<b>151.98</b>	<b>18142.08</b>	<b>822.91</b>	<b>45.36</b>		
<b>Con refuerzo de fibras reciclables de hojalatas</b>	<b>0.50%</b>	13/07/2018	10/08/2018	1	151.60	18050.46	772.42	42.79	2.71%	4
				2	152.60	18289.38	764.34	41.79		1
				3	151.80	18098.12	784.92	43.37		1
				4	151.60	18050.46	743.11	41.17		4
				5	151.80	18098.12	797.26	44.05		4
				6	151.50	18026.65	791.29	43.90		4
				<b>Prom.</b>	<b>151.88</b>	<b>18117.31</b>	<b>772.41</b>	<b>42.85</b>		
<b>Con adición de fibras reciclables de hojalatas</b>	<b>0.75%</b>	14/07/2018	11/08/2018	1	151.70	18074.28	804.58	44.52	0.63%	4
				2	151.20	17955.33	798.58	44.48		4
				3	152.60	18289.38	808.21	44.19		4
				4	152.10	18169.72	811.24	44.65		4
				5	151.20	17955.33	795.57	44.31		4
				6	151.40	18002.87	809.89	44.99		1
				<b>Prom.</b>	<b>151.76</b>	<b>18088.81</b>	<b>803.64</b>	<b>44.52</b>		
<b>Con adición de fibras reciclables de hojalatas</b>	<b>1.00%</b>	15/07/2018	12/08/2018	1	151.80	18098.12	834.61	46.12	1.78%	1
				2	151.60	18050.46	822.16	45.55		3
				3	151.70	18074.28	816.80	45.19		3
				4	151.00	17907.86	835.68	46.67		4
				5	151.80	18098.12	802.08	44.32		1
				6	151.20	17955.33	824.52	45.92		1
				<b>Prom.</b>	<b>151.58</b>	<b>18045.77</b>	<b>822.27</b>	<b>45.63</b>		

  
**COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ**  
 Consejo Departamental Ancash - Huaraz  
  
 Ing. Renzo Saúl Huincho Suárez  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 78048

112



Anexo 02: Ensayo de resistencia a la flexión de probetas prismáticas

Concreto	Refuerzo en (kg/m <sup>3</sup> ) o %	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Muestra	L (mm)	b (mm)	h (mm)	P'' (PSI)	P (N)	Mr (MPa)	Disp.
Sin adición	0.00%	10/07/2018	30/08/2018	1	450.00	154.83	155.51	199.00	44366.00	8.00	1.77%
				2	450.00	156.41	155.25	196.00	43694.00	7.82	
				3	450.00	155.14	151.40	184.00	41006.00	7.78	
				4	450.00	152.55	151.85	188.00	41902.00	8.04	
				5	450.00	151.28	151.30	187.00	41678.00	8.12	
				6	450.00	154.74	153.12	195.00	43470.00	8.09	
				<b>Prom.</b>	<b>450.00</b>	<b>154.16</b>	<b>153.07</b>	<b>191.50</b>	<b>42686.00</b>	<b>7.98</b>	
Con adición de fibra	20 kg/m <sup>3</sup>	11/07/2018	30/08/2018	1	450.00	154.37	153.24	195.00	43470.00	8.09	2.90%
				2	450.00	154.22	154.59	209.00	46606.00	8.54	
				3	450.00	154.09	153.34	193.00	43022.00	8.02	
				4	450.00	153.00	152.27	195.00	43470.00	8.27	
				5	450.00	153.05	153.26	206.00	45934.00	8.62	
				6	450.00	152.57	152.01	193.00	43022.00	8.24	
				<b>Prom.</b>	<b>450.00</b>	<b>153.55</b>	<b>153.12</b>	<b>198.50</b>	<b>44254.00</b>	<b>8.30</b>	
Con adición de fibra	25 kg/m <sup>3</sup>	12/07/2018	30/08/2018	1	450.00	151.81	153.28	202.00	45038.00	8.52	2.40%
				2	450.00	151.55	150.79	203.00	45262.00	8.87	
				3	450.00	152.21	151.10	197.00	43918.00	8.53	
				4	450.00	151.29	152.04	192.00	42798.00	8.26	
				5	450.00	153.26	153.13	200.00	44590.00	8.37	
				6	450.00	153.27	153.17	204.00	45486.00	8.54	
				<b>Prom.</b>	<b>450.00</b>	<b>152.23</b>	<b>152.25</b>	<b>199.67</b>	<b>44515.33</b>	<b>8.52</b>	
Con adición de fibra	0.50%	13/07/2018	30/08/2018	1	450.00	153.20	151.19	189.00	42126.00	8.12	1.43%
				2	450.00	153.76	155.31	204.00	45486.00	8.28	
				3	450.00	154.29	152.32	201.00	44814.00	8.45	
				4	450.00	153.59	151.65	192.00	42798.00	8.18	
				5	450.00	153.17	152.39	193.00	43022.00	8.16	
				6	450.00	152.00	151.96	192.00	42798.00	8.23	
				<b>Prom.</b>	<b>450.00</b>	<b>153.33</b>	<b>152.47</b>	<b>195.17</b>	<b>43507.33</b>	<b>8.24</b>	
Con adición de fibra	0.75%	14/07/2018	30/08/2018	1	450.00	155.15	154.53	207.00	46158.00	8.41	1.27%
				2	450.00	153.43	152.75	201.00	44814.00	8.45	
				3	450.00	153.28	153.66	199.00	44366.00	8.27	
				4	450.00	153.69	152.70	198.00	44142.00	8.31	
				5	450.00	154.88	153.24	197.00	43918.00	8.15	
				6	450.00	153.37	154.32	202.00	45038.00	8.32	
				<b>Prom.</b>	<b>450.00</b>	<b>153.97</b>	<b>153.53</b>	<b>200.67</b>	<b>44739.33</b>	<b>8.32</b>	
Con adición de fibra	1.00%	15/07/2018	30/08/2018	1	450.00	153.68	152.86	201.00	44814.00	8.42	2.56%
				2	450.00	153.38	152.41	215.00	47950.00	9.08	
				3	450.00	153.39	151.92	210.00	46830.00	8.93	
				4	450.00	152.10	151.71	203.00	45262.00	8.73	
				5	450.00	152.62	153.40	212.00	47278.00	8.89	
				6	450.00	152.72	151.95	205.00	45710.00	8.75	
				<b>Prom.</b>	<b>450.00</b>	<b>152.98</b>	<b>152.38</b>	<b>207.67</b>	<b>46307.33</b>	<b>8.80</b>	


**COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ**  
 Consejo Departamental Azuay - Mueña  
  
**Ing. GIP FERNANDO MIGUEL ARMAS ENRIQUEZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. GIP N° 7927#

Anexo 03: Cálculos de elasticidad de probetas prismáticas.

Anexo 3.1: Resultados de la elasticidad con calculo en 100% de su Rotura, (datos primigenios).

CONCRETO	Refuerzo en (kg/m3) o %	P (N)	$\delta$ elástica (mm)	E (MPa)	% Variación (E, kg/cm2)
Sin refuerzo	0.00%	42686.00	0.30	<b>8459.93</b>	0.00%
Con refuerzo de fibra de acero	20 kg/m3	44664.67	0.46	<b>7494.21</b>	11.42%
Con refuerzo de fibra de acero	25 kg/m3	44515.33	0.49	<b>6921.62</b>	18.18%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.50%	43507.33	0.40	<b>8191.26</b>	3.18%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.75%	44739.33	0.56	<b>7255.71</b>	14.23%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	1.00%	46307.33	0.70	<b>6689.65</b>	20.93%

Anexo 3.2: Resultados de la elasticidad con calculo en 60% de su Rotura (datos ajustados).

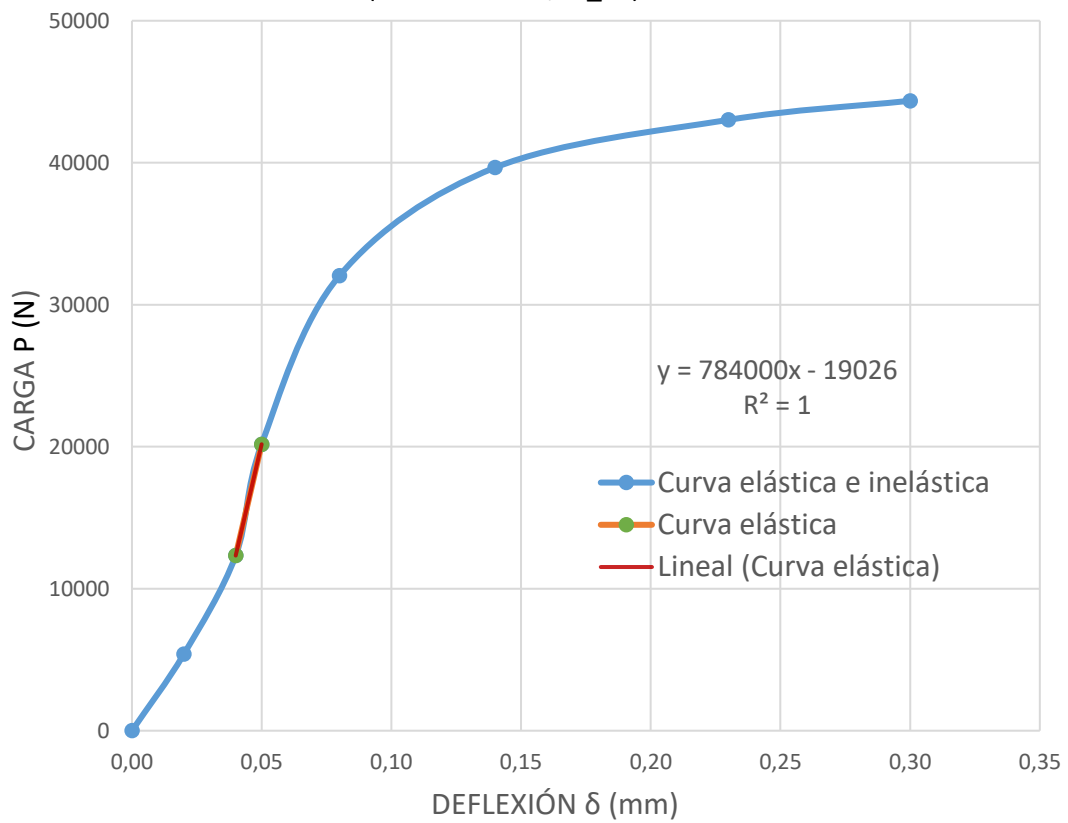
CONCRETO	Refuerzo en (kg/m3) o %	P (N)	$\delta$ elástica (mm)	E (MPa)	% Variación
Sin refuerzo	0.00%	42686.00	0.30	<b>30582.91</b>	0.00%
Con refuerzo de fibra de acero	20 kg/m3	44664.67	0.46	<b>31497.06</b>	2.99%
Con refuerzo de fibra de acero	25 kg/m3	44515.33	0.49	<b>31759.94</b>	3.85%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.50%	43507.33	0.40	<b>30816.82</b>	0.76%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	0.75%	44739.33	0.56	<b>31732.67</b>	3.76%
Con refuerzo de fibra reciclable de hojalata	1.00%	46307.33	0.70	<b>32369.69</b>	5.84%

Anexo 3.3: Proceso de cálculo de la elasticidad en su 60% de rotura que será validado para la presente tesis (datos ajustados):

MUESTRA 01 (SIN REFUERZO)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	25.00	2.00	0.01	5390.00	0.02			
			8	56.00	4.00	0.01	12334.00	0.04			
450.00	154.83	155.51	12	91.00	5.00	0.01	20174.00	0.05	48523751.28	784000.00	30673.12
			16	144.00	8.00	0.01	32046.00	0.08			
			20	178.00	14.00	0.01	39662.00	0.14			
			24	193.00	23.00	0.01	43022.00	0.23			
			28	199.00	30.00	0.01	44366.00	0.30			

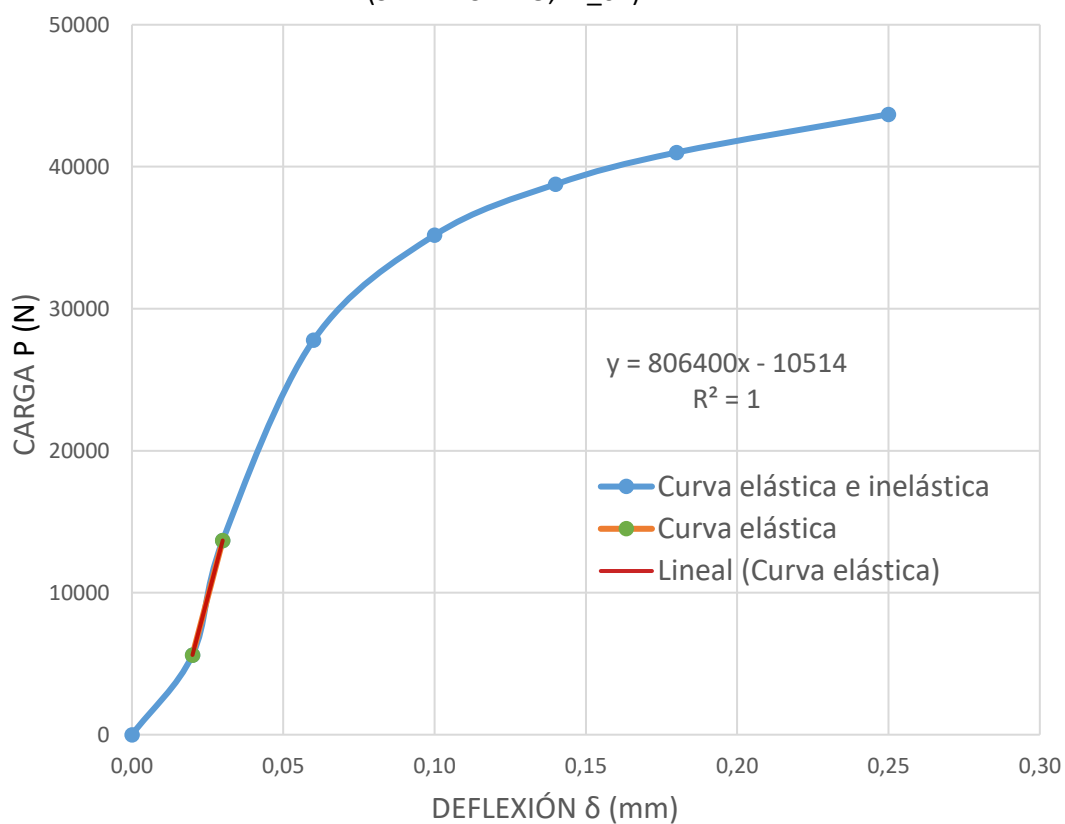
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(SIN REFUERZO, M\_01)



MUESTRA 02 (SIN REFUERZO)

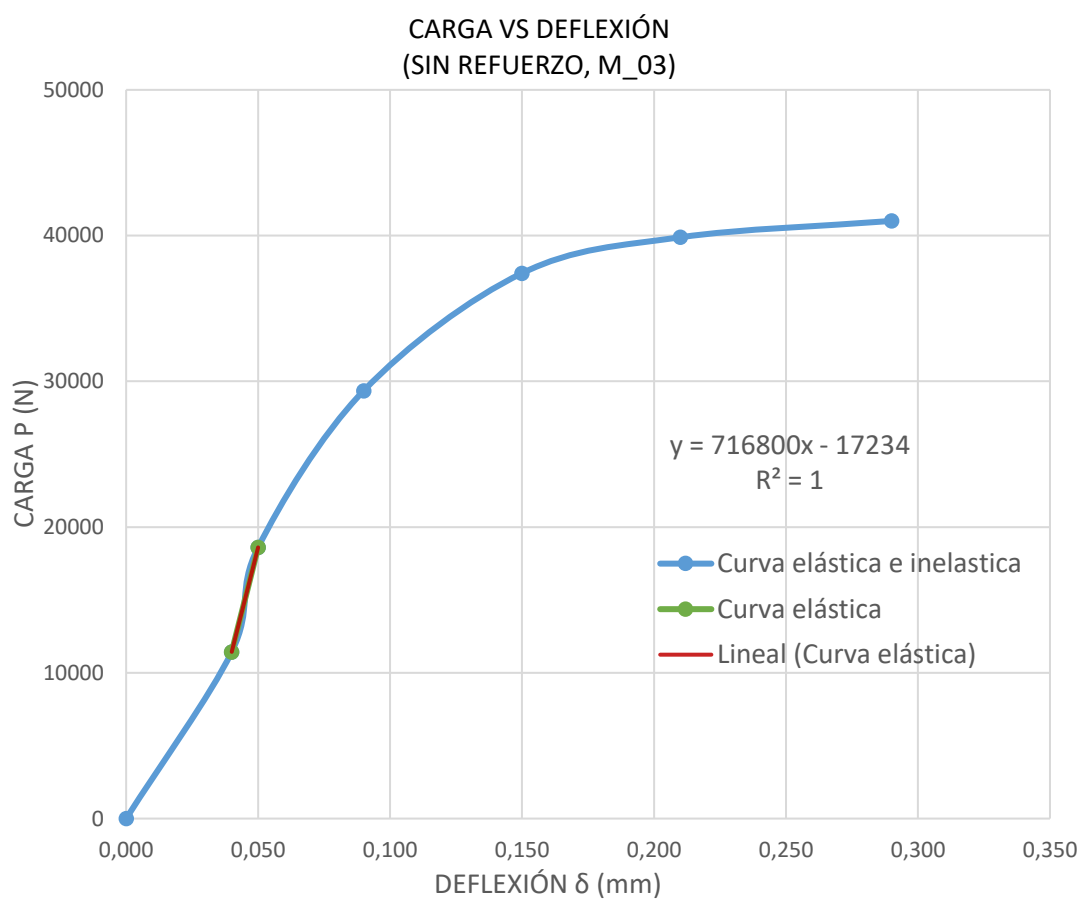
Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	26.00	2.00	0.01	5614.00	0.02			
			8	62.00	3.00	0.01	13678.00	0.03			
45.00	15.641	15.525	12	125.00	6.00	0.01	27790.00	0.06	48771584.51	806400.00	31389.18
			16	158.00	10.00	0.01	35182.00	0.10			
			20	174.00	14.00	0.01	38766.00	0.14			
			24	184.00	18.00	0.01	41006.00	0.18			
			28	196.00	25.00	0.01	43694.00	0.25			

CARGA VS DEFLEXIÓN  
(SIN REFUERZO, M\_02)



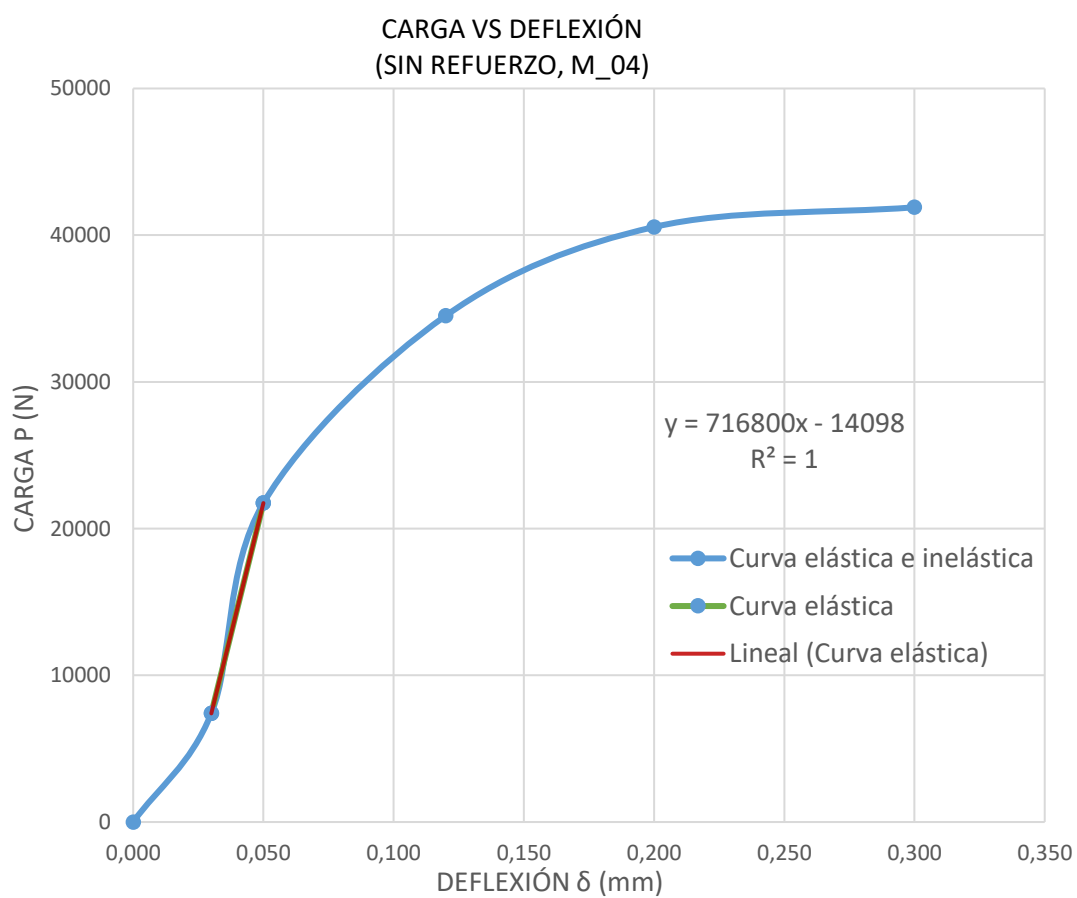
MUESTRA 03 (SIN REFUERZO)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00			
			52.00	4.00	0.01	11438.00	0.04	52.00			
			84.00	5.00	0.01	18606.00	0.05	84.00			
450.00	155.14	151.40	132.00	9.00	0.01	29358.00	0.09	132.00	44871003.86	716800.00	30326.93
			168.00	15.00	0.01	37422.00	0.15	168.00			
			179.00	21.00	0.01	39886.00	0.21	179.00			
			184.00	29.00	0.01	41006.00	0.29	184.00			



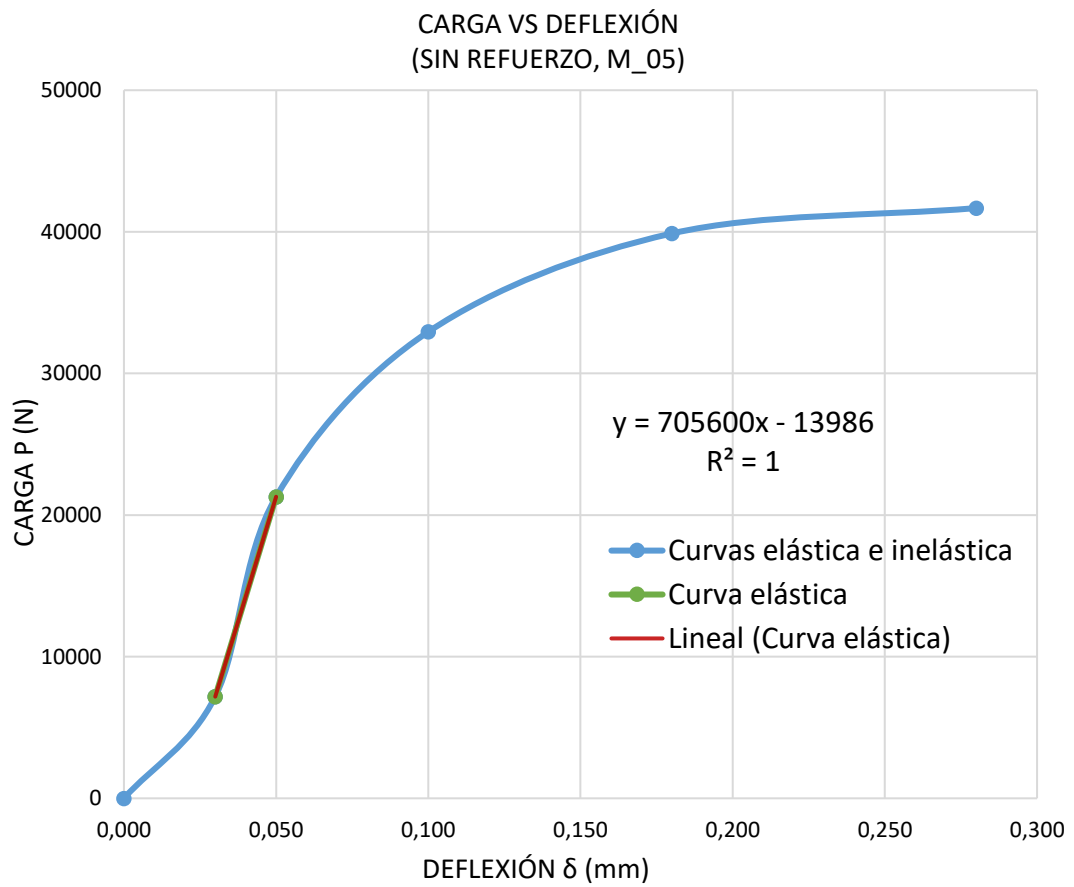
MUESTRA 04 (SIN REFUERZO)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. ( $\delta$ )	Precisión (mm)	P (N)	$\delta$ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
450.00	152.55	151.85	0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	44508302.80	716800	30574.07
			4	34.00	3.00	0.01	7406.00	0.03			
			8	98.00	5.00	0.01	21742.00	0.05			
			12	155.00	12.00	0.01	34510.00	0.12			
			16	182.00	20.00	0.01	40558.00	0.20			
			20	188.00	30.00	0.01	41902.00	0.30			



MUESTRA 05 (SIN REFUERZO)

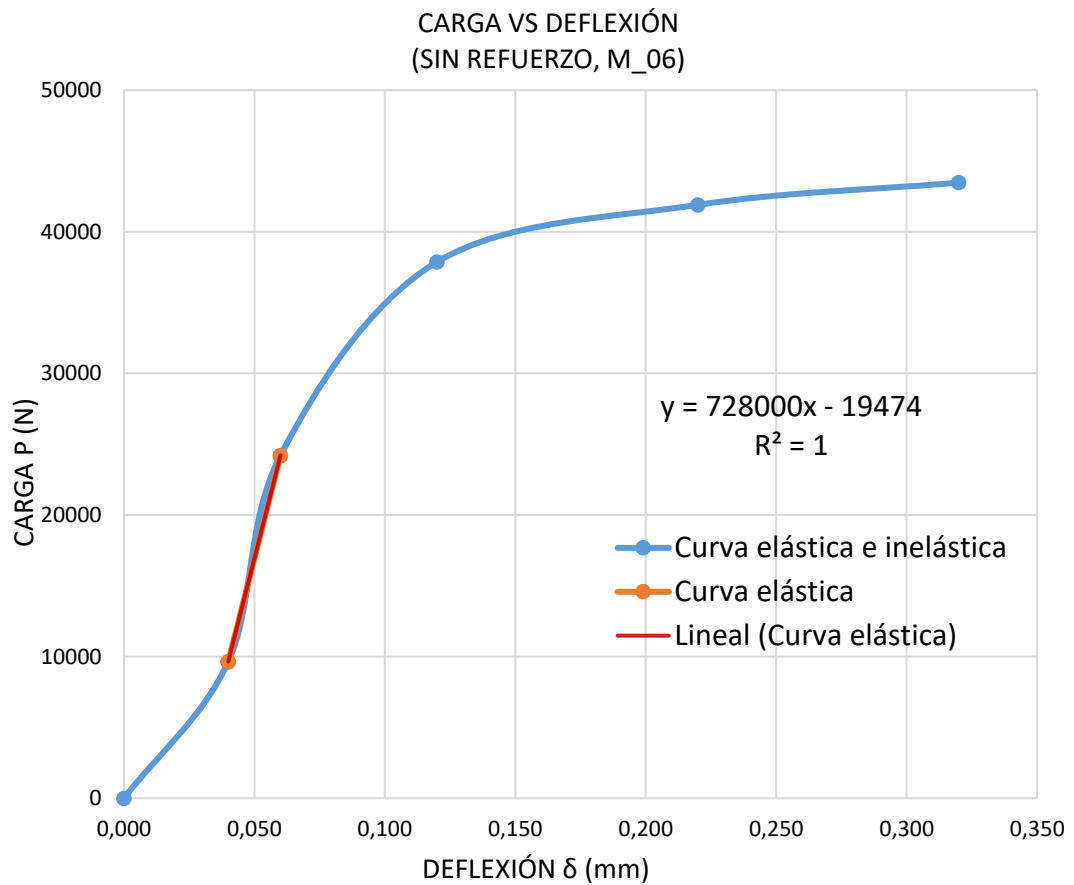
Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
450.00	151.28	151.30	0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	43662195.79	705600	30679.57
			4	33.00	3.00	0.01	7182.00	0.03			
			8	96.00	5.00	0.01	21294.00	0.05			
			12	148.00	10.00	0.01	32942.00	0.10			
			16	179.00	18.00	0.01	39886.00	0.18			
			20	187.00	28.00	0.01	41678.00	0.28			





MUESTRA 06 (SIN REFUERZO)

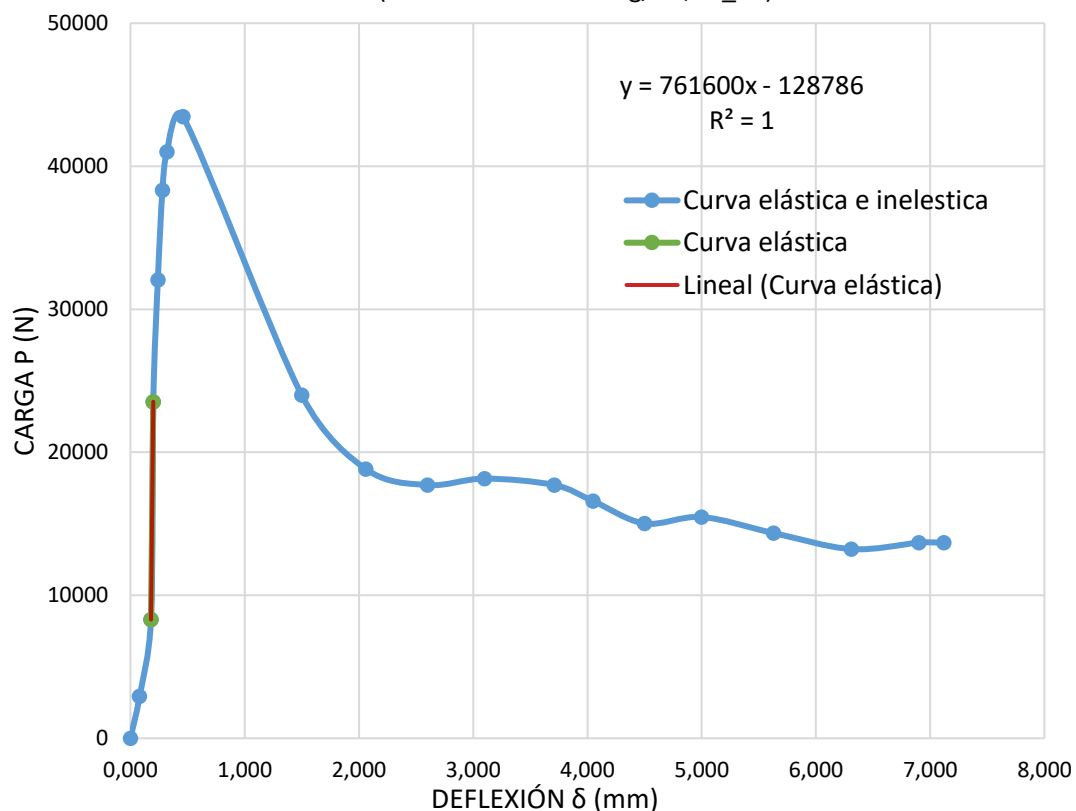
Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	44.00	4.00	0.01	9646.00	0.04			
45.00	154.74	153.12	8	109.00	6.00	0.01	24206.00	0.06	46293189.93	728000.00	29854.55
			12	170.00	12.00	0.01	37870.00	0.12			
			16	188.00	22.00	0.01	41902.00	0.22			
			20	195.00	32.00	0.01	43470.00	0.32			



MUESTRA 01 (FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	14.00	8.00	0.01	2926.00	0.08			
			8	38.00	18.00	0.01	8302.00	0.18			
			12	106.00	20.00	0.01	23534.00	0.20			
			16	144.00	24.00	0.01	32046.00	0.24			
			20	172.00	28.00	0.01	38318.00	0.28			
			24	184.00	32.00	0.01	41006.00	0.32			
			28	195.00	46.00	0.01	43470.00	0.46			
			28	108.00	150.00	0.01	23982.00	1.50			
450.00	154.37	153.24	32	85.00	206.00	0.01	18830.00	2.06	46288750.39	761600	31235.45
			36	80.00	260.00	0.01	17710.00	2.60			
			40	82.00	310.00	0.01	18158.00	3.10			
			44	80.00	371.00	0.01	17710.00	3.71			
			48	75.00	405.00	0.01	16590.00	4.05			
			52	68.00	450.00	0.01	15022.00	4.50			
			56	70.00	500.00	0.01	15470.00	5.00			
			60	65.00	563.00	0.01	14350.00	5.63			
			64	60.00	631.00	0.01	13230.00	6.31			
			68	62.00	690.00	0.01	13678.00	6.90			
			72	62.00	712.00	0.01	13678.00	7.12			

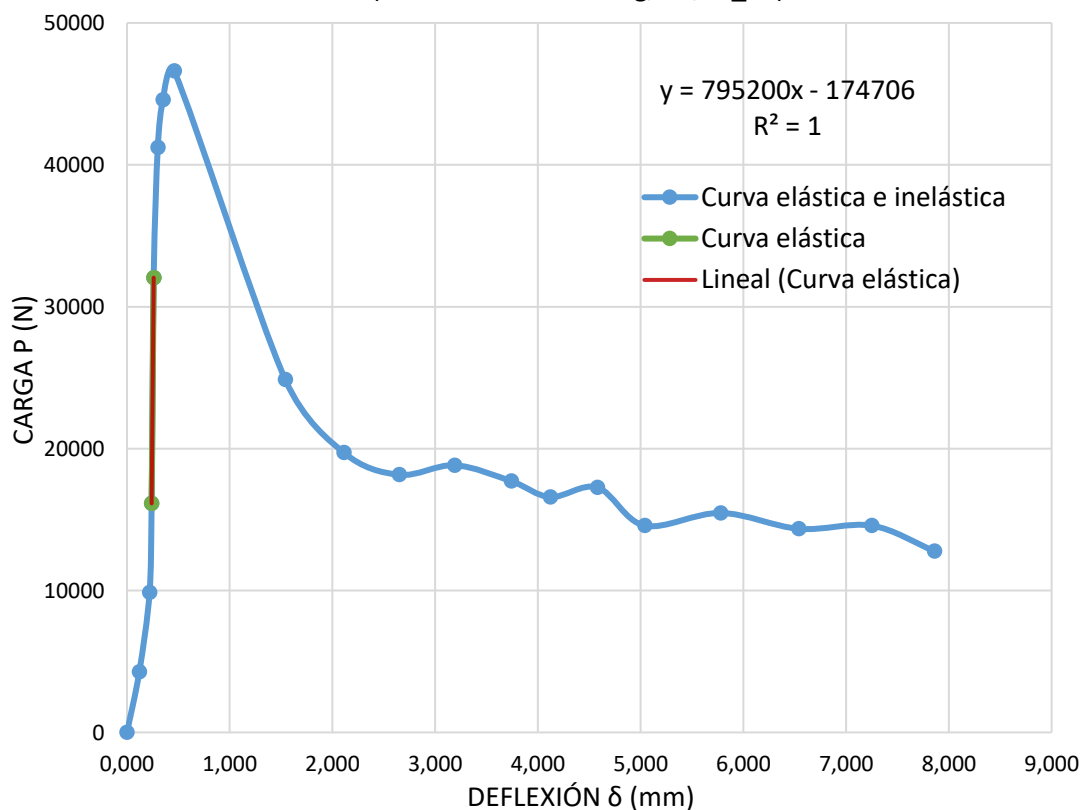
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>, M\_01)



