



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN  
REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE  
LAS ALTAS TEMPERATURAS”

---

**AUTOR:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**TUTOR:** Ing. Mg. Wladimir José Ramírez Cabrera

**AMBATO - ECUADOR**

**Septiembre - 2023**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”, elaborado por el Sr. Ariel Mateo Murillo Estrada, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804840187, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2023



---

**Ing. Mg. Wladimir José Ramírez Cabrera**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ariel Mateo Murillo Estrada, con C.I. 1804840187 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”** así como también las ideas, criterios, gráficos, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2023



---

**Ariel Mateo Murillo Estrada**

**C.I. 1804840187**

**AUTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, septiembre 2023



---

**Ariel Mateo Murillo Estrada**

**C.I. 1804840187**

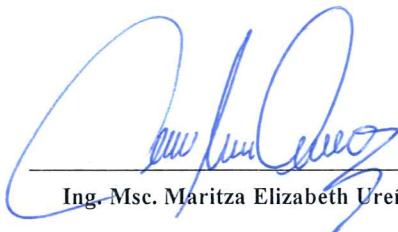
**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Ariel Mateo Murillo Estrada de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”.

Ambato, septiembre 2023

- Para constancia firma



Ing. Msc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre

**MIEMBRO CALIFICADOR**



Ing. Msc. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

A mis abuelitos, en especial a la memoria de mi abuelita Emma quien desde pequeño me educo y gracias a ella me he convertido en la persona que soy actualmente.

A mis padres por su sacrificio y esfuerzo constante para que yo pueda cumplir mis metas, a sus enseñanzas y valores inculcados, que me han convertido en la persona que soy ahora.

A mi familia y amigos por su apoyo constate desde el ingreso a la Universitaria hasta la obtención del título.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Ambato y la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que me permitieron realizar mis estudios y convertirme en un buen profesional.

Agradezco a mis padres, por sus enseñanzas y contaste apoyo en cada paso importante de mi vida. A saber, guiarme en transcurso difíciles y siempre aconsejarme en toda circunstancia.

A mi tutor, por su importante labor como guía en el desarrollo de este presente trabajo.

A mi abuelito por su constante apoyo y preocupación a lo largo de mi vida estudiantil.

A mis amigos y compañeros por el apoyo en la elaboración del presente proyecto.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO.....	1
1.1.    Antecedentes investigativos .....	1
1.2.    Justificación .....	6
1.3.    Objetivos .....	7
1.3.1.    Objetivo General: .....	7
1.3.2.    Objetivos Específicos: .....	7
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	8
2.1.    Materiales.....	8
2.2.    Métodos.....	15
2.2.1.    Etapa 1: Preliminar .....	15
2.2.2.    Etapa 2: Observación de propiedades físicas .....	22
2.2.3.    Etapa 3: Identificación de la variabilidad de resistencia a flexión .....	23
2.2.4.    Etapa 4: Comparación de resistencias en diferentes temperaturas .....	25
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
3.1.    Análisis y discusión de los resultados.....	26
3.1.1.    Resultados etapa preliminar.....	26
3.1.2.    Observación de las propiedades físicas.....	29
3.1.3.    Variabilidad de resistencia.....	34
3.2    Verificación de hipótesis .....	55
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56



4.1. Conclusiones .....	56
4.2. Recomendaciones.....	57
MATERIAL DE REFERENCIA .....	58
Referencias Bibliográficas: .....	58
ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mina “Las viñas” .....	15
<b>Figura 2.</b> Simbología utilizada.....	19
<b>Figura 3</b> Curvas ISO y ASTM .....	21
<b>Figura 4</b> Tipos de exposición a altas temperaturas .....	22
<b>Figura 5</b> Ensayo ASTM C78.....	24
<b>Figura 6.</b> (a) Control de asentamiento, (b) Adición de fibras al hormigón (c) Curado de las probetas .....	28
<b>Figura 7.</b> (a) Ubicación de probetas en el horno, (b) y (c) control de temperatura probetas .....	29
<b>Figura 8.</b> Diferencia de masa a 100°C .....	29
<b>Figura 9.</b> Diferencia de masa a 280°C .....	30
<b>Figura 10.</b> Diferencia de masa a 600 °C .....	30
<b>Figura 11.</b> Pérdida de masa – Temperatura.....	31
<b>Figura 12.</b> Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T20R1 .....	34
<b>Figura 13.</b> Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T100R1 .....	35
<b>Figura 14.</b> Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T280R1 .....	36
<b>Figura 15.</b> Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T600R1 .....	36
<b>Figura 16.</b> Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T20R2.....	37
<b>Figura 17.</b> Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T100R2.....	38
<b>Figura 18</b> Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T280R2.....	39
<b>Figura 19</b> Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T600R2.....	39
<b>Figura 20.</b> Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T20R1.....	40
<b>Figura 21.</b> Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T100R1.....	41
<b>Figura 22</b> Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T280R1.....	42
<b>Figura 23</b> Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3E4R1.....	42
<b>Figura 24.</b> Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T20R2.....	43
<b>Figura 25.</b> Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T100R2.....	44
<b>Figura 26</b> Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T280R2.....	45
<b>Figura 27</b> Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T600R2.....	45
<b>Figura 28.</b> Tipos de casos de fibras (a) Deslizada (b) Rota (c) Mal situada (d) Fundida.....	47

<b>Figura 29.</b> Efecto pared de probetas 100 x 100 x 350 mm .....	48
<b>Figura 30.</b> División de secciones de viga para conteo de fibra.....	48
<b>Figura 31.</b> Distribución de fibras y trazado de secciones .....	49
<b>Figura 32.</b> Esfuerzo – Deflexión 20 °C.....	50
<b>Figura 33.</b> Esfuerzo – Deflexión 100 °C.....	51
<b>Figura 34.</b> Esfuerzo – Deflexión 280 °C.....	52
<b>Figura 35.</b> Esfuerzo – Deflexión 600 °C.....	53
<b>Figura 36.</b> Esfuerzo vs Temperatura .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Materiales para ensayos de agregados .....	8
<b>Tabla 2</b> Materiales para elaboración de probetas .....	11
<b>Tabla 3</b> Materiales para etapas 2, 3 y 4 .....	13
<b>Tabla 4</b> Relación agua/cemento (W/C) .....	16
<b>Tabla 5</b> Relación asentamiento cantidad de pasta .....	17
<b>Tabla 6</b> Cantidad de materiales para 1 m <sup>3</sup> .....	18
<b>Tabla 7</b> Número de muestras prismáticas .....	19
<b>Tabla 8</b> Tiempos de exposición según la AISC 19 .....	20
<b>Tabla 9.</b> Temas relacionados a la exposición al fuego .....	21
<b>Tabla 10</b> Muestras analizadas en etapa 2 .....	23
<b>Tabla 11</b> Resumen de las propiedades del cemento y agregados.....	26
<b>Tabla 12.</b> Dosificación del hormigón 240 kg/cm <sup>2</sup> .....	27
<b>Tabla 13.</b> Dosificación del hormigón 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	27
<b>Tabla 14.</b> Resistencia a compresión .....	28
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje de pérdida con respecto a temperatura .....	31
<b>Tabla 16.</b> Probetas fisuradas.....	32
<b>Tabla 17</b> Comportamiento de fibra expuesta a altas temperaturas.....	33
<b>Tabla 18.</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T20R1 ..	35
<b>Tabla 19.</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T100R1	35
<b>Tabla 20.</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T280R1	36
<b>Tabla 21.</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T600R1	37
<b>Tabla 22.</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T20R2 ..	38
<b>Tabla 23</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T100R2 .	38
<b>Tabla 24</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T280R2 .	39
<b>Tabla 25</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T600R2 .	40
<b>Tabla 26.</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T20R1 .	41
<b>Tabla 27</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón CON fibras 3T100R1 .....	41
<b>Tabla 28</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T280R1	42
<b>Tabla 29</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3E4R1 ....	43
<b>Tabla 30.</b> Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T20R2 .	44

<b>Tabla 31</b>	Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T100R2	44
<b>Tabla 32</b>	Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T280R2	45
<b>Tabla 33</b>	Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T600R2	46
<b>Tabla 34.</b>	Resumen del coeficiente de orientación promediado.....	49
<b>Tabla 35.</b>	Resumen de esfuerzo – deflexión .....	50
<b>Tabla 36.</b>	Resumen de esfuerzo – deflexión 100 °C .....	51
<b>Tabla 37.</b>	Resumen de esfuerzo – deflexión 280 °C .....	52
<b>Tabla 38.</b>	Resumen de esfuerzo – deflexión 600 °C .....	53

## RESUMEN EJECUTIVO

El hormigón armado es uno de los elementos estructurales más empleado en las construcciones del Ecuador, para el cuarto trimestre del 2022 se registró un 79.5 por ciento de material presente en la estructura, es decir el material predominante en el País, al ser tanto su uso, surgió la pregunta cómo afecta las altas temperaturas a los hormigones simples en comparación con los reforzados con fibra.

El presente trabajo estudió la influencia de las fibras de polipropileno en el hormigón simple después de ser afectado a altas temperaturas. La obtención de una correcta dosificación se logró analizando las características de los agregados finos y gruesos, después se comprobó la resistencia requerida mediante el ensayo a compresión en probetas cilíndricas para resistencias 210 y 240 kg/centímetros cuadrados. Una vez obtenida la resistencia se elaboraron probetas tipo viga de dimensiones 10x10x35 centímetros donde se emplearon 2 dosificaciones con respecto a la macrofibra con el 0 y 3 kg/metros cúbicos. Curadas las probetas por 28 días fueron sometidas a distintas temperaturas: 20, 100, 280 y 600 grados centígrados. Posteriormente se realizó los respectivos ensayos a flexión (ASTM 1609), para la elaboración de la gráfica esfuerzo vs deflexión donde se comparó el comportamiento del hormigón sin fibras y con fibras.

La comparación de las resistencias y la adición de fibras en las probetas permitió verificar la influencia de estas ante las altas temperaturas, mejorando su resistencia a la flexión en todas las temperaturas de exposición.

**Palabras Clave:** Fibras de polipropileno, Resistencia a flexión, Altas temperaturas, Deflexión, ASTM 1609.

## ABSTRACT

Reinforced concrete is one of the most widely used structural elements in Ecuadorian constructions. By the fourth quarter of 2022, 79.5 percent of the material present in the structure was registered, that is, the predominant material in the country. Being so widely used, the question arose how high temperatures affect simple concrete compared to fiber-reinforced concrete.

The present work studied the influence of polypropylene fibers in plain concrete after being affected at high temperatures. Obtaining a correct dosage was achieved by analyzing the characteristics of the fine and coarse aggregates, then the required resistance was verified by means of the compression test in cylindrical specimens for resistances of 210 and 240 kg/square centimeters. Once the resistance was obtained, beam-type test tubes of dimensions 10x10x35 centimeters were made where 2 dosages were used with respect to the macrofiber with 0 and 3 kg/cubic meters. After curing the specimens for 28 days, they were subjected to different temperatures: 20, 100, 280 and 600 degrees Celsius. Subsequently, the respective flexural tests (ASTM 1609) were carried out, for the elaboration of the stress vs. deflection graph where the behavior of the concrete without fibers and with fibers was compared.

The comparison of the resistances and the addition of fibers in the specimens allowed us to verify the influence of these at high temperatures, improving their resistance to flexion at all exposure temperatures.