MUESTRA 02 (FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	20.00	12.00	0.01	4270.00	0.12			
			8	45.00	22.00	0.01	9870.00	0.22			
			12	73.00	24.00	0.01	16142.00	0.24			
			16	144.00	26.00	0.01	32046.00	0.26			
			20	185.00	30.00	0.01	41230.00	0.30			
			24	200.00	35.00	0.01	44590.00	0.35			
			28	209.00	46.00	0.01	46606.00	0.46			
			28	112.00	154.00	0.01	24878.00	1.54			
450.00	154.22	154.59	32	89.00	211.00	0.01	19726.00	2.11	47481070.31	795200	31794.51
			36	82.00	265.00	0.01	18158.00	2.65			
			40	85.00	319.00	0.01	18830.00	3.19			
			44	80.00	374.00	0.01	17710.00	3.74			
			48	75.00	412.00	0.01	16590.00	4.12			
			52	78.00	458.00	0.01	17262.00	4.58			
			56	66.00	504.00	0.01	14574.00	5.04			
			60	70.00	578.00	0.01	15470.00	5.78			
			64	65.00	654.00	0.01	14350.00	6.54			
			68	66.00	725.00	0.01	14574.00	7.25			
			72	58.00	786.00	0.01	12782.00	7.86			

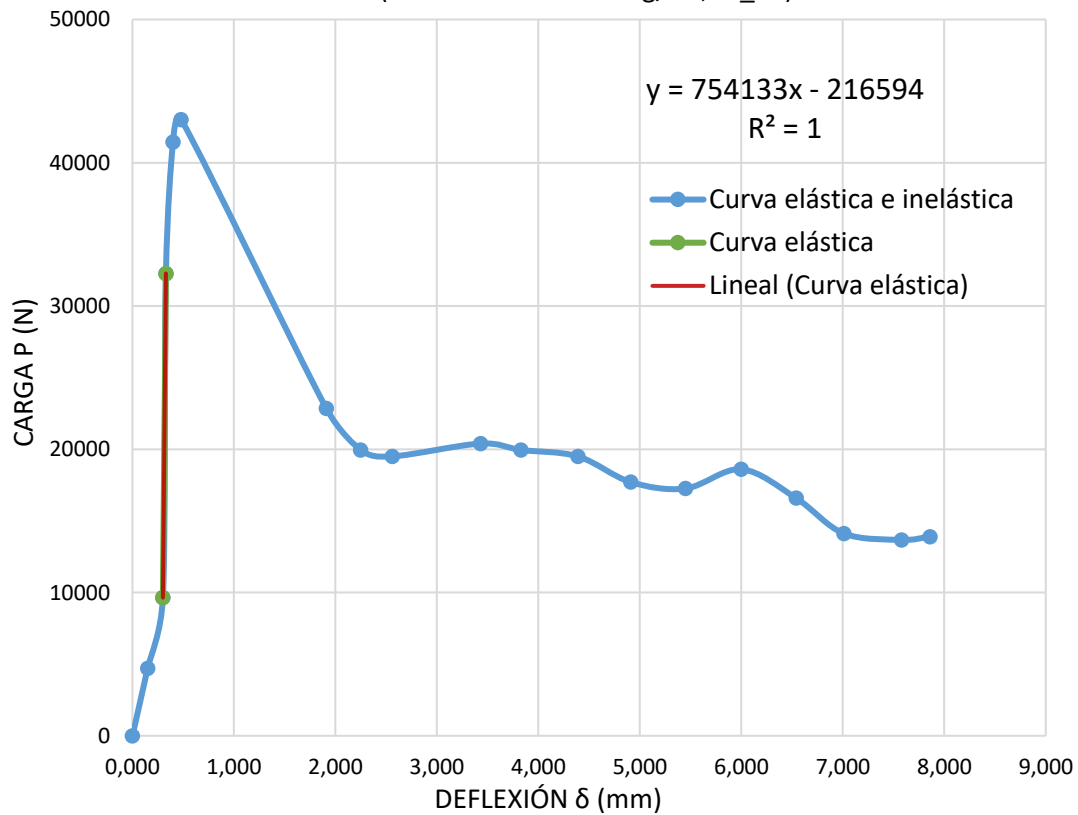
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>, M\_02)



MUESTRA 03 (FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>)

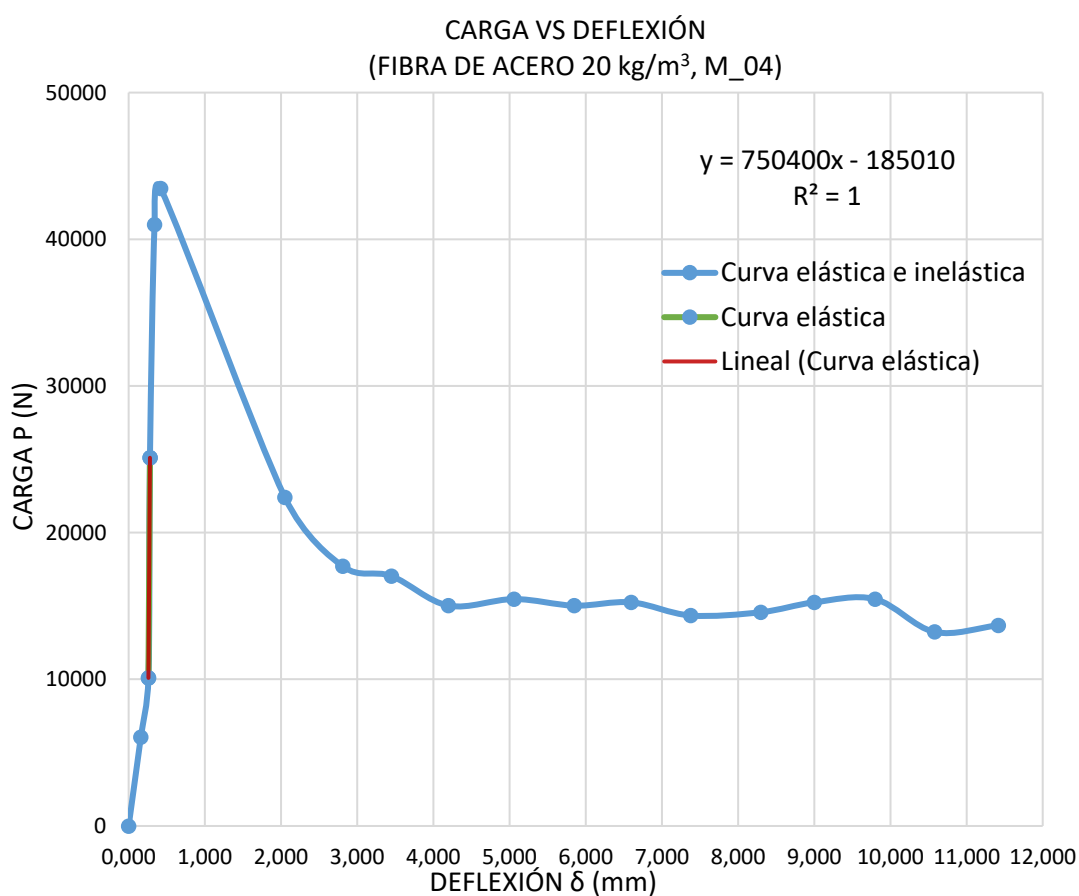
Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	22.00	15.00	0.01	4718.00	0.15			
			8	44.00	30.00	0.01	9646.00	0.30			
			12	145.00	33.00	0.01	32270.00	0.33			
			16	186.00	40.00	0.01	41454.00	0.40			
			20	193.00	48.00	0.01	43022.00	0.48			
			24	103.00	191.00	0.01	22862.00	1.91			
			28	90.00	225.00	0.01	19950.00	2.25			
			32	88.00	256.00	0.01	19502.00	2.56			
450.00	154.09	153.34	36	92.00	343.00	0.01	20398.00	3.43	46295305.62	754133.33	30924.84
			40	90.00	383.00	0.01	19950.00	3.83			
			44	88.00	439.00	0.01	19502.00	4.39			
			48	80.00	491.00	0.01	17710.00	4.91			
			52	78.00	545.00	0.01	17262.00	5.45			
			56	84.00	600.00	0.01	18606.00	6.00			
			60	75.00	654.00	0.01	16590.00	6.54			
			64	64.00	701.00	0.01	14126.00	7.01			
			68	62.00	758.00	0.01	13678.00	7.58			
			72	63.00	786.00	0.01	13902.00	7.86			

CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>, M\_03)



MUESTRA 04 (FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>)

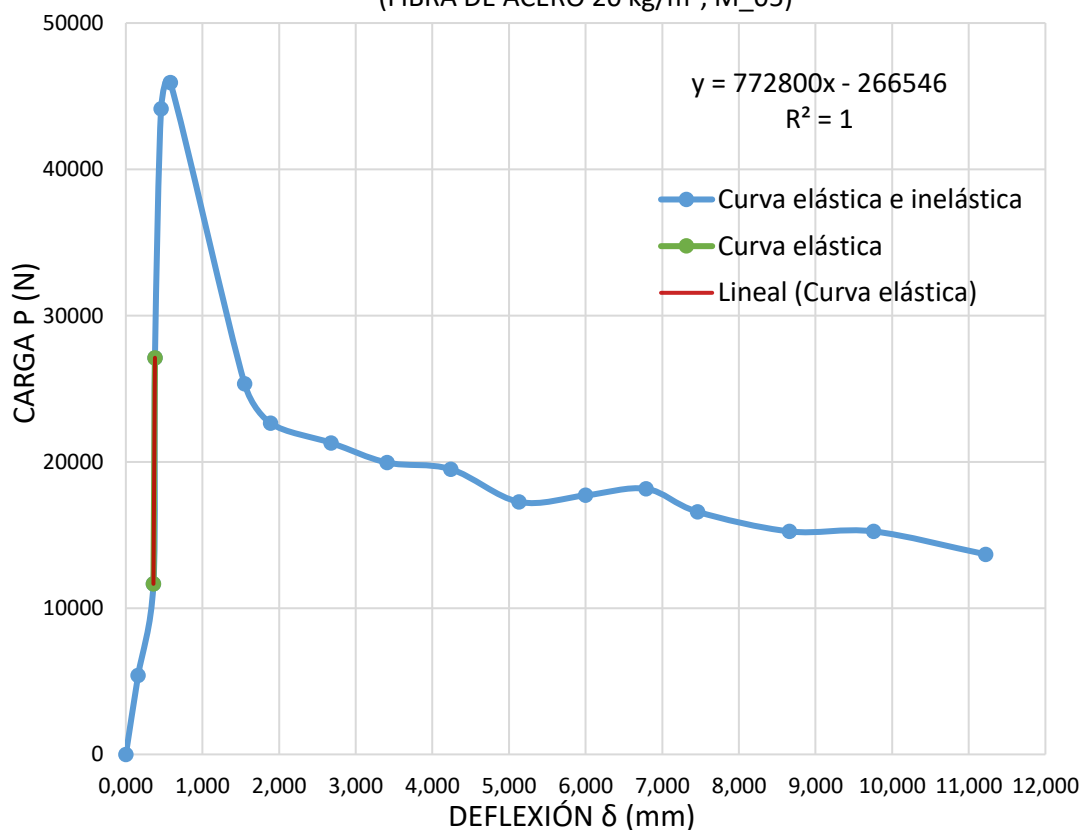
Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	28.00	16.00	0.01	6062.00	0.16			
			8	46.00	26.00	0.01	10094.00	0.26			
			12	113.00	28.00	0.01	25102.00	0.28			
			16	184.00	34.00	0.01	41006.00	0.34			
			20	195.00	42.00	0.01	43470.00	0.42			
			24	101.00	205.00	0.01	22414.00	2.05			
			28	80.00	281.00	0.01	17710.00	2.81			
			32	77.00	345.00	0.01	17038.00	3.45			
450.00	153.00	152.27	36	68.00	420.00	0.01	15022.00	4.20	45011632.13	750400.00	31649.32
			40	70.00	506.00	0.01	15470.00	5.06			
			44	68.00	585.00	0.01	15022.00	5.85			
			48	69.00	660.00	0.01	15246.00	6.60			
			52	65.00	738.00	0.01	14350.00	7.38			
			56	66.00	830.00	0.01	14574.00	8.30			
			60	69.00	900.00	0.01	15246.00	9.00			
			64	70.00	980.00	0.01	15470.00	9.80			
			68	60.00	1058.00	0.01	13230.00	10.58			
			72	62.00	1142.00	0.01	13678.00	11.42			



MUESTRA 05 (FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	25.00	16.00	0.01	5390.00	0.16			
			8	53.00	36.00	0.01	11662.00	0.36			
			12	122.00	38.00	0.01	27118.00	0.38			
			16	198.00	46.00	0.01	44142.00	0.46			
			20	206.00	58.00	0.01	45934.00	0.58			
			24	114.00	155.00	0.01	25326.00	1.55			
			28	102.00	189.00	0.01	22638.00	1.89			
45.00	15.305	15.326	32	96.00	268.00	0.01	21294.00	2.68	45915102.03	772800.00	31952.72
			36	90.00	341.00	0.01	19950.00	3.41			
			40	88.00	424.00	0.01	19502.00	4.24			
			44	78.00	513.00	0.01	17262.00	5.13			
			48	80.00	600.00	0.01	17710.00	6.00			
			52	82.00	679.00	0.01	18158.00	6.79			
			56	75.00	746.00	0.01	16590.00	7.46			
			60	69.00	866.00	0.01	15246.00	8.66			
			64	69.00	976.00	0.01	15246.00	9.76			
			68	62.00	1122.00	0.01	13678.00	11.22			

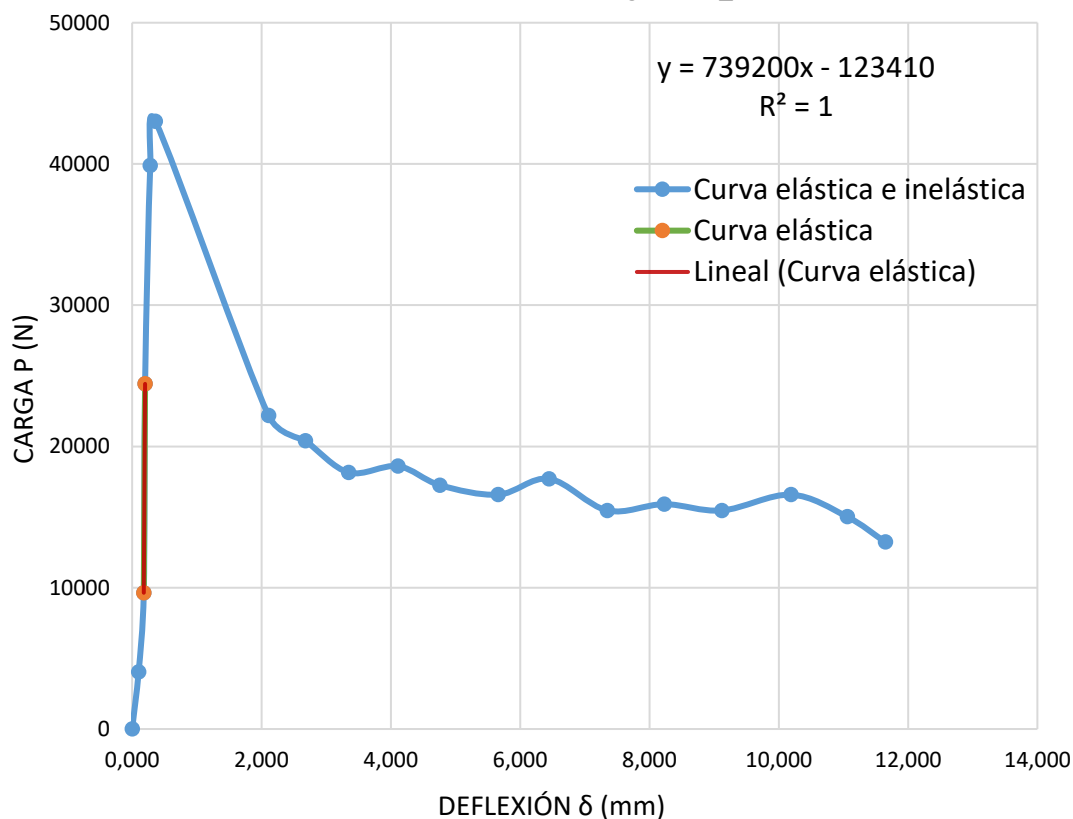
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>, M\_05)



MUESTRA 06 (FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00			
			19.00	10.00	0.01	4046.00	0.10	19.00			
			44.00	18.00	0.01	9646.00	0.18	44.00			
			110.00	20.00	0.01	24430.00	0.20	110.00			
			179.00	28.00	0.01	39886.00	0.28	179.00			
			193.00	36.00	0.01	43022.00	0.36	193.00			
			100.00	211.00	0.01	22190.00	2.11	100.00			
			92.00	268.00	0.01	20398.00	2.68	92.00			
			82.00	335.00	0.01	18158.00	3.35	82.00			
450.00	152.57	152.01	84.00	411.00	0.01	18606.00	4.11	84.00	44655591.75	739200.00	31425.52
			78.00	476.00	0.01	17262.00	4.76	78.00			
			75.00	566.00	0.01	16590.00	5.66	75.00			
			80.00	645.00	0.01	17710.00	6.45	80.00			
			70.00	735.00	0.01	15470.00	7.35	70.00			
			72.00	823.00	0.01	15918.00	8.23	72.00			
			70.00	912.00	0.01	15470.00	9.12	70.00			
			75.00	1019.00	0.01	16590.00	10.19	75.00			
			68.00	1106.00	0.01	15022.00	11.06	68.00			
			60.00	1165.00	0.01	13230.00	11.65	60.00			

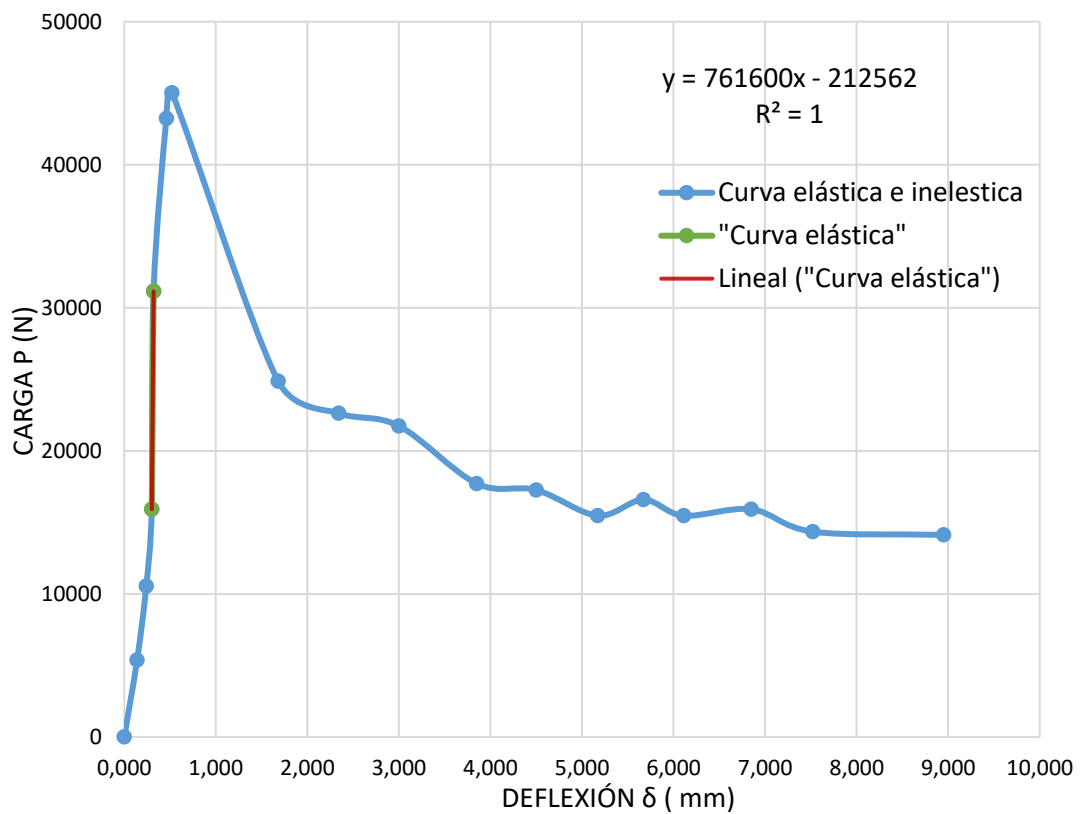
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 20 kg/m<sup>3</sup>, M\_06)



MUESTRA 01 (FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	25.00	14.00	0.01	5390.00	0.14			
			8	48.00	24.00	0.01	10542.00	0.24			
			12	72.00	30.00	0.01	15918.00	0.30			
			16	140.00	32.00	0.01	31150.00	0.32			
			20	194.00	46.00	0.01	43246.00	0.46			
			24	202.00	52.00	0.01	45038.00	0.52			
			28	112.00	168.00	0.01	24878.00	1.68			
450.00	151.81	153.28	32	102.00	234.00	0.01	22638.00	2.34	45559749.86	761600.00	31735.25
			36	98.00	300.00	0.01	21742.00	3.00			
			40	80.00	385.00	0.01	17710.00	3.85			
			44	78.00	450.00	0.01	17262.00	4.50			
			48	70.00	517.00	0.01	15470.00	5.17			
			52	75.00	567.00	0.01	16590.00	5.67			
			56	70.00	611.00	0.01	15470.00	6.11			
			60	72.00	685.00	0.01	15918.00	6.85			
			64	65.00	752.00	0.01	14350.00	7.52			
			68	64.00	895.00	0.01	14126.00	8.95			

CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>, M\_01)

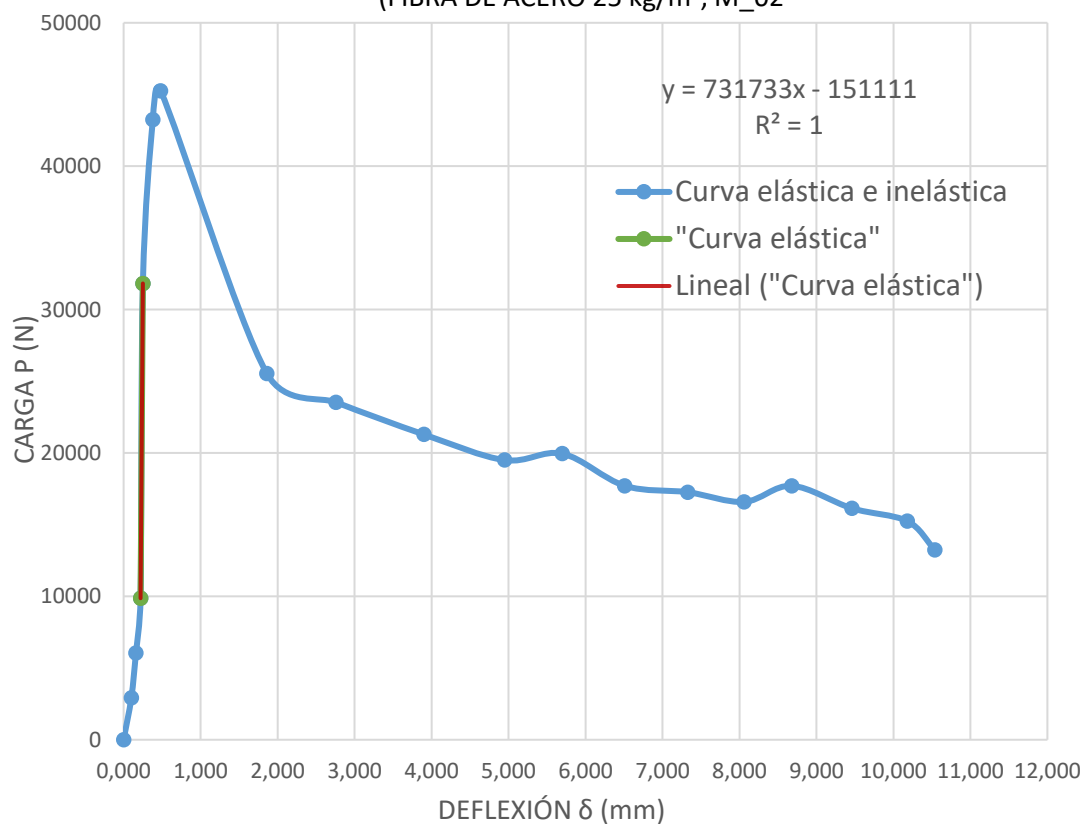




MUESTRA 02 (FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	15.00	5.00	0.01	3150.00	0.05			
			8	22.00	12.00	0.01	4718.00	0.12			
			12	35.00	22.00	0.01	7630.00	0.22			
			16	58.00	28.00	0.01	12782.00	0.28			
			20	179.00	41.00	0.01	39886.00	0.41			
			24	203.00	48.00	0.01	45262.00	0.48			
			28	102.00	186.00	0.01	22638.00	1.86			
			32	98.00	276.00	0.01	21742.00	2.76			
450.00	152.21	151.10	36	89.00	390.00	0.01	19726.00	3.90	43300440.88	731733.33	32081.66
			40	88.00	495.00	0.01	19502.00	4.95			
			44	90.00	570.00	0.01	19950.00	5.70			
			48	80.00	651.00	0.01	17710.00	6.51			
			52	78.00	733.00	0.01	17262.00	7.33			
			56	75.00	806.00	0.01	16590.00	8.06			
			60	80.00	868.00	0.01	17710.00	8.68			
			64	73.00	946.00	0.01	16142.00	9.46			
			68	69.00	1018.00	0.01	15246.00	10.18			
			72	60.00	1054.00	0.01	13230.00	10.54			

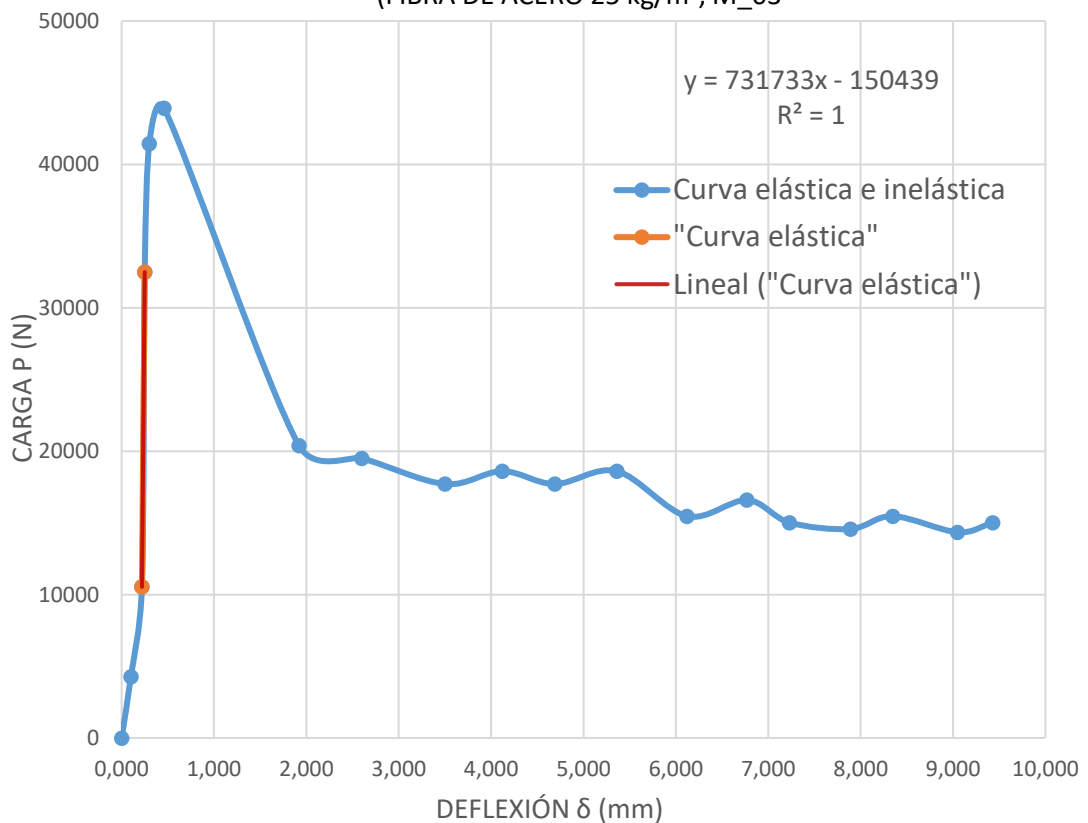
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>, M\_02)



MUESTRA 03 (FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	20.00	10.00	0.01	4270.00	0.10			
			8	48.00	22.00	0.01	10542.00	0.22			
			12	146.00	25.00	0.01	32494.00	0.25			
			16	186.00	30.00	0.01	41454.00	0.30			
			20	197.00	46.00	0.01	43918.00	0.46			
			24	92.00	192.00	0.01	20398.00	1.92			
			28	88.00	260.00	0.01	19502.00	2.60			
			32	80.00	350.00	0.01	17710.00	3.50			
450.00	152.21	151.10	36	84.00	412.00	0.01	18606.00	4.12	43756047.74	731733.33	31747.61
			40	80.00	469.00	0.01	17710.00	4.69			
			44	84.00	536.00	0.01	18606.00	5.36			
			48	70.00	612.00	0.01	15470.00	6.12			
			52	75.00	677.00	0.01	16590.00	6.77			
			56	68.00	723.00	0.01	15022.00	7.23			
			60	66.00	789.00	0.01	14574.00	7.89			
			64	70.00	835.00	0.01	15470.00	8.35			
			68	65.00	905.00	0.01	14350.00	9.05			
			72	68.00	943.00	0.01	15022.00	9.43			

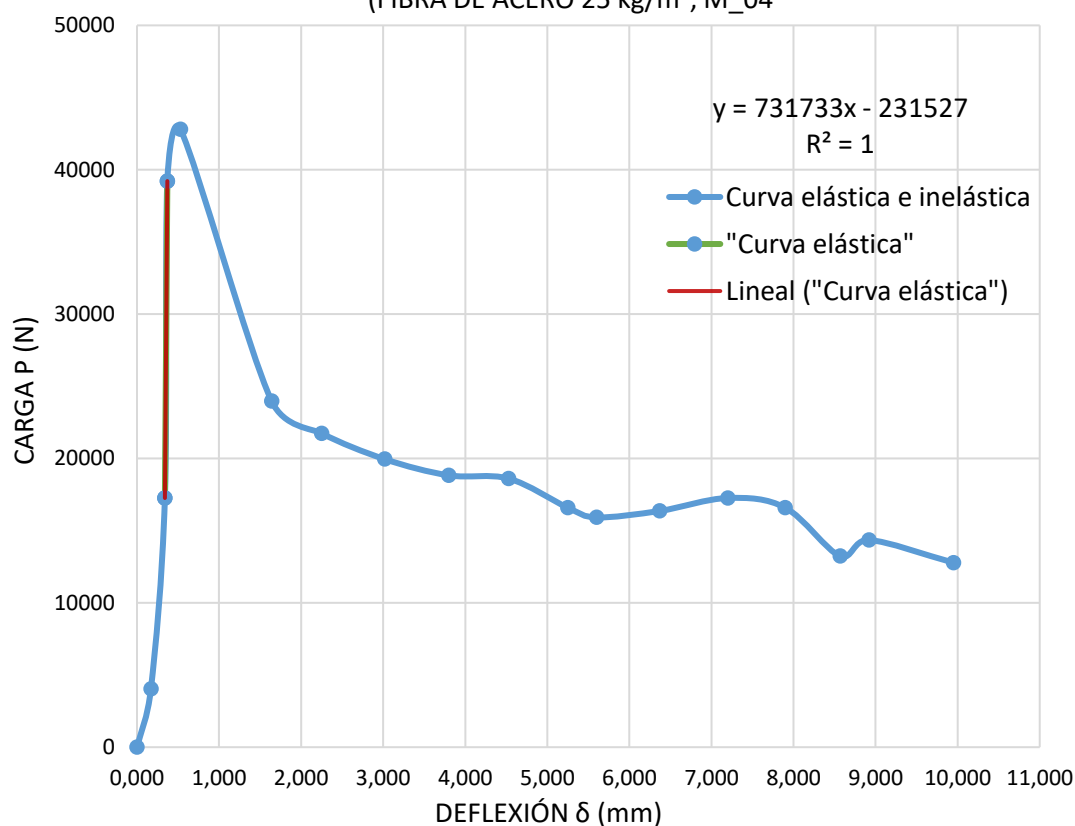
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>, M\_03)



MUESTRA 04 (FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	19.00	17.00	0.01	4046.00	0.17			
			8	78.00	34.00	0.01	17262.00	0.34			
			12	176.00	37.00	0.01	39214.00	0.37			
			16	192.00	53.00	0.01	42798.00	0.53			
			20	108.00	164.00	0.01	23982.00	1.64			
			24	98.00	225.00	0.01	21742.00	2.25			
			28	90.00	302.00	0.01	19950.00	3.02			
450.00	151.29	152.04	32	85.00	380.00	0.01	18830.00	3.80	44311245.46	731733.33	31349.83
			36	84.00	453.00	0.01	18606.00	4.53			
			40	75.00	525.00	0.01	16590.00	5.25			
			44	72.00	560.00	0.01	15918.00	5.60			
			48	74.00	637.00	0.01	16366.00	6.37			
			52	78.00	720.00	0.01	17262.00	7.20			
			56	75.00	790.00	0.01	16590.00	7.90			
			60	60.00	857.00	0.01	13230.00	8.57			
			64	65.00	892.00	0.01	14350.00	8.92			
			72	58.00	995.00	0.01	12782.00	9.95			

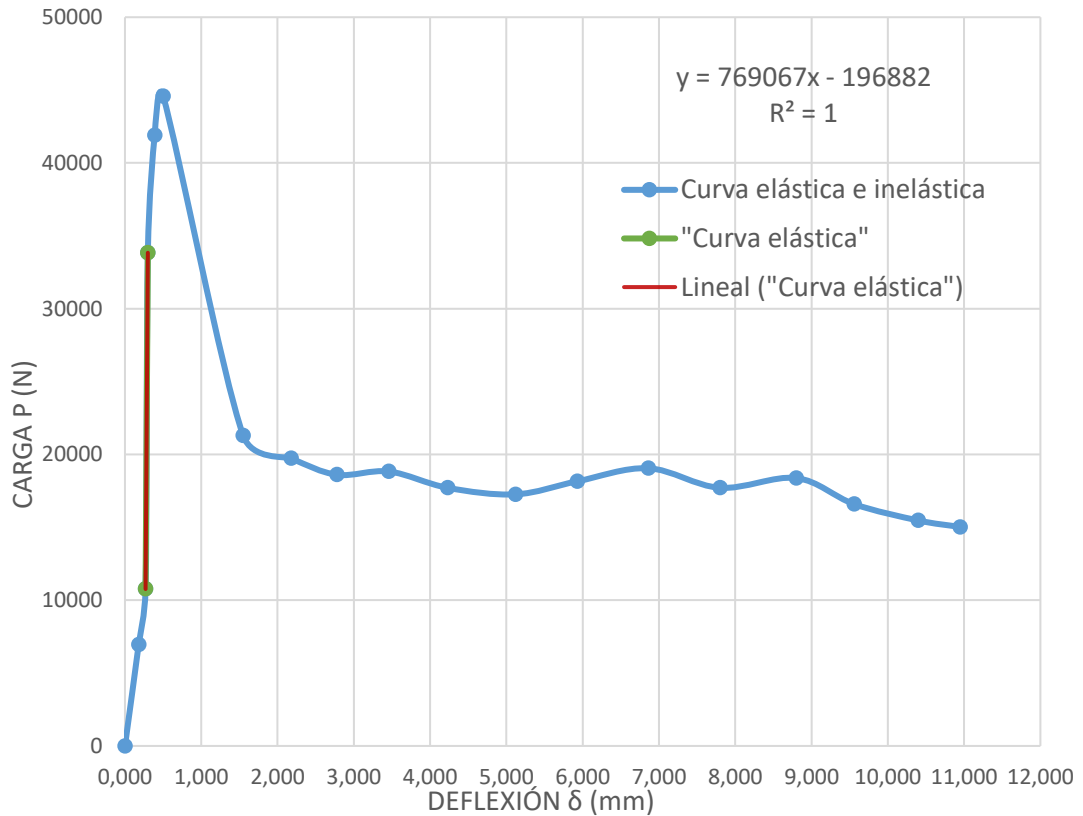
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>, M\_04)



MUESTRA 05 (FIBRA DE ACERO 25kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	32.00	18.00	0.01	6958.00	0.18			
			8	49.00	27.00	0.01	10766.00	0.27			
			12	152.00	30.00	0.01	33838.00	0.30			
			16	188.00	39.00	0.01	41902.00	0.39			
			20	200.00	50.00	0.01	44590.00	0.50			
			24	96.00	155.00	0.01	21294.00	1.55			
			28	89.00	218.00	0.01	19726.00	2.18			
			32	84.00	278.00	0.01	18606.00	2.78			
450.00	153.26	153.13	36	85.00	346.00	0.01	18830.00	3.46	45861202.65	769066.67	31835.73
			40	80.00	423.00	0.01	17710.00	4.23			
			44	78.00	512.00	0.01	17262.00	5.12			
			48	82.00	593.00	0.01	18158.00	5.93			
			52	86.00	686.00	0.01	19054.00	6.86			
			56	80.00	780.00	0.01	17710.00	7.80			
			60	83.00	880.00	0.01	18382.00	8.80			
			64	75.00	956.00	0.01	16590.00	9.56			
			68	70.00	1040.00	0.01	15470.00	10.40			
			72	68.00	1095.00	0.01	15022.00	10.95			

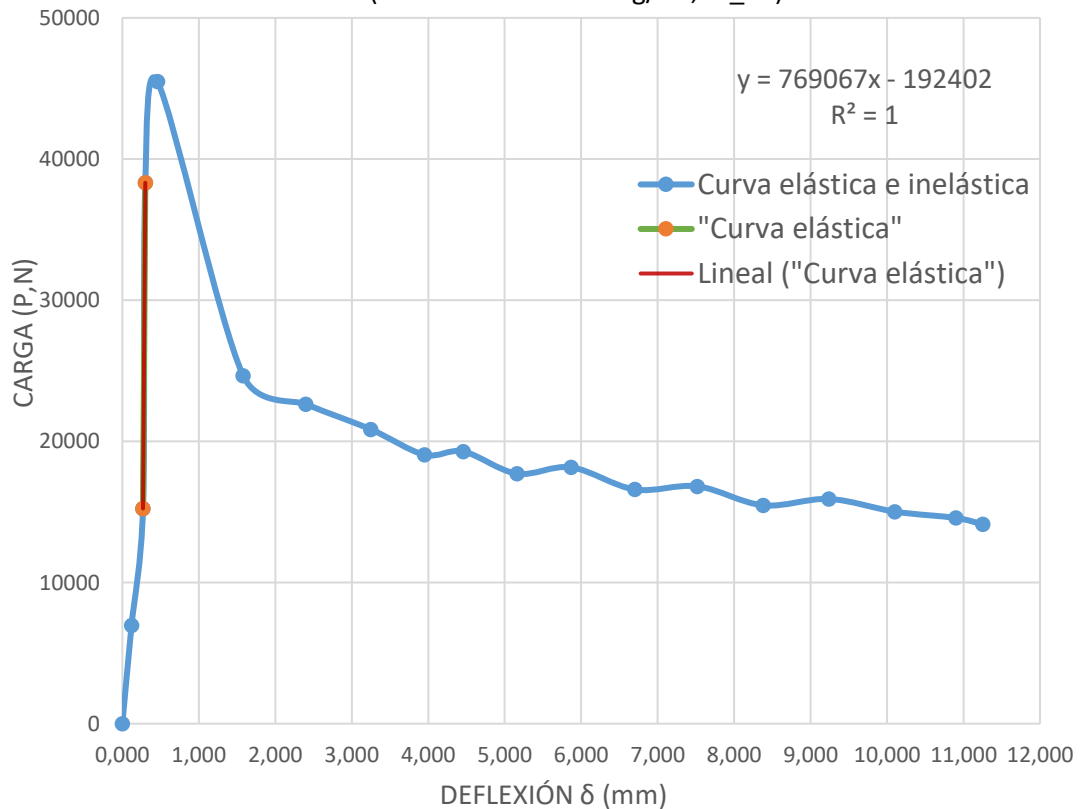
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>, M\_05)



MUESTRA 06 (FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0	0	0.01	0.00	0.00			
			4	32	12	0.01	6958.00	0.12			
			8	69	27	0.01	15246.00	0.27			
			12	172	30	0.01	38318.00	0.30			
			16	204	46	0.01	45486.00	0.46			
			20	111	158	0.01	24654.00	1.58			
			24	102	240	0.01	22638.00	2.40			
			28	94	325	0.01	20846.00	3.25			
			32	86	395	0.01	19054.00	3.95			
450.00	153.27	153.17	36	87	446	0.01	19278.00	4.46	45898947.44	769066.67	31809.55
			40	80	516	0.01	17710.00	5.16			
			44	82	587	0.01	18158.00	5.87			
			48	75	670	0.01	16590.00	6.70			
			52	76	752	0.01	16814.00	7.52			
			56	70	838	0.01	15470.00	8.38			
			60	72	924	0.01	15918.00	9.24			
			64	68	1010	0.01	15022.00	10.10			
			68	66	1090	0.01	14574.00	10.90			
			72	64	1125	0.01	14126.00	11.25			

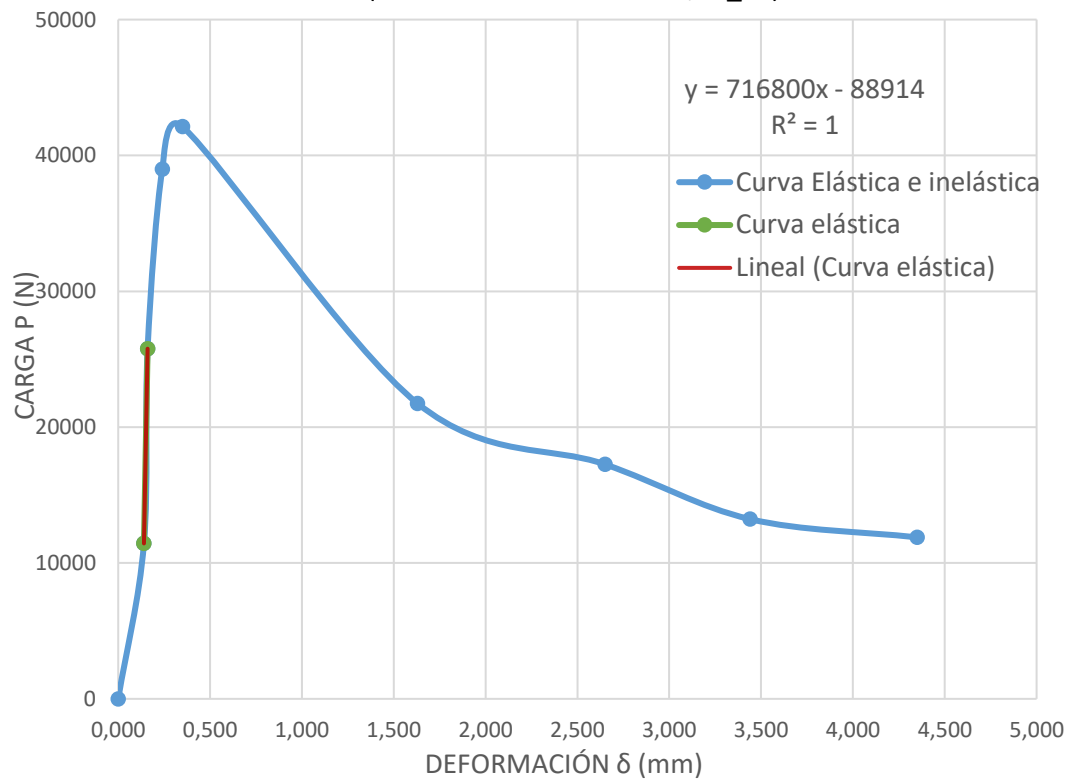
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE ACERO 25 kg/m<sup>3</sup>, M\_06)



MUESTRA 01 (FIBRA DE HOJALATA 0.50%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	52.00	14.00	0.01	11438.00	0.14			
			8	116.00	16.00	0.01	25774.00	0.16			
			12	175.00	24.00	0.01	38990.00	0.24			
450.00	153.20	151.19	16	189.00	35.00	0.01	42126.00	0.35	44117061.74	716800.00	30845.21
			20	98.00	163.00	0.01	21742.00	1.63			
			24	78.00	265.00	0.01	17262.00	2.65			
			28	60.00	344.00	0.01	13230.00	3.44			
			32	54.00	435.00	0.01	11886.00	4.35			

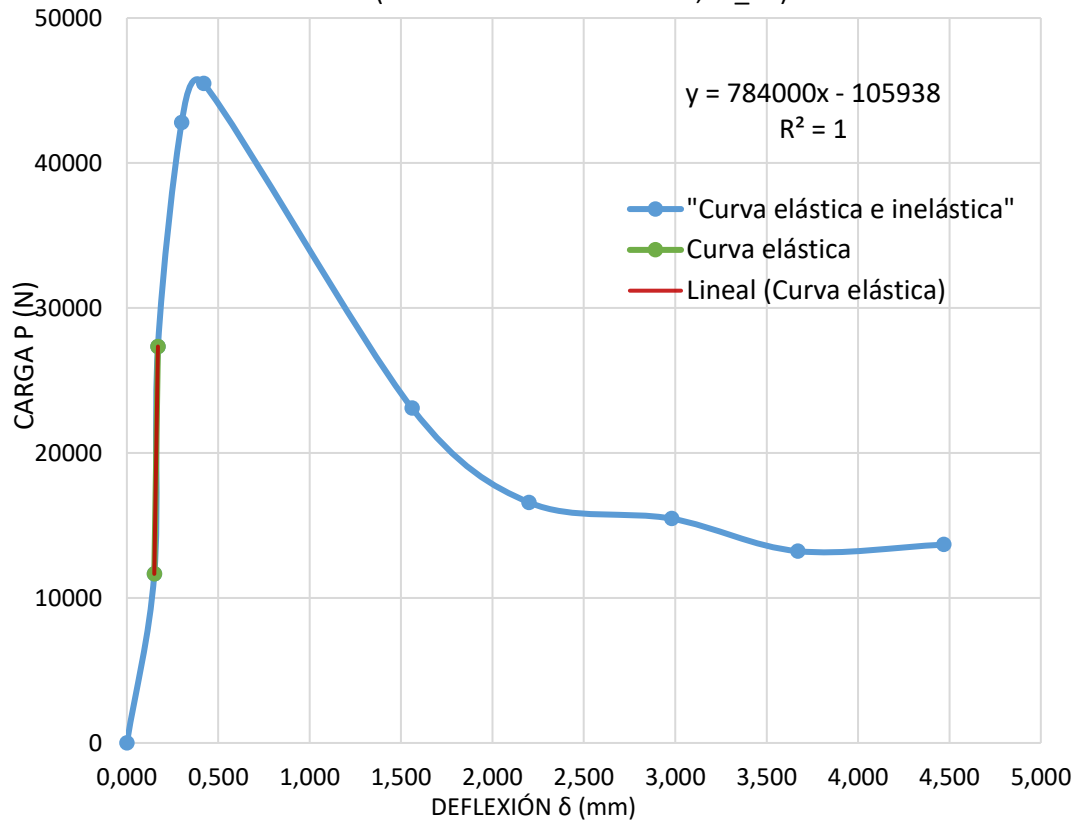
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 050%, M\_01)



MUESTRA 02 (FIBRA DE HOJALATA 0.50%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	53.00	15.00	0.01	11662.00	0.15			
			8	123.00	17.00	0.01	27342.00	0.17			
			12	192.00	30.00	0.01	42798.00	0.30			
450.00	153.76	155.31	16	204.00	42.00	0.01	45486.00	0.42	48003970.60	784000.00	31005.25
			20	104.00	156.00	0.01	23086.00	1.56			
			24	75.00	220.00	0.01	16590.00	2.20			
			28	70.00	298.00	0.01	15470.00	2.98			
			32	60.00	367.00	0.01	13230.00	3.67			
			36	62.00	447.00	0.01	13678.00	4.47			

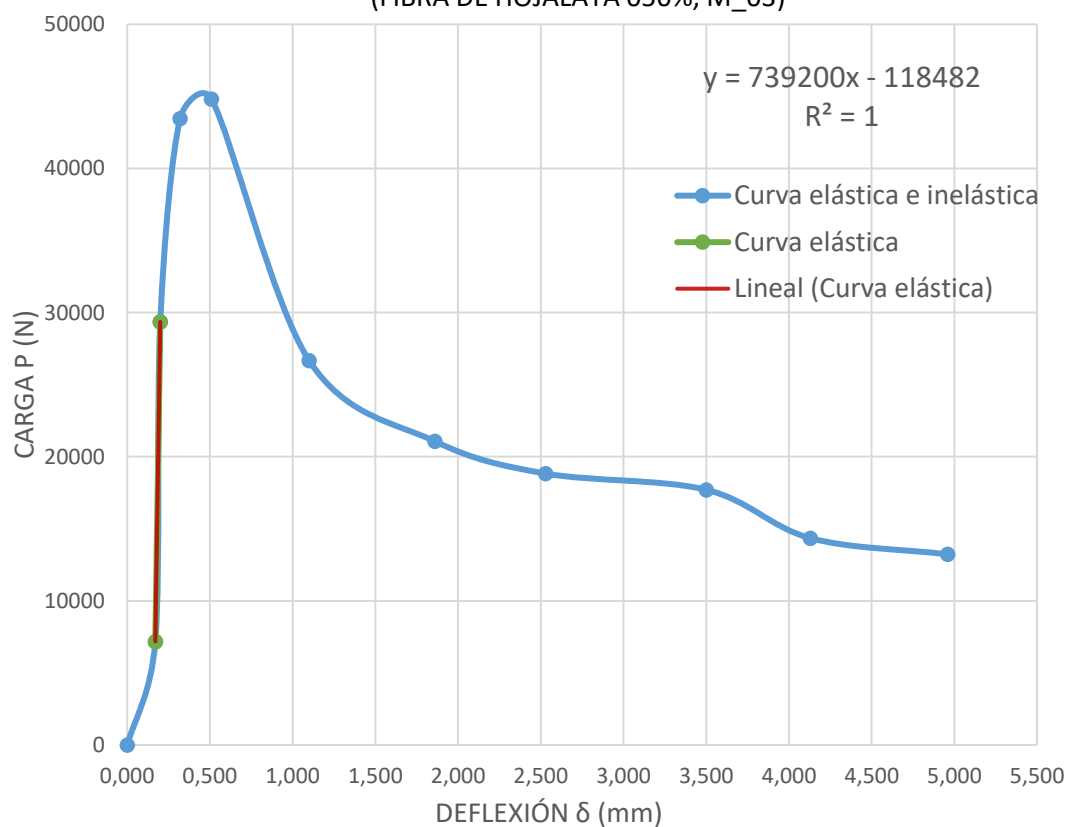
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 050%, M\_02)



MUESTRA 03 (FIBRA DE HOJALATA 0.50%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	33.00	17.00	0.01	7182.00	0.17			
			8	132.00	20.00	0.01	29358.00	0.20			
			12	195.00	32.00	0.01	43470.00	0.32			
			16	201.00	51.00	0.01	44814.00	0.51			
450.00	154.29	152.32	20	120.00	110.00	0.01	26670.00	1.10	45437671.44	739200.00	30884.62
			24	95.00	186.00	0.01	21070.00	1.86			
			28	85.00	253.00	0.01	18830.00	2.53			
			32	80.00	350.00	0.01	17710.00	3.50			
			36	65.00	413.00	0.01	14350.00	4.13			
			40	60.00	496.00	0.01	13230.00	4.96			

CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 050%, M\_03)

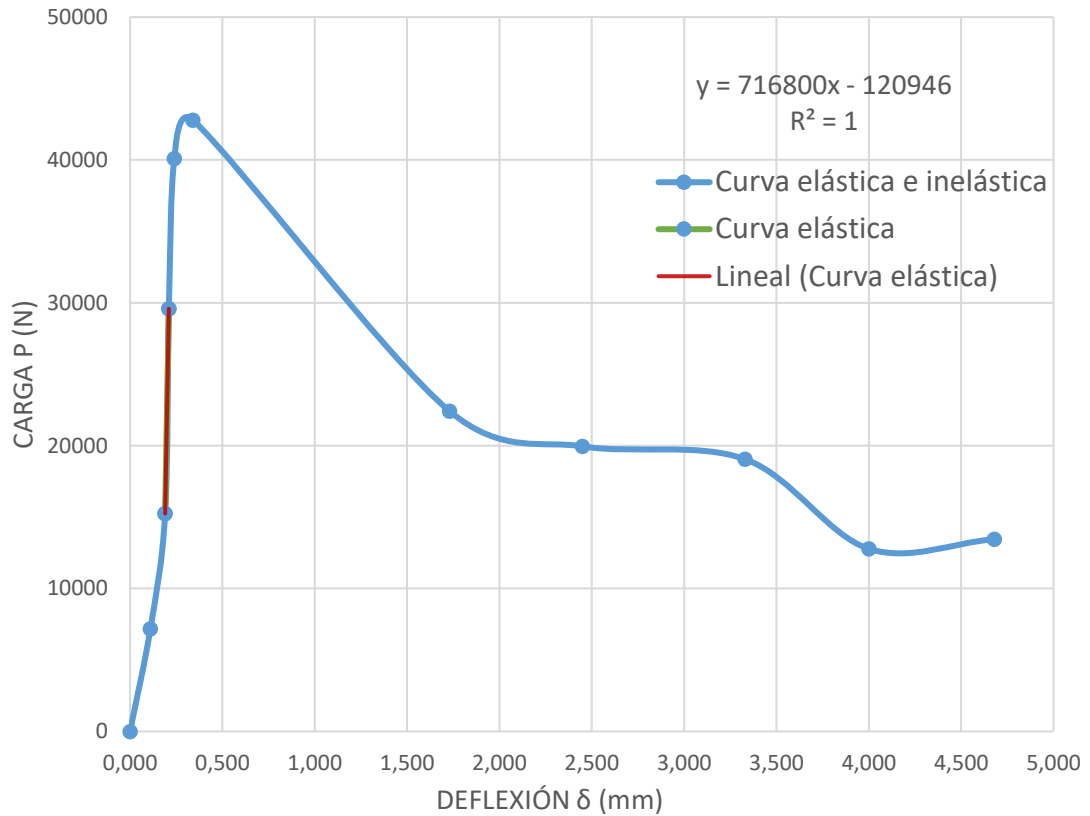




MUESTRA 04 (FIBRA DE HOJALATA 0.50%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	33.00	11.00	0.01	7182.00	0.11			
			8	69.00	19.00	0.01	15246.00	0.19			
			12	133.00	21.00	0.01	29582.00	0.21			
			16	180.00	24.00	0.01	40110.00	0.24			
450.00	153.59	151.65	20	192.00	34.00	0.01	42798.00	0.34	44640802.45	716800.00	30483.32
			20	101.00	173.00	0.01	22414.00	1.73			
			24	90.00	245.00	0.01	19950.00	2.45			
			28	86.00	333.00	0.01	19054.00	3.33			
			32	58.00	400.00	0.01	12782.00	4.00			
			36	61.00	468.00	0.01	13454.00	4.68			

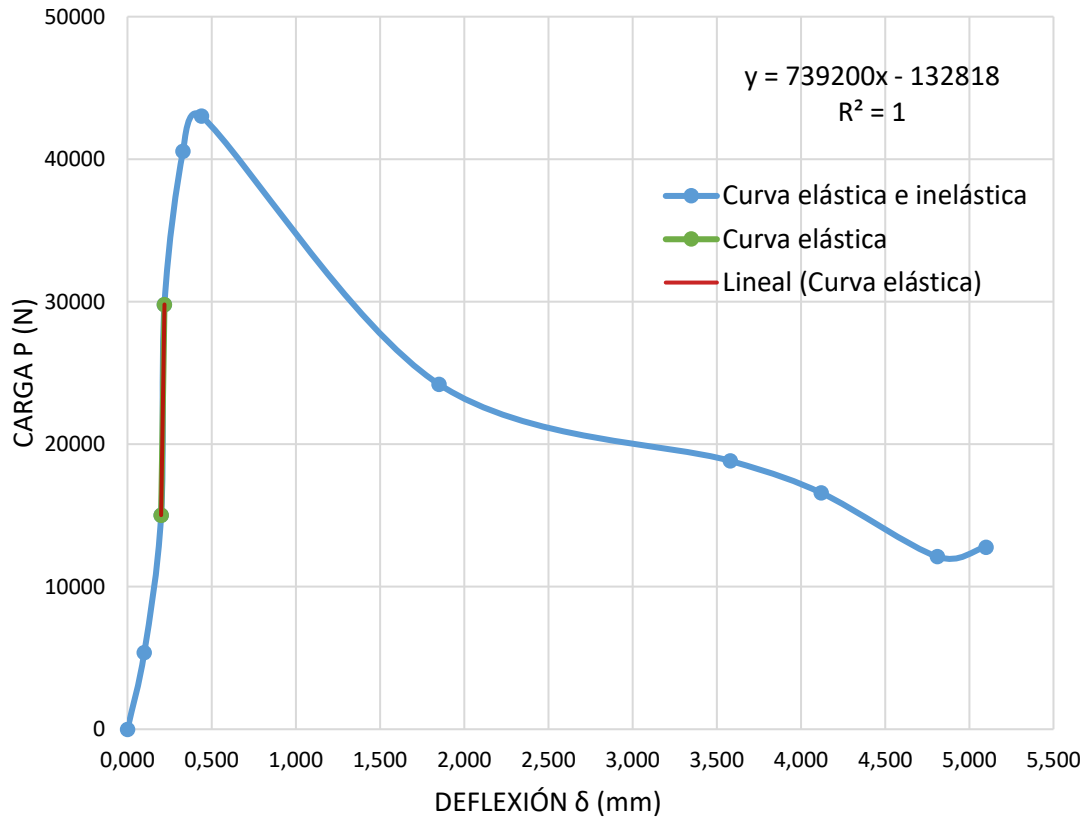
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 050%, M\_04)



MUESTRA 05 (FIBRA DE HOJALATA 0.50%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	25.00	10.00	0.01	5390.00	0.10			
			8	68.00	20.00	0.01	15022.00	0.20			
			12	134.00	22.00	0.01	29806.00	0.22			
			16	182.00	33.00	0.01	40558.00	0.33			
450.00	153.17	152.39	20	193.00	44.00	0.01	43022.00	0.44	45167078.83	739200.00	31069.64
			24	109.00	185.00	0.01	24206.00	1.85			
			28	85.00	358.00	0.01	18830.00	3.58			
			32	75.00	412.00	0.01	16590.00	4.12			
			36	55.00	481.00	0.01	12110.00	4.81			
			40	58.00	510.00	0.01	12782.00	5.10			

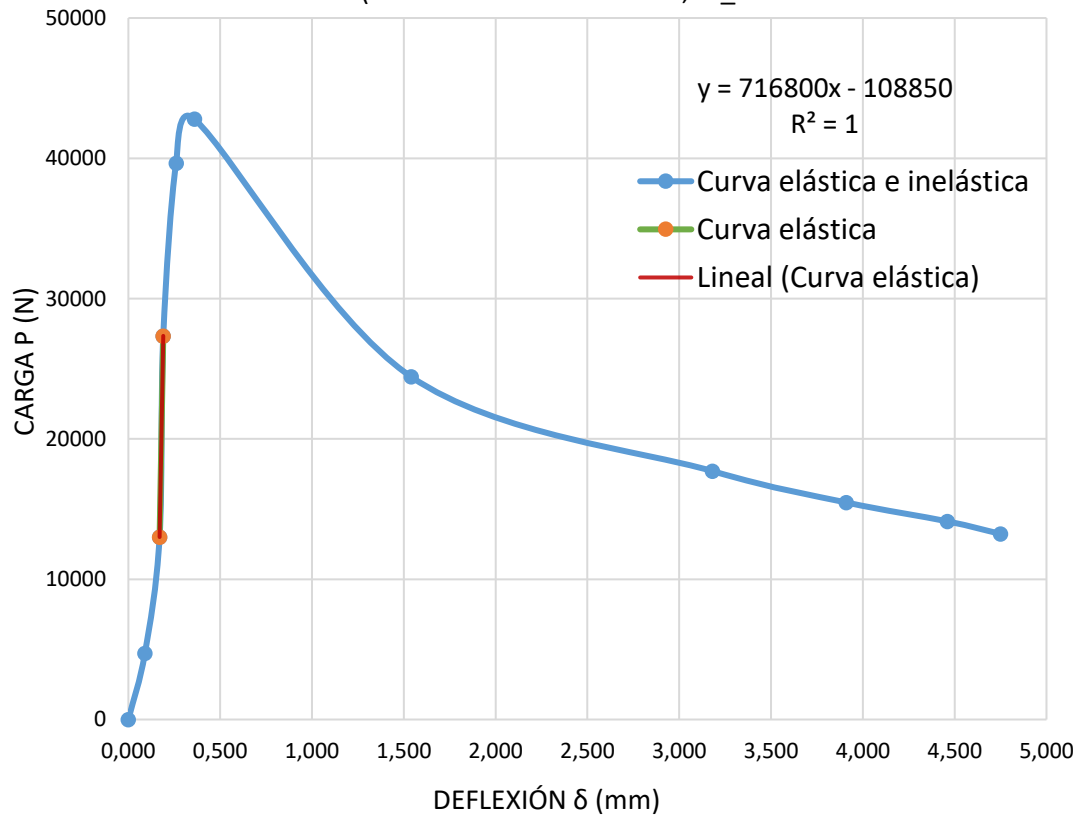
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 050%, M\_05)



MUESTRA 06 (FIBRA DE HOJALATA 0.50%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	22.00	9.00	0.01	4718.00	0.09			
			8	59.00	17.00	0.01	13006.00	0.17			
			12	123.00	19.00	0.01	27342.00	0.19			
			16	178.00	26.00	0.01	39662.00	0.26			
450.00	152.00	151.96	20	192.00	36.00	0.01	42798.00	0.36	44451887.43	716800.00	30612.87
			24	110.00	154.00	0.01	24430.00	1.54			
			28	80.00	318.00	0.01	17710.00	3.18			
			32	70.00	391.00	0.01	15470.00	3.91			
			36	64.00	446.00	0.01	14126.00	4.46			
			40	60.00	475.00	0.01	13230.00	4.75			

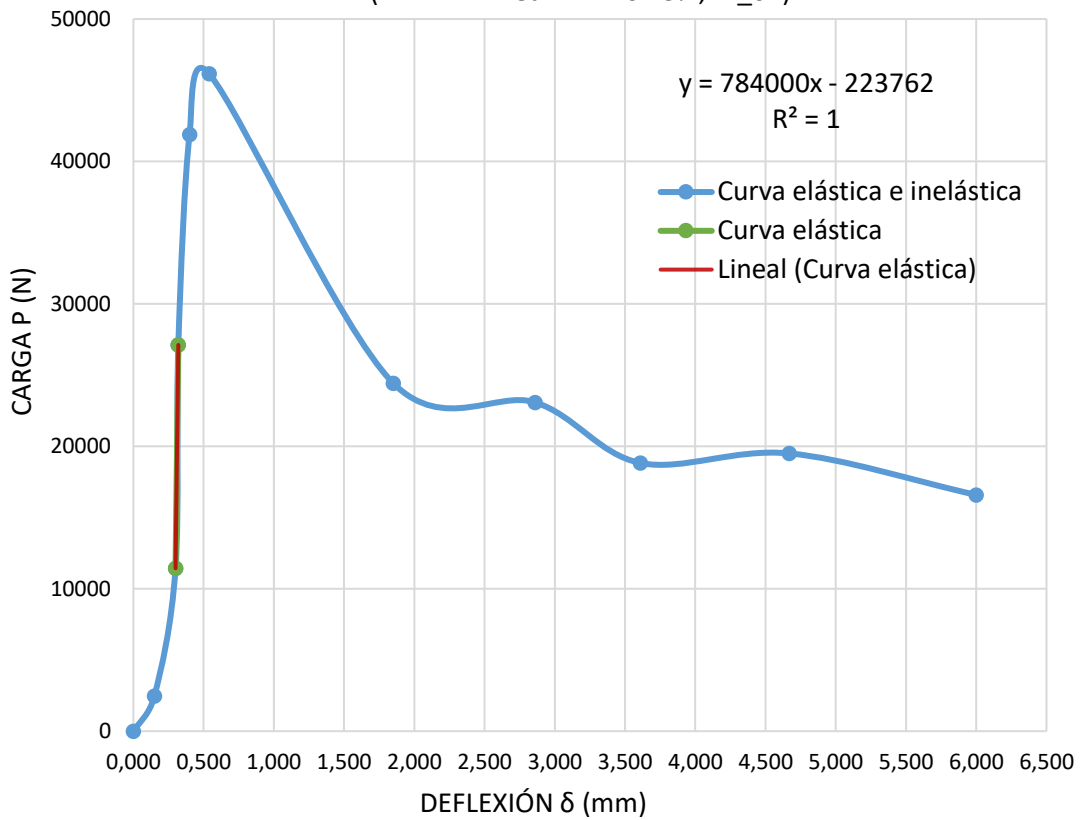
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 050%, M\_06)



MUESTRA 01 (FIBRA DE HOJALATA 0.75%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	12.00	15.00	0.01	2478.00	0.15			
			8	52.00	30.00	0.01	11438.00	0.30			
			12	122.00	32.00	0.01	27118.00	0.32			
			16	188.00	40.00	0.01	41902.00	0.40			
450.00	155.15	154.53	20	207.00	54.00	0.01	46158.00	0.54	47711178.52	784000.00	31195.52
			24	110.00	185.00	0.01	24430.00	1.85			
			28	104.00	286.00	0.01	23086.00	2.86			
			32	85.00	361.00	0.01	18830.00	3.61			
			36	88.00	467.00	0.01	19502.00	4.67			
			40	75.00	600.00	0.01	16590.00	6.00			

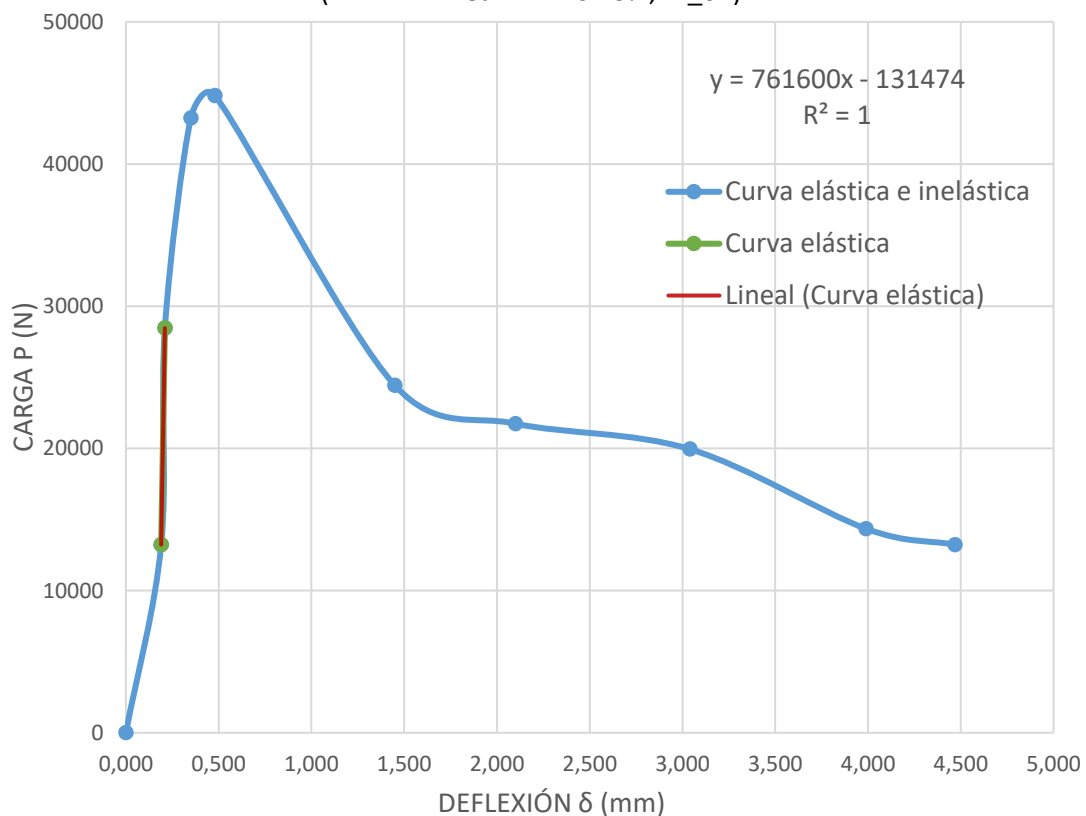
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 0.75%, M\_01)



MUESTRA 02 (FIBRA DE HOJALATA 0.75%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	60.00	19.00	0.01	13230.00	0.19			
			8	128.00	21.00	0.01	28462.00	0.21			
			12	194.00	35.00	0.01	43246.00	0.35			
450.00	153.43	152.75	16	201.00	48.00	0.01	44814.00	0.48	45567545.57	761600.00	31729.82
			20	110.00	145.00	0.01	24430.00	1.45			
			24	98.00	210.00	0.01	21742.00	2.10			
			28	90.00	304.00	0.01	19950.00	3.04			
			32	65.00	399.00	0.01	14350.00	3.99			
			36	60.00	447.00	0.01	13230.00	4.47			

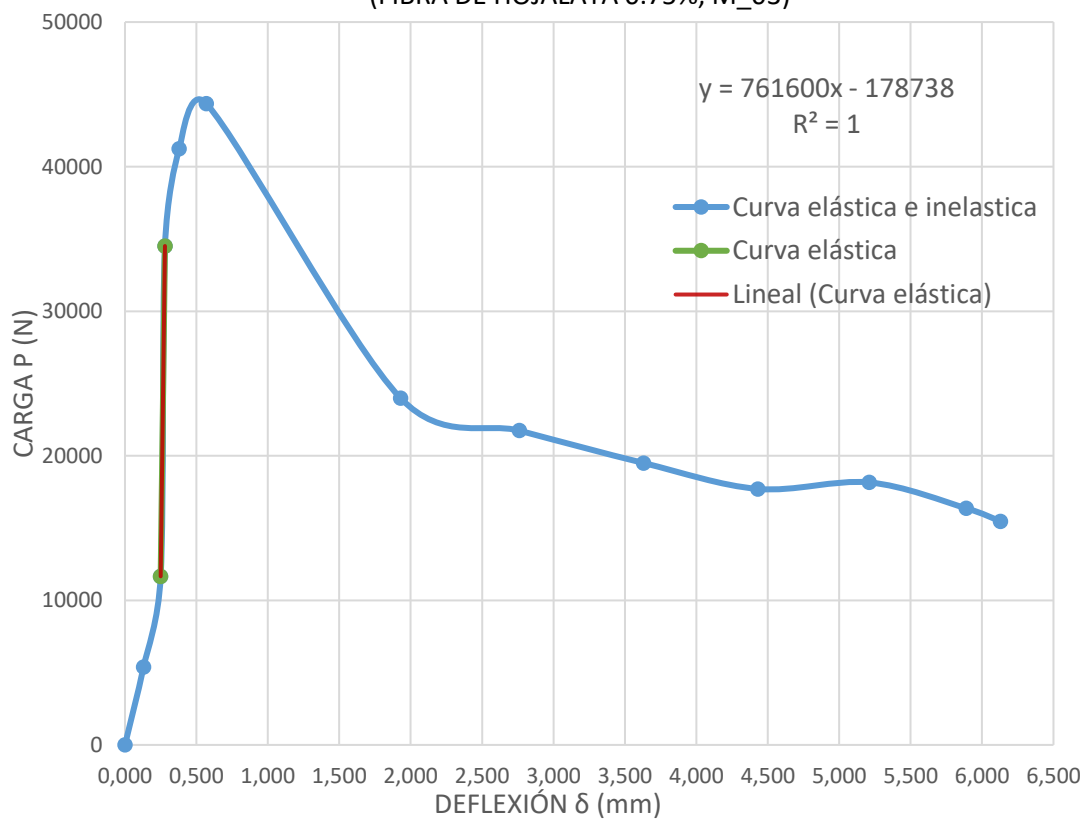
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 0.75%, M\_02)