**Keywords:** Polypropylene fibers, Flexural strength, High temperatures, Deflection, ASTM 1609.

## CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes investigativos

El hormigón armado es uno de los elementos de la construcción más empleado, debido a la accesibilidad de los elementos y las características ofrecidas por este material, se emplean en la realización de columnas, vigas, losas, zapatas, entre otros. En Ecuador en el cuarto trimestre del año 2022, entre edificaciones y viviendas se construyeron 15.213, de este total fue Quito el cantón con mayor porcentaje de participación en construcción con un 43,3%, siguiéndole Guayaquil con un 13.1% y como mención a Ambato con un 4,84%, pero la importancia de estos datos radica en los materiales empleados para su construcción, teniendo como material predominante al hormigón armado, por su uso en partes importantes de una obra como son sus cimientos y estructura, estando presente en un 87.3% en la primera y 79.5% en la segunda del total de las edificaciones.[1]

Debido a esto el estudio sobre las causas que provocan alteraciones físicas o mecánicas se han visto incrementadas, con el objetivo de encontrar soluciones o mejorar sus propiedades, estudios realizados por Arlinton. C, Britez. C, Carvalho. M y Caetano. H, en el año 2019 [2], [3], mencionan al aumento de la temperatura como una de las causas que afecta las propiedades del hormigón, la cual, en una construcción se manifiesta por medio de incendios, aunque el hormigón es un material que tiene un buen desempeño ante incendios, debido a sus características térmicas como: incombustibilidad y baja conductividad. Existe un límite donde la resistencia es afectada en función de la temperatura expuesta, para 300 °C la resistencia a compresión ha disminuido aproximadamente un 25% y cuando la temperatura interna del hormigón llega a los 600 °C se pierde aproximadamente un 75% de su resistencia.

Además de la pérdida de resistencia en el hormigón existen otros efectos producidos por las altas temperaturas, como el desprendimiento de material (spalling). En un incendio primero se calentará la parte exterior del material a una mayor temperatura, en cambio el interior del hormigón es una zona donde la temperatura se demorará en subir, esto genera una diferencia térmica en el material produciendo el fenómeno spalling, como resultado del desprendimiento el material de la sección diseñada inicialmente sufrirá una reducción transversal correspondiente a la gravedad de exposición de la alta temperatura. [2], [4]



En cuanto a la flexión del hormigón afectado por altas temperaturas también produce el mismo efecto de reducción de resistencia, pero a distintos rangos de la compresión, cuando se llega a 300 °C la reducción va entre 11.7% a 22.5%, en cambio en 500 °C de 11.6% a 25.6%, pero cuando la temperatura llega a los 700 °C el hormigón no presentó resistencia a flexión alguna. Por ello cuando se estudia a flexión el hormigón la norma Euro código recomienda no sobrepasar los 600 °C de exposición. [3]

En los desarrollos de proyectos donde se investiga las características del hormigón después de la exposición a las altas temperaturas, primero se menciona como debe ser la simulación de un incendio para no sufrir cambios térmicos bruscos dentro del material, por lo mencionado anteriormente del efecto del spalling, por estos motivos existen diferentes curvas tiempo-temperatura dadas por la ASTM, ISO y ONNCCE, las cuales son específicas para el hormigón, por parte de la ASTM la normativa de esta curva corresponde a la E-119-14 y en normativa europea está la EN 1363-1, ambas normas tratan los mismos puntos sobre la exposición a las altas temperaturas, aunque presentan una ligera diferencia en las curvas, son tomadas como referencia al momento de llevar a una carga térmica a las probetas de distintos tipos. Se menciona como una temperatura máxima de 1200 °C, además de los tiempos de exposición de 30, 60, 90 y 120 minutos. [5]

Los hormigones reforzados con fibras (HRF) es una práctica que en estos días es común, debido a las mejoras que generan, algunas de estas mejoras dependerán del tipo de elemento estructural donde estén adicionadas las fibras, generalmente son implementadas en losas y pavimentos, donde la incorporación de fibras permite un aumento en el espaciamiento entre juntas y una mayor tenacidad por parte del elemento, además por sus propiedades genera una reducción en las fisuras provocadas en el estado límite de servicio y un aumento a la resistencia por impacto, dependiendo de la fibra incluso permite una reducción de las armaduras convencionales. Debido al avance científico en el uso de fibras, además de descubrir distintos tipos de fibras, también se identificó distintas aplicaciones como combinaciones con las varillas de acero, para la reducción o eliminación de esfuerzos localizados, entre otros. [6], [7]

En el año 2018 el estudio realizado por Ramiro, M [8] cuando se emplearon fibras de poliolefina en el hormigón afectado por altas temperaturas, se menciona las ventajas generadas en el hormigón cuando son adicionadas como un aumento en la resistencia

residual en ensayos a flexo tracción y una mayor capacidad de absorción de energía, por otro lado, las características propias de este tipo de fibra son su baja absorción de humedad, alta resistencia a tracción y su resistencia a la abrasión. El uso de esta fibra depende principalmente a su facilidad para adherirse a la matriz de hormigón, pudiendo ser aplicadas para: losas de hormigón, reparaciones parciales, hormigones prefabricados, etc.

Al momento de ser analizado y comparado este tipo de hormigón reforzado con fibras de poliolefina a diferentes temperaturas, se emplearon 2 dosificaciones de adición de fibra con  $3 \text{ kg/m}^3$  y  $10 \text{ kg/m}^3$ , los cuales dieron como resultado un mayor beneficio en temperatura ambiente teniendo una mejora de 82% en el  $3 \text{ kg/m}^3$  de adición de fibra y 92% en  $10 \text{ kg/m}^3$ , por otro lado cuando fueron sometidos a una temperatura de  $150^\circ\text{C}$  el mejor comportamiento fue con  $10 \text{ kg/m}^3$  manteniendo su 92% de mejora con respecto al hormigón sin refuerzo de fibra, pero para los  $200^\circ\text{C}$  la energía de ruptura es la misma, es decir, que la adición de fibras no mejoró sustancialmente la resistencia a flexión de los elementos después de ser expuesto a esta temperatura.[8]

Por otro lado, los estudios realizados por Asensio, E y Ramiro, M en los años 2018 y 2021, [8], [9] respectivamente de la resistencia a compresión de hormigones reforzados con fibras de acero expuestos a altas temperaturas, en este tipo de HRF la pérdida de masa es mínima debido a la temperatura de fusión del acero, la adición de este tipo de fibras evita el spalling, debido al control de la fisuración por sus propiedades de tracción. Pero de la misma manera pueden generar efectos adversos como la oxidación y la fisuración por diferencia de coeficiente de dilatación térmica.

Cuando se estudió las altas temperaturas en HRF de acero, como es común en el hormigón la resistencia fue disminuyendo en función de la temperatura de exposición, pero el cambio sustancial se evidenció cuando la temperatura llega hasta los  $475^\circ\text{C}$  debido a una reducción en la resistencia de un 20%, mientras que en  $375^\circ\text{C}$  la resistencia a compresión se mantuvo muy próxima a la temperatura ambiente, mientras que la adherencia es una característica no afectada cuando se encuentran fibras de acero en el hormigón.[10]

Las fibras poliméricas, también son consideradas para la elaboración de HRF, en estos tipos de fibra entran las de polipropileno, poliéster, poliamida, aramida y pulpa de

aramida kevlar, cada una presenta propiedades diferentes como: densidad, diámetro, resistencia de elasticidad, puntos de fusión, etc. Cuando existe exposición a las altas temperaturas la propiedad a tomar en cuenta es el punto de fusión, debido a su influencia en el desprendimiento explosivo. [11]

Este tipo de fibras se pueden encontrar como microfibras o macrofibras, las primeras cuando se añaden al hormigón generan una mejor reacción a la exposición a las altas temperaturas a diferencia del hormigón simple, esto debido a que cuando se alcanza la temperatura de fusión de esta fibra se generan vacíos por donde la presión producida por el vapor de agua dentro del hormigón comienza a escapar por estos canales y así evitando el fenómeno spalling, a diferencia de otros métodos o materiales de aplicación en el hormigón las fibras de polipropileno es un medio económico, cuando se trata de precautelar una estructura a la exposición de un incendio. [12], [13]

En las primeras pruebas realizadas con este tipo de fibras, se observó un rendimiento muy alto al punto de eliminar el spalling, a partir de estos resultados se tomó como una medida de seguridad en la norma europea ante incendios la utilización de  $2 \text{ kg/m}^3$  de microfibra de polipropileno como mínimo, aunque anexos del Euro código recomiendan una aplicación de hasta el  $4 \text{ kg/m}^3$  de fibra con características de  $15\mu\text{m}$  a  $32\mu\text{m}$  de diámetro y  $6 \mu\text{m}$ - $12 \mu\text{m}$  de longitud. [11], [14]

En el año 2020 el estudio realizado por Días, D, Calmon, J y Vieira, G, en el hormigón reforzado con fibras poliméricas expuestos al fuego, se realizaron tanto probetas cilíndricas como prismáticas de hormigón añadiendo un  $2 \text{ kg/m}^3$  de microfibra de polipropileno, poliéster, poliamida, entre otras, la manera de exposición a las altas temperaturas adoptada fueron dos exposición directa y por horno, para el primer método se tomaron todas las recomendaciones por parte de la norma ISO 834-R, debido a ser un método más complejo para controlar la temperatura, para el segundo método se adoptaron las temperaturas de 300, 500 y 700 °C, con el objetivo de llegar al spalling en las probetas, además con un control de  $10 \text{ °C/min}$  y después ser enfriadas por 24 horas a temperatura ambiente, para después ser ensayadas.

Los resultados de este estudio comparativo dependieron de la temperatura de análisis, para temperatura ambiente casi los hormigones tanto el simple como los reforzados tuvieron una resistencia mayor a 55 MPa, pero los hormigones con poliamida y

aramida kevlar, obtuvieron una mayor resistencia a la compresión a diferencia del resto acercándose más a los 59 MPa, siendo el polipropileno el de peor desempeño estando más cerca a los 50 MPa. En los 300°C de exposición la mayor resistencia fue de los HRF con poliéster y poliamida estando cerca de los 57 MPa, mientras el peor rendimiento seguía siendo del polipropileno, pero con una mejora de alrededor de 2 MPa en su resistencia a la compresión con respecto a la temperatura ambiente. Cuando se llegó a los 500 °C, las tendencias cambiaron, debido a que los mejores desempeños fueron por parte del polipropileno y el poliéster, ambos ganaron mayor resistencia de su exposición a 300 °C llegando a más de 55 MPa el primero y el segundo a los 60 MPa, en esta temperatura se observó la caída de la resistencia del hormigón simple a menos de 50 MPa. Por último, a los 700 °C es la mayor pérdida de resistencia en todos los tipos de hormigones dando un promedio de 50.2%, llegando a menos de 30 MPa, siendo los de mejor rendimiento el polipropileno y poliéster, además en estas temperaturas la pérdida de masa es evidente debido a la fundición de las fibras dentro del hormigón, teniendo más de 6% de pérdida de material. [11]

Por otro lado, el estudio realizado por Muriel, A, [15] sobre hormigones reforzados con fibra de polipropileno expuesto a temperaturas altas, resultó en una mejora de la resistencia a compresión cuando las probetas contenían el mayor porcentaje de microfibra, no importó la temperatura de exposición las de mejores resultados fueron las 0.5% de fibra añadida, en la temperatura ambiente la diferencia fue de 5 MPa en comparación con las probetas sin fibras, la exposiciones de temperaturas si redujeron la resistencia en todas las probetas y fueron los 180°C aquellos que minimizaron esa diferencia de 5 MPa a 3 MPa de las probetas sin fibra y con 0.5%.

## **1.2.Justificación**

La exposición al fuego en estructuras de hormigón es un evento presente en los incendios, debido a esto, la resistencia del hormigón se reduce conforme la temperatura sube, teniendo así una resistencia residual de 95% cuando la temperatura llega a 200 °C y perdiendo por completo su resistencia a los 1000 °C, esta reducción provoca inestabilidad en la estructura produciendo fisuras o el colapso entero de la edificación. [2], [8]

El hormigón armado es uno de los elementos estructurales más empleado en las construcciones del Ecuador, para inicios del año 2022 el 80.8% de material empleado en la construcción de la estructura de una edificación corresponde a hormigón armado, mientras que para el periodo de 2022 hasta el cuarto trimestre se registró un 79.5% de material usado como hormigón armado para las estructura de las edificaciones, aunque el porcentaje descendió en un 1.3%, el hormigón armado es material predominante en la actualidad. [1], [16]

Los hormigones reforzados con fibras se han vuelto un tema de la actualidad a la hora de realizar estructuras, debido a su resistencia a la fisuración, retracción plástica y mayor tenacidad, debido a estas propiedades los hormigones reforzados con fibras plásticas cuando son expuestos al fuego o altas temperaturas presentan un comportamiento diferente al hormigón simple, porque al calentarse la fibra comienza a derretirse, esto ayuda a liberar el vapor de agua que comienza hacer presión dentro del hormigón que es la principal razón del desprendimiento y agrietamiento del hormigón, consecuentemente la razón de la reducción de su resistencia. [11]

En el presente proyecto se pretende demostrar la influencia de las fibras plásticas (polipropileno) en hormigones reforzados, por medio de la realización de probetas tipo vigueta de dimensiones estipuladas por la norma NTE INEN 2874, para después someterlas a diferentes temperaturas 100, 280 y 600 grados centígrados, después realizar el ensayo correspondiente a la norma para determinar su resistencia a flexión.[17]

### **1.3.Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

- Determinar el comportamiento a flexión del hormigón reforzado con fibras plásticas (polipropileno) después de las altas temperaturas.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Observar las características físicas superficiales de probetas de concreto simple y reforzadas con fibras de plásticas en condiciones normales y luego de ser expuesto a las altas temperaturas.
- Identificar la variabilidad de la resistencia a flexión del hormigón reforzado con fibras plásticas después de las altas temperaturas.
- Comparar el efecto de las altas temperaturas de los hormigones con fibras y sin fibras a diferentes resistencias.

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

### 2.1.Materiales

La descripción de los materiales empleados en el presente trabajo se realizó por etapas siendo 4 y describiéndose a continuación:

#### **Materiales para el cumplimiento de la etapa 1: preliminar**

En esta fase se desarrolló todos los procedimientos y ensayos para la obtención de la dosificación con respecto a los agregados y el cemento, para después elaborar las probetas prismáticas. En esta fase los materiales implementados en cada ensayo fueron:

**Tabla 1.** Materiales para ensayos de agregados

Ensayo	Normativa	Descripción
Análisis granulométrico del agregado grueso	ASTM C 136  NTE INEN 696	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ripio</b></li></ul> <p><b>Origen:</b> Planta Industrial de Trituración de áridos “Las Viñas” Ambato.</p> <p><b>Tipo:</b> triturado</p> <p><b>Tamaño:</b> 3/4"</p> <p><b>Cumple con norma INEN:</b> NTE INEN 872[18], [19]</p>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Tamices metálicos y bandeja</b></li></ul> <p><b>Tamaños de abertura:</b> 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8” y #4</p> <p><b>Geometría y dimensiones:</b> cuadrados de 30x30cm</p>
		<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Balanza electrónica</b></li></ul> <p><b>Precisión:</b> 0.1 gramos</p> <p><b>Capacidad máx.:</b> 60 kg</p>

Análisis granulométrico del agregado fino	ASTM C 136  NTE INEN  696	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arena</b></li> </ul> <p><b>Origen:</b> Planta Industrial de Trituración de áridos “Las Viñas” Ambato.</p> <p><b>Tipo:</b> normal lavada</p> <p><b>Tamaño:</b> fino</p> <p><b>Cumple con norma INEN:</b> NTE INEN 872[18], [19]</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tamices pequeños y bandeja</b></li> </ul> <p><b>Tamaños de abertura:</b> 3/8”, #4, #8, #16, #30, #50, #100 y #200</p> <p><b>Geometría y dimensiones:</b> redondos de un diámetro de 25 cm.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balanza electrónica</b></li> </ul> <p><b>Precisión:</b> 0.01 gramos</p> <p><b>Capacidad máx.:</b> 30 kg</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tamizadora eléctrica</b></li> </ul> <p><b>Marca:</b> Controls</p> <p><b>Voltaje:</b> 110 a 220 V</p>
Densidad aparente suelta y compactada de los agregados fino y grueso	ASTM C 29  NTE INEN 858	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arena y Ripio</b></li> </ul> <p><b>Cumple con norma INEN:</b> NTE INEN 872[18], [20]</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Molde metálico</b></li> </ul> <p><b>Material:</b> acero</p> <p><b>Geometría y Dimensiones:</b> Redondos de diámetro 30 cm</p>



Densidad aparente compactada de la mezcla		<b>Peso:</b> 10 kg
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balanza electrónica</b></li> </ul> <b>Marca:</b> Kern <b>Geometría y Dimensiones:</b> Cuadrada
Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso	ASTM C 127 NTE INEN 857	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ripio</b></li> </ul> <b>Cumple con norma INEN:</b> NTE INEN 872[18], [21]
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Canastilla metálica</b></li> </ul> <b>Material:</b> acero inoxidable con malla cuadrada N°8
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balanza electrónica</b></li> </ul> <b>Precisión:</b> 0.01 gramos <b>Capacidad máx.:</b> 30 kg
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Horno eléctrico</b></li> </ul> <b>Marca:</b> Controls <b>Voltaje:</b> 110 V <b>Temperatura máxima:</b> 350°C
Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino	ASTM C 128 NTE INEN 856	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arena</b></li> </ul> <b>Cumple con norma INEN:</b> NTE INEN 872[21], [22]
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cono de absorción de arena y pistón</b></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balanza electrónica en gr</b></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Picnómetro y pipeta</b></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Horno eléctrico</b></li> </ul>
Contenido de humedad	ASTM C 566	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arena Y Ripio</b></li> </ul>
	NTE INEN 862	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Horno eléctrico</b></li> </ul> <p><b>Voltaje:</b> 110 V</p> <p><b>Temperatura máxima:</b> 325°C[22]</p>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Culminado el desarrollo de todos los ensayos y obteniendo los resultados correspondientes, se procede a la elaboración de probetas, donde se emplearon los siguientes materiales:

**Tabla 2.** Materiales para elaboración de probetas

<b>Material:</b> Moldes prismáticos	
<b>Descripción:</b> Se elaboraron moldes de dimensiones 10x10x35 cm, para la elaboración de las probetas prismáticas.	<b>Detalle:</b> <b>Material:</b> Conglomerado <b>Dimensiones:</b> ancho 10x10 cm y largo 35 cm. <b>Cumple con la normativa:</b> Norma ASTM C1609[23]
<b>Material:</b> Concretera	
<b>Descripción:</b> Maquina empleada en la elaboración de la mezcla de los agregados finos y gruesos con el cemento y la adición de agua para elaborar el cemento. Su	<b>Detalle:</b> <b>Material:</b> hierro fundido <b>Tipo:</b> combustión <b>Capacidad:</b> 1 m <sup>3</sup>

rotación es permitida por un motor de combustión.	
<b>Material:</b> Cámara de curado	
<b>Descripción:</b>  Cámara llena de agua donde se colocan las probetas una vez desencofradas por 28 días para su proceso de curado, el agua se debe mantener a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante todo el proceso de curado.	<b>Detalle:</b>  <b>Origen:</b> Laboratorio de ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato  <b>Dimensiones:</b> posee un área de $1.5\text{m}^2$
<b>Material:</b> Agua	
<b>Descripción:</b>  El agua usada en la elaboración de las probetas es de tipo potable, considera el tipo adecuado para la mezcla con el cemento.	<b>Detalle:</b>  <b>Origen:</b> Laboratorio de ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato  <b>Tipo:</b> potable  <b>Temperatura:</b> ambiente
<b>Material:</b> Macro fibra Sintética	
<b>Descripción:</b>  Marco fibra de polipropileno empleada en la dosificación del hormigón para mejorar la tenacidad y la reducción de grietas.[24]	<b>Detalle:</b>  <b>Origen:</b> TenaBrix <b>Tipo:</b> polipropileno <b>Temperatura de fusión:</b> $160-170^{\circ}\text{C}$ <b>Longitud:</b> 30-60mm <b>Cumple norma:</b> ASTM C1116 y ASTM D7508 [25]
<b>Material:</b> Aditivo Plastificante (Sika Plastocrete DM)	
<b>Descripción:</b>	<b>Detalle:</b>  <b>Origen:</b> Sika <b>Tipo:</b> Plastificante e impermeabilizante

Es un aditivo impermeabilizante y plastificante, de carácter no tóxico, no inflamable y sin cloruros.[26]	<b>Densidad:</b> 1.07 kg/l <b>Dosificación recomendada:</b> 0.5%
---	---

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

### **Materiales para el cumplimiento de la etapa 2, 3 y 4**

La etapa 2, 3 y 4 correspondieron al tipo de fuente de laboratorio, por ello para su análisis se usaron los mismos materiales para las 3 etapas, siendo los siguientes:

**Tabla 3.** Materiales para etapas 2, 3 y 4

<b>Material:</b> Horno eléctrico	
<b>Descripción:</b>  Equipo donde se fueron sometidas las probetas a las altas temperaturas. Usado para dar tratamientos térmicos al hormigón.	<b>Detalle:</b>  <b>Origen:</b> Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato  <b>Voltaje:</b> 110 V  <b>Temperatura máxima:</b> 350°C  <b>Marca:</b> PRECISION
<b>Material:</b> Horno eléctrico	
<b>Descripción:</b>  Equipo donde se fueron sometidas las probetas a las altas temperaturas. Usado para dar tratamientos térmicos al hormigón.	<b>Detalle:</b>  <b>Origen:</b> Centro de fomento productivo metalmecánico carroceros  <b>Voltaje:</b> 220 V  <b>Temperatura máxima:</b> 1200°C  <b>Marca:</b> SAVAIN
<b>Material:</b> Shimadzu Concrete 2000x	
<b>Descripción:</b>  Maquina empleada para la realización de los ensayos a flexión y compresión, posee un pistón de carga que somete a	<b>Detalle:</b>  <b>Origen:</b> Laboratorio de ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato  <b>Material:</b> hierro fundido

fuerzas a las probetas de tipo cilíndrica y prismática.	<b>Capacidad:</b> 2000 KN <b>Serie:</b> 123205510036 <b>Cumple con la normativa:</b> ASTM C 169 y INEN 2874[27]
<b>Material:</b> Computadora personal	
<b>Descripción:</b> Equipo portátil donde se usaron softwares como Excel para el análisis de resultados correspondientes a los ensayos.	<b>Detalle:</b> <b>Marca:</b> DELL <b>Procesador:</b> Intel Core i7
<b>Material:</b> Balanza electrónica	
<b>Descripción:</b> Fue usada para determinar el peso de las probetas antes y después de las altas temperaturas.	<b>Detalle:</b> <b>Marca:</b> KERN
<b>Material:</b> Deflectómetros	
<b>Descripción:</b> Usados para medir la deflexión original de las probetas a medida que transcurre el ensayo.	<b>Detalle:</b> <b>Marca:</b> SHINKO ELECTRIC <b>Serie:</b> DT-58-8P
<b>Material:</b> Cámara termográfica	
<b>Descripción:</b> Equipo empelado en la medición de la temperatura del horno del laboratorio de suelos de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.	<b>Detalle:</b> <b>Marca:</b> FLIR <b>Característica:</b> Recargable

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## 2.2. Métodos

El presente trabajo experimental se dividió en 4 etapas, una preliminar donde se desarrolló todos los ensayos correspondientes a los agregados, además se obtuvo la dosificación para resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 240 kg/cm<sup>2</sup>, en la segunda etapa se observó las características físicas de las probetas, por otro lado, en la tercera se identificó la diferencia entre la resistencia de las probetas y finalmente se comparó el efecto de las fibras en las altas temperaturas.