MUESTRA 03 (FIBRA DE HOJALATA 0.75%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	25.00	13.00	0.01	5390.00	0.13			
			8	53.00	25.00	0.01	11662.00	0.25			
			12	155.00	28.00	0.01	34510.00	0.28			
			16	185.00	38.00	0.01	41230.00	0.38			
			20	199.00	57.00	0.01	44366.00	0.57			
450.00	153.28	153.66	24	108.00	193.00	0.01	23982.00	1.93	46346895.41	761600.00	31196.26
			28	98.00	276.00	0.01	21742.00	2.76			
			32	88.00	363.00	0.01	19502.00	3.63			
			36	80.00	443.00	0.01	17710.00	4.43			
			40	82.00	521.00	0.01	18158.00	5.21			
			44	74.00	589.00	0.01	16366.00	5.89			
			48	70.00	613.00	0.01	15470.00	6.13			

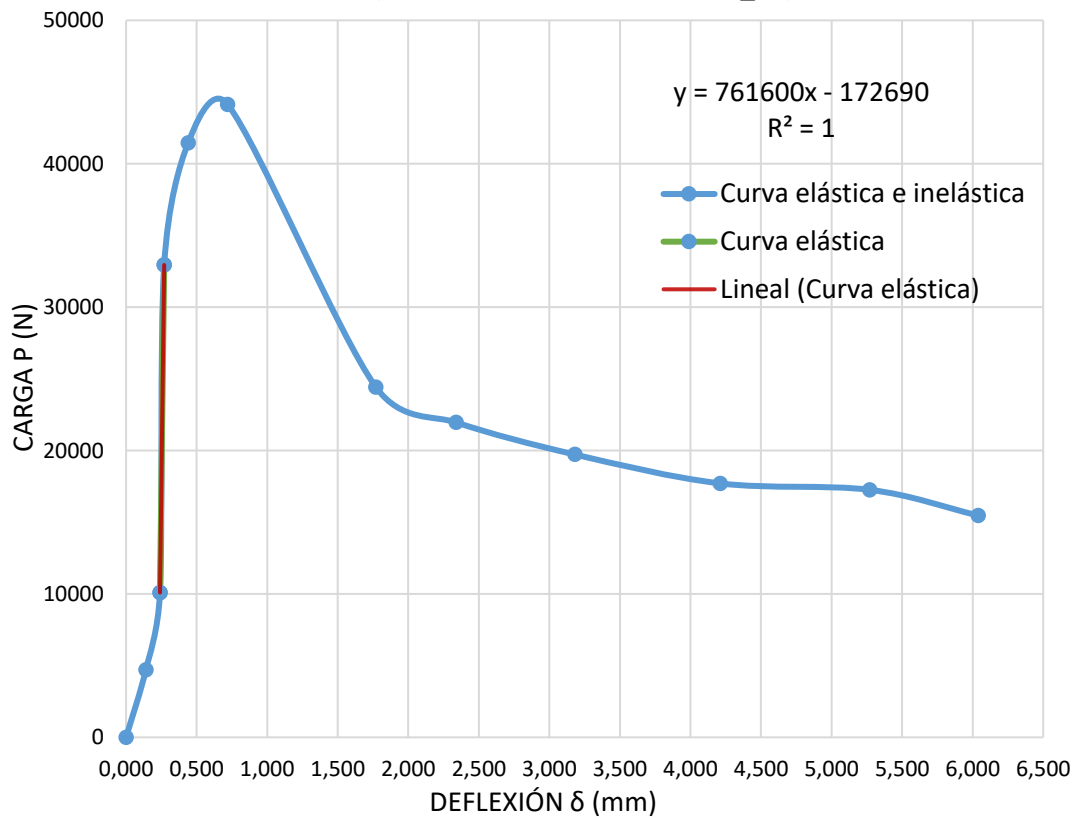
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 0.75%, M\_03)



MUESTRA 04 (FIBRA DE HOJALATA 0.75%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	22.00	14.00	0.01	4718.00	0.14			
			8	46.00	24.00	0.01	10094.00	0.24			
			12	148.00	27.00	0.01	32942.00	0.27			
			16	186.00	44.00	0.01	41454.00	0.44			
450.00	153.69	152.70	20	198.00	72.00	0.01	44142.00	0.72	45598767.87	761600.00	31708.09
			24	110.00	177.00	0.01	24430.00	1.77			
			28	99.00	234.00	0.01	21966.00	2.34			
			32	89.00	318.00	0.01	19726.00	3.18			
			36	80.00	421.00	0.01	17710.00	4.21			
			40	78.00	527.00	0.01	17262.00	5.27			
			44	70.00	604.00	0.01	15470.00	6.04			

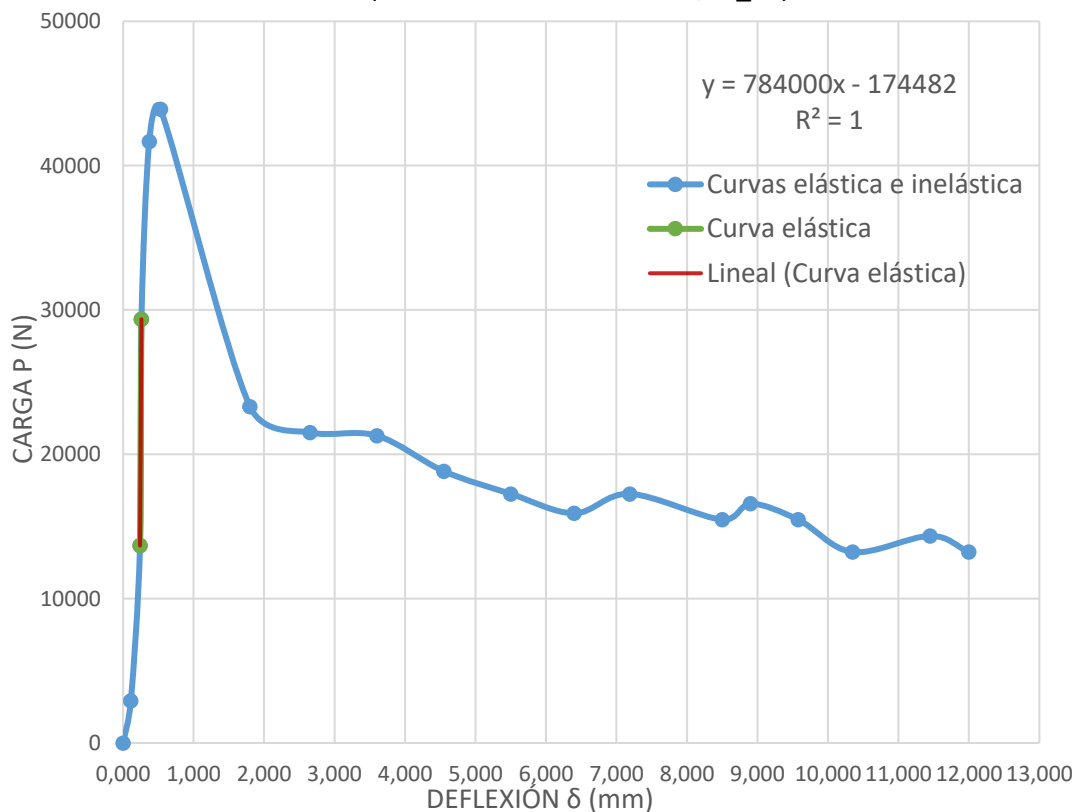
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 0.75%, M\_04)



MUESTRA 05 (FIBRA DE HOJALATA 0.75%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	14.00	11.00	0.01	2926.00	0.11			
			8	62.00	24.00	0.01	13678.00	0.24			
			12	132.00	26.00	0.01	29358.00	0.26			
			16	187.00	37.00	0.01	41678.00	0.37			
			20	197.00	53.00	0.01	43918.00	0.53			
			24	105.00	180.00	0.01	23310.00	1.80			
			28	97.00	265.00	0.01	21518.00	2.65			
			32	96.00	360.00	0.01	21294.00	3.60			
450.00	154.88	153.24	36	85.00	455.00	0.01	18830.00	4.55	46447115.09	784000.00	32044.51
			40	78.00	550.00	0.01	17262.00	5.50			
			44	72.00	640.00	0.01	15918.00	6.40			
			48	78.00	719.00	0.01	17262.00	7.19			
			52	70.00	850.00	0.01	15470.00	8.50			
			56	75.00	890.00	0.01	16590.00	8.90			
			60	70.00	958.00	0.01	15470.00	9.58			
			64	60.00	1035.00	0.01	13230.00	10.35			
			68	65.00	1145.00	0.01	14350.00	11.45			
			72	60.00	1200.00	0.01	13230.00	12.00			

CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 0.75%, M\_05)

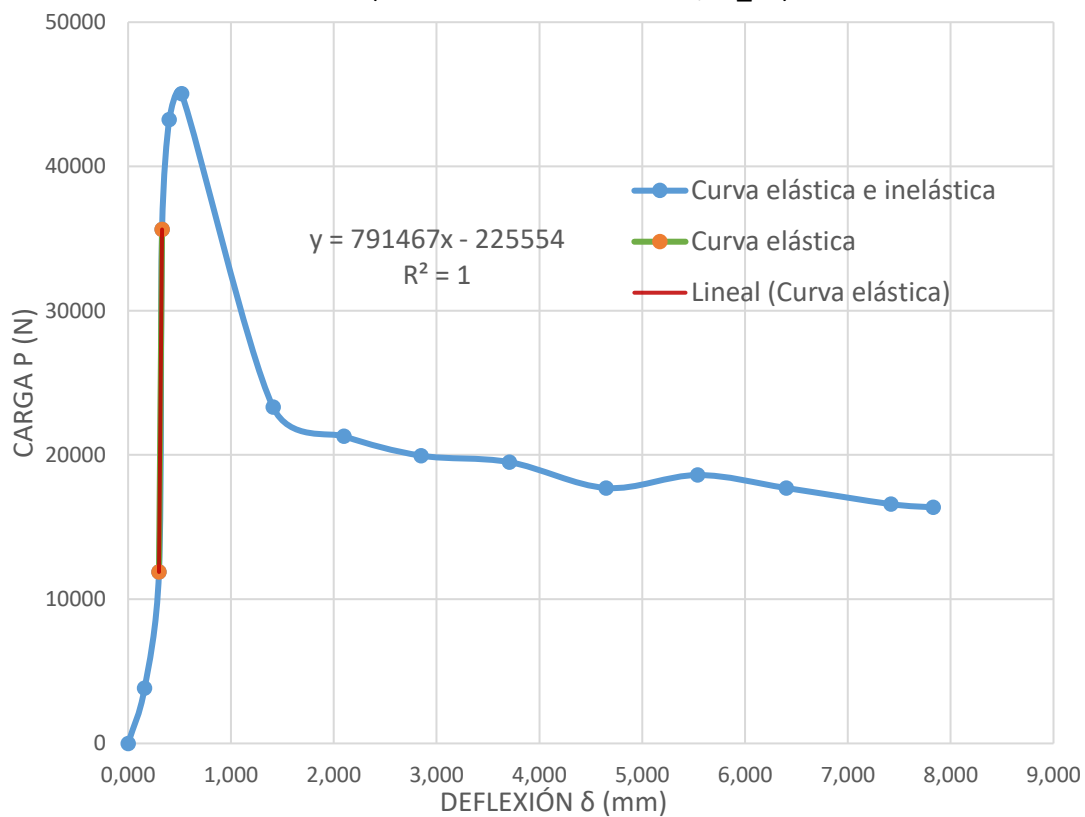




MUESTRA 06 (FIBRA DE HOJALATA 0.75%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	18.00	16.00	0.01	3822.00	0.16			
			8	54.00	30.00	0.01	11886.00	0.30			
			12	160.00	33.00	0.01	35630.00	0.33			
			16	194.00	40.00	0.01	43246.00	0.40			
			20	202.00	52.00	0.01	45038.00	0.52			
			24	105.00	141.00	0.01	23310.00	1.41			
450.00	153.37	154.32	28	96.00	210.00	0.01	21294.00	2.10	46973007.16	791466.67	31987.52
			32	90.00	285.00	0.01	19950.00	2.85			
			36	88.00	371.00	0.01	19502.00	3.71			
			40	80.00	465.00	0.01	17710.00	4.65			
			44	84.00	554.00	0.01	18606.00	5.54			
			48	80.00	640.00	0.01	17710.00	6.40			
			52	75.00	742.00	0.01	16590.00	7.42			
			56	74.00	783.00	0.01	16366.00	7.83			

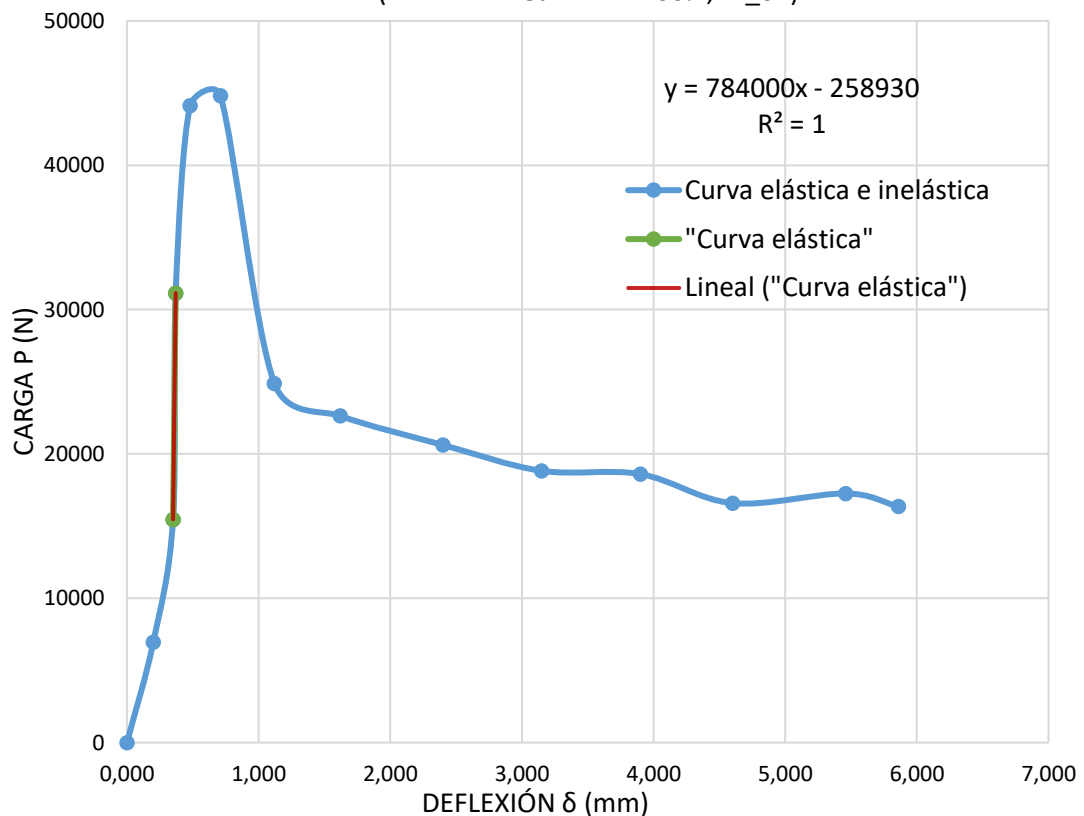
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 0.75%, M\_06)



MUESTRA 01 (FIBRA DE HOJALATA 1.00%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	32.00	20.00	0.01	6958.00	0.20			
			8	70.00	35.00	0.01	15470.00	0.35			
			12	140.00	37.00	0.01	31150.00	0.37			
			16	198.00	48.00	0.01	44142.00	0.48			
			20	201.00	71.00	0.01	44814.00	0.71			
450.00	153.68	152.86	24	112.00	112.00	0.01	24878.00	1.12	45742860.92	784000.00	32537.86
			28	102.00	162.00	0.01	22638.00	1.62			
			32	93.00	240.00	0.01	20622.00	2.40			
			36	85.00	315.00	0.01	18830.00	3.15			
			40	84.00	390.00	0.01	18606.00	3.90			
			44	75.00	460.00	0.01	16590.00	4.60			
			48	78.00	546.00	0.01	17262.00	5.46			
			52	74.00	586.00	0.01	16366.00	5.86			

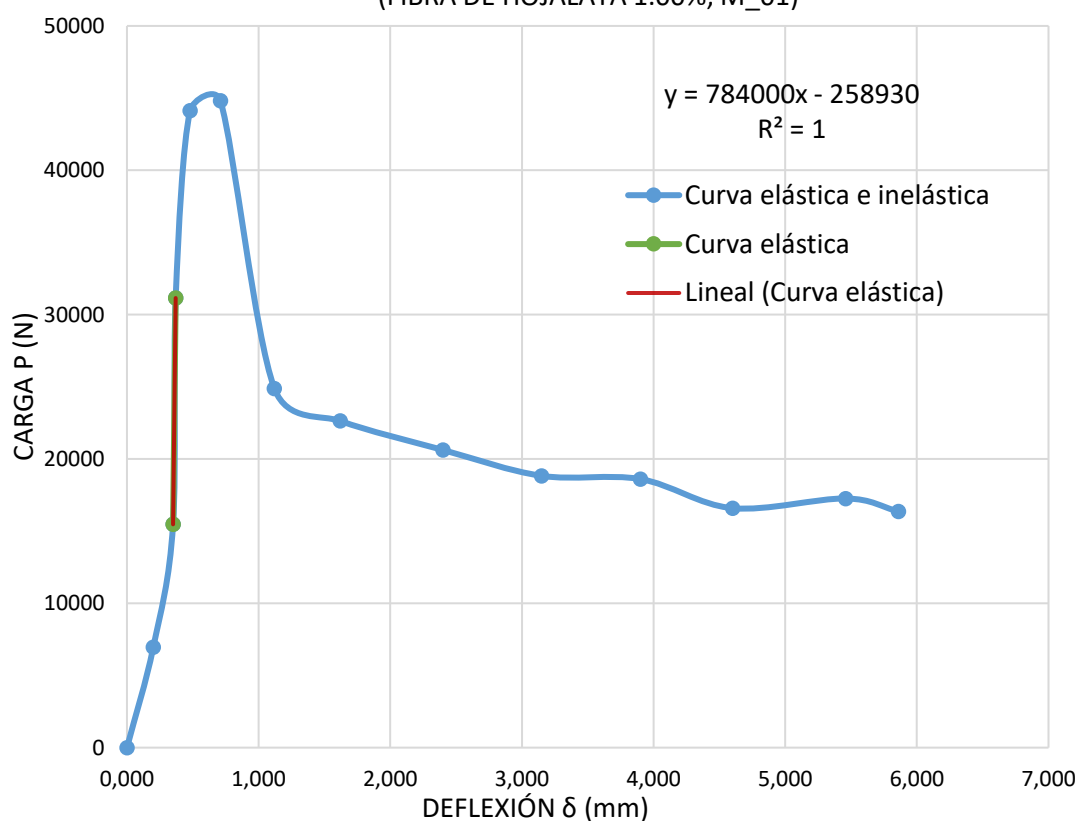
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 1.00%, M\_01)



MUESTRA 02 (FIBRA DE HOJALATA 1.00%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	35.00	18.00	0.01	7630.00	0.18			
			8	77.00	37.00	0.01	17038.00	0.37			
			12	180.00	40.00	0.01	40110.00	0.40			
			16	207.00	50.00	0.01	46158.00	0.50			
			20	215.00	68.00	0.01	47950.00	0.68			
			24	135.00	132.00	0.01	30030.00	1.32			
450.00	153.38	152.41	28	112.00	192.00	0.01	24878.00	1.92	45254531.20	769066.67	32262.52
			32	105.00	253.00	0.01	23310.00	2.53			
			36	95.00	312.00	0.01	21070.00	3.12			
			40	80.00	395.00	0.01	17710.00	3.95			
			44	82.00	456.00	0.01	18158.00	4.56			
			48	75.00	520.00	0.01	16590.00	5.20			
			52	70.00	601.00	0.01	15470.00	6.01			
			56	68.00	694.00	0.01	15022.00	6.94			
			60	70.00	721.00	0.01	15470.00	7.21			

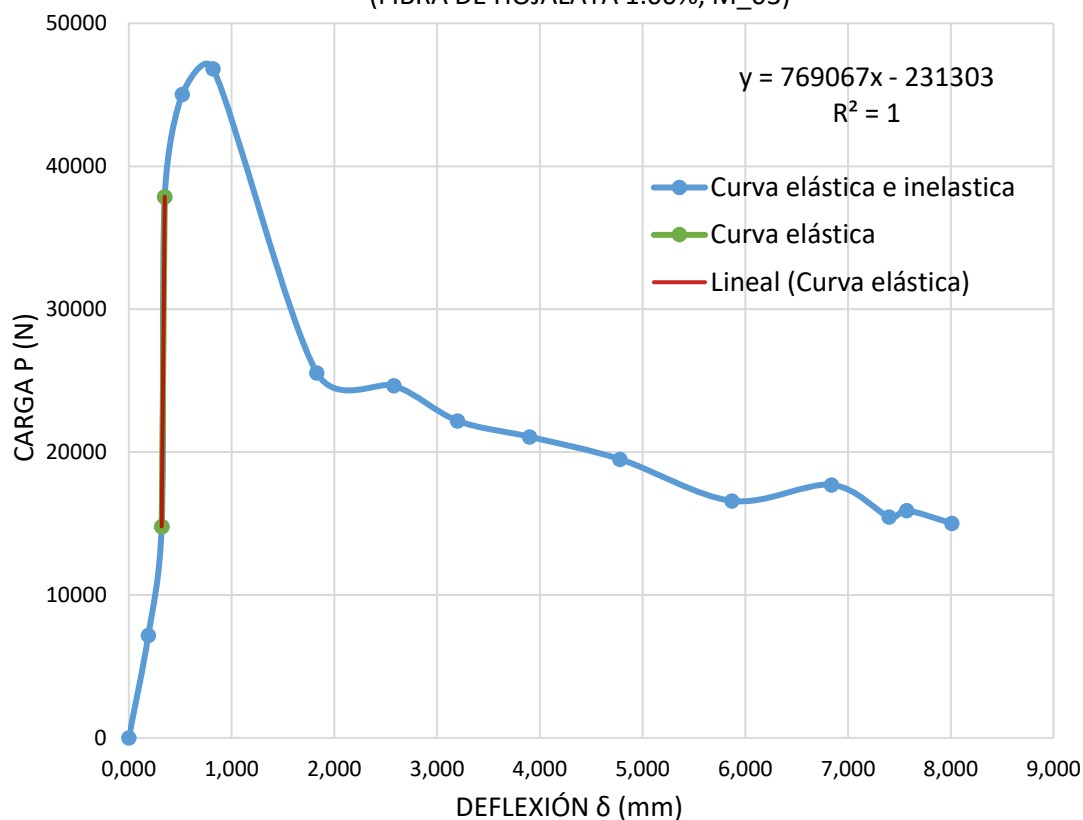
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 1.00%, M\_01)



MUESTRA 03 (FIBRA DE HOJALATA 1.00%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	33.00	19.00	0.01	7182.00	0.19			
			8	67.00	32.00	0.01	14798.00	0.32			
			12	170.00	35.00	0.01	37870.00	0.35			
			16	202.00	52.00	0.01	45038.00	0.52			
			20	210.00	82.00	0.01	46830.00	0.82			
			24	115.00	183.00	0.01	25550.00	1.83			
450.00	153.39	151.92	28	111.00	258.00	0.01	24654.00	2.58	44821216.05	769066.67	32574.42
			32	100.00	320.00	0.01	22190.00	3.20			
			36	95.00	390.00	0.01	21070.00	3.90			
			40	88.00	478.00	0.01	19502.00	4.78			
			44	75.00	587.00	0.01	16590.00	5.87			
			48	80.00	684.00	0.01	17710.00	6.84			
			52	70.00	740.00	0.01	15470.00	7.40			
			56	72.00	757.00	0.01	15918.00	7.57			
			60	68.00	801.00	0.01	15022.00	8.01			

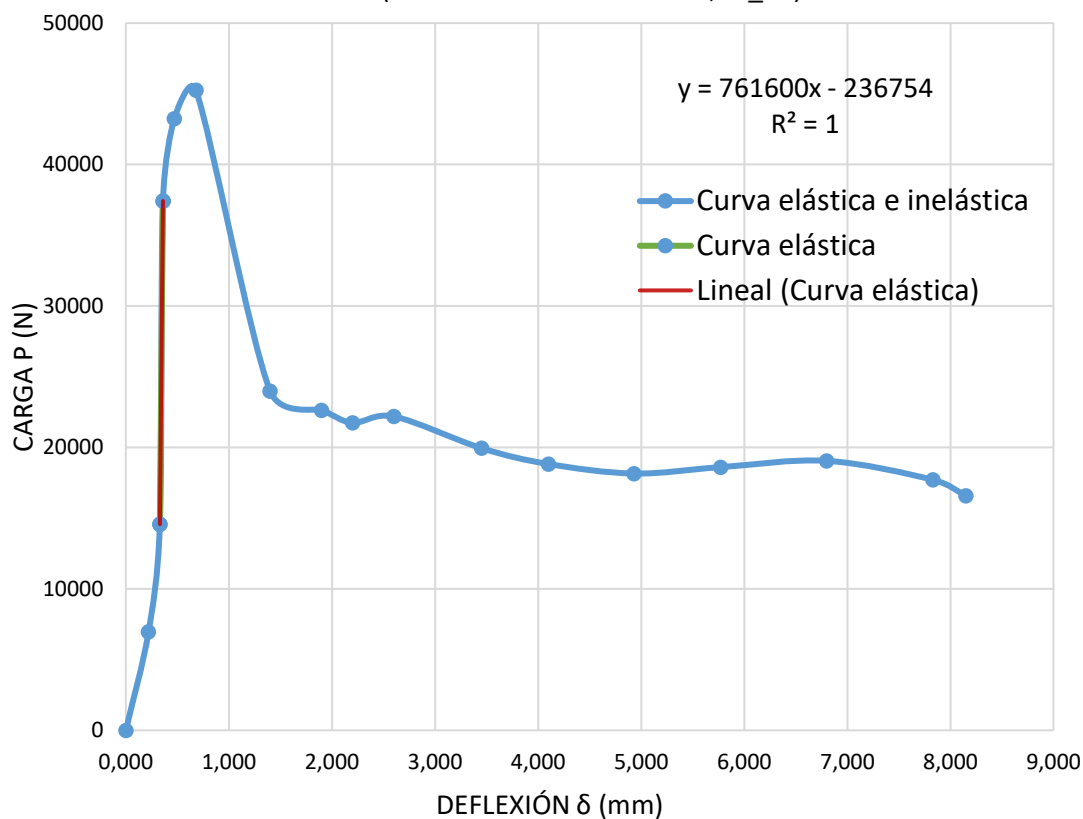
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 1.00%, M\_03)



MUESTRA 04 (FIBRA DE HOJALATA 1.00%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	32.00	22.00	0.01	6958.00	0.22			
			8	66.00	33.00	0.01	14574.00	0.33			
			12	168.00	36.00	0.01	37422.00	0.36			
			16	194.00	47.00	0.01	43246.00	0.47			
			20	203.00	68.00	0.01	45262.00	0.68			
			22	108.00	140.00	0.01	23982.00	1.40			
			24	102.00	190.00	0.01	22638.00	1.90			
450.00	152.10	151.71	28	98.00	220.00	0.01	21742.00	2.20	44258465.01	761600.00	32668.33
			32	100.00	260.00	0.01	22190.00	2.60			
			36	90.00	345.00	0.01	19950.00	3.45			
			40	85.00	410.00	0.01	18830.00	4.10			
			44	82.00	493.00	0.01	18158.00	4.93			
			48	84.00	577.00	0.01	18606.00	5.77			
			52	86.00	680.00	0.01	19054.00	6.80			
			56	80.00	783.00	0.01	17710.00	7.83			
			60	75.00	815.00	0.01	16590.00	8.15			

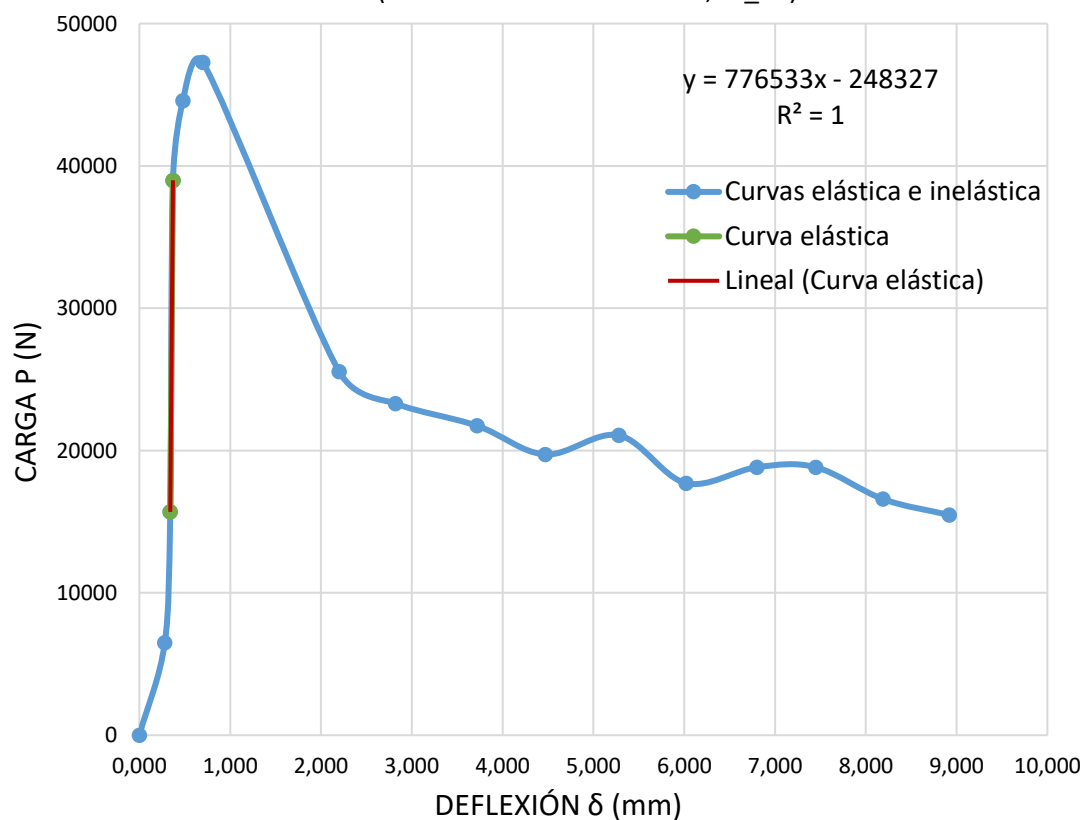
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 1.00%, M\_04)



MUESTRA 05 (FIBRA DE HOJALATA 1.00%)

Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	30.00	28.00	0.01	6510.00	0.28			
			8	71.00	34.00	0.01	15694.00	0.34			
			12	175.00	37.00	0.01	38990.00	0.37			
			16	200.00	48.00	0.01	44590.00	0.48			
			20	212.00	70.00	0.01	47278.00	0.70			
			24	115.00	220.00	0.01	25550.00	2.20			
450.00	152.62	153.40	28	105.00	282.00	0.01	23310.00	2.82	45906903.43	776533.33	32112.82
			32	98.00	372.00	0.01	21742.00	3.72			
			36	89.00	447.00	0.01	19726.00	4.47			
			40	95.00	528.00	0.01	21070.00	5.28			
			44	80.00	602.00	0.01	17710.00	6.02			
			48	85.00	680.00	0.01	18830.00	6.80			
			52	85.00	745.00	0.01	18830.00	7.45			
			56	75.00	819.00	0.01	16590.00	8.19			
			60	70.00	892.00	0.01	15470.00	8.92			

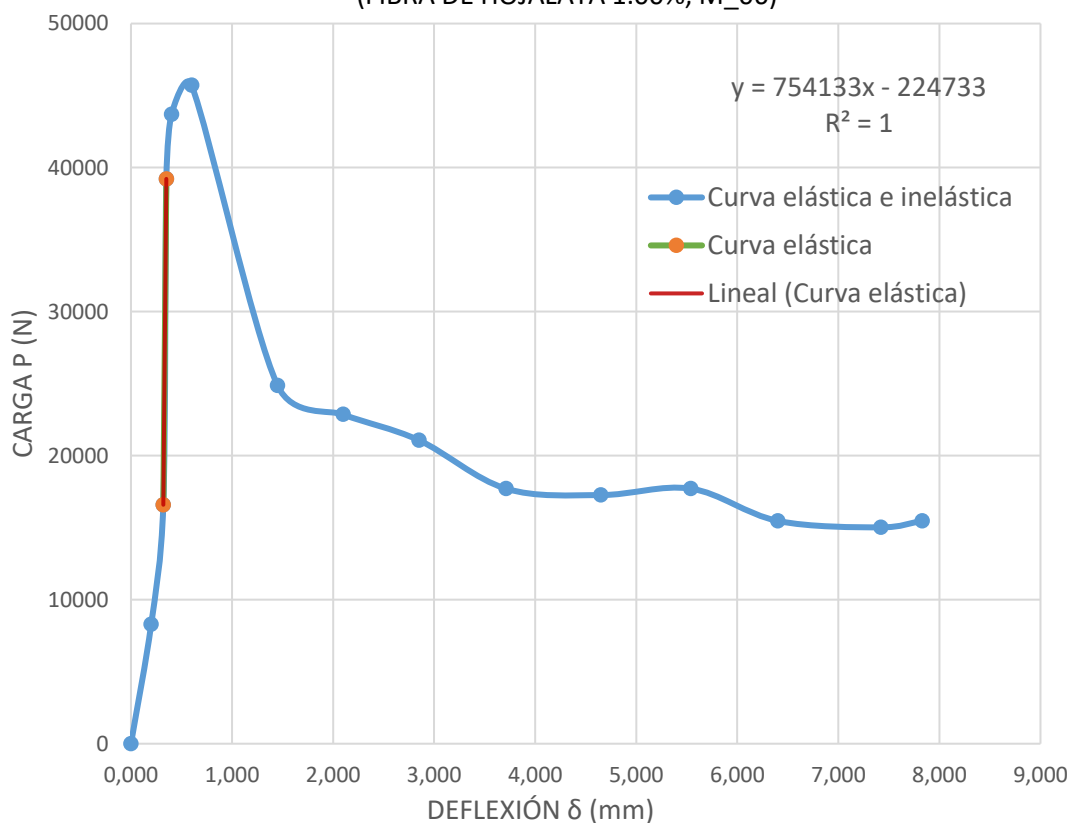
CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 1.00%, M\_05)



MUESTRA 06 (FIBRA DE HOJALATA 1.00%)

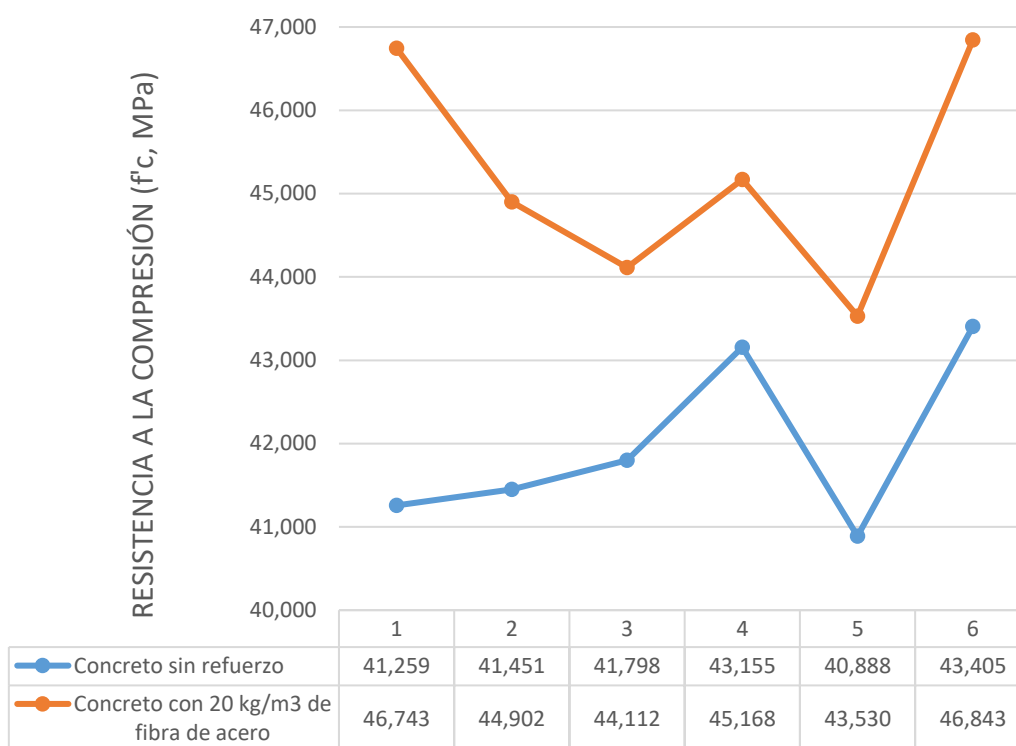
Long. (mm)	Base (mm)	Altura (mm)	T (S)	Carga (PSI)	DEF. (δ)	Precisión (mm)	P (N)	δ (mm)	I (mm <sup>4</sup> )	K (N/mm)	E (MPa)
			0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
			4	38.00	20.00	0.01	8302.00	0.20			
			8	75.00	32.00	0.01	16590.00	0.32			
			12	176.00	35.00	0.01	39214.00	0.35			
			16	196.00	40.00	0.01	43694.00	0.40			
			20	205.00	60.00	0.01	45710.00	0.60			
			24	112.00	145.00	0.01	24878.00	1.45			
450.00	152.72	151.95	28	103.00	210.00	0.01	22862.00	2.10	44653045.00	754133.33	32062.20
			32	95.00	285.00	0.01	21070.00	2.85			
			36	80.00	371.00	0.01	17710.00	3.71			
			40	78.00	465.00	0.01	17262.00	4.65			
			44	80.00	554.00	0.01	17710.00	5.54			
			48	70.00	640.00	0.01	15470.00	6.40			
			52	68.00	742.00	0.01	15022.00	7.42			
			56	70.00	783.00	0.01	15470.00	7.83			

CARGA VS DEFLEXIÓN  
(FIBRA DE HOJALATA 1.00%, M\_06)

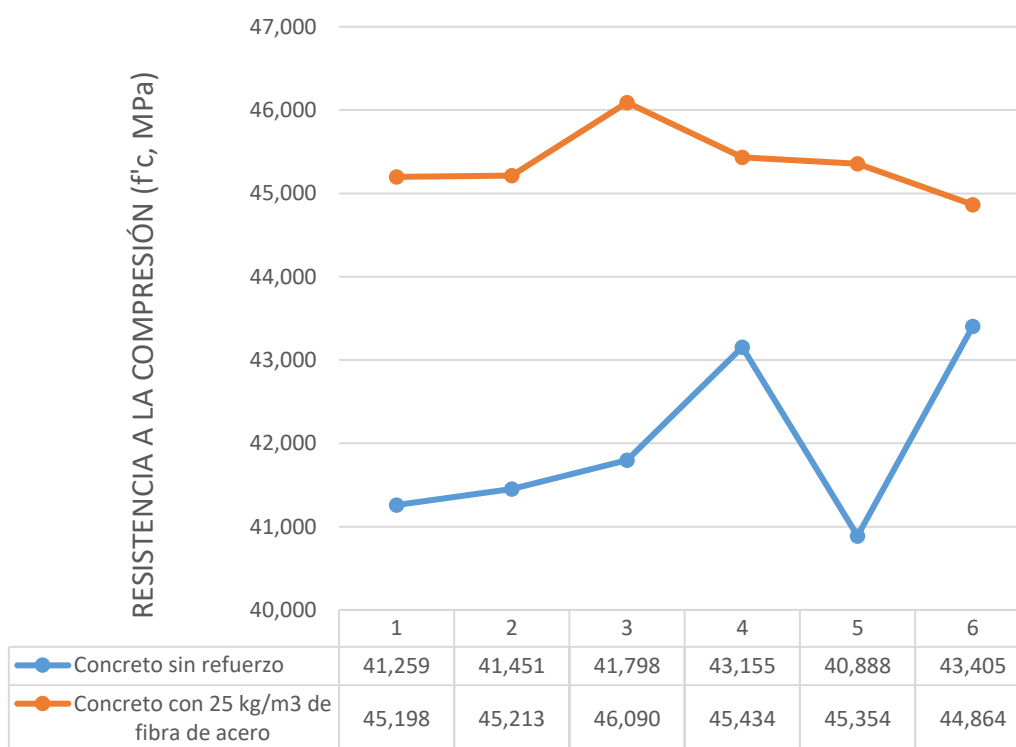


Anexo 04: Diferenciación de los resultados del concreto sin refuerzo versus concreto reforzado según análisis de Prueba T – Student.