### 2.2.1. Etapa 1: Preliminar

El desarrollo de la etapa preliminar correspondió a un método descriptivo y experimental, el primero por la recopilación de información con respecto a los ensayos y normas sobre la elaboración de hormigones reforzados con fibras, el segundo se enfocó en la realización de los ensayos previamente investigados. Para la elaboración del hormigón primero se adquirió todo el material pétreo de la mina “Las Viñas” ubicada en las afueras de la ciudad de Ambato.

**Figura 1.** Mina “Las Viñas”



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Una vez obtenido el material fue transportado y almacenado en el laboratorio Ingeniería Civil, después se realizó los ensayos correspondientes a las normativas ASTM e INEN, los cuales fueron:

- Granulometría del agregado fino y grueso (NTE INEN 696)[19]

- Densidad suelta y compactada de agregado fino y grueso (NTE INTEN 858)[20]
- Densidad de la mezcla de agregado fino y grueso (NTE INEN 858)[20]
- Densidad real del agregado grueso y capacidad de absorción (NTE INEN 857)[21]
- Densidad real del agregado fino y capacidad de absorción (NTE INEN 856)[22]

Para obtener la dosificación para las resistencias de 210 y 240, se utilizó el método propuesto por M, Garzón y detallado a continuación:

**Tabla 4.** Relación agua/cemento (W/C)

Resistencia a la compresión a los 28 días en MPA (f'c)	Relación agua/cemento (W/C)
42	0.40
40	0.42
35	0.46
32	0.50
30	0.51
28	0.52
25	0.55
24	0.56
21	0.58
18	0.60

**Fuente:** M. Garzón, “Seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón”

Primero se escogió la relación agua cemento correspondiente a la resistencia a diseñar, después se calcula la densidad real de la mezcla (DRM) con la siguiente formula:

$$DRM = \frac{DRA * POA + DRR * POR}{100}$$

**DRA** es la densidad real de la arena (kg/dm<sup>3</sup>)

**POA** es el porcentaje óptimo de arena (%)

**DRR** es la densidad real del ripio (kg/dm<sup>3</sup>)

**POR** es el porcentaje óptimo del ripio (%)

Posteriormente se determinó el porcentaje óptimo de vacíos (**POV**), con la siguiente fórmula:

$$POV = \frac{DRM - DQM}{DRM} * 100$$

Calculado el POV se seleccionó el asentamiento más alto para obtener un hormigón manejable de la siguiente tabla y así calcular la cantidad de pasta:

**Tabla 5.** Relación asentamiento cantidad de pasta

Asentamiento en cm	Cantidad de pasta en %
0 - 3	POV + 2% + 3% (POV)
3 - 6	POV + 2% + 6% (POV)
6 - 9	POV + 2% + 8% (POV)
9 - 12	POV + 2% + 11% (POV)
12 - 15	POV + 2% + 13% (POV)

**Fuente:** M. Garzón, “Seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón”

$$CP = POV + 2\% + 13\%(POV)$$

Finalmente se calculó la cantidad de cemento, agua, ripio y arena para un 1 m<sup>3</sup> de hormigón con las fórmulas de la siguiente tabla:



**Tabla 6.** Cantidad de materiales para 1 m<sup>3</sup>

Para 1 m3	
Material	Fórmula
Cemento	$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$
Agua	$W = \frac{W}{C} * C$
Ripio	$R = (1000 - CP) * DRR * POR/100$
Arena	$A = (1000 - CP) * DRA * POA/100$

**Fuente:** M. Garzón, “Seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón”

Obtenida la dosificación se realizaron las probetas tipo cilíndricas y prismáticas, las primeras probetas de dimensión 100x200 mm fueron usadas para un control a los 28 días de la resistencia a compresión, estas fueron diseñadas en moldes cilíndricos pequeños conformadas en 2 capas de hormigón compactados con 25 golpes con una varilla y 10 golpes con un mazo de caucho, mientras que las probetas prismáticas de dimensiones 100x100x350 mm fueron empleadas de manera experimental en los ensayos a flexión para determinar la influencia de las fibras en las altas temperaturas, estas fueron elaboradas en moldes de aglomerado MDF conformados por una sola capa de hormigón y para su moldeado se realizaron 25 golpes con varilla y de 10 a 15 golpes con el mazo de caucho, como se mencionan en la norma NTE INEN 3124. [28]

Para esta etapa se elaboraron un total de 48 probetas prismáticas que fueron sometidas a distintas temperaturas, donde la mitad fueron a resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> y otra mitad a resistencia 240 kg/cm<sup>2</sup>, en estas probetas se emplearon dosificaciones fibra al peso con 0 y 3 kg/m<sup>3</sup>. Por otro lado, se elaboraron 12 probetas cilíndricas 6 en resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> y el restante en resistencia 240 kg/cm<sup>2</sup>.

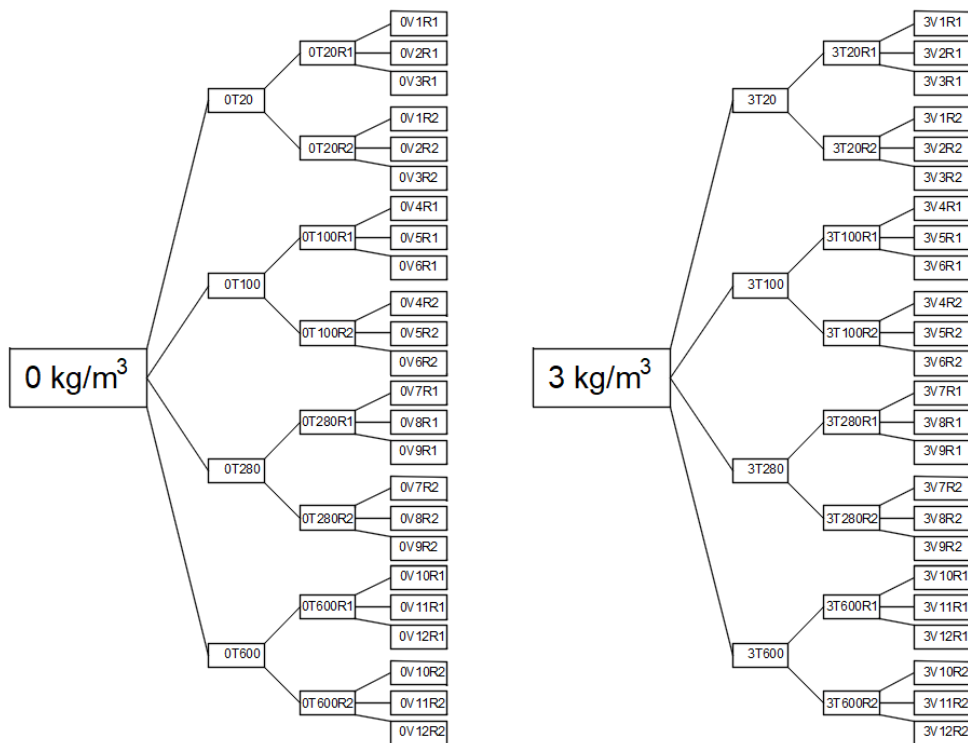
**Tabla 7.** Número de muestras prismáticas

Contenido de fibra (kg/m <sup>3</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Edad 28 (días)				Total
		Temp. ambiente	Temp. 100 °C	Temp. 280 °C	Temp. 600 °C	
0	210	3	3	3	3	12
3		3	3	3	3	12
0	240	3	3	3	3	12
3		3	3	3	3	12
<b>TOTAL:</b>						<b>48</b>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Como un resultado son 3 ensayos, se necesitaron esa cantidad de probetas para cubrir todas las temperaturas de exposición, para identificar cada una de las probetas se usó la simbología de la figura 2.

**Figura 2.** Simbología utilizada



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Donde 0 y 3 corresponde al contenido de fibra utilizado para las dosificaciones, el siguiente termino corresponde a la temperatura de exposición de las vigas siendo: T20, T100, T280 y T600. Por último, R1 y R2 es la resistencia a la cual fue diseñada el hormigón donde R1 es 240 kg/cm<sup>2</sup> y R2 es 210 kg/cm<sup>2</sup>. Como 3 ensayos dan un resultado, las 3 primeras vigas corresponden a la temperatura de 20 °C adoptando la simbología de 0V1R1 donde 0 y R1 son descritos anteriormente, las 3 siguientes a 100 °C (0V4R1), en 280°C (0V7R1) y en 600 °C (0V10R1).

En otro punto, se investigó lo referente a normativa sobre la exposición a altas temperaturas, donde se encontró como menciones las siguientes normas:

- ASTM E119 Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials[29]
- AISC 19 Fire Resistance of Structural Steel Framing[30]
- ISO 834 Fire Resistance Tests [31]

La norma AISC 19 establece tiempos de resistencia estructural al fuego según el tipo de edificación teniendo tipo I y II, como no combustibles, además de relacionarlas con el uso de la edificación siendo A (Asamblea) y B (Comercial), con estos dos parámetros se establece la siguiente tabla:

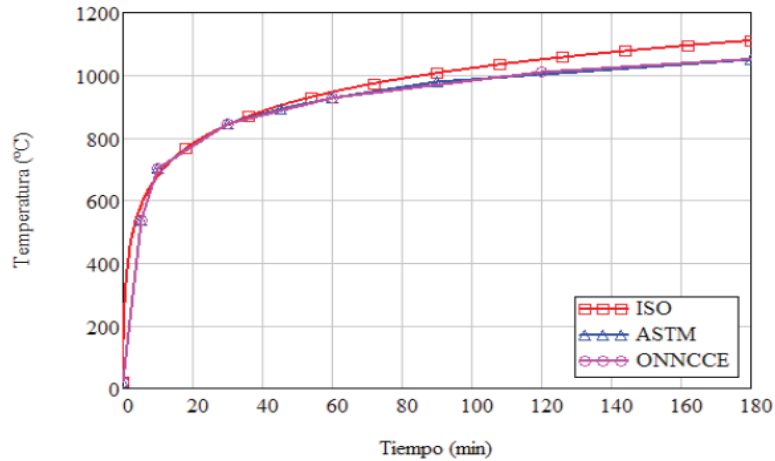
**Tabla 8.** Tiempos de exposición según la AISC 19

<b>IBC Fire Resistance Requirements for Building Structural Frames (From IBC Table 601)</b>		
<b>Construction Type</b>		<b>Rating (hours)</b>
Type I	A	3
	B	2
Type II	A	1
	B	0

**Fuente:** AISC 19, “Fire Resistance of Structural Steel Framing”

En cambio, la norma ASTM E119 e ISO establecen curvas sobre el comportamiento de un incendio donde en función del tiempo se debe llegar a cierta temperatura, en la figura 2 se presentan estas curvas, donde se pudo observar una mayor subida de temperatura en bajos intervalos de tiempo.

**Figura 3.** Curvas ISO y ASTM



**Fuente:** F, Ruvalcaba. La Ingeniería Estructural de Fuego un enfoque nacional y ejemplo de aplicación.[32]

Además de normas, existen distintas investigaciones o campañas experimentales correspondientes a la exposición a las altas temperaturas, donde toman una tasa de crecimiento fija para la temperatura y un periodo de tiempo para mantener las probetas expuestas a la temperatura máxima:

**Tabla 9.** Temas relacionados a la exposición al fuego

TEMA	TIEMPO DE EXPOSICIÓN Y TASA DE CRECIMIENTO DE TEMPERATURA
Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras de poliolefina bajo la acción de temperatura elevada	Tasa de crecimiento de 10 °C/min hasta llegar a la temperatura establecida, para después apagar el horno y dejar reposar 24 horas.[8]
Hormigón reforzado con fibras poliméricas expuesto al fuego	Tasa de crecimiento de 2.8 °C/min, y duración de 4 horas cuando llegara a su temperatura establecida.[11]
Effects of termal damage on physical properties and cracking behavior of ultrahigh-performance fiber-reinforced concrete	Tasa de crecimiento de 1 °C/min, exposición de 150, 200, 300 y 400°C durante 4 horas.[33]

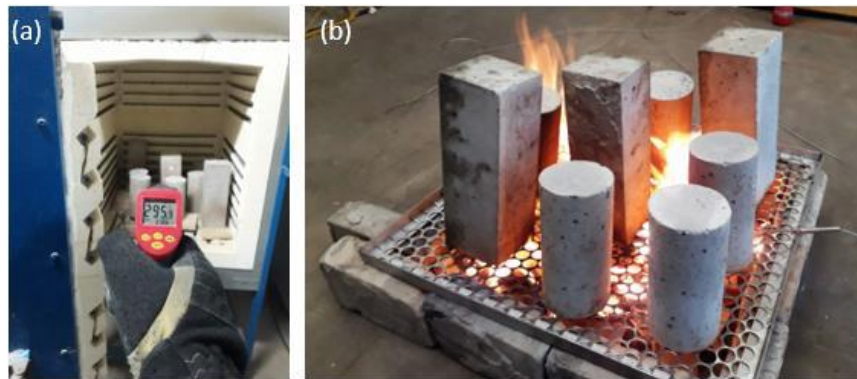
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Mencionado todo lo anterior, en el presente trabajo experimental se definió las siguientes temperaturas de exposición 100, 280 y 600 °C, como método de exposición fueron usados hornos con una tasa de crecimiento de 10 °C/min y un periodo de 2 horas en la temperatura máxima, además de reposar 24 horas dentro de los mismos para su enfriamiento.

### 2.2.2. Etapa 2: Observación de propiedades físicas

En la segunda etapa se implementaron métodos experimentales, debido a la implementación de hornos para la exposición a las diferentes temperaturas. Pero antes de ingresar a los hornos se tomaron las masas de las distintas probetas, con el fin de terminada la exposición al calor ser medidas nuevamente y así se determinó el porcentaje de pérdida de masa con respecto a la temperatura.

**Figura 4.** Tipos de exposición a altas temperaturas



**Fuente:** Días, M., Calmon, J. Polymeric fiber reinforced concrete exposed to fire[11]

Las probetas que fueron analizadas en esta etapa serán las afectadas por la temperatura es decir aquellas afectadas por un calentamiento de sus materiales mediante el horno.

**Tabla 10.** Muestras analizadas en etapa 2

Contenido de fibra (kg/m <sup>3</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Edad 28 (días)			Total
		Temp 100 °C	Temp 280 °C	Temp 600 °C	
0	210	3	3	3	9
3		3	3	3	9
0	240	3	3	3	9
3		3	3	3	9
<b>TOTAL:</b>					<b>36</b>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

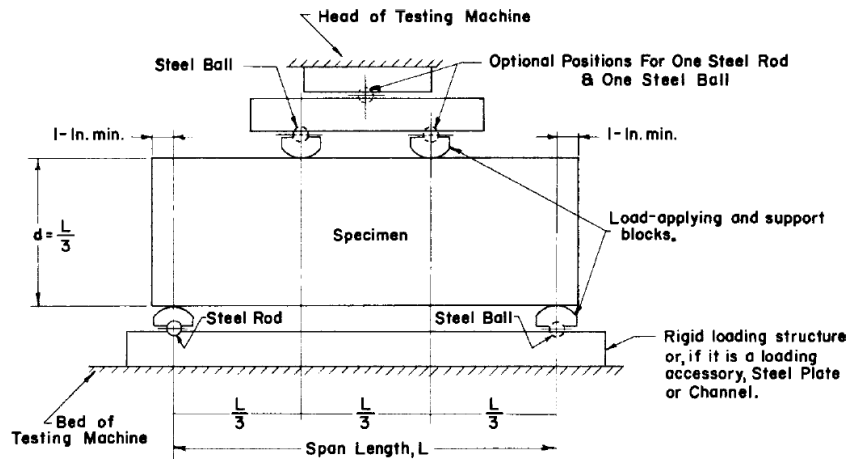
Además, de analizar las masas de las probetas antes y después de la exposición se observó como el hormigón reforzado y no reforzado con fibras de polipropileno reacción a las altas temperaturas, ya que después de la exposición al fuego, se generaron grietas en el hormigón por el fenómeno spalling también conocido como agrietamiento explosivo, provocado por el aumento de presión del agua dentro de la probeta. Estas grietas fueron señaladas en distintas probetas para notar su diferencia con respecto a la temperatura de exposición.

Como último proceso se observó el cambio en las fibras cuando son expuestas al calor, para así determinar un comportamiento cuando supera los puntos de fusión dentro de las probetas, esto se lo realizo en un horno sometiendo a temperaturas mayores a 170 °C y verificando mediante fotos los cambios físicos en la estructura de la fibra.

### **2.2.3. Etapa 3: Identificación de la variabilidad de resistencia a flexión**

En la tercera etapa, se empelo un método experimental debido a que se realizó el ensayo a flexión en 4 puntos de las probetas de norma ASTM C1609, para identificar la diferencia de resistencia generada por las temperaturas de exposición, además como las distintas resistencias de diseño de las probetas afectan en este fenómeno. [34]

**Figura 5.** Ensayo ASTM C78



**Fuente:** Astm C78/C78M, “Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)”

Realizado el ensayo se analizó los registros de carga y deformación, en base a estos resultados se calculó el esfuerzo máximo y los esfuerzos residuales obtenidos de las deformaciones ocasionadas en  $L/600$  y  $L/150$ . Para obtener el esfuerzo en los distintos puntos se empleó la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P * L}{b * d^2}$$

Donde:

$\sigma$ = Esfuerzo (Mpa)

P= Carga (N)

L= Longitud entre apoyos de acero (mm)

d= Altura de probeta en el punto de falla (mm)

b= Ancho de probeta en el punto de falla (mm)

Terminado el ensayo a flexión se procedió con el conteo de fibras en la probeta con el objetivo de determinar el coeficiente de orientación de las fibras, además de observar cuantas fibras se encontraban dentro de la probeta después de la exposición a altas temperaturas.

#### **2.2.4. Etapa 4: Comparación de resistencias en diferentes temperaturas**

Por último, la cuarta etapa corresponde a dos métodos el primero es experimental, porque se compararon los resultados anteriormente obtenidos con respecto a las condiciones físicas de las probetas y su desempeño en el ensayo a flexión, el segundo método es descriptivo por la comparación realizada con investigaciones relacionadas al mismo tema sobre el uso de fibras en el hormigón para después ser expuesto a altas temperaturas. En el primer método se emplearon todas las probetas de la tabla 7. En la segunda fase aparte se usó investigaciones de hormigones reforzados con fibras de acero y plásticas.



## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Análisis y discusión de los resultados

Debido a la división del presente trabajo experimental en etapas, los resultados obtenidos fueron mostrados en ese orden, donde en la etapa preliminar se desarrollaron todos los ensayos con respecto a los materiales pétreos.

#### 3.1.1. Resultados etapa preliminar

##### Dosificación

Se obtuvo la dosificación para las diferentes resistencias por el método densidad óptima, donde los resultados de los materiales se detallan a continuación:

**Tabla 11.** Resumen de las propiedades del cemento y agregados

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Densidad real del cemento: DRC	3.075	Kg/dm <sup>3</sup>
Densidad real de la arena: DRA	2.467	Kg/dm <sup>3</sup>
Densidad real del ripio: DRR	2.610	Kg/dm <sup>3</sup>
Porcentaje óptimo de arena: POA	49	%
Porcentaje óptimo de ripio: POR	51	%
Densidad óptima de la mezcla: DOM	1.877	Kg/dm <sup>3</sup>
Capacidad de absorción de la arena: CAA	2.056	%
Capacidad de absorción del ripio: CAR	2.982	%

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Con los resultados de la tabla 11, se realizó la dosificación para hormigón 240 kg/cm<sup>2</sup> (R1) y para resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> (R2), dando como resultado la dosificación para un 1m<sup>3</sup> especificado en la tabla 12 y 13. En la cual se añadió una dosificación de fibra correspondiente a 3 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 12.** Dosificación del hormigón 240 kg/cm<sup>2</sup>

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO</b>	<b>DOSIFICACION AL PESO</b>
Agua	196.42	0.56
Cemento	350.07	1
Arena	833.51	2.38
Ripio	917.81	2.62
Plastificante	1.892	0.005
Fibra (3kg/m3)	3.00	-

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

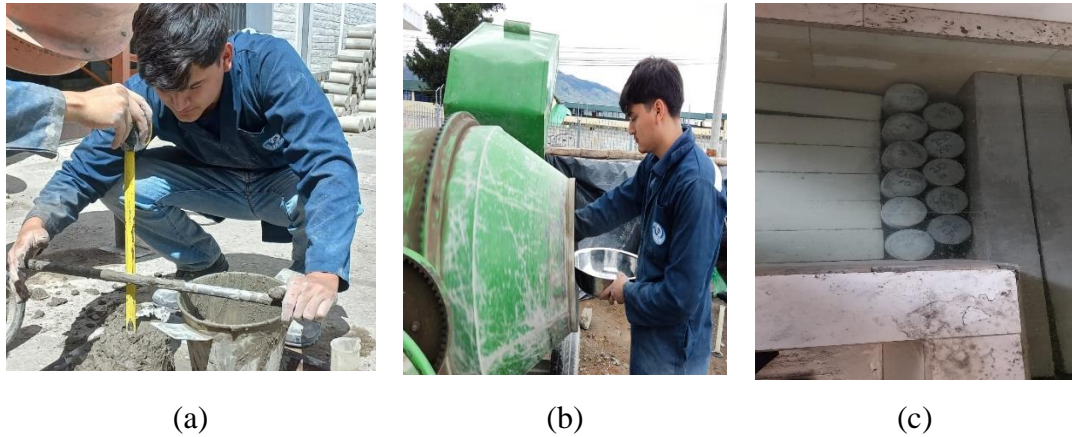
**Tabla 13.** Dosificación del hormigón 210 kg/cm<sup>2</sup>

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD EN KG POR M3 DE CONCRETO</b>	<b>DOSIFICACION AL PESO</b>
Agua	198.94	0.58
Cemento	343.00	1
Arena	833.51	2.43
Ripio	917.81	2.68
Plastificante	1.892	0.005
Fibra (3kg/m3)	3.00	-

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Las probetas se elaboraron en moldes de conglomerado y su mezclado se realizó en concretera para una mejor dispersión de las fibras de polipropileno por toda la masa de hormigón, fueron desencofradas a las 24 horas y su curado fue de 28 días.