SIN REFUERZO VS 20 kg/m<sup>3</sup> DE FIBRA DE ACERO

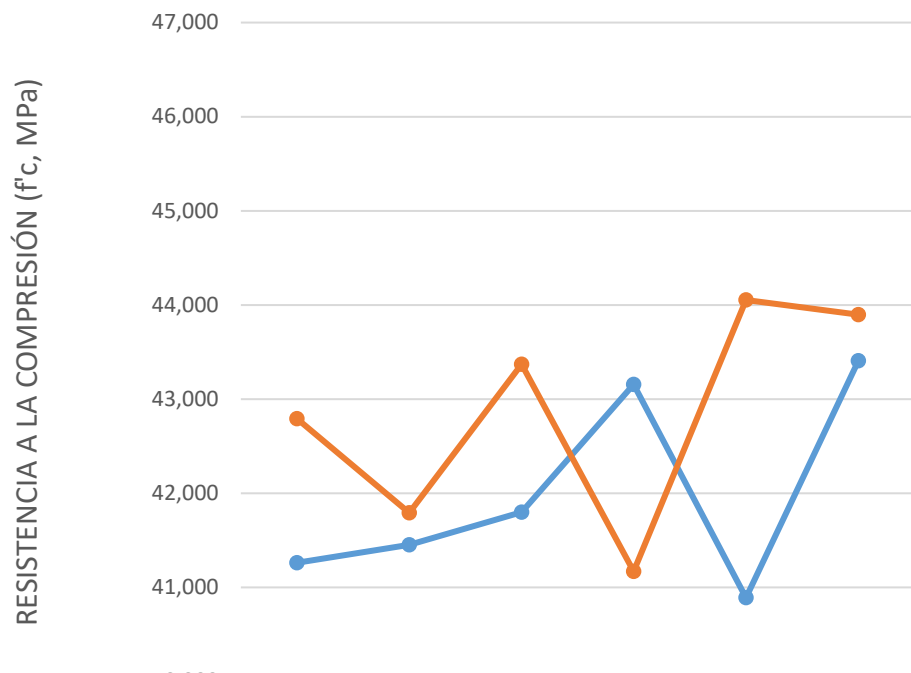


SIN REFUERZO VS 25 kg/m<sup>3</sup> DE FIBRA DE ACERO



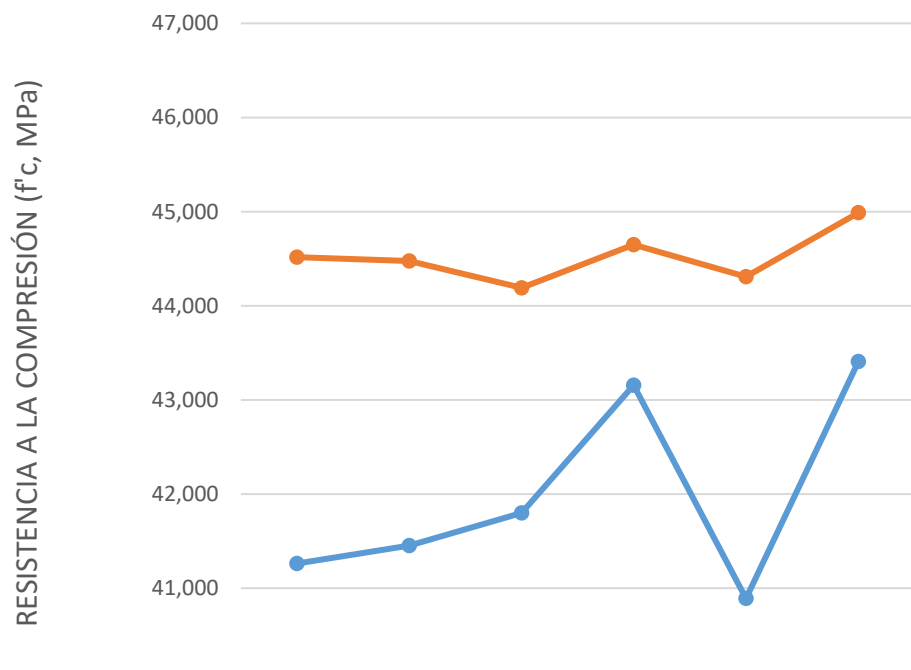


### SIN REFUERZO VS 0.50% DE FIBRA DE HOJALATA



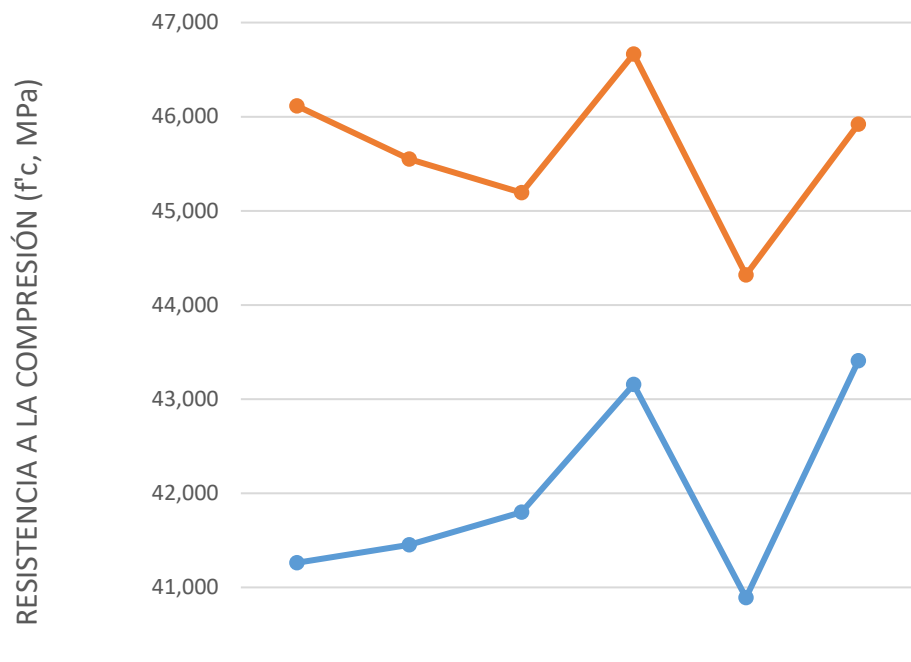
	1	2	3	4	5	6
—●— Concreto sin refuerzo	41,259	41,451	41,798	43,155	40,888	43,405
—●— Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	42,792	41,791	43,370	41,168	44,052	43,896

### CONCRETO SIN REFUERZO VS 0.75% DE FIBRA DE HOJALATA



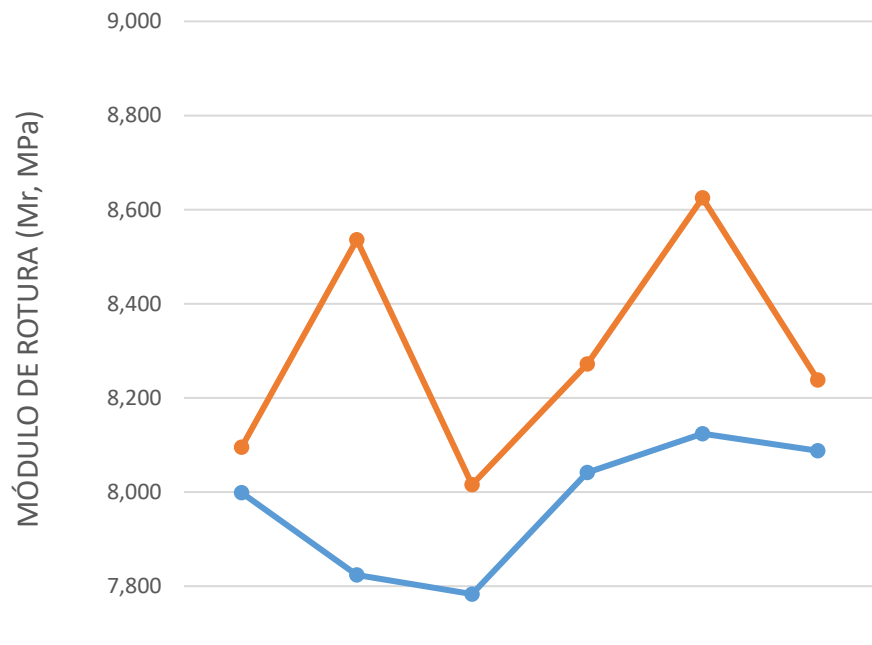
	1	2	3	4	5	6
—●— Concreto sin refuerzo	41,259	41,451	41,798	43,155	40,888	43,405
—●— Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	44,515	44,476	44,190	44,648	44,308	44,987

### CONCRETO SIN REFUERZO VS 1.00% DE FIBRA DE HOJALATA



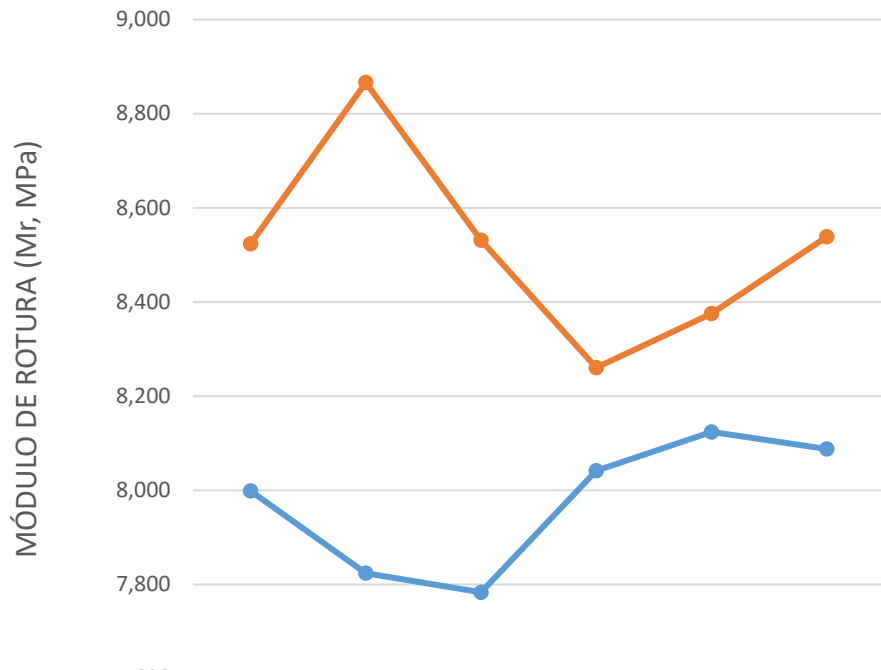
	1	2	3	4	5	6
—●— Concreto sin refuerzo	41,259	41,451	41,798	43,155	40,888	43,405
—●— Concreto con 1.00% de fibra de hojalata	46,116	45,548	45,191	46,666	44,318	45,921

### SIN REFUERZO VS 20 kg/m<sup>3</sup> DE FIBRA DE ACERO



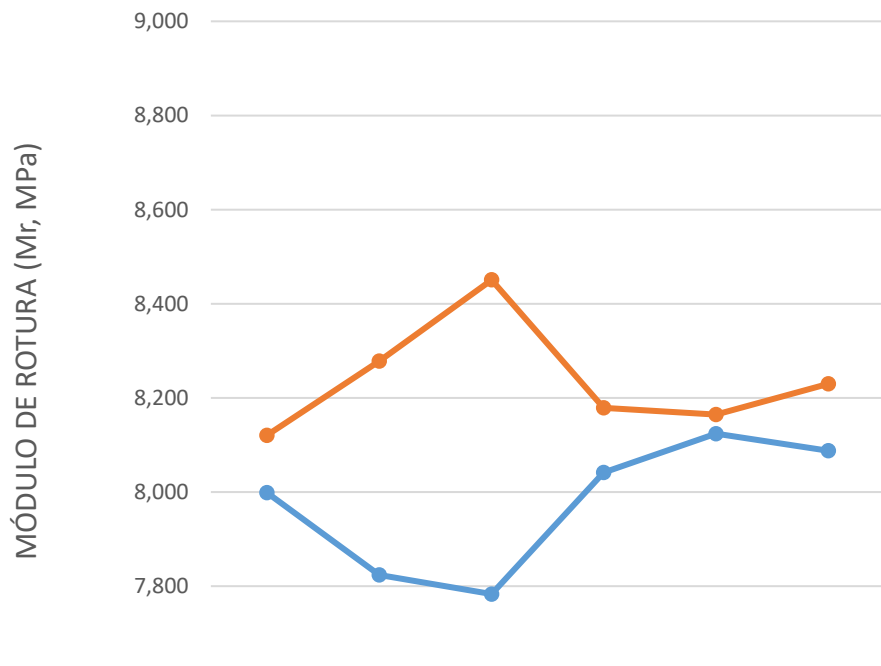
	1	2	3	4	5	6
—●— Concreto sin refuerzo	7,998	7,824	7,783	8,041	8,124	8,088
—●— Concreto con 20 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	8,095	8,536	8,015	8,272	8,625	8,238

### SIN REFUERZO VS 25 kg/m<sup>3</sup> DE FIBRA DE ACERO



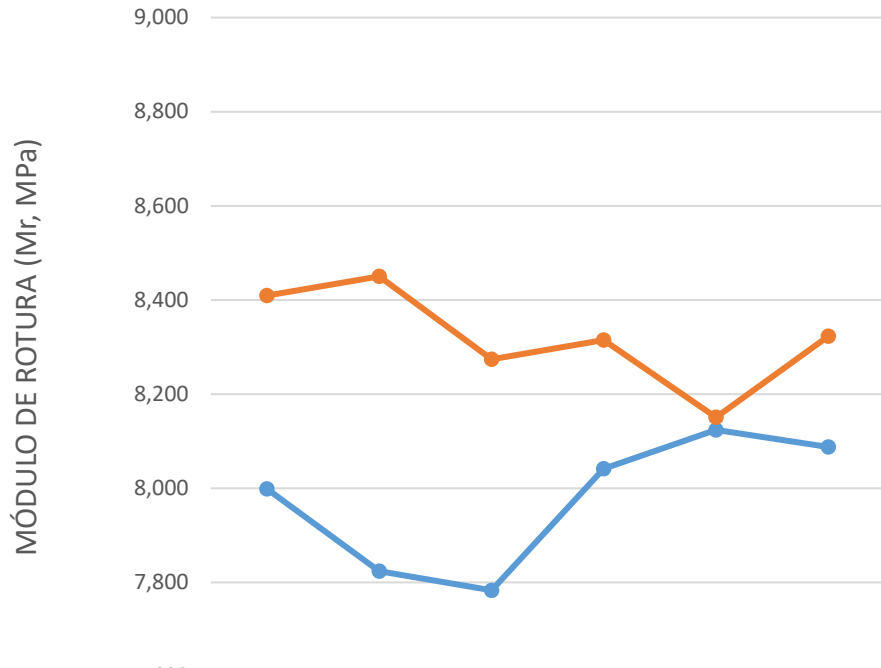
	1	2	3	4	5	6
Concreto sin refuerzo	7,998	7,824	7,783	8,041	8,124	8,088
Concreto con 25 kg/m <sup>3</sup> de fibra de acero	8,523	8,866	8,531	8,260	8,375	8,538

### CONCRETO SIN REFUERZO VS 0.50% DE FIBRA DE HOJALATA



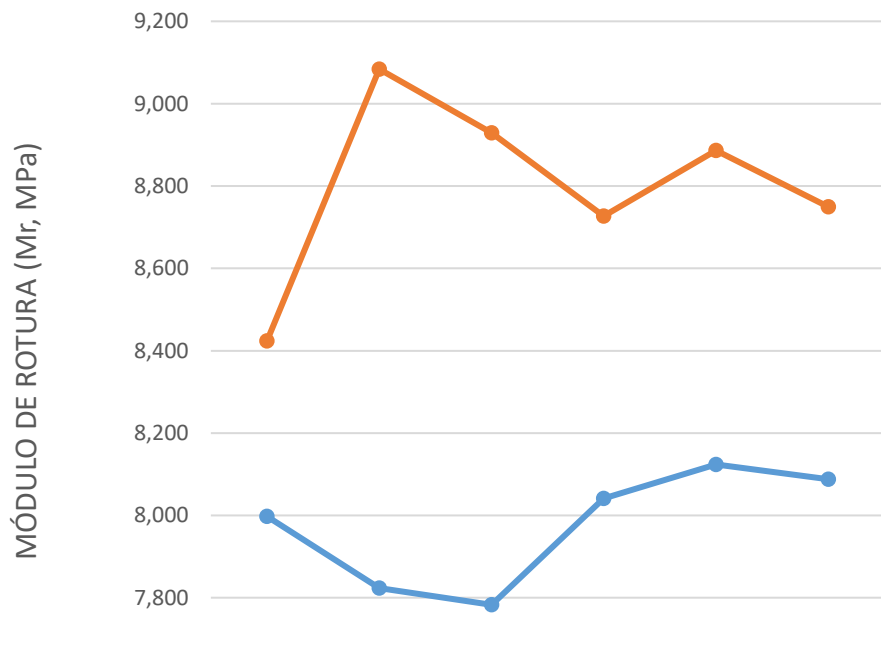
	1	2	3	4	5	6
Concreto sin refuerzo	7,998	7,824	7,783	8,041	8,124	8,088
Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	8,120	8,278	8,450	8,178	8,165	8,230

CONCRETO SIN REFUERZO VS 0.75% DE FIBRA DE HOJALATA



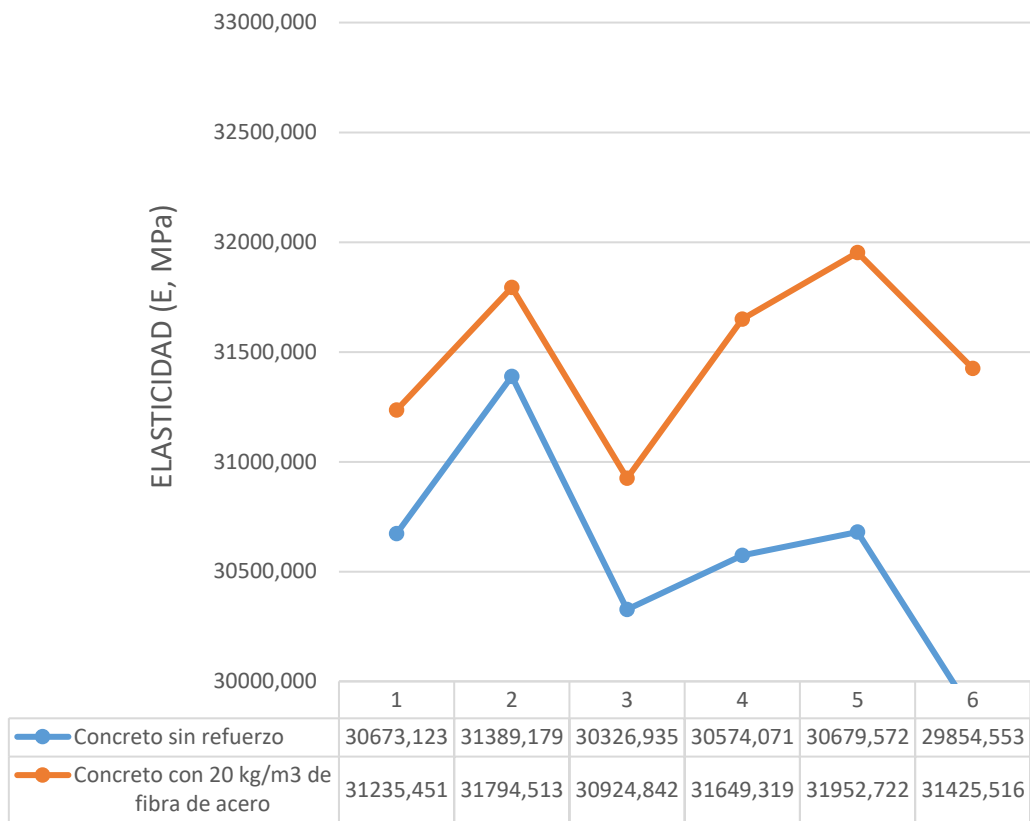
	1	2	3	4	5	6
—●— Concreto sin refuerzo	7,998	7,824	7,783	8,041	8,124	8,088
—●— Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	8,409	8,450	8,274	8,315	8,150	8,323

CONCRETO SIN REFUERZO VS 1.00% DE FIBRA DE HOJALATA

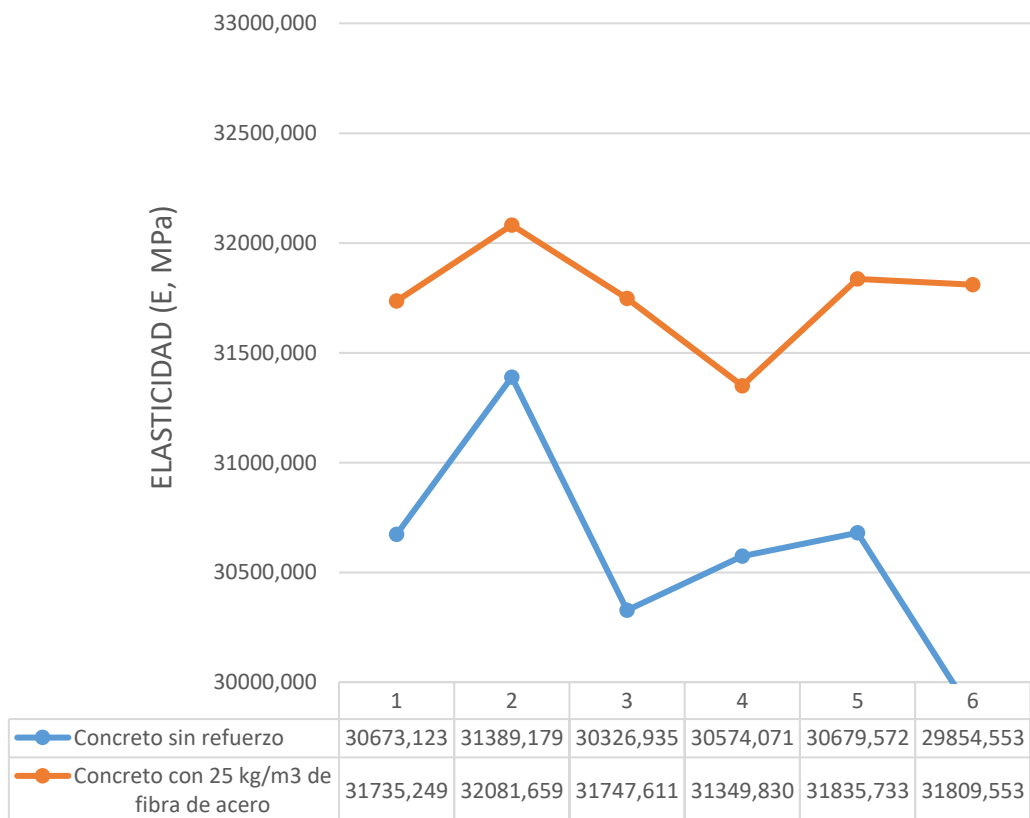


	1	2	3	4	5	6
—●— Concreto sin refuerzo	7,998	7,824	7,783	8,041	8,124	8,088
—●— Concreto con 1.00% de fibra de hojalata	8,424	9,084	8,929	8,727	8,886	8,750

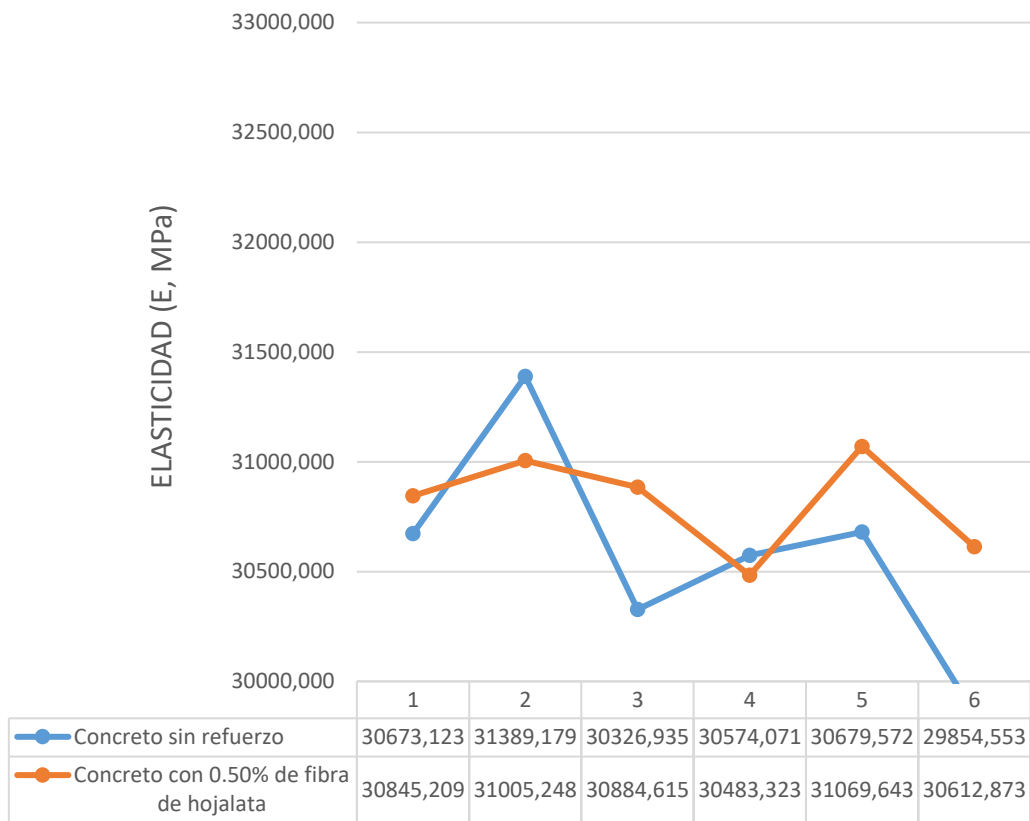
### SIN REFUERZO VS 20 kg/m<sup>3</sup> DE FIBRA DE ACERO



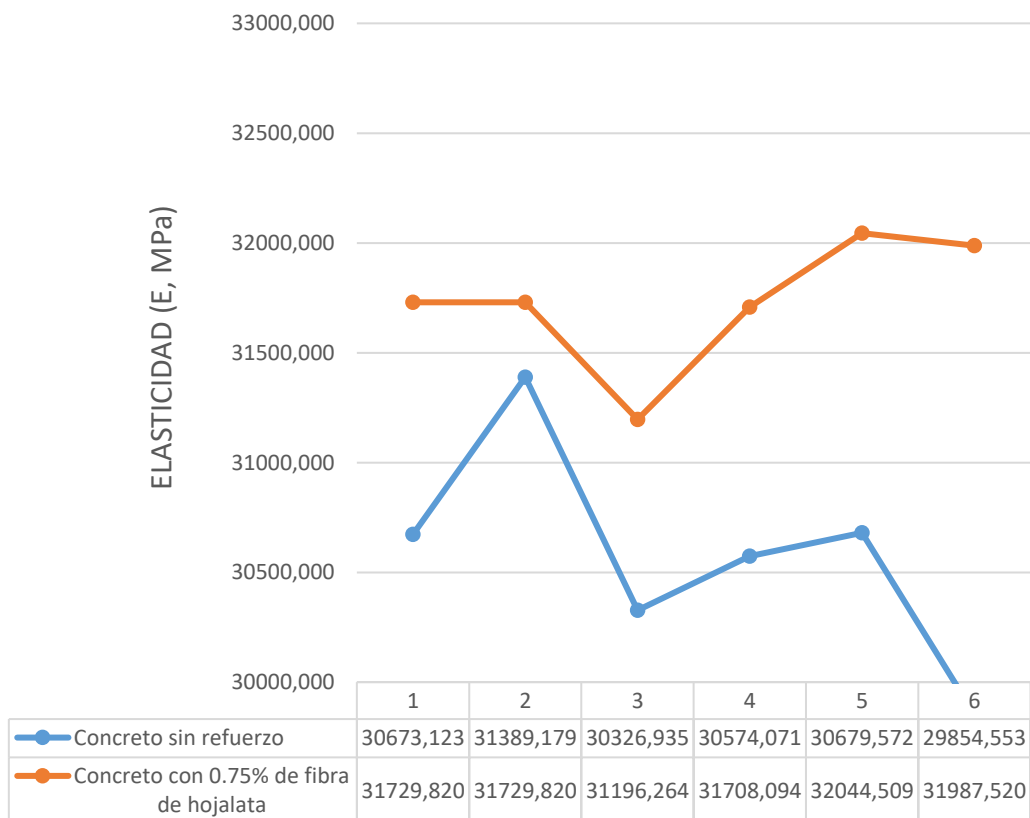
### SIN REFUERZO VS 25 kg/m<sup>3</sup> DE FIBRA DE ACERO



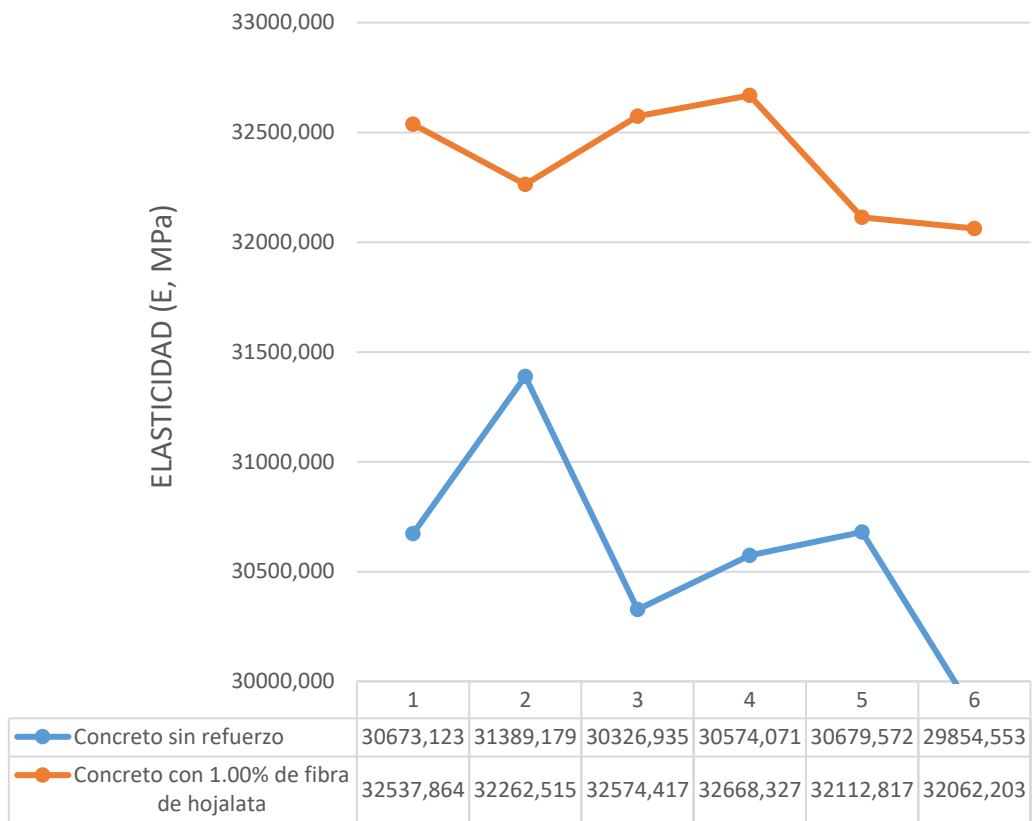
### CONCRETO SIN REFUERZO VS 0.50% DE FIBRA DE HOJALATA