**Figura 6.** (a) Control de asentamiento, (b) Adición de fibras al hormigón (c) Curado de las probetas



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

### Comportamiento a compresión

En la tabla 14 muestra la resistencia a compresión obtenida a los 28 días por parte de los 12 especímenes cilíndricos donde se comprobó la resistencia a la cual fueron diseñadas las vigas, siendo para R1 26.94 Mpa y R2 22.09 Mpa.

**Tabla 14.** Resistencia a compresión

Resistencia a la compresión (28 días) Mpa		
Espécimen	R1	R2
1	27.37	24.34
2	28.10	22.01
3	26.19	20.77
4	26.16	22.70
5	26.42	20.75
6	27.40	21.95
<b>Promedio (Mpa)</b>	26.94	22.09

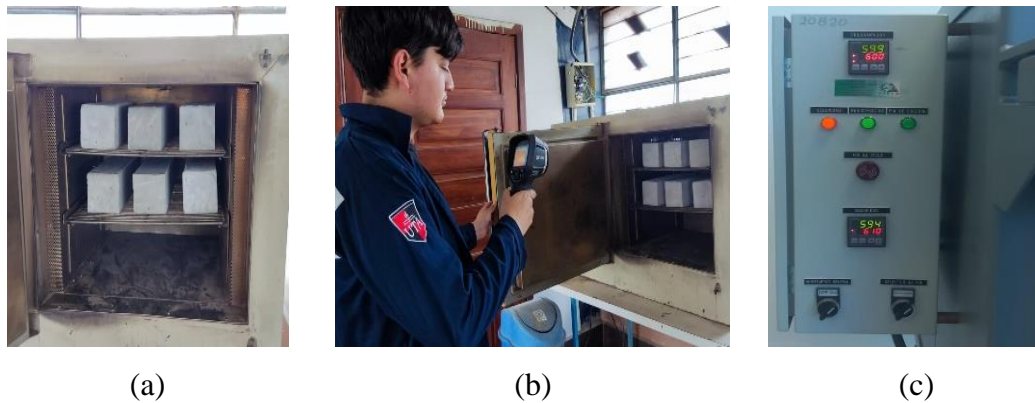
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

### Control y exposición de temperatura

Se utilizaron dos hornos para la exposición a las altas temperaturas de las probetas. Para la exposición hasta los 280 °C se empleó el horno de marca PRECISION ubicado en los laboratorios de la facultad de ingeniería civil, como este solo tiene una temperatura máxima de 350 °C, se usó para la exposición de 600 °C el horno del centro carrocero de la ciudad de Ambato. En todas las temperaturas la tasa de crecimiento fue de 10 °C/min, donde en el primer horno el control se lo realizo con una cámara

termográfica, en cambio el segundo horno presentaba un termómetro propio. Una vez terminada la medición máxima de temperatura la exposición fue constante durante un periodo de 2 horas.

**Figura 7.** (a) Ubicación de probetas en el horno, (b) y (c) control de temperatura probetas



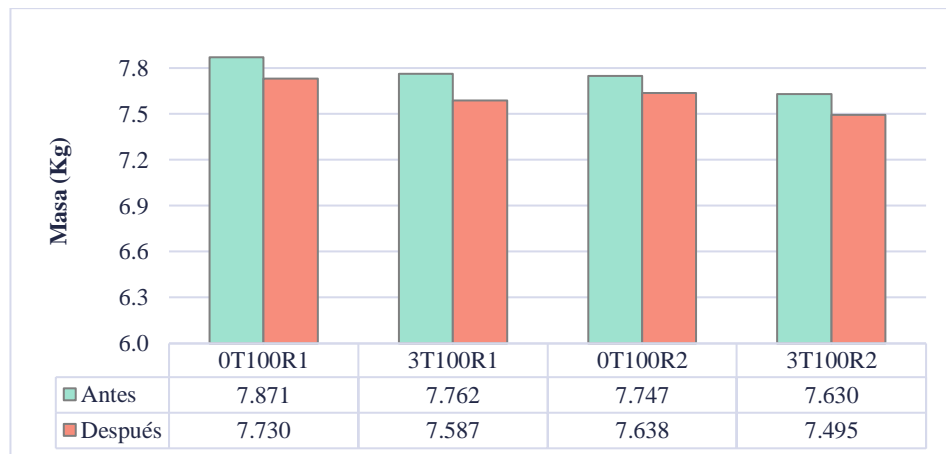
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

### 3.1.2. Observación de las propiedades físicas

#### Pérdida de masa

Como se describe en la tabla 10 son 36 las probetas expuestas a altas temperaturas, en la figura 8, se detallaron las pérdidas de masa correspondientes a los 100 °C de exposición, donde el promedio de las probetas R1 tuvieron una mayor pérdida con un 1.8% para el hormigón sin fibra y 2.26% con fibra. En cambio, las probetas R2 la pérdida fue al revés el hormigón sin fibra perdió un 1.91% y el HRF 1.77%.

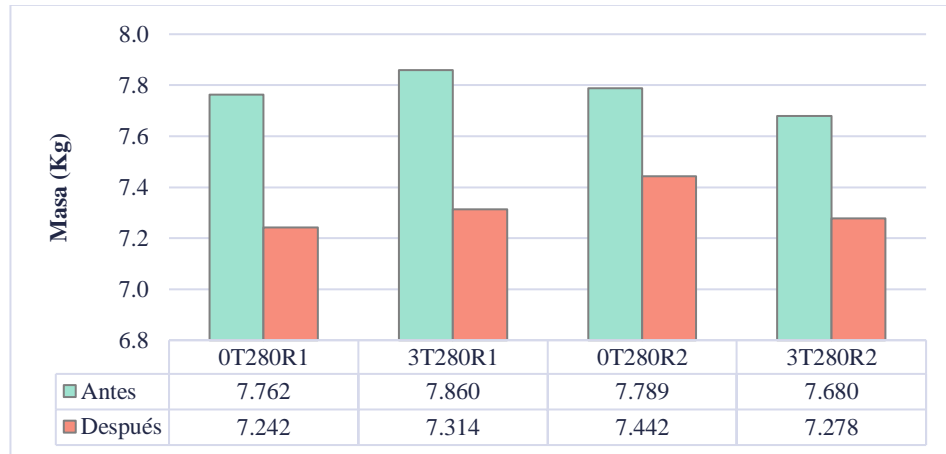
**Figura 8.** Diferencia de masa a 100°C



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Las probetas de exposición 280 °C, son detalladas en la figura 9, en este caso tanto las probetas R1 como R2 tuvieron el mismo comportamiento, donde la mayor pérdida de masa se generó en los HRF con 6.95% y 5.23%.

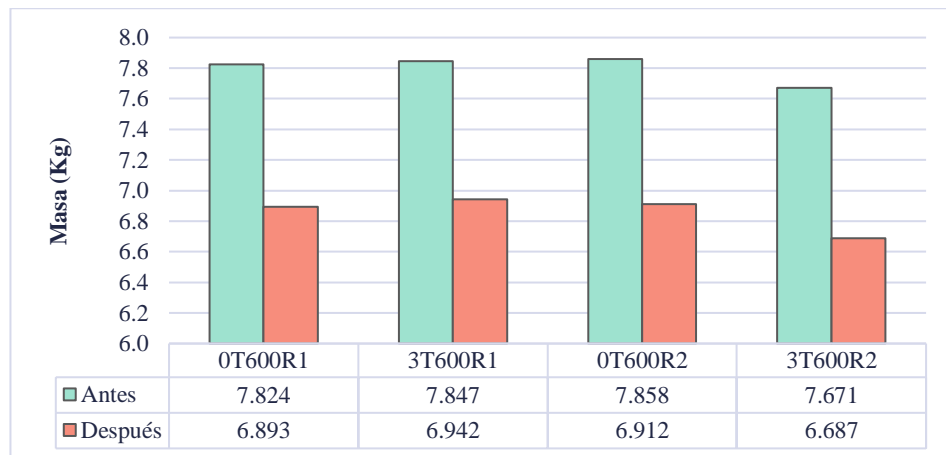
**Figura 9.** Diferencia de masa a 280°C



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

En la exposición a 600 °C, se perdió más masa en las probetas R2 siendo las HRF las de mayor pérdida con un 12.84% y la menor pérdida las HRF de R1, la masa antes y después de la exposición se represente en la figura 10.

**Figura 10.** Diferencia de masa a 600 °C



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

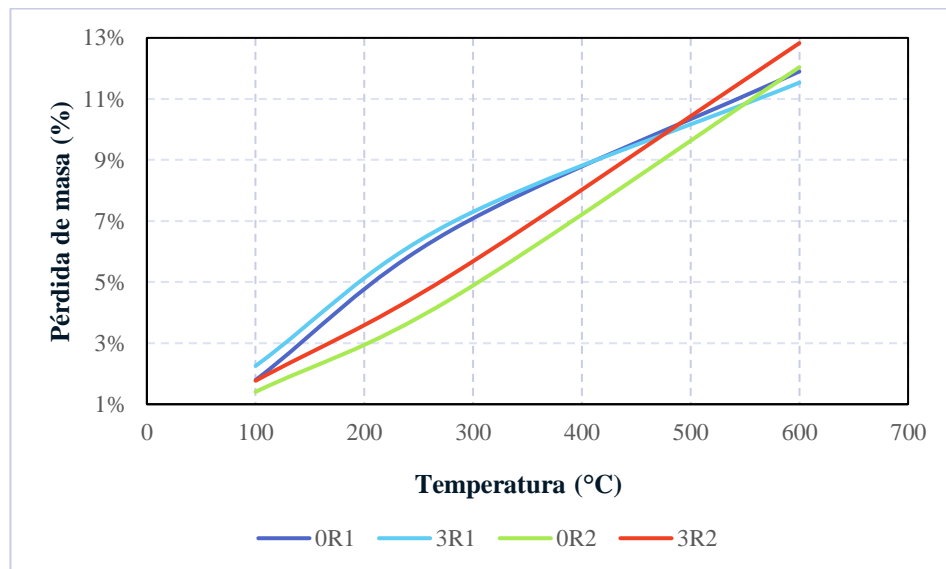
Los porcentajes descritos anteriormente son detallados en la tabla 15 y graficados en la figura 11, donde se presenta como a mayores temperaturas mayores son las pérdidas de masa de las probetas, pero no generando mayores diferencias entre las probetas con y sin adición de fibra.

**Tabla 15.** Porcentaje de pérdida con respecto a temperatura

Prueba	Temperatura de exposición (°C)	Masa (kg)		Porcentaje de pérdida
		Antes	Después	
0T100R1	100	7.8710	7.7300	1.79%
3T100R1		7.7620	7.5870	2.25%
0T100R2		7.74700	7.63800	1.41%
3T100R2		7.63000	7.49500	1.77%
0T280R1	280	7.76200	7.24200	6.70%
3T280R1		7.86000	7.31400	6.95%
0T280R2		7.78900	7.44200	4.46%
3T280R2		7.68000	7.27800	5.23%
0T600R1	600	7.82400	6.89300	11.90%
3T600R1		7.84700	6.94200	11.53%
0T600R2		7.85800	6.91200	12.04%
3T600R2		7.67100	6.68700	12.83%

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 11.** Pérdida de masa – Temperatura



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

En la investigación realizada por Ramiro, C.[8] en hormigones reforzados con poliolefina al exponerse a una temperatura de 150 °C, la pérdida de masa fue entre 2.63% y 2.48%, mientras que en probetas sin refuerzo la pérdida de masa va de 2.48% a 2.63%, cuando la exposición es de 200 °C la pérdida subió a un 4.8% en probetas con fibra, pero en probetas sin fibra siguió la misma tendencia de tener menor pérdida siendo de 4.48% a 4.67%. Estos resultados fueron mayores con respecto a los 100 °C




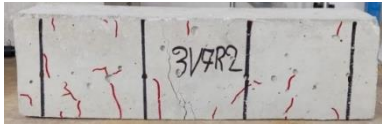

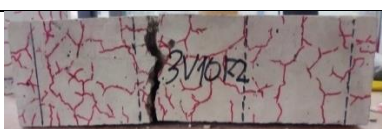
de exposición realizados, pero siguen la misma tendencia donde la mayor pérdida de masa se da en las probetas reforzadas con fibra, esto se puede producir por el tipo de fibra empleado (monofilamento) la cual se emplea en usos más estructurales y no en un uso de control del spalling.

Por otro parte la investigación realizada por Dias, M., Calmon, J y Viera, G.[11] en los hormigones reforzados con polipropileno expuestos a 300 °C, se perdió en los 700 °C un total de 7.5% y el hormigón sin refuerzo un 7.2%, a estos niveles de temperatura el punto de fusión es sobrepasado, por tal motivo se genera el mismo comportamiento al presente trabajo experimental, donde existe mayor pérdida de masa en probetas reforzadas o existe una diferencia mínima, en este caso se debe al no efecto de las fibras en estas temperaturas por sobrepasar la temperatura de fusión.

### Fisuras

La tabla 16 muestra las fisuras producidas en las probetas correspondientes a la temperatura que fueron expuestas tanto en hormigón simple como el HRF.

**Tabla 16.** Probetas fisuradas

Temperatura	Probetas sin fibra	Probetas con fibra
100 °C		
280 °C		
600 °C		





**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Se evidenció un incremento de fisuras visibles a medida que sube la temperatura, siendo las probetas expuestas a 600 °C la de mayores marcas de fisuras por toda su superficie, pero en comparación una con otras existe una menor fisuración en las HRF, en este caso de observación es evidente el aporte de las fibras al hormigón expuesto.

### Comportamiento de fibras en temperaturas mayores al punto de fusión

Las fibras de polipropileno como se presentó en su ficha técnica la temperatura de fusión es 160-170 °C, como la temperatura de exposición en algunas probetas fue mayor al punto de fusión de fibras, se procedió a calentar 3 fibras por separado en un horno para evaluar cómo fueron afectadas de manera física ante temperaturas mayores al punto de fusión.

**Tabla 17.** Comportamiento de fibra expuesta a altas temperaturas

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Propiedad
20	200	
60	200	
80	220	
95	250	

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada



La fibra pierde su estructura después de 20 minutos a una temperatura de 200 °C y se vuelve una masa viscosa, llegado a los 60 minutos en esta misma temperatura comienza a tomar un estado líquido, pero pasado los 200 °C comienza su transformación a un estado gaseoso de la fibra y siguiendo el mismo comportamiento en 250 °C. Con estos resultados se evidenció un comportamiento líquido y gaseoso a mayores temperaturas del punto de fusión de la fibra.

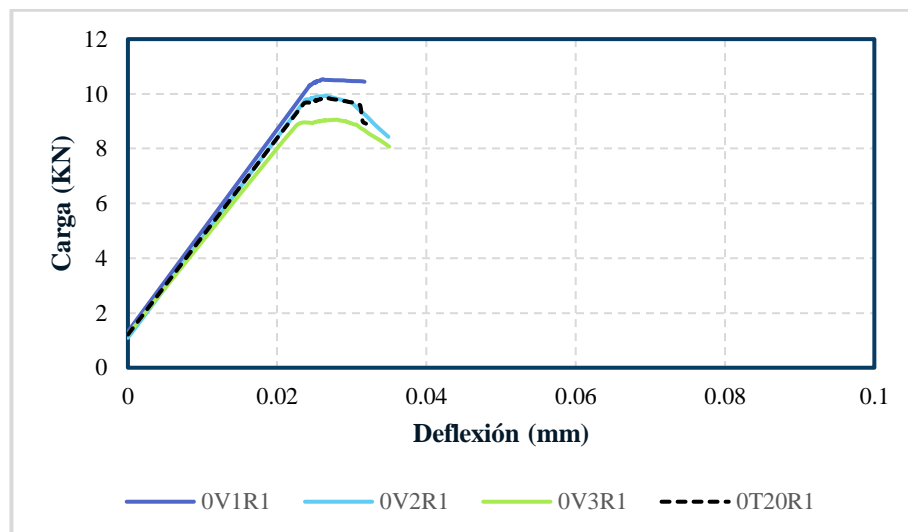
### 3.1.3. Variabilidad de resistencia

Como se mencionó anteriormente para cada una de las resistencias se ensayaron 12 probetas, de manera que se obtuvieron 4 curvas características (T20, T100, T280, T600), cada una correspondiente a su temperatura de exposición.

### Comportamiento a flexión hormigón sin fibras resistencia 240 kg/cm<sup>2</sup>

En las figuras 12, 13, 14 y 15, se evidencia la diferencia de carga de acuerdo con la temperatura de exposición, en todas las gráficas, la curva roja simboliza el promedio correspondiente a las 3 probetas ensayadas.

**Figura 12.** Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T20R1



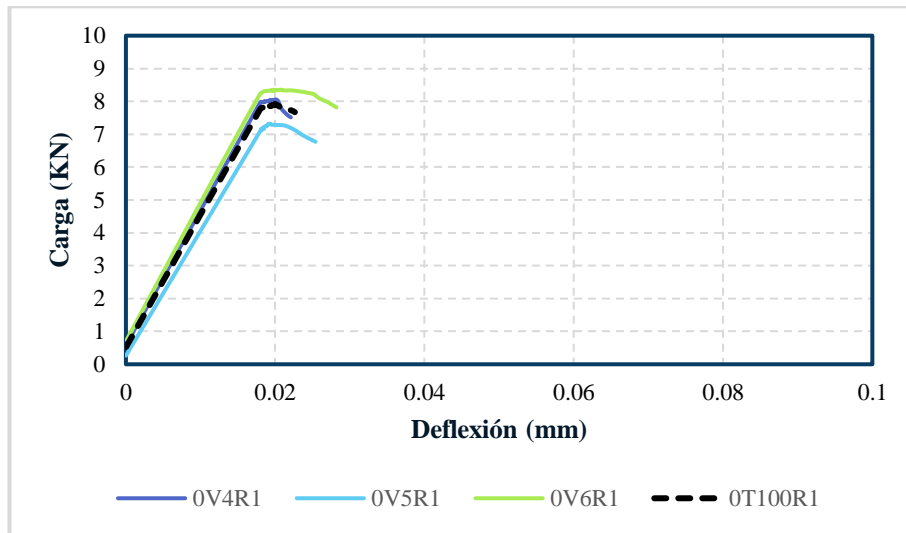
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 18.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras OT20R1

Dosificación de 0kg/m <sup>3</sup> de fibra (OT20R1)			
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo
0V1R1	0.0261	10535	3.160
0V2R1	0.0266	9924	2.977
0V3R1	0.0281	9058	2.717
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.222
Promedio	0.0269	9839	2.951

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 13.** Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra OT100R1



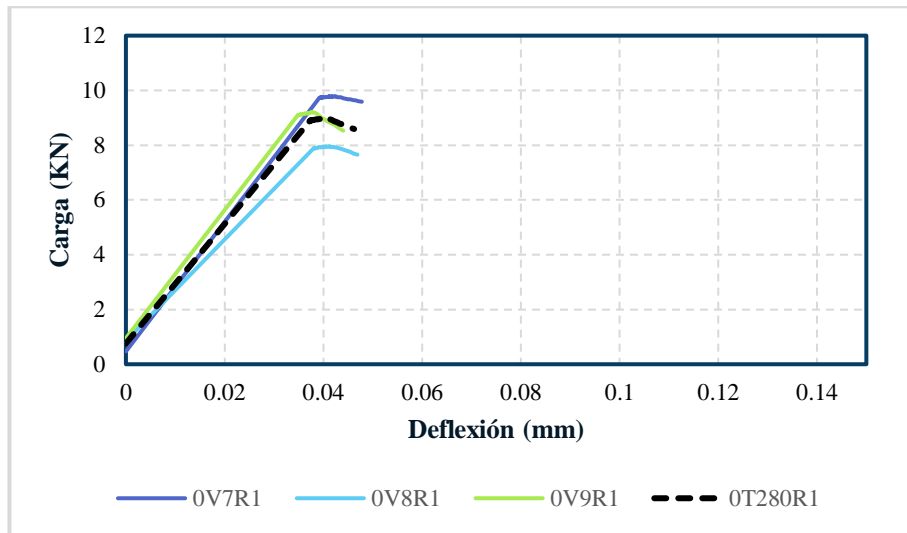
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 19.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras OT100R1

Dosificación de 0kg/m <sup>3</sup> de fibra (OT100R1)			
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo
0V4R1	0.0202	8055	2.417
0V5R1	0.0193	7320	2.196
0V6R1	0.0208	8359	2.507
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.160
Promedio	0.0201	7911	2.373

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 14.** Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T280R1



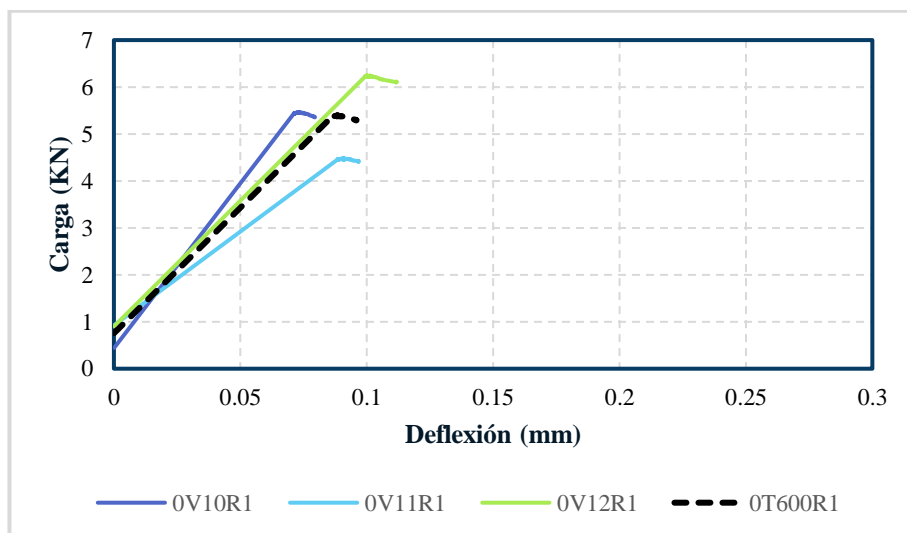
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 20.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T280R1