### CONCRETO SIN REFUERZO VS 0.75% DE FIBRA DE HOJALATA

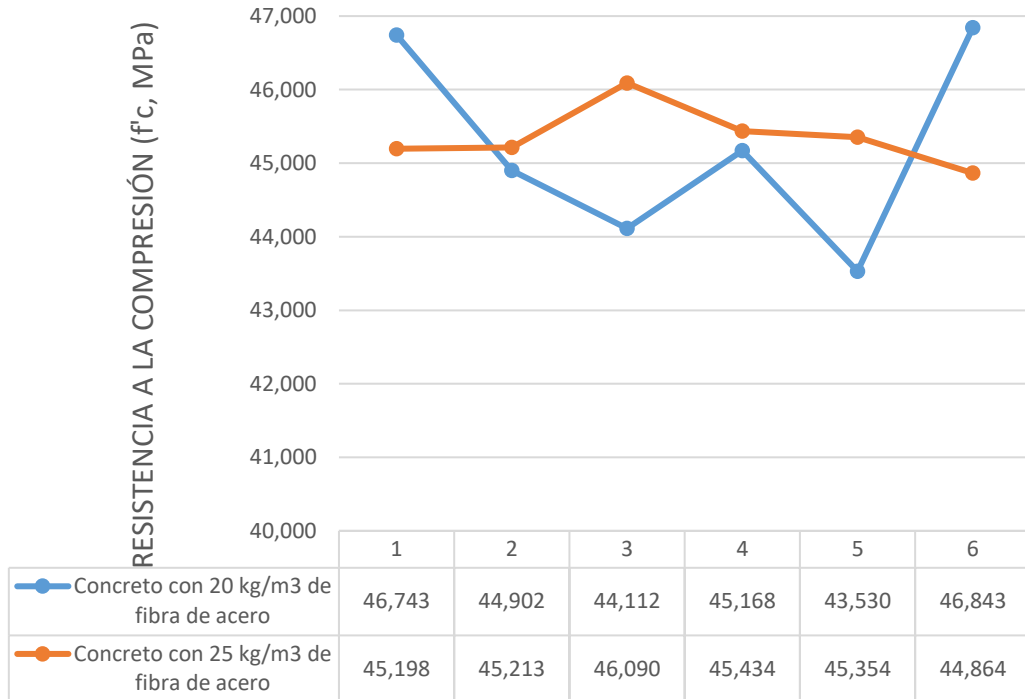


CONCRETO SIN REFUERZO VS 1.00% DE FIBRA DE HOJALATA

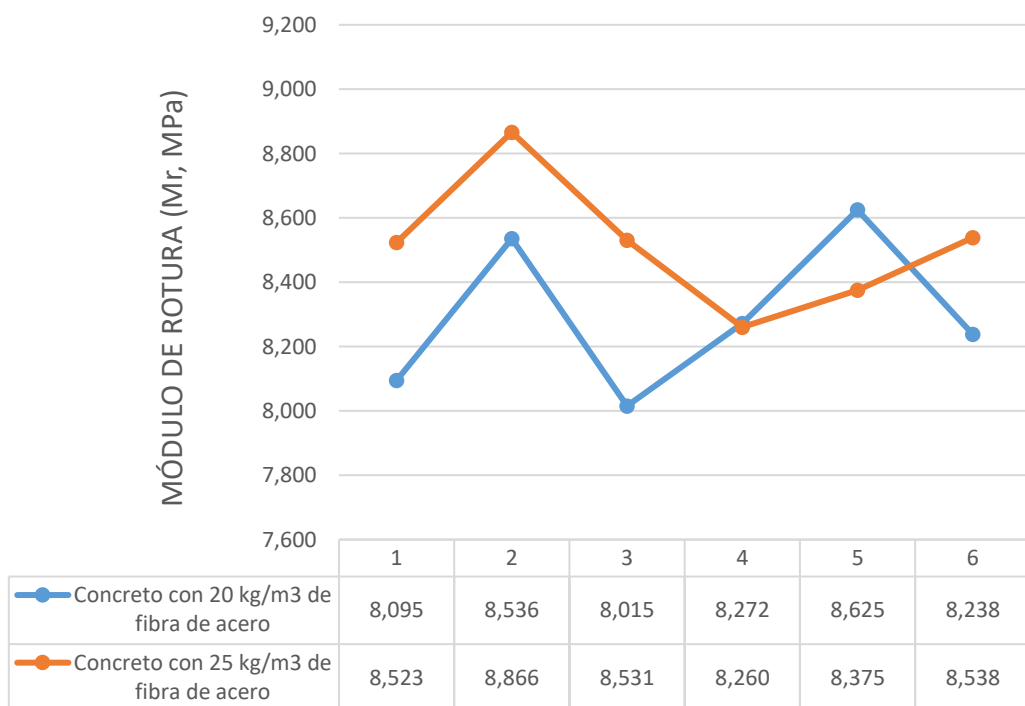


Anexo 05: Diferenciación de los resultados del concreto reforzado con fibra de acero en sus proporciones entre si según análisis de Prueba T – Student.

CONCRETO REFORZADO CON 20 kg/m<sup>3</sup> VS 25 kg/m<sup>3</sup> DE FIBRA DE ACERO

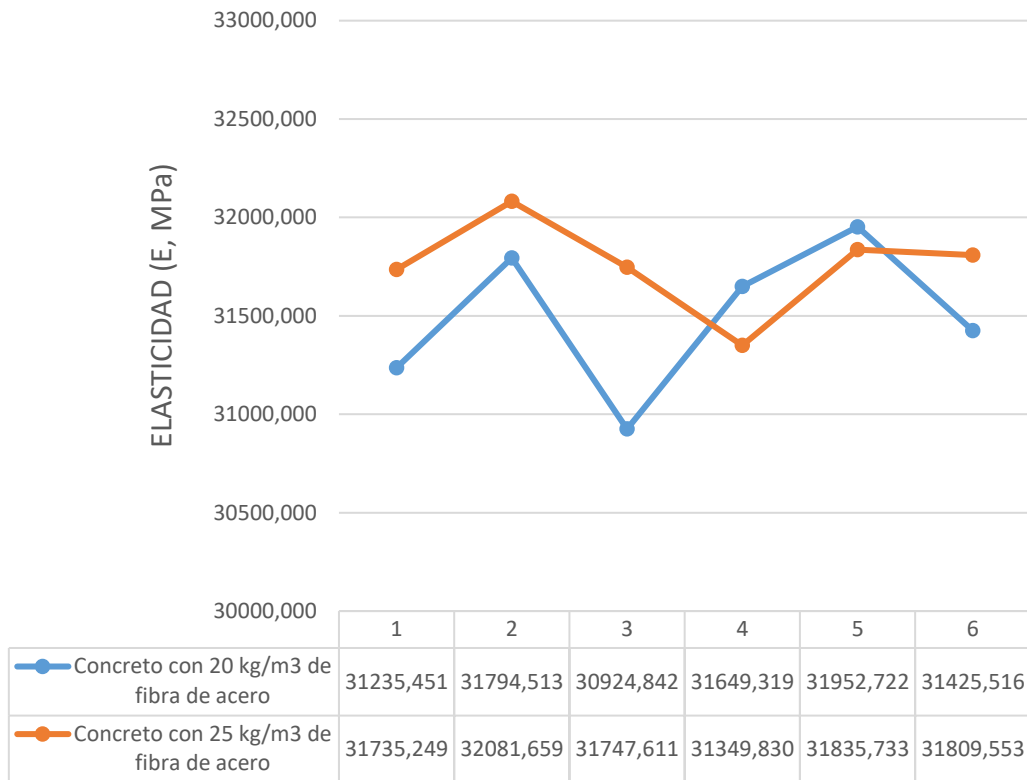


CONCRETO REFORZADO CON 20 kg/m<sup>3</sup> VS 25 kg/m<sup>3</sup> DE FIBRA DE ACERO

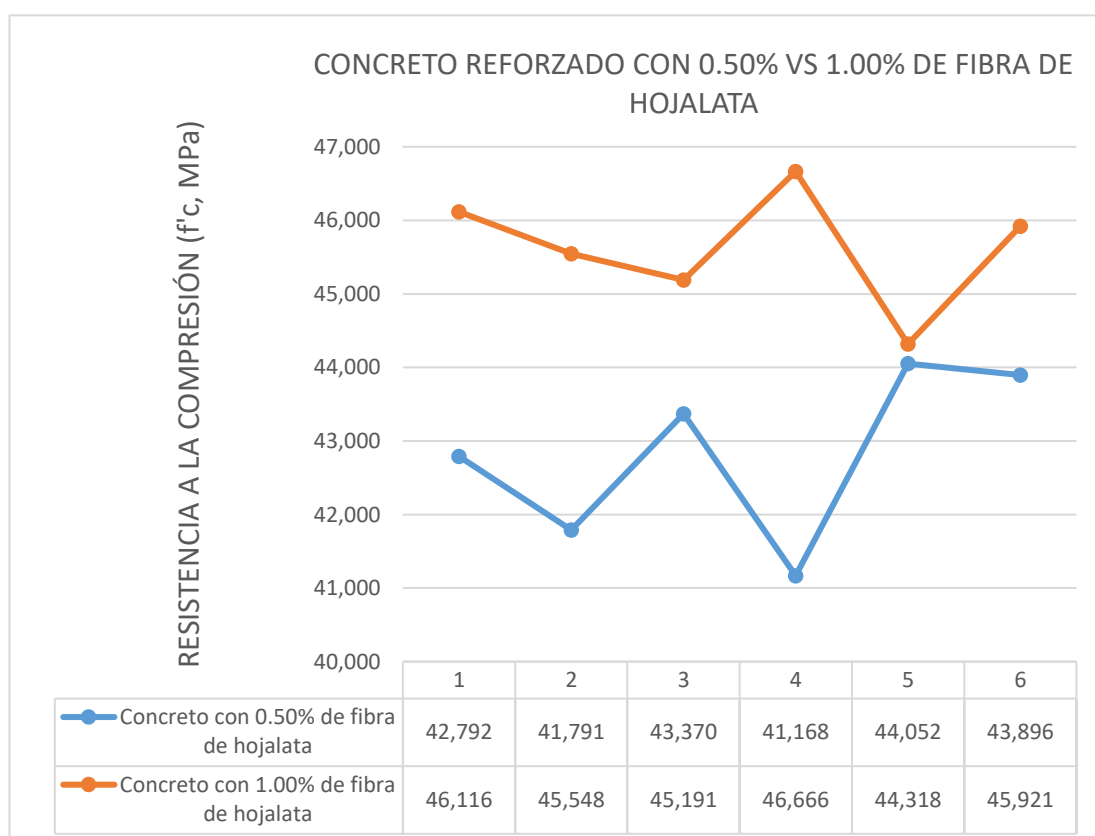
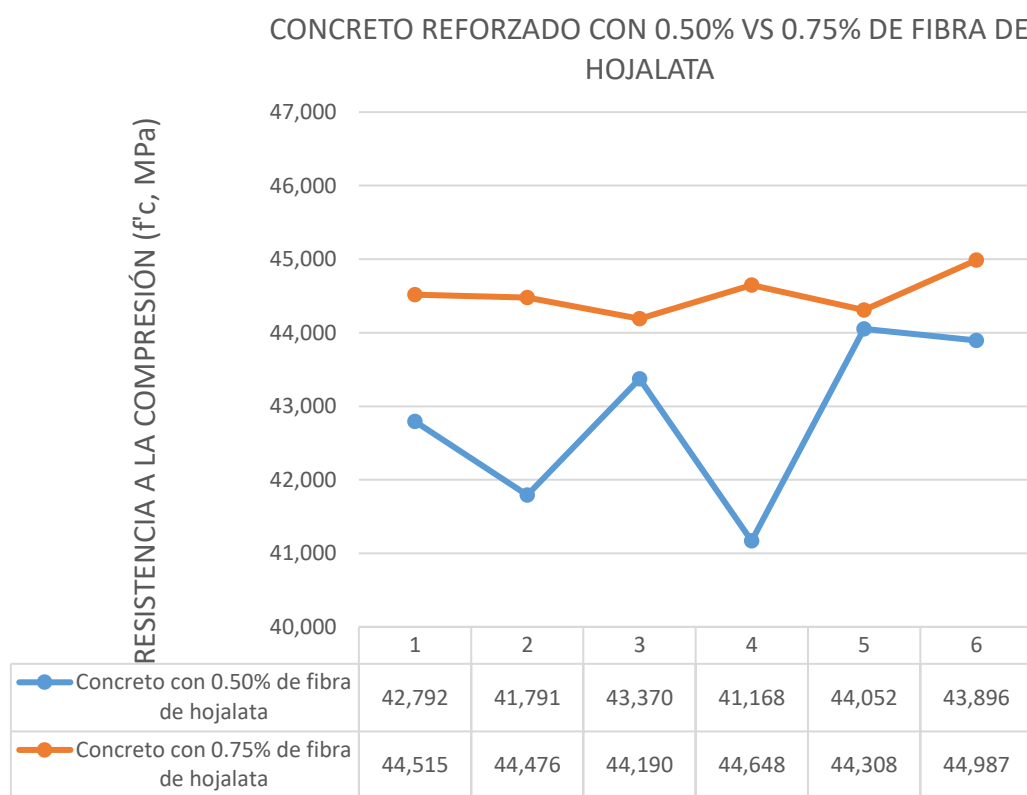




CONCRETO REFORZADO CON 20 kg/m<sup>3</sup> VS 25 kg/m<sup>3</sup> DE FIBRA DE ACERO

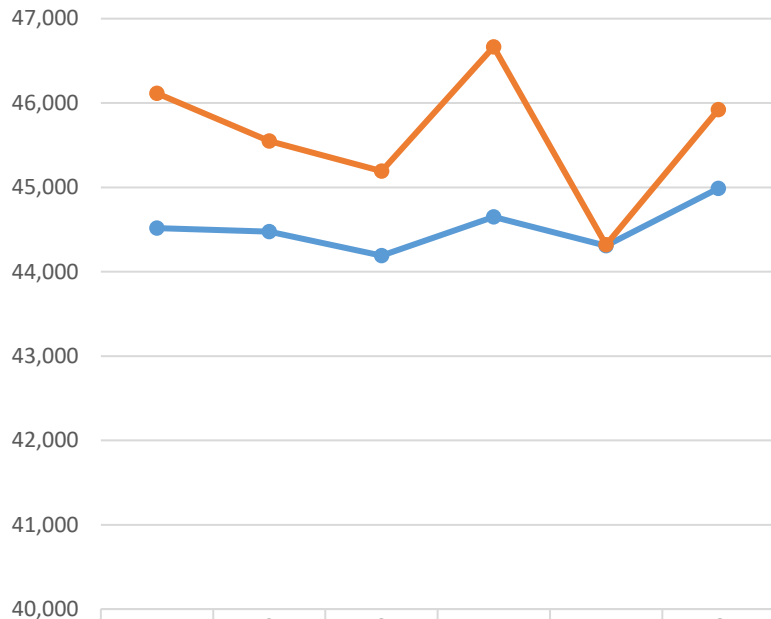


Anexo 06: Diferenciación de los resultados del concreto reforzado con fibra de hojalata en sus proporciones entre si según análisis de Prueba T – Student.



### CONCRETO REFORZADO CON 0.75% VS 1.00% DE FIBRA DE HOJALATA

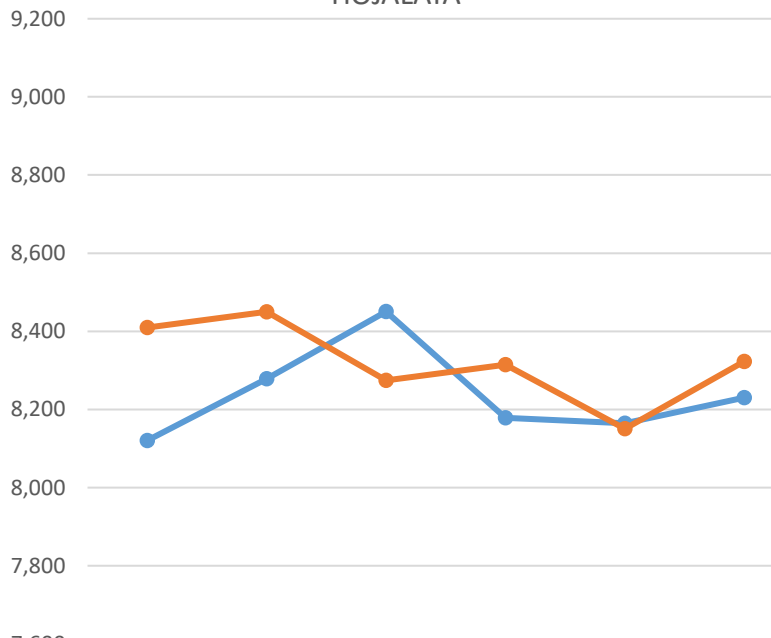
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( $f'_c$ , MPa)



	1	2	3	4	5	6
Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	44,515	44,476	44,190	44,648	44,308	44,987
Concreto con 1.00% de fibra de hojalata	46,116	45,548	45,191	46,666	44,318	45,921

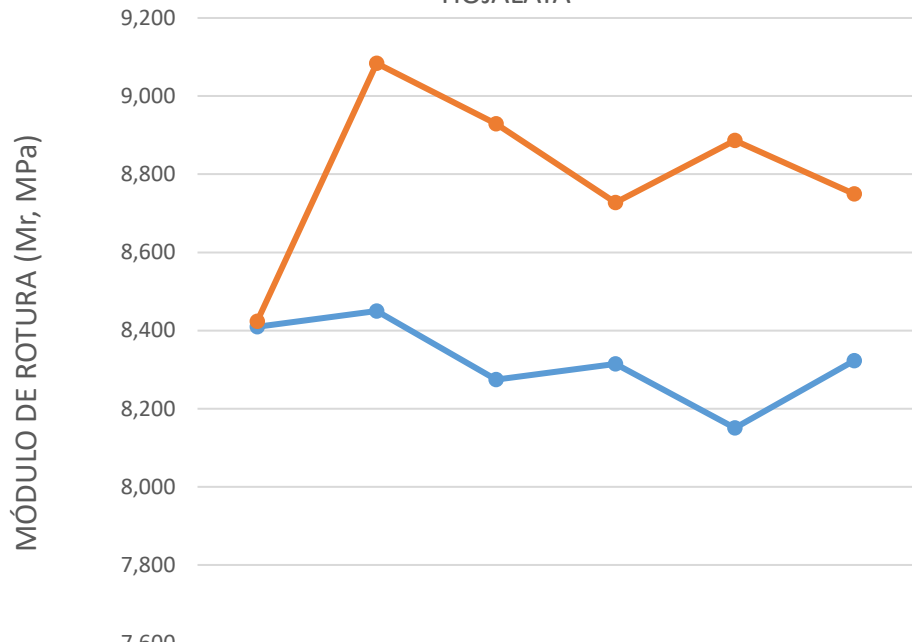
### CONCRETO REFORZADO CON 0.50% VS 0.75% DE FIBRA DE HOJALATA

MÓDULO DE ROTURA ( $M_r$ , MPa)



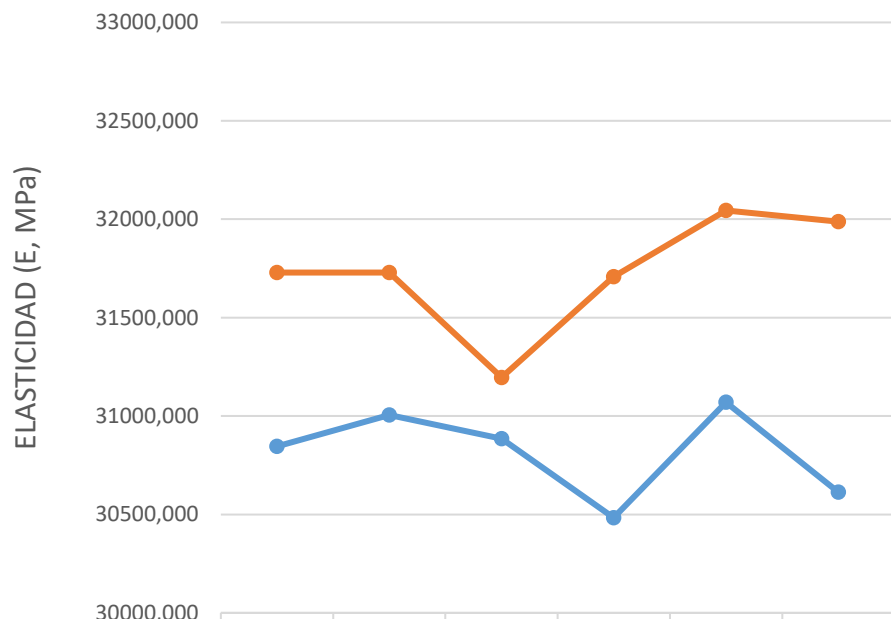
	1	2	3	4	5	6
Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	8,120	8,278	8,450	8,178	8,165	8,230
Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	8,409	8,450	8,274	8,315	8,150	8,323

CONCRETO REFORZADO CON 0.75% VS 1.00% DE FIBRA DE HOJALATA



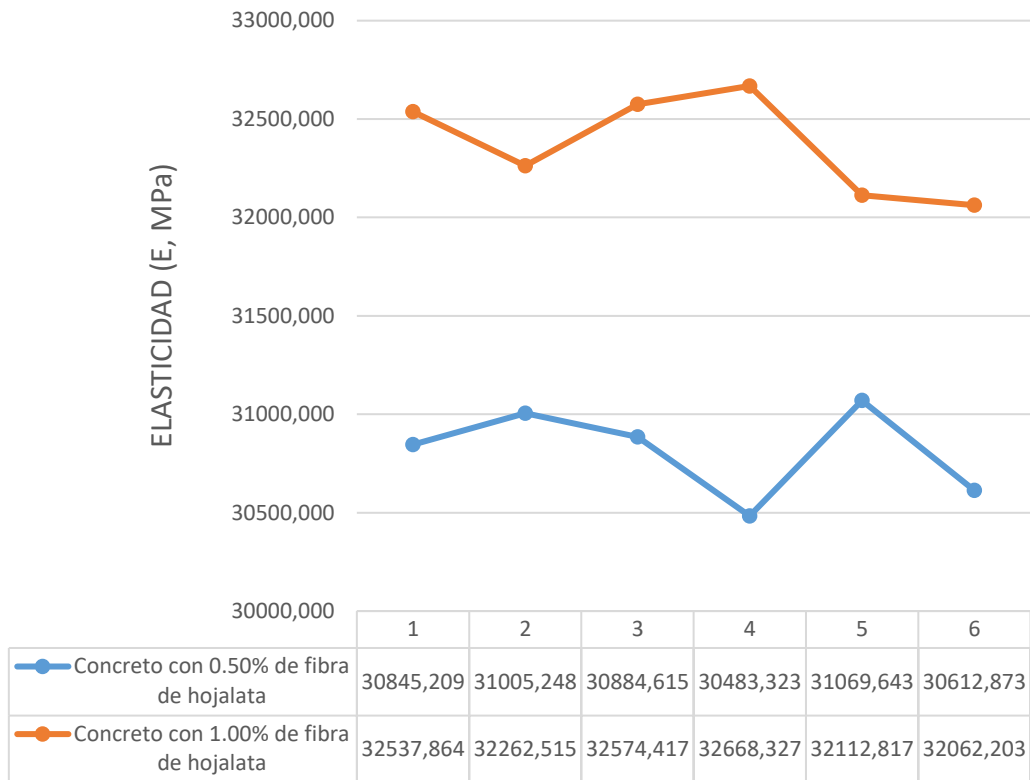
	1	2	3	4	5	6
Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	8,409	8,450	8,274	8,315	8,150	8,323
Concreto con 1.00% de fibra de hojalata	8,424	9,084	8,929	8,727	8,886	8,750

CONCRETO REFORZADO CON 0.50% VS 0.75% DE FIBRA DE HOJALATA

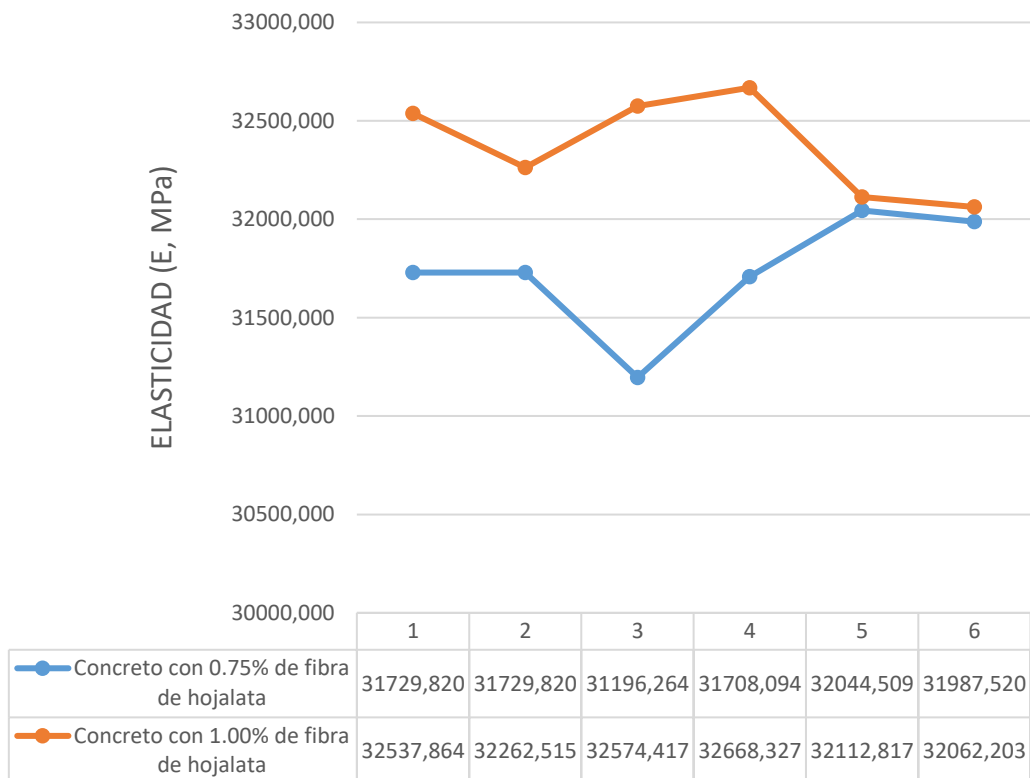


	1	2	3	4	5	6
Concreto con 0.50% de fibra de hojalata	30845,209	31005,248	30884,615	30483,323	31069,643	30612,873
Concreto con 0.75% de fibra de hojalata	31729,820	31729,820	31196,264	31708,094	32044,509	31987,520

### CONCRETO REFORZADO CON 0.50% VS 1.00% DE FIBRA DE HOJALATA



### CONCRETO REFORZADO CON 0.75% VS 1.00% DE FIBRA DE HOJALATA



Anexo 07: Especificaciones técnicas de las fibras wirand®FF4

# Wirand®

## Fibras para Refuerzo de Hormigón

**Características técnicas**

Las fibras para refuerzo de hormigón Wirand® son producidas a partir de acero de bajo tenor de carbono, trefilado a frío. Las fibras de acero Wirand® cuando sumadas al hormigón, actúan como una armadura tridimensional que redistribuye las tensiones aplicadas en su elemento estructural aumentando la resistencia.

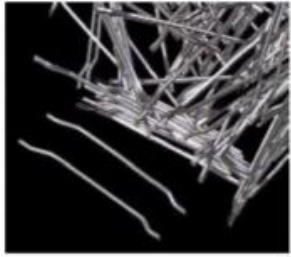
Propiedades Físicas		FF4
Relación L/d (largo / diámetro)	-	80
Tolerancia del valor individual de la relación L/d	%	15
Tolerancia del valor medio de la relación L/d	%	7.5
Diámetro	mm	0.75
Tolerancia del valor individual del diámetro	%	10
Tolerancia del valor medio del diámetro	%	5
Largo	mm	60
Tolerancia del valor individual del largo	%	5
Tolerancia del valor medio del largo	%	5

Propiedades Mecánicas		FF4
Resistencia a tracción del acero	MPa	>1200
Deformación en la ruptura	%	<4
Módulo elástico	MPa	210000


Aplicación		FF4
Campos de aplicación indicados		pavimentos y pre-fabricados
Número de fibras por Kilogramo		4806




---

**Características del producto**

Forma	Las fibras de acero Wirand® presentan un formato especial que garantizan la adhesión entre las fibras y el hormigón.
Producción	Las fibras de acero Wirand® son producidas, modeladas y cortadas a través de estampagem de alambres de acero con bajo tenor de carbono, conforme las normas: ASTM A 820, ASTM C 1116, DIN 1045, UNI 11037, PR EM 14889-1 y PN 28-000.04.
Presentación	Las fibras de acero Wirand® son acondicionadas en cajas o bolsas con 20 kg.




Maccaferri se reserva el derecho de revisar estas especificaciones en cualquier momento, de acuerdo con las características de los productos fabricados.




[www.maccaferri.com.pe](http://www.maccaferri.com.pe)

## Anexo 08: Propiedades físicos de los agregados

		FORMATO	QC.FO.11			
		GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO (NORMA NTP 400.037 Y ASTM C33)				
GERENCIA : OEPRACIONES		ÁREA : LABORATORIO				
APROBADO : ETR		VERSIÓN : 01				
GESTIÓN DE CALIDAD : HRT		FECHA : 17.01.2018				
MUESTRA : <b>AGREGADO FINO</b> CANTERA : MITAPAMPA - DISTRITO:MANCOS - CUTATA PROYECTO : TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN , FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"		FECHA DE MUESTREO : <b>05/07/2018</b> TECNICO : <b>O. BARTOLO</b>				
GRANULOMETRIA(NTP 400.012 / ASTM C136)					PROPIEDADES FISICAS	
MALLA	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	MODULO DE FINEZA	2.55
	(b)	(c)=(b)/(a)*100	(d)=SUMA (c)	100 - (d)	TAMANO MAXIMO	3/8"
3"	0.0	0.000	0.000	100.000	(A) Peso de Tara (g) :	590.0
2 1/2"	0.0	0.000	0.000	100.000	(B) Peso de Muestra Original Humeda (g):	1674.9
2"	0.0	0.000	0.000	100.000	(C) Peso de Muestra Seca (g) :	1619.2
1 1/2"	0.0	0.000	0.000	100.000	% HUMEDAD	5.4
1"	0.0	0.000	0.000	100.000	[B-C] * 100 / [C-A]	
3/4"	0.0	0.000	0.000	100.000	(D) Peso de Tara (g) :	104.4
1/2"	0.0	0.000	0.000	100.000	(E) Peso de Muestra seca (g) :	1266.4
3/8"	0.0	0.000	0.000	100.000	(F) peso de muestra después de lavado seca (g) :	1233.2
# 4	14.2	0.575	0.575	99.425	%PASANTE DE M # 200 (ASCTM C117)	2.9
# 8	132.7	5.370	5.944	94.056	[E-F] * 100 / [E-D]	
# 16	373.6	15.113	21.057	78.943	OBSERVACIONES:	
# 30	856.0	34.627	55.684	44.316		
# 50	568.5	22.998	78.682	21.318		
# 100	367.3	14.859	93.541	6.459		
FONDO	159.7	6.459	100.000	0.000		
TOTAL (a)	2471.94		MODULO DE FINEZA	2.55		

El módulo de fineza= % retenido acumulado en las mallas (3" + 1½" + ¾" + 3/8" + #4 + #8 + #16 + #30 + #50 + #100) / 100  
 Nota: Para ag. Gruesos, en los tamices donde no exista retenido considere 100% de retenido acumulado en cada uno  
 El tamaño maximo= menor tamiz por el que pasa el 100% del agregado tamizado.

Nota: El rango del Modulo de Finura de la Arena es de 2.3 a 3.1  
 Si el Modulo de Finura de la Arena de una arena es de 2.3 se trata de una arena Fina; y si el modulo se encuentra entre 2.3 a 3.1 se trata de una Arena Mediana y si el modulo es mayor de 3.1 se trata de una arena gruesa



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Consejo Departamental Ancash - Huaraz

Ing. Renzo Saúl Huincho Suárez  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 78048

Revisado por \_\_\_\_\_

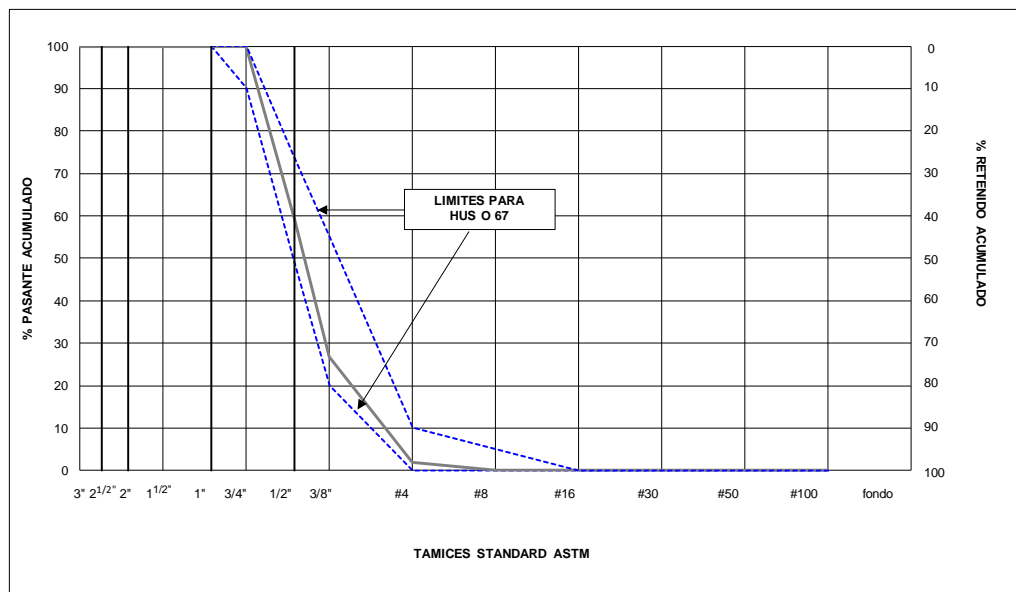


FORMATO		QC.FO.11
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO (NORMA NTP 400.037 Y ASTM C33)		
GERENCIA : OEPRACIONES	ÁREA : LABORATORIO	
APROBADO: ETR	VERSIÓN : 01	
GESTIÓN DE CALIDAD: HRT	FECHA : 17.01.2018	

MUESTRA : **AGREGADO GRUESO - PIEDRA HUSO 67**      FECHA DE MUESTREO : **05/07/2018**  
 CANTERA : **MITAPAMPA - DISTRITO:MANCOS - CUTATAMB**      TECNICO : **O. BARTOLO**  
 PROYECTO : **TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN , FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"**

GRANULOMETRIA(NTP 400.012 / ASTM C136)					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
MALLA	PESO RETENIDO en gramos (b)	% RETENIDO (c)=(b)/(a)*100	% RETENIDO ACUMUL. (d)=SUMA (c)	% PASANTE ACUMUL. 100 - (d)	MODULO DE FINEZA	6.71
3"	-	0.00	0.00	100.00	TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
2 1/2"	-	0.00	0.00	100.00	(A) peso de tara (g) :	590.0
2"	-	0.00	0.00	100.00	(B) peso de muestra original húmeda(g):	1418.0
1 1/2"	-	0.00	0.00	100.00	(C) Peso de Muestra Seca (g) :	1412.4
1"	-	0.00	0.00	100.00	% HUMEDAD	<b>0.7</b>
3/4"	-	0.00	0.00	100.00	[B-C] * 100 / [C-A]	
1/2"	1,152.7	41.03	41.03	58.97	(D) peso de tara (g) :	123.2
3/8"	903.6	32.17	73.20	26.80	(E) peso de muestra seca (g) :	2415.6
# 4	696.1	24.78	97.98	2.02	(F) peso de muestra después de lavado seca (g) :	2408.2
# 8	56.9	2.02	100.00	0.00	%PASANTE DE M # 200 (ASCTM C117)	<b>0.32</b>
# 16	-	0.00	100.00	0.00	[E-F] * 100 / [E-D]	
#30	-	0.00	100.00	0.00	OBSERVACIONES	
#50	-	0.00	100.00	0.00		
#100	-	0.00	100.00	0.00		
FONDO	-	0.00	100.00	0.00		
TOTAL (a)	2809.303	100.0	MODULO FINEZA	6.71		




El módulo de fineza= % retenido acumulado en las mallas (3" + 1 1/2" + 3/4" + 3/8" + #4 + #8 + #16 + #30 + #50 + #100) / 100  
 Nota: Para ag. Gruesos, en los tamices donde no exista retenido considere 100% de retenido acumulado en cada uno  
 El tamaño maximo= menor tamiz por el que pasa el 100% del agregado tamizado.





**COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU**  
 Consejo Departamental Ancash - Huaraz  
  
**Ing. Renzo Saul Huincho Suarez**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP Nº 78048

Revisado por: \_\_\_\_\_



	FORMATO	CO.FO.05																
	REGISTRO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS (NORMA NTP 339.127 Y ASTM C566)																	
	GERENCIA: OPERACIONES	AREA: LABORATORIO																
	APROBADO: ETR	VERSION: 01																
	GESTIÓN DE CALIDAD: HRT	FECHA: 17.01.2018																
PROYECTO	: TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"																	
SOLICITADO	: BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO																	
FECHA	: 9 de Julio de 2018																	
AGREGADO	: FINO	CANTERA : MITAPAMPA - CUTATAMBO																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>M - 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Humedo + Recipiente</td> <td>1674.9</td> </tr> <tr> <td>Peso Seco + Recipiente</td> <td>1619.2</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente</td> <td>590.0</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco</td> <td>1029.2</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua</td> <td>55.7</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>5.41</td> </tr> <tr> <td><b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b></td> <td><b>5.41%</b></td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCION	M - 1	Peso Humedo + Recipiente	1674.9	Peso Seco + Recipiente	1619.2	Peso Recipiente	590.0	Peso Suelo Seco	1029.2	Peso del Agua	55.7	Contenido de Humedad (%)	5.41	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>	<b>5.41%</b>
DESCRIPCION	M - 1																	
Peso Humedo + Recipiente	1674.9																	
Peso Seco + Recipiente	1619.2																	
Peso Recipiente	590.0																	
Peso Suelo Seco	1029.2																	
Peso del Agua	55.7																	
Contenido de Humedad (%)	5.41																	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD :</b>	<b>5.41%</b>																	
AGREGADO	: GRUESO	CANTERA : MITAPAMPA - CUTATAMBO																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>M - 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Humedo + Recipiente</td> <td>1418.0</td> </tr> <tr> <td>Peso Seco + Recipiente</td> <td>1412.4</td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente</td> <td>590.0</td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco</td> <td>822.4</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua</td> <td>5.6</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (%)</td> <td>0.68</td> </tr> <tr> <td><b>CONTENIDO DE HUMEDAD:</b></td> <td><b>0.68%</b></td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCION	M - 1	Peso Humedo + Recipiente	1418.0	Peso Seco + Recipiente	1412.4	Peso Recipiente	590.0	Peso Suelo Seco	822.4	Peso del Agua	5.6	Contenido de Humedad (%)	0.68	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD:</b>	<b>0.68%</b>
DESCRIPCION	M - 1																	
Peso Humedo + Recipiente	1418.0																	
Peso Seco + Recipiente	1412.4																	
Peso Recipiente	590.0																	
Peso Suelo Seco	822.4																	
Peso del Agua	5.6																	
Contenido de Humedad (%)	0.68																	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD:</b>	<b>0.68%</b>																	
Revisado por: _____	  <b>COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU</b> Consejo Departamental Ancash - Huaraz <b>Ing. Renzo Saúl Huincho Suárez</b> INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 78048																	

	FORMATO				QC.FO.30			
	PESOS UNITARIOS SUELTO Y COMPACTO (NTP 400.017 / ASTM C29)							
	GERENCIA: OPERACIONES				AREA: LABORATORIO			
	APROBADO: HRT				VERSIÓN: 00			
GESTION DE CALIDAD: HRT				FECHA: 07.02.2017				
PROYECTO	: TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN, FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"							
SOLICITADO	: BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO							
FECHA	: 5 de Julio de 2018							
AGREGADO	: FINO				CANTERA : MITAPAMPA - CUTATAMBO			
TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto				Peso Unitario Compacto			
MUESTRA N°	1	2	3	4	1	2	3	4
MOLDE N°	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01
Peso Material + Molde	14.655	14.750	14.970		16.275	16.295	16.310	
Peso del Molde	3.470	3.470	3.470		3.470	3.470	3.470	
Peso del Material	11.185	11.280	11.500		12.805	12.825	12.840	
Volumen del Molde	0.006974	0.006974	0.006974		0.006974	0.006974	0.006974	
Peso Unitario (Kg/m3)	1,603.81	1,617.44	1,648.98		1,836.11	1,838.97	1,841.12	
Peso Unitario prom. (Kg/m3)	1,623.41				1,838.73			
Peso Unitario Suelto (Kg/m3) = <b>1,623</b>				Peso Unitario Compacto (Kg/m3) = <b>1,838</b>				
AGREGADO	: GRUESO				CANTERA : MITAPAMPA - CUTATAMBO			
TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto				Peso Unitario Compacto			
MUESTRA N°	1	2	3	4	1	2	3	4
MOLDE N°	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01
Peso Material + Molde	13.285	13.455	13.480		14.915	14.720	14.855	
Peso del Molde	3.470	3.470	3.470		3.470	3.470	3.470	
Peso del Material	9.815	9.985	10.010		11.445	11.250	11.385	
Volumen del Molde	0.006974	0.006974	0.006974		0.006974	0.006974	0.006974	
Peso Unitario (Kg/m3)	1,407.37	1,431.75	1,435.33		1,641.10	1,613.13	1,632.49	
Peso Unitario prom. (Kg/m3)	1,424.82				1,628.91			
Peso Unitario Suelto (Kg/m3) = <b>1,424</b>				Peso Unitario Compacto (Kg/m3) = <b>1,628</b>				







COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Consejo Departamental Ancash - Huaraz

Ing. Renzo Saúl Huincho Suárez  
INGENIERO CIVIL

REG. CIP N° 78048

Revisado por: \_\_\_\_\_

	FORMATO				QC.FO.30			
	PESOS UNITARIOS SUELTO Y COMPACTO (NTP 400.017 / ASTM C29)							
	GERENCIA: OPERACIONES				AREA: LABORATORIO			
	APROBADO: HRT				VERSIÓN: 00			
GESTION DE CALIDAD: HRT				FECHA: 07.02.2017				
PROYECTO	: TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN, FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"							
SOLICITADO	: BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO							
FECHA	: 5 de Julio de 2018							
AGREGADO	: FINO				CANTERA : MITAPAMPA - CUTATAMBO			
TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto				Peso Unitario Compacto			
MUESTRA N°	1	2	3	4	1	2	3	4
MOLDE N°	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01
Peso Material + Molde	14.655	14.750	14.970		16.275	16.295	16.310	
Peso del Molde	3.470	3.470	3.470		3.470	3.470	3.470	
Peso del Material	11.185	11.280	11.500		12.805	12.825	12.840	
Volumen del Molde	0.006974	0.006974	0.006974		0.006974	0.006974	0.006974	
Peso Unitario (Kg/m3)	1,603.81	1,617.44	1,648.98		1,836.11	1,838.97	1,841.12	
Peso Unitario prom. (Kg/m3)	1,623.41				1,838.73			
Peso Unitario Suelto (Kg/m3) = <b>1,623</b>				Peso Unitario Compacto (Kg/m3) = <b>1,838</b>				
AGREGADO	: GRUESO				CANTERA : MITAPAMPA - CUTATAMBO			
TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto				Peso Unitario Compacto			
MUESTRA N°	1	2	3	4	1	2	3	4
MOLDE N°	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01
Peso Material + Molde	13.285	13.455	13.480		14.915	14.720	14.855	
Peso del Molde	3.470	3.470	3.470		3.470	3.470	3.470	
Peso del Material	9.815	9.985	10.010		11.445	11.250	11.385	
Volumen del Molde	0.006974	0.006974	0.006974		0.006974	0.006974	0.006974	
Peso Unitario (Kg/m3)	1,407.37	1,431.75	1,435.33		1,641.10	1,613.13	1,632.49	
Peso Unitario prom. (Kg/m3)	1,424.82				1,628.91			
Peso Unitario Suelto (Kg/m3) = <b>1,424</b>				Peso Unitario Compacto (Kg/m3) = <b>1,628</b>				
 <b>COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU</b> Consejo Departamental Ancash - Huaraz  <b>Ing. Renzo Saúl Huincho Suárez</b> INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 78048								
Revisado por:	_____							

	FORMATO		CO.FO.13																																																														
	REGISTRO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO (NORMA NTP 400.037 Y ASTM C33)																																																																
	GERENCIA : OPERACIONES		ÁREA : LABORATORIO																																																														
	APROBADO : ETR		VERSIÓN : 01																																																														
GESTIÓN DE CALIDAD: HRT		FECHA: 17.01.2018																																																															
<p>PROYECTO : TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN , FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"</p> <p>SOLICITADO : BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO</p> <p>FECHA : 5 de Julio de 2018</p> <p>(NTP 400.021/ ASTM C128)</p>																																																																	
<p>AGREGADO : FINO CANTERA : MITAPAMPA - CUTATAMBO</p>																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA N°</th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso agregado saturado superficie seca (g) A</td> <td>A</td> <td>500.00</td> <td>500.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del picnómetro lleno de agua B</td> <td>B</td> <td>689.50</td> <td>693.90</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+muestra SSS +agua hasta el enrase (g) C</td> <td>C</td> <td>998.70</td> <td>1002.90</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra desecada al ambiente (g) D</td> <td>D</td> <td>488.90</td> <td>488.80</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica Bulk seco o de masa (PEM) (g/cm3)</td> <td>D / (A+B-C)</td> <td>2.562</td> <td>2.559</td> <td></td> <td><b>2.56</b></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica Bulk (SSS) (g/cm3)</td> <td>A / (A+B-C)</td> <td>2.621</td> <td>2.618</td> <td></td> <td><b>2.62</b></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica aparente (PEA) (g/cm3)</td> <td>D / (B+D-C)</td> <td>2.721</td> <td>2.719</td> <td></td> <td><b>2.72</b></td> </tr> <tr> <td>Absorción (%)</td> <td>(A-D) / D x 100</td> <td>2.270</td> <td>2.291</td> <td></td> <td><b>2.28</b></td> </tr> <tr> <td>Temperatura del agua (°C)</td> <td></td> <td>20</td> <td>20</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						MUESTRA N°		1	2	3	Promedio	Peso agregado saturado superficie seca (g) A	A	500.00	500.00			Peso del picnómetro lleno de agua B	B	689.50	693.90			Peso picnómetro+muestra SSS +agua hasta el enrase (g) C	C	998.70	1002.90			Peso de la muestra desecada al ambiente (g) D	D	488.90	488.80			Gravedad específica Bulk seco o de masa (PEM) (g/cm3)	D / (A+B-C)	2.562	2.559		<b>2.56</b>	Gravedad específica Bulk (SSS) (g/cm3)	A / (A+B-C)	2.621	2.618		<b>2.62</b>	Gravedad específica aparente (PEA) (g/cm3)	D / (B+D-C)	2.721	2.719		<b>2.72</b>	Absorción (%)	(A-D) / D x 100	2.270	2.291		<b>2.28</b>	Temperatura del agua (°C)		20	20		
MUESTRA N°		1	2	3	Promedio																																																												
Peso agregado saturado superficie seca (g) A	A	500.00	500.00																																																														
Peso del picnómetro lleno de agua B	B	689.50	693.90																																																														
Peso picnómetro+muestra SSS +agua hasta el enrase (g) C	C	998.70	1002.90																																																														
Peso de la muestra desecada al ambiente (g) D	D	488.90	488.80																																																														
Gravedad específica Bulk seco o de masa (PEM) (g/cm3)	D / (A+B-C)	2.562	2.559		<b>2.56</b>																																																												
Gravedad específica Bulk (SSS) (g/cm3)	A / (A+B-C)	2.621	2.618		<b>2.62</b>																																																												
Gravedad específica aparente (PEA) (g/cm3)	D / (B+D-C)	2.721	2.719		<b>2.72</b>																																																												
Absorción (%)	(A-D) / D x 100	2.270	2.291		<b>2.28</b>																																																												
Temperatura del agua (°C)		20	20																																																														
<p>(NTP 400.021/ ASTM C127)</p>																																																																	
<p>AGREGADO : GRUESO CANTERA : MITAPAMPA - CUTATAMBO</p>																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MUESTRA N°</th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Agregado Seco (g)</td> <td>A</td> <td>422.30</td> <td>650.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agregado Húmedo 24 hrs. y Superficie Seca (g)</td> <td>B</td> <td>425.90</td> <td>654.10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Agregado Sumergido + Canastilla (g)</td> <td>C</td> <td>923.00</td> <td>1066.50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Canastilla Sumergida (g)</td> <td>D</td> <td>656.40</td> <td>656.40</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravedad Específica Bulk (PEM)</td> <td>A / (B+D-C)</td> <td>2.651</td> <td>2.664</td> <td></td> <td><b>2.66</b></td> </tr> <tr> <td>Gravedad Específica Bulk Sat. Sup. Seca (SSS)</td> <td>B / (B+D-C)</td> <td>2.674</td> <td>2.681</td> <td></td> <td><b>2.68</b></td> </tr> <tr> <td>Gravedad Específica Aparente (PEA)</td> <td>A / (A+D-C)</td> <td>0.852</td> <td>0.631</td> <td></td> <td><b>0.74</b></td> </tr> <tr> <td>Absorción (%) (B-A) / A x 100</td> <td>(B-A) / A x 100</td> <td>0.85</td> <td>0.63</td> <td></td> <td><b>0.74</b></td> </tr> <tr> <td>Temperatura del agua (°C)</td> <td></td> <td>21</td> <td>21</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						MUESTRA N°		1	2	3	Promedio	Peso Agregado Seco (g)	A	422.30	650.00			Peso Agregado Húmedo 24 hrs. y Superficie Seca (g)	B	425.90	654.10			Peso Agregado Sumergido + Canastilla (g)	C	923.00	1066.50			Peso de Canastilla Sumergida (g)	D	656.40	656.40			Gravedad Específica Bulk (PEM)	A / (B+D-C)	2.651	2.664		<b>2.66</b>	Gravedad Específica Bulk Sat. Sup. Seca (SSS)	B / (B+D-C)	2.674	2.681		<b>2.68</b>	Gravedad Específica Aparente (PEA)	A / (A+D-C)	0.852	0.631		<b>0.74</b>	Absorción (%) (B-A) / A x 100	(B-A) / A x 100	0.85	0.63		<b>0.74</b>	Temperatura del agua (°C)		21	21		
MUESTRA N°		1	2	3	Promedio																																																												
Peso Agregado Seco (g)	A	422.30	650.00																																																														
Peso Agregado Húmedo 24 hrs. y Superficie Seca (g)	B	425.90	654.10																																																														
Peso Agregado Sumergido + Canastilla (g)	C	923.00	1066.50																																																														
Peso de Canastilla Sumergida (g)	D	656.40	656.40																																																														
Gravedad Específica Bulk (PEM)	A / (B+D-C)	2.651	2.664		<b>2.66</b>																																																												
Gravedad Específica Bulk Sat. Sup. Seca (SSS)	B / (B+D-C)	2.674	2.681		<b>2.68</b>																																																												
Gravedad Específica Aparente (PEA)	A / (A+D-C)	0.852	0.631		<b>0.74</b>																																																												
Absorción (%) (B-A) / A x 100	(B-A) / A x 100	0.85	0.63		<b>0.74</b>																																																												
Temperatura del agua (°C)		21	21																																																														
<p>Revisado por: _____</p>																																																																	


**COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU**  
 Consejo Departamental Ancash - Huaraz  
  
 Ing. Renzo Saúl Huincho Suárez  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 78048

**CALIDAD DEL CONCRETO NORMA E060**  
**DISEÑO DE MEZCLAS**

**SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA**

**1 CALCULO DE LA DESVIACION ESTÁNDAR ( DS)**

**1.1 METODO 1**

- a Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra que se va a iniciar.
- b Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño  $f'c$  que este dentro del rango +/- 70 k/cm<sup>2</sup> de la especificada para el trabajo a iniciar
- c Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos, o dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos. Los ensayos se efecturan según lo indicado en la seccion correspondiente a ENSAYOS DE LOS MATERIALES:  
Se considera como un ensayo de resistencia el promedio de los resultados de dos probetas cilindricas preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 dias o a la edad elegida para la determinacion de la resistencia del concreto
- d Representar un registro de ensayos consecutivos del conjunto que comprenda un periodo no menos de 45 dias calendarios.

**SI** Cuando se posee un registro de 30 ensayos consecutivos la desviacion estandar se calcula con la siguiente formula

$$DS = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{(n - 1)}}$$

Donde:

- DS = Desviacion Estandar en K/cm<sup>2</sup>
- X<sub>i</sub> = Resistencia de la probeta de concreto
- X = Resistencia promedio de n probetas
- n = Numero de ensayos consecutivos

**SI** Cuando se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos, la desviacion estandar a ser usada se calcula con la siguiente formula

$$DS = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)(S_1)^2 + (n_2 - 1)(S_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

donde :

- DS = Desviacion Estandar promedio en K/cm<sup>2</sup>
- DS<sub>1</sub>, DS<sub>2</sub> = Desviacion Estandar calculada para los grupos A y B respectivamente
- n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub> = Numero de ensayos de cada grupo

**1.2 METODO 2**

Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, la desviacion estandar calculada es amplificada por los factores de correccion dados por la tabla 01 obteniendose un valor equivalente a aquel de registro de 30 ensayos

**TABLA 01**

MUESTRAS	FACTOR DE CORRECCION
menos de 15	usar tabla 02
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

En ambos metodos la desviacion estandar usada en el calculo de la resistencia promedio requerida debe ser obtenida bajo condiciones similares a las consideradas, es importante para asegurar la aceptabilidad del concreto, lo que significa que deberan utilizarse materiales y metodos de produccion similares y que la resistencia empleada en el calculo se la desviacion estandar estara dentro de un rango de 70 k/cm<sup>2</sup> de la resistencia especificado. Cuando existan dudas el valor de la desviacion estandar usado para calcular el valor de la resistencia promedio requerida debe estar siempre en el lado conservador.

**2 RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA**  
**2.1 METODO 1**

La resistencia Promedio requerida sera el mayor de los valores obtenidos de la formulas siguientes :

**ECUACION 1**

$$f'c_r = f'c + 1.34 DS$$

$$f'c_r = f'c + 2.33 DS - 35$$

**TABLA No 2**

f'c (K/CM2)	DS (K/CM2)								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
140	155	160	170	175	180	185	200	210	220
175	190	195	205	210	215	220	235	245	255
210	225	230	240	245	250	255	270	280	290
245	260	265	275	280	285	290	305	315	325
280	295	300	310	315	320	325	340	350	360
350	365	370	380	385	390	395	410	420	430

**2.2 METODO 2** Cuando se desconoce el valor de la desviacion estandar, se utiliza la siguiente tabla

**tabla No 3**

f'c (k/cm2)	f'c_r (k/cm2)
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
sobre 350	f'c + 98

**2.3 METODO 3** Para darle la garantia segura de los valores obtenidos de la desviacion estandar se propone al calculo propuesto por el:

(COMITÉ EUROPEO DEL CONCRETO)

considerando la variacion promedio de la resistencia calculada por la ecuacion:

$$V = \sqrt{\frac{(n1 - 1)(V1)^2 + (n2 - 1)(V2)^2}{n1 + n2 - 2}}$$

V = Variacion promedio de la resistencia en %

V1, V2 = Variacion calculada para los grupos A y B respectivamente

n1, n2 = Numero de ensayos de cada grupo

y la siguiente ecuacion:

$$f'c_r = \frac{f'c}{1 - t * V}$$

donde:

f'cr = Resistencia requerida

f'c = Resistencia especificado o de diseño

t = Valores tabulados en la tabla 3 donde especificado: Ensayos que pueden caer por debajo de la resistencia especificada en grupos de 1a5, de 1a10 y de 1a20

**CONCLUSION : A fin de obtener un valor de La resistencia requerida aceptable y segura se tomara el mayor de los resultados.**

### 3- PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 3.1 INGRESO DE DATOS

fecha	09/07/18	<b>CALIDAD DE CONCRETO</b>
SITUACION DE DATOS DE REGISTRO		EXPOSICION NORMAL
con REGISTRO de datos de RESISTENCIA f'(x)		f'c = 280 kg/cm2

INGRESE DATOS

2

INGRESE DATOS

FECHA ROTURA O DS

Tabla de datos obra A				
Muestra	+35< f'c <-35	f'c (X)	X - $\bar{X}$	(Xn - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
1	20	300.067	2.12	4.48
2	15	295.245	-2.71	7.32
3	3	282.918	-15.03	225.95
4	0	280.399	-17.55	308.04
5	13	292.942	-5.01	25.08
6	7	286.745	-11.20	125.55
7	12	292.399	-5.55	30.82
8	6	285.695	-12.26	150.19
9	28	308.180	10.23	104.65
10	4	283.880	-14.07	197.96
11	27	307.340	9.39	88.17
12	13	293.236	-4.71	22.22
13	23	302.892	4.94	24.43
14	27	307.418	9.47	89.64
15	5	284.622	-13.33	177.64
16	24	304.396	6.45	41.55
17	31	311.320	13.37	178.75
18	22	302.431	4.48	20.08
19	23	303.389	5.44	29.58
20	34	314.243	16.29	265.47
21	1	281.144	-16.81	282.46
22	26	306.183	8.23	67.78
23	4	284.208	-13.74	188.83
24	25	304.653	6.70	44.93
25	27	307.245	9.29	86.39
26	25	304.529	6.58	43.28
27	2	281.874	-16.08	258.45
28	10	290.206	-7.74	59.98
29	23	303.239	5.29	27.97
30	5	285.354	-12.60	158.66
31	26	305.597	7.65	58.47
32	34	313.781	15.83	250.63
33	45	324.561	26.61	708.13
		9,832	4,353.52	
# ensayos	n1	<b>33</b>		
Sumatoria ensayos	$\sum X$	9,832		
Promedio resultados	$\bar{X} = \sum X / n$	297.95		
	$\sum (Xn - \bar{X})^2$	4,353.52		
2.1	$\sum (Xn - \bar{X})^2 / (n-1) = S^2$	136.05		
2.2	Raiz $\sum (Xn - \bar{X})^2 / (n-1) = DS$	<b>11.66</b>		
2.3	Variacion Ponderada V1	<b>3.91%</b>		
2.4	Concreto de diseño f'c =	<b>280</b>		
2.5	Muestras por debajo No (-)	<b>0</b>		
2.5	Periodo de ensayo dias calen	<b>44,040</b>		

Tabla de datos obra B				
Muestra	+35< f'c <-35	f'c (X)	X - $\bar{X}$	(Xn - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
1	34	314	0.86	0.73
2	26	306	-6.86	47.04
3	20	300	-12.55	157.49
4	27	307	-5.82	33.90
5	39	319	6.40	40.92
6	50	330	16.96	287.63
7	31	311	-2.43	5.90
8	27	307	-5.92	35.02
9	25	305	-7.49	56.10
10	34	314	1.53	2.34
11	31	311	-1.60	2.57
12	37	317	3.98	15.88
13	32	312	-0.71	0.50
14	34	314	0.77	0.59
15	33	313	-0.39	0.15
16	54	334	21.06	443.43
17	35	315	1.68	2.83
18	36	316	2.86	8.19
19	13	293	-19.72	388.71
20	30	310	-2.87	8.25
21	15	295	-17.70	313.13
22	27	307	-6.10	37.27
23	37	317	3.57	12.74
24	58	338	24.92	620.98
25	35	315	2.42	5.87
26	37	317	3.81	14.55
27	38	318	5.24	27.45
28	37	317	4.40	19.36
29	48	328	14.93	222.93
30	27	307	-5.52	30.49
31	24	304	-8.54	73.00
32	21	301	-11.62	135.03
33	33	313	0.45	0.20
		10,327	3,051.17	
# ensayos	n2	<b>33</b>		
Sumatoria ensayos	$\sum X$	10,327		
Promedio resultados	$\bar{X} = \sum X / n$	312.94		
	$\sum (Xn - \bar{X})^2$	3,051.17		
	$S^2$	95.35		
	DS	<b>9.76</b>		
	V2	<b>3.12%</b>		
	f'c =	<b>280</b>		
	No (-)	<b>0</b>		
	Dias calen	<b>44,040</b>		

PROMEDIO

**10.76**

**3.54%**



3.2 DESVIACION ESTANDAR PROMEDIO

DS =>  k/cm2

3.3 CORRECCION DE LA DESVIACION ESTANDAR

NORMA (E.060) CONCRETO ARMADO

TABLA 01

MUESTRAS	FACTOR CORRECCION
- de 15	usar tabla 03
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Total de Muestras Pecesadas	DESVIACION ESTANDAR CORREGIDO (DS)
No	11
66	11
POR DEBAJO	0%

k/cm2

## 4 - RESISTENCIA REQUERIDA

4.1 RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA según

4.1.1 CALCULO DE RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA

tabla No 3

f'c (k/cm2)	f'cr (k/cm2)
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
sobre 350	f'c + 98

SEGÚN TABLA 3  
f'cr =>  k/cm2

4.1.2 ECUACIONES

- 1-  $f'cr = f'c + 1.34x DS$   
2-  $f'cr = f'c + 2.33x DS - 35$

SEGÚN ECUACIONES  
f'cr =>  k/cm2

4.1.3 TABLA No 2

f'c (K/CM2)	DS (K/cm2)									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
	f'cr (K/cm2)									
140	155	160	170	175	180	185	200	210	220	220
175	190	195	205	210	215	220	235	245	255	255
210	225	230	240	245	250	255	270	280	290	290
245	260	265	275	280	285	290	305	315	325	325
280	295	300	310	315	320	325	340	350	360	360
350	365	370	380	385	390	395	410	420	430	430

f'c	DS	f'cr
280	11	296

SEGÚN TABLA 2 k/cm2



4.2 RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA según

(COMITÉ EUROPEO DEL CONCRETO)

Coefficiente de Variacion

$\bar{v} \Rightarrow$  3.54%

TABLA 3

VALORES DE "t"

# DE MUESTRAS	POSIBILIDAD DE CAER DEBAJO DEL LIMITE INFERIOR		
	1 en 5	1 en 10	1 en 20
1	1.376	3.078	6.14
2	1.061	1.886	2.92
3	0.978	1.638	2.353
4	0.941	1.533	2.132
5	0.92	1.476	2.015
6	0.906	1.44	1.943
7	0.896	1.415	1.895
8	0.889	1.397	1.86
9	0.883	1.383	1.838
10	0.879	1.372	1.812
15	0.866	1.341	1.753
20	0.86	1.325	1.725
25	0.856	1.316	1.708
30	0.854	1.31	1.697
+30	0.842	1.282	1.645

$$f'c_r = \frac{f'c}{1 - t \cdot V}$$

Posibilidad de caer t

debajo de 1 en 20 1.697

f'c rp => 298 k/cm2

4.3 RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA COMPARADA FINAL

RESULTADOS FINALES		
RESISTENCIA DEL CONCRETO	f'c = 280	k/cm2
RESISTENCIA DEL CONCRETO REQUERIDA	f'c r = 298	k/cm2

## DOSIFICACION DEL CONCRETO NORMA E060

### DISEÑO DE MEZCLA

**TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN , FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"**

#### DOSIFICACION DE LOS MATERIALES DE MEZCLAS

##### 1 PARAMETROS DE DISEÑO DEL CONCRETO

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  9.10 Bls. Cemeto AUTOMATICO

RESISTENCIA DE DISEÑO (K/cm2)	RESISTENCIA REQUERIDO (K/cm2)
$f'c = 280$	$f'c r = 298$
RESISTENCIA DE DISEÑO (MPa)	RESISTENCIA REQUERIDO (MPa)
$f'c r = 27.458$	$f'c r = 29$

##### 2 MATERIALES

###### 2.1 CEMENTOS

CEMENTO	TIPO	PESO ESPECIFICO	SUPERFICIE ESPECIFICA
PORTLAND SOL	I	3.11	3,500

###### 2.2 AGREGADOS

AGREGADO	FORMA	TAMAÑO MAX. NOM	CANTERA	PROVINCIA
FINO	REDONDEADO	3/8"	MITAPAMPA - DISTRITO:MANCOS - CUTATAMBO	YUNGAY
GRUESO	ANGULAR	1/2"	MITAPAMPA - DISTRITO:MANCOS - CUTATAMBO	YUNGAY

No	DESCRIPCION	UNIDAD	Agregado Fino	Agregado Grueso
1	PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	Kg/m3	.....	1,628
2	PESO UNITARIO SUELTO SECO	Kg/m3	1,623	1,424
3	PESO ESPECIFICO DE MASA	gr/cm3	2.56	2.66
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.41	0.68
5	ABSORCION	%	2.28	0.7
6	MODULO DE FINEZA	mf	2.6	6.7

##### 3 ASENTAMIENTO O SLUMP

TRABAJABILIDAD	COMPACTACION	CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO SLUMP
TRABAJABLE	VIBRACION LIGERA	PLASTICA	3" a 4"

##### 4 CONDICIONES DE OBRA

TAMAÑO AGREGADO	EXPOSICION DE OBRA	AIRE TOTAL ATRAPADO
CONTRA PISOS, VIGAS, LOSAS	NORMAL	2.5%

Efectos de exposición	Condiciones especiales de Exposición
Mejorar trabajabilidad y cohesividad	Concreto a condiciones normales

##### 5 ADITIVOS

REQUERIMIENTO ADITIVOS	TIPOS DE ADITIVOS	(%) DOSIFICACION	TOTAL LT/M3
MEJORAR PLASTICIDAD	SUPERPLASTIFICANTE	0.00	0.00

##### 6 SELECCIÓN DE AGUA DE MEZCLADO

AGUA DE MEZCLA l / m3	RELACION (A/C) AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA	RELACION (A/C) AGUA CEMENTO POR DURABILIDAD	MAXIMA RELACION AGUA CEMENTO A/C
215	0.55	solo casos severos	0.55

7 CALCULO DE FACTOR CEMENTO

FACTOR CEMENTO		FACTOR CEMENTO
K/m <sup>3</sup>	=	BOLSAS / m <sup>3</sup>
388.80		9.10

8.1 DOSIFICACION DE MATERIALES, EN PESOS SECOS COMPACTO

ESPECIFICACIONES	Unidad	CEMENTO	AGREGADOS		Aditivo SIKAMENT TM120	AGUA l/m <sup>3</sup>	AIRE ATRAPADO	TOTAL ABSOLUTO
			GRUESO	FINO				
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	m <sup>3</sup>		0.57					
PESO SECO COMPACTO	Kg/m <sup>3</sup>	388.80	927.96	731.85	0.00	215.00	0	2,262.61
VOLUMEN ABSOLUTO	m <sup>3</sup>	0.125	0.349	0.286	0.000	0.215	0.025	1.00
PROPORCION EN PESO SECO	EN PESO	1	2.4	1.9	0.0	23.6		

8.2 PROPORCIÓN ACTUAL DE AGREGADOS

Volumen de agregados :	0.635
Volumen de Piedra :	54.99
Volumen de Arena :	45.01

CORRECCIÓN DE PROPORCIÓN DE AGREGADOS POR EL METODO DE BOLOMEY

Volumen de agregados :	0.6350	Dosificación de aditivos	Aditivo	0.00	%	=	0.00	cc/ kg Cem
Volumen de Piedra :	53.07		PE Aditivo	1190.00				
Volumen de Arena :	46.93							

8.3 DOSIFICACION DE MATERIALES, EN PESOS SECOS CORREGIDO POR PROPORCIÓN DE AGREGADOS

ESPECIFICACIONES	Unidad	CEMENTO	AGREGADOS		Aditivo SIKAMENT TM120	AGUA l/m <sup>3</sup>	AIRE ATRAPADO	TOTAL ABSOLUTO
			GRUESO	FINO				
PESO SECO COMPACTO	Kg/m <sup>3</sup>	388.80	895.58	763.04	0.00	215.00	0.00	2,262.43
VOLUMEN ABSOLUTO	m <sup>3</sup>	0.125	0.337	0.298	0.0000	0.215	0.025	1.00
PROPORCION EN PESO SECO	EN PESO	1	2.3	2.0	0.00	23.6		
					R a/c =	0.55		

9 DOSIFICACION EN PESO HUMEDO

ESPECIFICACIONES	Unidad	CEMENTO	AGREGADOS		Aditivo SIKAMENT TM120	AGUA l/m <sup>3</sup>	AIRE ATRAPADO	TOTAL ABSOLUTO
			GRUESO	FINO				
PESO HUMEDO COMPACTO	Kg/m <sup>3</sup>	388.80	901.67	804.33	0.00	190	0.00	2,285.17
PROPORCION EN PESO HUMEDO	EN PESO	1	2.3	2.1	0.00	21		

10 DOSIFICACION PARA TANDA DE 1.000 m<sup>3</sup>

ESPECIFICACIONES	CEMENTO	AGREGADOS		Aditivo SIKAMENT TM120	AGUA l/m <sup>3</sup>
		GRUESO	FINO		
PESO HUMEDO COMPACTO	388.80	901.67	804.33	0.000	190.37
UNIDAD	Kg	Kg	Kg	gr	Lt

11 DOSIFICACION PARA UNA TANDA DE SACO DE CEMENTO EN PESO


ESPECIFICACIONES	Unidad	CEMENTO	AGREGADOS		Aditivo SIKAMENT TM120	AGUA l/m <sup>3</sup>	AIRE ATRAPADO	TOTAL ABSOLUTO
			GRUESO	FINO				
PROPORCION EN PESO HUMEDO	Kg	42.50	98.56	87.92	0.00	21	0.00	249.90


12 DOSIFICACION EN VOLUMEN SUELTO SECO

ESPECIFICACIONES	Unidad	CEMENTO	AGREGADOS		Aditivo SIKAMENT TM120	AGUA l/m <sup>3</sup>	AIRE ATRAPADO	TOTAL ABSOLUTO
			GRUESO	FINO				
PESO UNITARIO SECO SUELTO	Kg/m <sup>3</sup>	388.80	895.58	763.04	0.00	215	0.00	2,262.43
DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO	SACO	1	2.44	1.82	0.00	24	0.03	


13 DOSIFICACION EN VOLUMEN SUELTO HUMEDO

ESPECIFICACIONES	Unidad	CEMENTO	AGREGADOS		REFUERZO SIKAMENT TM120	AGUA l/m <sup>3</sup>	AIRE ATRAPADO	TOTAL ABSOLUTO
			GRUESO	FINO				
PESO UNITARIO HUJEMEDO SUELTO	Kg/m <sup>3</sup>	388.80	901.67	804.33	0.00	190	0.00	2,285.17
DOSIFICACION EN VOLUMEN HUMEDO	SACO	1	2.46	1.92	0.00	21	0.03	


	FORMATO	QC.FO.08	
	<b>DISEÑO DE MEZCLA, DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO NORMA E060</b>		
	GERENCIA: OPERACIONES	ÁREA: LABORATORIO	
	APROBADO: ETR	VERSIÓN: 01	
	GESTIÓN CALIDAD: HRT	FECHA: 17.01.2018	
PROYECTO :	<i>TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, FLEXIÓN Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"</i>		
SOLICITADO :	<i>BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO</i>		
UBICACIÓN :	PROVINCIA: HUARAZ DISTRITO: INDEPENDENCIA MONTERREY - MONTERREY		
CANTERAS :	Agregado Fino :	<i>CANTERA MITAPAMPA</i>	
	Agregado Grueso:	<i>CANTERA MITAPAMPA</i>	
FECHA :	9 de Julio de 2018		
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>			
	Resistencia de Diseño $f_c =$	27.46 MPa.	
	Resistencia de Diseño $f_c =$	280 Kg/ cm <sup>2</sup>	
<b>DATOS TECNICOS</b>			
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Modulo de Fineza = 2.55		Contenido de Humedad (%) = 0.68	
Contenido de Humedad (%) = 5.41		Absorción (%) = 0.74	
Absorción (%) = 2.28		Peso Especifico (Tn/m <sup>3</sup> ) = 2.66	
Peso Especifico (Tn/m <sup>3</sup> ) = 2.56		Peso Seco Suelto (Kg/m <sup>3</sup> ) = 1424	
Peso Seco Suelto (Kg/m <sup>3</sup> ) = 1623		Peso Seco Compactado (Kg/m <sup>3</sup> ) = 1628	
Peso Seco Compactado (Kg/m <sup>3</sup> ) = 1838			
<b>VALORES DE DISEÑO</b>			
Resistencia a la Compresion MPa = 27.46		Peso Especifico del Cemento = 3.11	
Resistencia a la Compresion Kg/Cm <sup>2</sup> = 280		Revenimiento (Pulg) = 3" a 4"	
Tamaño Maximo Nom.(Pulg) = 1/2"		Aire Incluido (%) = 2.5%	
Relacion a/c = 0.55		Volumen de Agregado = 0.63	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS</b>			
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>	
	Cemento Tipo I	388.80	
	Piedra	901.67	
	Arena	804.33	
	Agua	190.37	
	<b>REFUERZO</b>		
	Fibra de acero	0.00	
	Fibra de hojalata	0.00	
	<b>Peso específico del concreto (kg/m<sup>3</sup>) =</b>	<b>2285.17</b>	
		9.15 Bolsas/m <sup>3</sup>	
<b>CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HUMEDO - PROPORCIONES</b>			
	<b>Material</b>	<b>Proporción Peso</b>	<b>Proporción Volumen</b>
	Cemento Tipo I	1.00	1
	Piedra	2.32	2.44
	Arena	2.07	1.91
	Agua	0.49	20.81 Litros/bolsa
	<b>REFUERZO</b>		
	Fibra de acero	0.00%	0.000 Kgs/m <sup>3</sup>
	Fibra de hojalata	0.00%	0.000 %/m <sup>3</sup>


		FORMATO	QC.FO.08		
		DISEÑO DE MEZCLA, DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO NORMA E.060 CON REFUERZO DE FIBRA DE ACERO EN 20 KG/M3			
GERENCIA: OPERACIONES		ÁREA: LABORATORIO			
APROBADO: ETR		VERSIÓN: 01			
GESTIÓN CALIDAD: HRT		FECHA: 17.01.2018			
PROYECTO	<b>TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN, FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"</b>				
SOLICITADO	BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO				
UBICACIÓN	PROVINCIA:HUARAZ DISTRITO:INDEPENDENCIA MONTERREY - MONTERREY				
CANTERAS	Agregado Fino :		CANTERA MITAPAMPA		
	Agregado Grueso:		CANTERA MITAPAMPA		
FECHA	9 de Julio de 2018				
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>					
Resistencia de Diseño f'c =		27.46	MPa.		
Resistencia de Diseño f'c =		280	Kg/ cm2		
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>					
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66			
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424			
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>					
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DE HOJALATA</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISENO SIN REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	0.00			
	Fibra de hojalata	0.00			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISEÑO CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	20.00			
	Fibra de hojalata	0.00			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2305.17</b>			
<b>PROCEDIMIENTO PARA CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
<b>NOTA:</b>	SE HACE CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA PARTIENDO DE SU PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO DONDE SE DEBE MANTENER CONSTANTE PARA NO ALTERAR EL VOLUMEN DE 1 M3.				
Formulas a usar:	$\gamma = \text{Peso específico}$ $\text{Diseño con peso alterado} = \frac{(\text{Peso de material}) \times (\gamma_{\text{diseño con fibra}})}{\gamma_{\text{diseño sin fibra}}}$				
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
	Diseño sin refuerzo de fibras	Diseño con refuerzo de fibras	Diseño con peso alterado	Peso de corrección (C - A)	Diseño de Mezcla corregido (B - D)
<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>
Cemento Tipo I	388.80	388.80	392.20	3.40	385.40
Piedra	901.67	901.67	909.57	7.89	893.78
Arena	804.33	804.33	811.37	7.04	797.29
Agua	190.37	190.37	192.04	1.67	188.71
Fibra de acero	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00
Fibra de hojalata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso específico del concreto (kg/m3) =	2285.17	2305.17	2305.17	20.00	2285.17

Se aprecia que el valor de peso específico varia cuando es adicionado la fibra de acero, lo cual hace que el volumen del concreto ya no es 1 m3, por lo cual se modifica diseño de mezcla


		FORMATO	QC.FO.08		
	DISEÑO DE MEZCLA, DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO NORMA E.060 CON REFUERZO DE FIBRA DE ACERO EN 25 KG/M3				
	GERENCIA: OPERACIONES	ÁREA: LABORATORIO			
	APROBADO: ETR	VERSIÓN: 01			
	GESTIÓN CALIDAD: HRT	FECHA: 17.01.2018			
PROYECTO :	<b>TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN, FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"</b>				
SOLICITADO :	BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO				
UBICACIÓN :	PROVINCIA:HUARAZ DISTRITO:INDEPENDENCIA MONTERREY - MONTERREY				
CANTERAS :	Agregado Fino : CANTERA MITAPAMPA Agregado Grueso: CANTERA MITAPAMPA				
FECHA :	9 de Julio de 2018				
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>					
		Resistencia de Diseño f'c =	27.46 MPa.		
		Resistencia de Diseño f'c =	280 Kg/ cm2		
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>					
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66			
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424			
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>					
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DE HOJALATA</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISENO SIN REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	0.00			
	Fibra de hojalata	0.00			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISEÑO CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	25.00			
	Fibra de hojalata	0.00			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2310.17</b>			
<b>PROCEDIMIENTO PARA CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
<b>NOTA:</b>	<b>SE HACE CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA PARTIENDO DE SU PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO DONDE SE DEBE MANTENER CONSTANTE PARA NO ALTERAR EL VOLUMEN DE 1 M3.</b>				
Formulas a usar:	$\gamma = \text{Peso específico}$ $\text{Diseño con peso alterado} = \frac{(\text{Peso de material}) \times (\gamma_{\text{diseño con fibra}})}{\gamma_{\text{diseño sin fibra}}}$				
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
	Diseño sin refuerzo de fibras	Diseño con refuerzo de fibras	Diseño con peso alterado	Peso de corrección (C - A)	<b>Diseño de Mezcla corregido (B - D)</b>
<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>
Cemento Tipo I	388.80	388.80	393.05	4.25	<b>384.55</b>
Piedra	901.67	901.67	911.54	9.86	<b>891.81</b>
Arena	804.33	804.33	813.12	8.80	<b>795.53</b>
Agua	190.37	190.37	192.46	2.08	<b>188.29</b>
Fibra de acero	0.00	25.00	0.00	0.00	<b>25.00</b>
Fibra de hojalata	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
Peso específico del concreto (kg/m3) =	2285.17	2310.17	2310.17	25.00	<b>2285.17</b>

Se aprecia que el valor de peso específico varia cuando es adicionado la fibra de acero, lo cual hace que el volumen del concreto ya no es 1 m3, por lo cual se modifica diseño de mezcla

		FORMATO	QC.FO.08		
	DISEÑO DE MEZCLA, DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO NORMA E.060 CON REFUERZO DE FIBRA DE HOJALATA EN 0.50%				
	GERENCIA: OPERACIONES	ÁREA: LABORATORIO			
	APROBADO: ETR	VERSIÓN: 01			
	GESTIÓN CALIDAD: HRT	FECHA: 17.01.2018			
PROYECTO :	TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN, FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"				
SOLICITADO :	BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO				
UBICACIÓN :	PROVINCIA:HUARAZ DISTRITO:INDEPENDENCIA MONTERREY - MONTERREY				
CANTERAS :	Agregado Fino : CANTERA MITAPAMPA Agregado Grueso: CANTERA MITAPAMPA				
FECHA :	9 de Julio de 2018				
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>					
		Resistencia de Diseño f'c =	27.46 MPa.		
		Resistencia de Diseño f'c =	280 Kg/ cm2		
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>					
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66			
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424			
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>					
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DE HOJALATA</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISENO SIN REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	0.00			
	Fibra de hojalata	0.00			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISEÑO CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	0.00			
	Fibra de hojalata	11.43			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2296.60</b>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>0.50% Del peso total de 1 m3 de diseño sin refuerzo</b> </div> <p>Se aprecia que el valor de peso específico varia cuando es adicionado la fibra de acero, lo cual hace que el volumen del concreto ya no es 1 m3, por lo cual se modifica diseño de mezcla</p>					
<b>PROCEDIMIENTO PARA CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
<b>NOTA:</b>	<b>SE HACE CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA PARTIENDO DE SU PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO DONDE SE DEBE MANTENER CONSTANTE PARA NO ALTERAR EL VOLUMEN DE 1 M3.</b>				
Formulas a usar:	$\gamma = \text{Peso específico}$ $\text{Diseño con peso alterado} = \frac{(\text{Peso de material}) \times (\gamma_{\text{diseño con fibra}})}{\gamma_{\text{diseño sin fibra}}}$				
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
	Diseño sin refuerzo de fibras	Diseño con refuerzo de fibras	Diseño con peso alterado	Peso de corrección (C - A)	Diseño de Mezcla corregido (B - D)
<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>
Cemento Tipo I	388.80	388.80	390.74	1.94	<b>386.86</b>
Piedra	901.67	901.67	906.18	4.51	<b>897.17</b>
Arena	804.33	804.33	808.35	4.02	<b>800.30</b>
Agua	190.37	190.37	191.32	0.95	<b>189.42</b>
Fibra de acero	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
Fibra de hojalata	0.00	11.43	0.00	0.00	<b>11.43</b>
Peso específico del concreto (kg/m3) =	2285.17	2296.60	2296.60	11.43	<b>2285.17</b>

		FORMATO	QC.FO.08		
		DISEÑO DE MEZCLA, DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO NORMA E.060 CON REFUERZO DE FIBRA DE HOJALATA EN 0.75%			
		GERENCIA: OPERACIONES	ÁREA: LABORATORIO		
		APROBADO: ETR	VERSIÓN: 01		
		GESTIÓN CALIDAD: HRT	FECHA: 17.01.2018		
PROYECTO :	<b>TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN, FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"</b>				
SOLICITADO :	BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO				
UBICACIÓN :	PROVINCIA:HUARAZ DISTRITO:INDEPENDENCIA MONTERREY - MONTERREY				
CANTERAS :	Agregado Fino : CANTERA MITAPAMPA Agregado Grueso: CANTERA MITAPAMPA				
FECHA :	9 de Julio de 2018				
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>					
		Resistencia de Diseño f'c =	27.46 MPa.		
		Resistencia de Diseño f'c =	280 Kg/ cm2		
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>					
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66			
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424			
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>					
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DE HOJALATA</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISENO SIN REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	0.00			
	Fibra de hojalata	0.00			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISEÑO CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	0.00			
	Fibra de hojalata	17.14			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2302.31</b>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>0.75% Del peso total de 1 m3 de diseño sin refuerzo</b> </div> Se aprecia que el valor de peso específico varia cuando es adicionado la fibra de acero, lo cual hace que el volumen del concreto ya no es 1 m3, por lo cual se modifica diseño de mezcla					
<b>PROCEDIMIENTO PARA CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
<b>NOTA:</b>	<b>SE HACE CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA PARTIENDO DE SU PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO DONDE SE DEBE MANTENER CONSTANTE PARA NO ALTERAR EL VOLUMEN DE 1 M3.</b>				
Formulas a usar:	$\gamma = \text{Peso específico}$ $\text{Diseño con peso alterado} = \frac{(\text{Peso de material}) \times (\gamma_{\text{diseño con fibra}})}{\gamma_{\text{diseño sin fibra}}}$				
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
	Diseño sin refuerzo de fibras	Diseño con refuerzo de fibras	Diseño con peso alterado	Peso de corrección (C - A)	<b>Diseño de Mezcla corregido (B - D)</b>
<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>
Cemento Tipo I	388.80	388.80	391.72	2.92	<b>385.88</b>
Piedra	901.67	901.67	908.44	6.76	<b>894.91</b>
Arena	804.33	804.33	810.36	6.03	<b>798.29</b>
Agua	190.37	190.37	191.80	1.43	<b>188.94</b>
Fibra de acero	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
Fibra de hojalata	0.00	17.14	0.00	0.00	<b>17.14</b>
Peso específico del concreto (kg/m3) =	2285.17	2302.31	2302.31	17.14	<b>2285.17</b>



		FORMATO	QC.FO.08		
	DISEÑO DE MEZCLA, DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO NORMA E.060 CON REFUERZO DE FIBRA DE HOJALATA EN 1.00%				
	GERENCIA: OPERACIONES	ÁREA: LABORATORIO			
	APROBADO: ETR	VERSIÓN: 01			
	GESTIÓN CALIDAD: HRT	FECHA: 17.01.2018			
PROYECTO :	TESIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA ALA COMPRESIÓN, FLEXION Y LA ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS RECICLABLES DE HOJALATAS DE TARRO DE LECHE"				
SOLICITADO :	BARTOLO CANCHA OSCAR FELICIANO				
UBICACIÓN :	PROVINCIA:HUARAZ DISTRITO:INDEPENDENCIA MONTERREY - MONTERREY				
CANTERAS :	Agregado Fino : CANTERA MITAPAMPA Agregado Grueso: CANTERA MITAPAMPA				
FECHA :	9 de Julio de 2018				
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>					
		Resistencia de Diseño f'c =	27.46 MPa.		
		Resistencia de Diseño f'c =	280 Kg/ cm2		
<b>DATOS TECNICOS DE LOS AGREGADOS</b>					
<b>AGREGADO FINO</b>		<b>AGREGADO GRUESO</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 2.56		Peso Especifico (Tn/m3) = 2.66			
Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1623		Peso Seco Suelto (Kg/m3) = 1424			
Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1838		Peso Seco Compactado (Kg/m3) = 1628			
<b>DATOS TECNICOS DE LAS FIBRAS</b>					
<b>FIBRA DE ACERO</b>		<b>FIBRA DE HOJALATA</b>			
Peso Especifico (Tn/m3) = 7.84		Peso Especifico (Tn/m3) = 7.80			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISENO SIN REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	0.00			
	Fibra de hojalata	0.00			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2285.17</b>			
<b>CANTIDAD DE MATERIAL POR M3 DE CONCRETO - PESOS HUMEDOS - DISEÑO CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
	<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>			
	Cemento Tipo I	388.80	9.15 Bolsas/m3		
	Piedra	901.67			
	Arena	804.33			
	Agua	190.37			
	<b>REFUERZO</b>				
	Fibra de acero	0.00			
	Fibra de hojalata	22.85			
	<b>Peso específico del concreto (kg/m3) =</b>	<b>2308.02</b>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>1.00% Del peso total de 1 m3 de diseño sin refuerzo</b> </div> <p>Se aprecia que el valor de peso específico varia cuando es adicionado la fibra de acero, lo cual hace que el volumen del concreto ya no es 1 m3, por lo cual se modifica diseño de mezcla</p>					
<b>PROCEDIMIENTO PARA CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA CON REFUERZO DE FIBRAS</b>					
<b>NOTA:</b>	<b>SE HACE CORRECCIÓN DE DISEÑO DE MEZCLA PARTIENDO DE SU PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO DONDE SE DEBE MANTENER CONSTANTE PARA NO ALTERAR EL VOLUMEN DE 1 M3.</b>				
Formulas a usar:	$\gamma = \text{Peso específico}$ $\text{Diseño con peso alterado} = \frac{(\text{Peso de material}) \times (\gamma_{\text{diseño con fibra}})}{\gamma_{\text{diseño sin fibra}}}$				
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
	Diseño sin refuerzo de fibras	Diseño con refuerzo de fibras	Diseño con peso alterado	Peso de corrección (C - A)	Diseño de Mezcla corregido (B - D)
<b>Material</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>Kg/m3</b>
Cemento Tipo I	388.80	388.80	392.69	3.89	<b>384.91</b>
Piedra	901.67	901.67	910.69	9.02	<b>892.66</b>
Arena	804.33	804.33	812.37	8.04	<b>796.28</b>
Agua	190.37	190.37	192.28	1.90	<b>188.47</b>
Fibra de acero	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>
Fibra de hojalata	0.00	22.85	0.00	0.00	<b>22.85</b>
Peso específico del concreto (kg/m3) =	2285.17	2308.02	2308.02	22.85	<b>2285.17</b>

Anexo 10: Valores críticos de la distribución f para un nivel de significancia 0.05.

**Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER**

**1 -  $\alpha$  = 0.95**

$v_1$  = grados de libertad del numerador

**1 -  $\alpha$  = P ( F  $\leq$   $f_{\alpha, v_1, v_2}$  )**

$v_2$  = grados de libertad del denominador

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.446	199.499	215.707	224.583	230.160	233.988	236.767	238.884	240.543	241.882
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.



Anexo 11: Valores críticos para la prueba de Tukey.

### 6. Tablas del rango estudentizado (q) de Tukey

Grados de libertad Término del error		k = número de medias								
↓	p (α)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	.05	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99
	.01	5.70	6.98	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24
6	.05	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49
	.01	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.10
7	.05	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16
	.01	4.95	5.92	6.54	7.01	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37
8	.05	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92
	.01	4.75	5.64	6.20	6.62	6.96	7.24	7.47	7.68	7.86
9	.05	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74
	.01	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.33	7.49
10	.05	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60
	.01	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21
11	.05	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49
	.01	4.39	5.15	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99
12	.05	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39
	.01	4.32	5.05	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67	6.81
13	.05	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32
	.01	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67
14	.05	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25
	.01	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54
15	.05	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20
	.01	4.17	4.84	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31	6.44
16	.05	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15
	.01	4.13	4.79	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35
17	.05	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11
	.01	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27
18	.05	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07
	.01	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08	6.20
19	.05	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04
	.01	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14
20	.05	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01
	.01	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09
24	.05	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92
	.01	3.96	4.55	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92
30	.05	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82
	.01	3.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65	5.76
40	.05	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73
	.01	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.26	5.39	5.50	5.60
60	.05	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65
	.01	3.76	4.28	4.59	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45
120	.05	2.80	3.36	3.68	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56
	.01	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.30
∞	.05	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	2.77
	.01	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16	3.64

## Anexo 12: Calibración del equipo de ensayo de resistencia a la compresión.

# METROTEC

## METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 274 - 2018

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	18847	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	MEGACONCRETO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.	
3. Dirección	Jr. Porvenir N° 170 Barrio Monterrey, Independencia - Huaraz - ANCASH.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.  METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.  El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	
Marca	YU FENG	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	110927	
Procedencia	CHINA	
Identificación	QC.EC.PRE.01      (**)	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	LM-02	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,01 / 0,1 kN (*)	
Ubicación	LABORATORIO DE PLANTA DE CONCRETO PRE MEZCLADO	
5. Fecha de Calibración	2018-10-19	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2018-10-20

IBAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 274 - 2018**

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**7. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE PLANTA DE CONCRETO PRE MEZCLADO  
Jr. Porvenir N° 170 Barric Monterrey, Independencia - Huaraz - ANCASH.

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	19,1 °C	19,1 °C
Humedad Relativa	66 % HR	66 % HR

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-006-18A

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- (\*) La resolución del indicador es 0,01 kN para lecturas menores a 1000 kN y 0,1 kN para lecturas fuera de este rango.
- (\*\*\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido al equipo.



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 274 - 2018

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)				$F_{Promedio}$ (kN)
%	$F_1$ (kN)	Patrón de Referencia				
	$F_1$ (kN)	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)		
10	100	100,6	100,4	100,4	100,5	
20	200	200,4	200,0	200,2	200,2	
30	300	300,5	300,1	300,7	300,5	
40	400	400,7	400,2	401,0	400,7	
50	500	500,8	500,5	501,3	500,9	
60	600	601,0	600,6	601,2	600,9	
70	700	701,3	701,3	701,7	701,5	
80	800	801,4	800,4	801,9	801,2	
90	900	901,7	901,3	902,1	901,7	
100	1000	1001,9	1001,6	1002,6	1002,0	
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0		

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100	-0,49	0,20	---	0,01	0,34
200	-0,08	0,20	---	0,01	0,34
300	-0,16	0,20	---	0,00	0,34
400	-0,17	0,20	---	0,00	0,34
500	-0,17	0,16	---	0,00	0,34
600	-0,15	0,10	---	0,00	0,34
700	-0,21	0,06	---	0,00	0,34
800	-0,15	0,19	---	0,00	0,34
900	-0,19	0,09	---	0,00	0,34
1000	-0,20	0,11	---	0,00	0,34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0,00 %
---	--------

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá ME F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ



Anexo 13: Calibración del equipo de ensayo de resistencia a la flexión.

# AM3

## LABORATORIO DE CALIBRACION

### AM3 Ingeniería & Negocios SAC

RUC: 20513903261  
Dirección: Av. Nicolas Ayllon 2941 - El Agustino - Lima - Peru  
Código Postal: Lima 03  
Teléfono: 511-679 8002  
Email: serviciotecnico@am3.com.pe

N° de certificado:	30102019-1
Fecha de emisión:	30/10/2019
Fecha de vencimiento:	30/10/2020

### DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ  
RUC: 10316017148  
Dirección: AV. MANCO CAPAC N° 537 - HUARAZ - ANCASH

Atencion: ING. FERNANDO MIGUEL ARIAS ENRIQUEZ

EQUIPO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS  
MODELO: FME-2011  
N° DE SERIE: FME-2011/01  
MARCA: UNIVERSAL FME  
CAPACIDAD: 1000 KN  
INDICADOR: Manómetro Digital SCJN-Mini Press  
DIVISION DE ESCALA: 1 PSI  
PATRÓN DE REFERENCIA: Celda Patron de 2000 kN marca ELE International  
Modelo: CCDHA-2000kN-004-000, Serie: 56638  
Trazabilidad UKAS (United Kingdom Accreditation Service)

PROCEDENCIA DEL EQUIPO: Peru

METODO DE CALIBRACION: ASTM E-4 "Metodo Estandar para verificacion de Fuerza para Maquinas de ensayo"  
29/10/2019

FECHA DE VERIFICACION: 29/10/2019  
LUGAR DE VERIFICACIÓN: In Situ, en los laboratorios del Cliente  
N° DE PAGINAS: 2

HECHO POR:  APM  
CONTROL DE CALIDAD  
INGENIERIA & NEGOCIOS  
REVISADO POR:  Ing. Aldo Mucha M

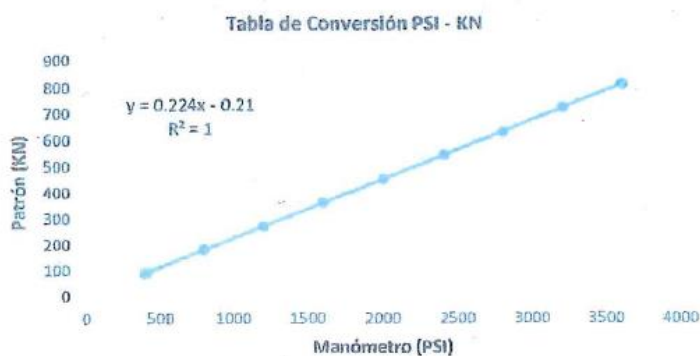
Este certificado de verificación sólo puede ser difundido sin alteraciones posterior a la autorización asignada por AM3 Ingeniería & Negocios S.A.C.

Este certificado de verificación sin firma y sello carece de validez.

## RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Lectura del Manómetro	Lectura de celda transductor (patrón)		
	LM	Lectura 1	Lectura 2
(Psi)	(KN)	(KN)	(KN)
402	91.35	88.79	90.07
799	179.74	178.95	179.35
1205	269.13	267.90	268.52
1605	359.65	359.56	359.61
2003	449.35	448.42	448.89
2409	542.61	537.04	539.83
2803	628.33	625.34	626.84
3206	717.74	718.72	718.23
3606	810.22	805.79	808.01

Gráfico de Correlación entre Lectura del Patrón y Lectura del Equipo



**Factor de Conversión de Lectura del Equipo (PSI a KN)**

Lectura de Carga Corregida (KN) =  $0.224X - 0.21$

Donde:

X : Lectura en el manómetro en PSI

**Observaciones / Indicaciones**

El cliente debe mantener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo según el uso, carga de trabajo y mantenimiento, según corresponda.

El equipo se encuentra CALIBRADO



Anexo 14: Panel fotográfico



Fotografía N° 1. Dosificación del concreto según diseño de mezcla



Fotografía N° 2. Mezcla de concreto para probetas cilíndricas y prismáticas



Fotografía N° 3. Ensayo de asentamiento (Slump), concreto sin fibra



Fotografía N° 4. Ensayo de asentamiento (Slump), concreto con fibra



*Fotografía N° 5. Temperatura de concreto sin fibra*



*Fotografía N° 6. Temperatura de concreto con fibra*



*Fotografía N° 7. Elaboración de probetas cilíndricas*



*Fotografía N° 8. Elaboración de probetas prismáticas*



Fotografía N° 9. Curado de probetas cilíndricas



Fotografía N° 10. Curado de probetas prismáticas



*Fotografía N° 11. Probetas cilíndricas y prismáticas después del curado*



*Fotografía N° 12. Probetas cilíndricas y prismáticas para sus ensayos respectivos*



Fotografía N° 13. Registro de probetas prismáticas



Fotografía N° 14. Registro de probetas cilíndricas



Fotografía N° 15. Rotura de probetas prismáticas sin refuerzo



Fotografía N° 16. Rotura de probetas prismáticas con refuerzo de 20 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero





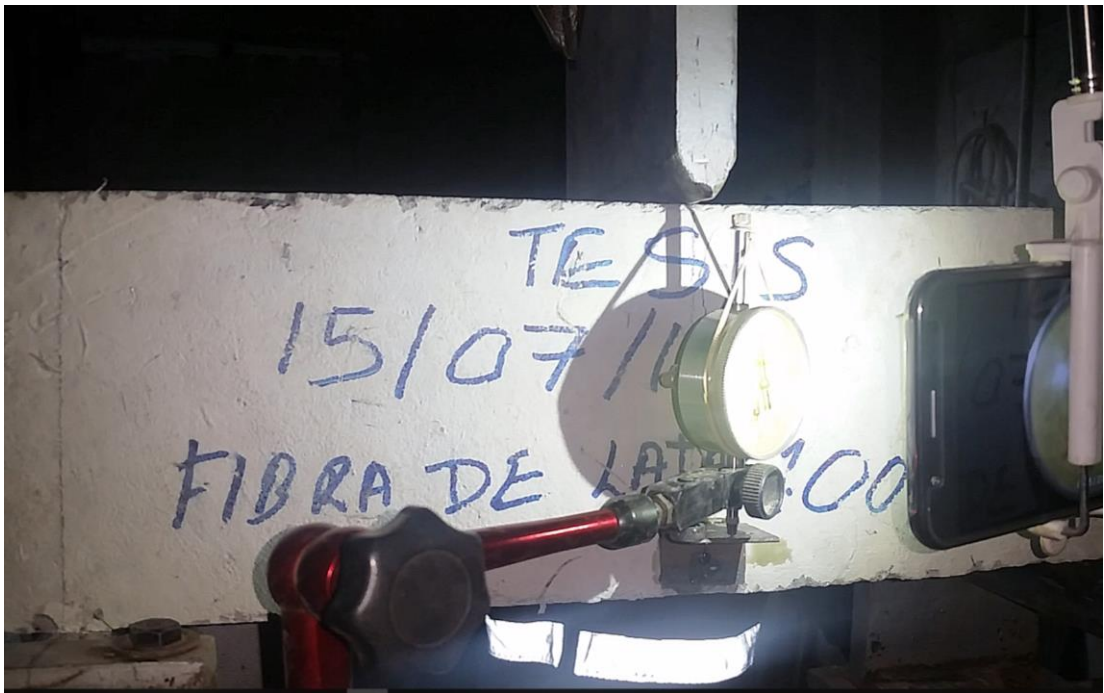
Fotografía N° 17. Rotura de probetas prismáticas con refuerzo de 25 kg/m<sup>3</sup> de fibra de acero



Fotografía N° 18. Rotura de probetas prismáticas con refuerzo de 0.50% de fibra reciclable



Fotografía N° 19. Rotura de probetas prismáticas con refuerzo de 0.75% de fibra reciclable



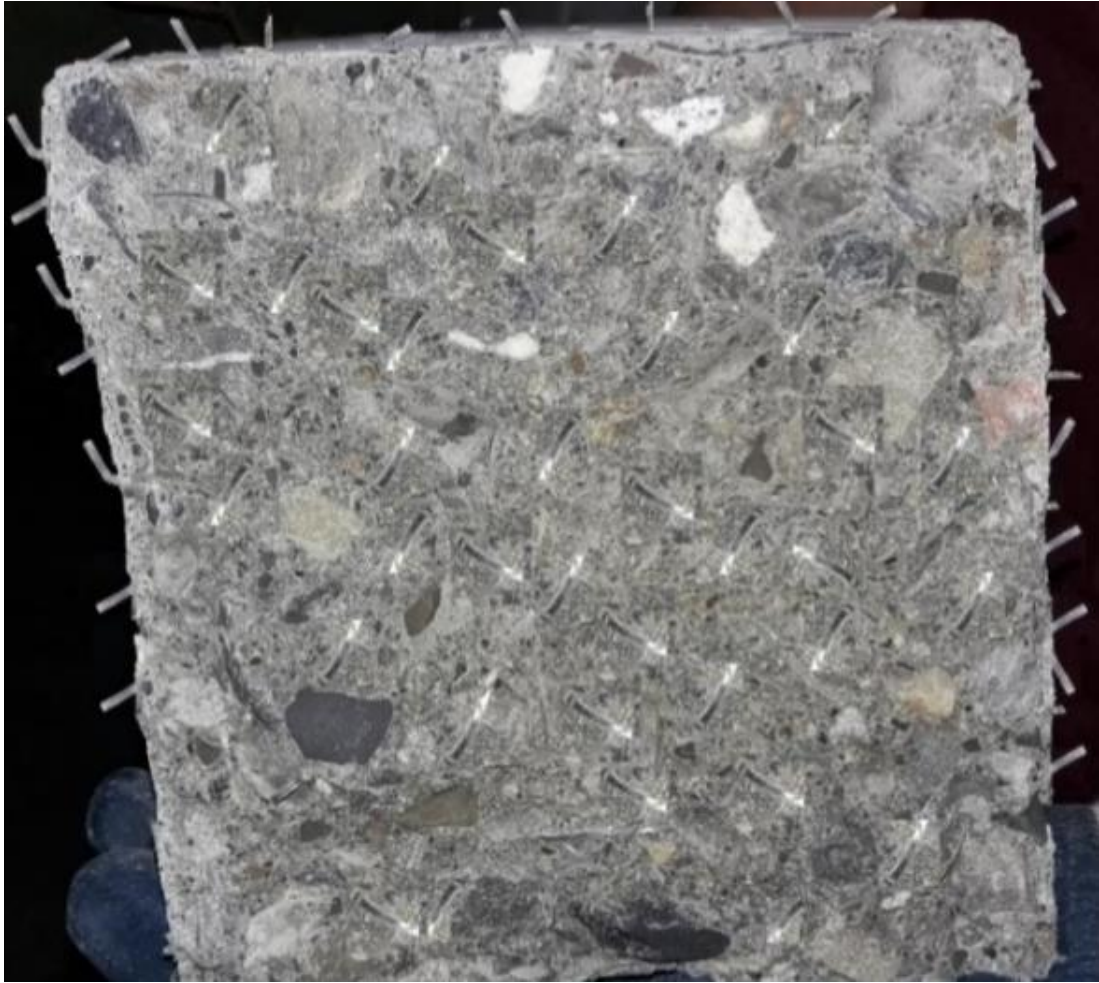
Fotografía N° 20. Rotura de probetas prismáticas con refuerzo de 1.00% de fibra reciclable



*Fotografía N° 21. Sección de probeta prismática sin refuerzo*



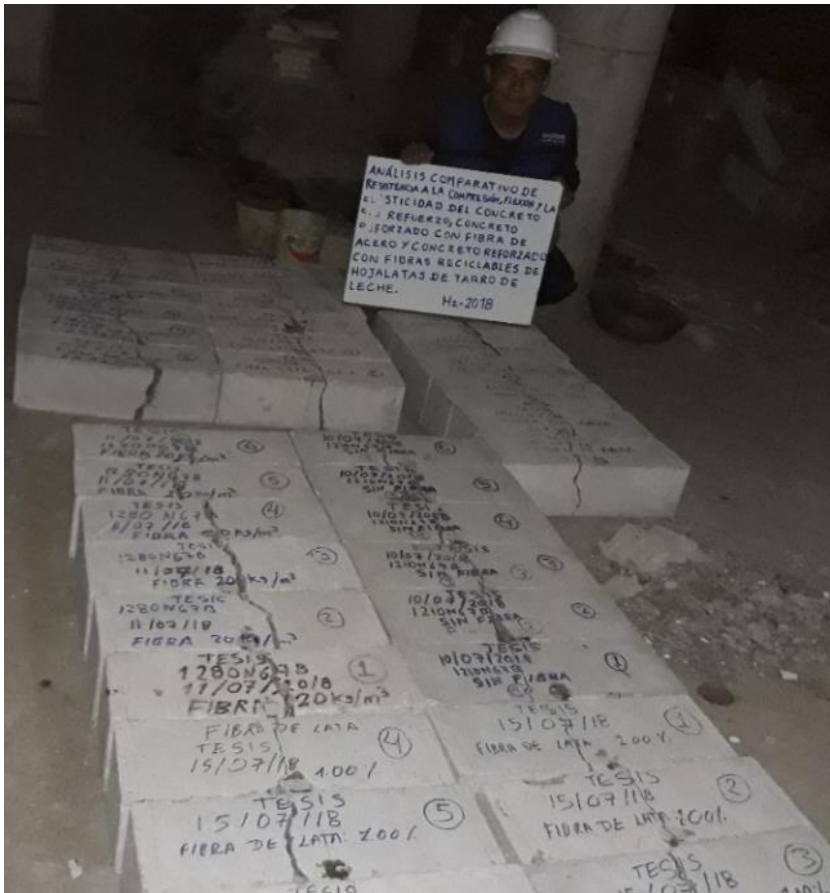
*Fotografía N° 22. Sección de probeta prismática con refuerzo de fibra de acero*



Fotografía N° 23. Sección de probeta prismática con refuerzo de fibra reciclable



Fotografía N° 24. Ensayo de probetas prismática en resistencia a flexión y la elasticidad



Fotografía N° 25. Fallas de probetas prismáticas sin refuerzo y reforzado con fibras



Fotografía N° 26. Fallas de probetas prismáticas



Fotografía N° 27. El equipo que se encargó de los ensayos



Fotografía N° 28. Ensayo de resistencia compresión de probetas cilíndricas



*Fotografía N° 29. Rotura de probeta cilíndrica reforzado con fibra de acero*



*Fotografía N° 30. Rotura de probeta cilíndrica reforzado con fibra reciclable*



Fotografía N° 31. Probetas cilíndricas ensayados en resistencia a la compresión



Fotografía N° 32. Eliminación de probetas cilíndricas después de ensayo