Dosificación de 0kg/m <sup>3</sup> de fibra (0T280R1)			
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo
0V7R1	0.0425	9786	2.936
0V8R1	0.0413	7963	2.389
0V9R1	0.0377	9212	2.763
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.280
Promedio	0.0405	8987	2.696

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 15.** Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T600R1



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 21.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T600R1

Dosificación de 0kg/m <sup>3</sup> de fibra (0T600R1)			
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo
0V10R1	0.0732	5470	1.641
0V11R1	0.0908	4486	1.346
0V12R1	0.1014	6246	1.874
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.265
Promedio	0.0885	5401	1.620

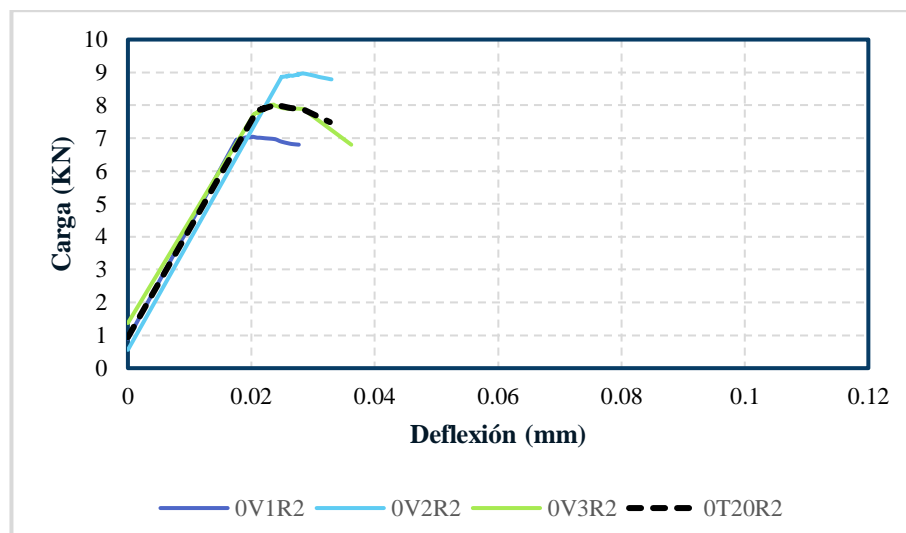
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

El esfuerzo promedio para T20R1 fue 2.952 Mpa y la deflexión en este punto fue 0.0269 mm, cuando las probetas sufrieron exposición a 100 °C el esfuerzo se redujo un 19.61% y en 25.28% la deflexión, pero este comportamiento no se replicó a los 280 °C, debido al aumento de la deflexión en las probetas teniendo un incremento de 0.0136 mm y un decrecimiento de 0.256 Mpa en el esfuerzo con respecto a la temperatura ambiente, por último a 600 °C tanto el esfuerzo como la deflexión fueron muy afectados con una reducción del 45.12% de esfuerzo y un incremento de 0.0616 mm en la deflexión.

### Comportamiento a flexión hormigón sin fibras resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>

Las figuras 16, 17, 18 y 19, representan la carga vs deflexión en la segunda resistencia de diseño para las probetas prismáticas.

**Figura 16.** Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T20R2



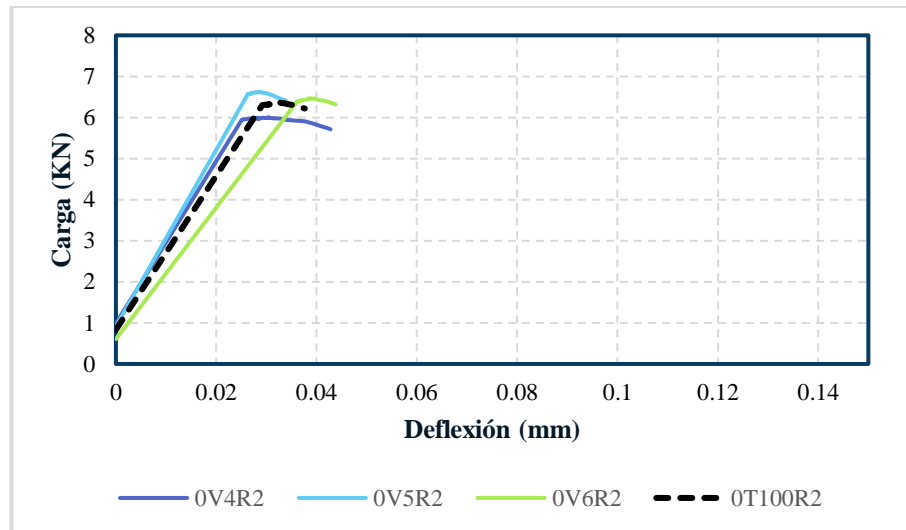
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 22.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T20R2

Dosificación de 0kg/m <sup>3</sup> de fibra (0T20R2)			
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo
0V1R2	0.0202	7043	2.096
0V2R2	0.0283	8968	2.690
0V3R2	0.0236	8019	2.405
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.297
Promedio	0.0240	8019	2.397

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 17.** Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra 0T100R2



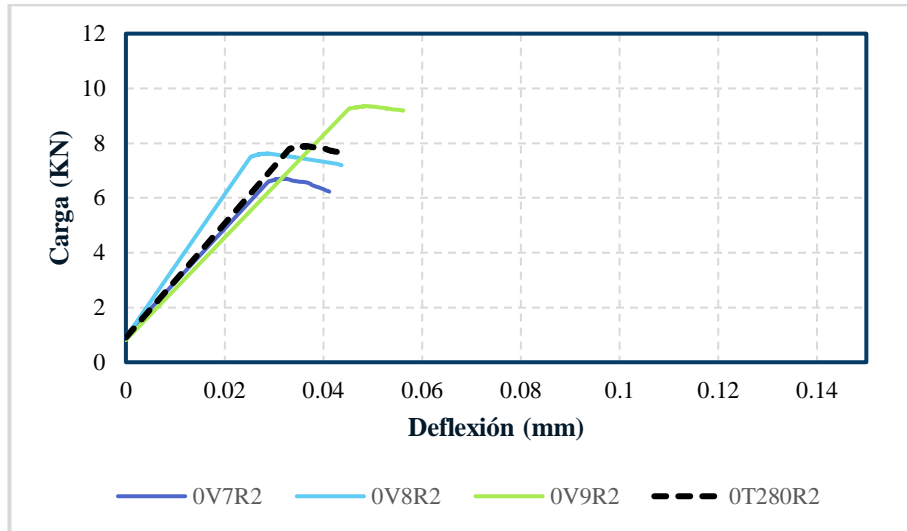
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 23.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T100R2

Dosificación de 0kg/m <sup>3</sup> de fibra (0T100R2)			
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo
0V4R2	0.0304	6004	1.801
0V5R2	0.0289	6624	1.987
0V6R2	0.0387	6470	1.941
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.097
Promedio	0.0327	6366	1.910

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 18** Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra OT280R2



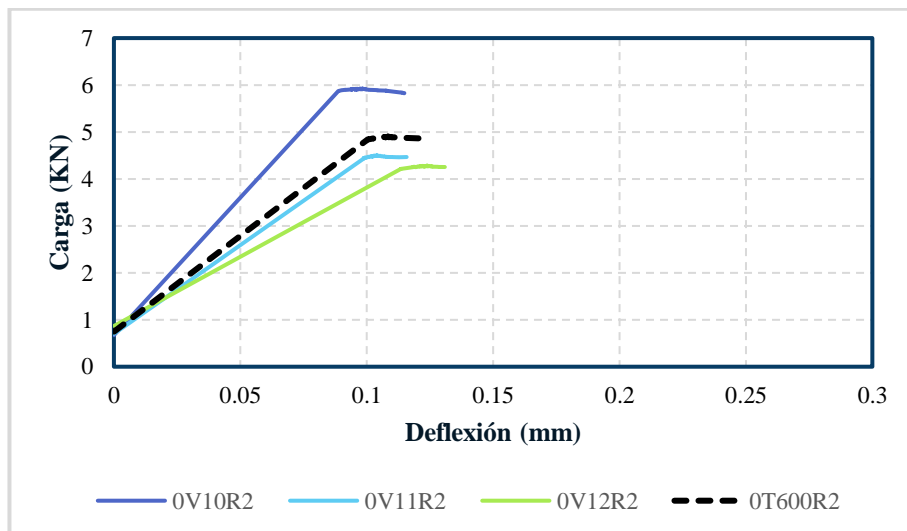
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 24.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras OT280R2

Dosificación de 0kg/m <sup>3</sup> de fibra (OT280R2)			
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo
0V7R2	0.0326	6704	2.011
0V8R2	0.0289	7622	2.286
0V9R2	0.0487	9362	2.808
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.405
Promedio	0.0367	7896	2.369

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 19.** Curva carga – deflexión para hormigón sin fibra OT600R2



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 25.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón sin fibras 0T600R2

Dosificación de 0kg/m <sup>3</sup> de fibra (0T600R2)			
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Esfuerzo Máximo
0V10R2	0.0974	5925	1.777
0V11R2	0.1041	4505	1.351
0V12R2	0.1239	4287	1.286
Desviación estándar (Esfuerzo máximo)			0.266
Promedio	0.1085	4906	1.471

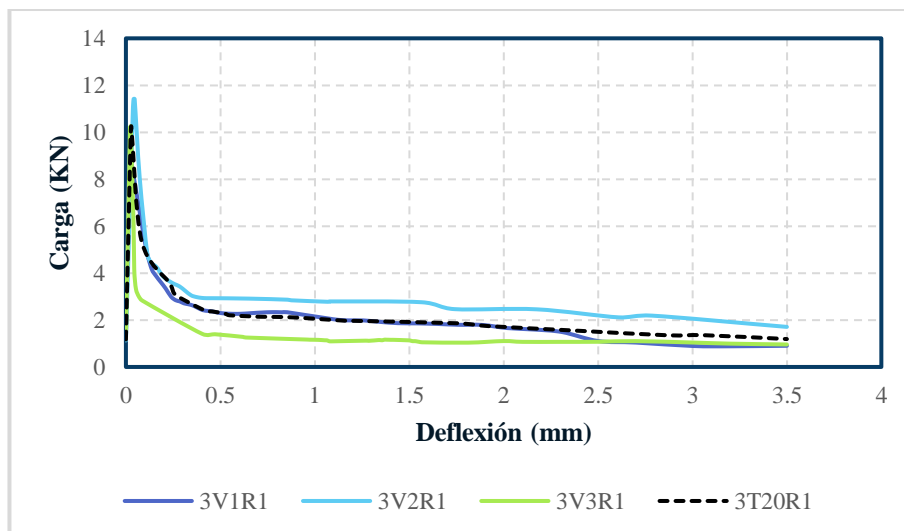
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Las probetas R2 de hormigón simple, sufrieron mayor deformación conforme la temperatura de exposición era alta siendo a 20 °C de 0.0240 mm de deflexión y teniendo un incremento de 0.0845 mm a su temperatura alta de exposición, en cambio el esfuerzo se redujo en un 38.59%, pero con una diferencia en los 280 °C donde el esfuerzo se mantuvo casi igual a la temperatura ambiente.

### Comportamiento a flexión hormigón con fibras resistencia 240 kg/cm<sup>2</sup>

El hormigón al encontrarse reforzado con fibra aumenta su tenacidad una vez termina la rotura, en este caso se evaluaron la resistencia final y sus deflexiones en estos puntos, debido a su diferente comportamiento después de la rotura con respecto al hormigón simple.

**Figura 20.** Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T20R1



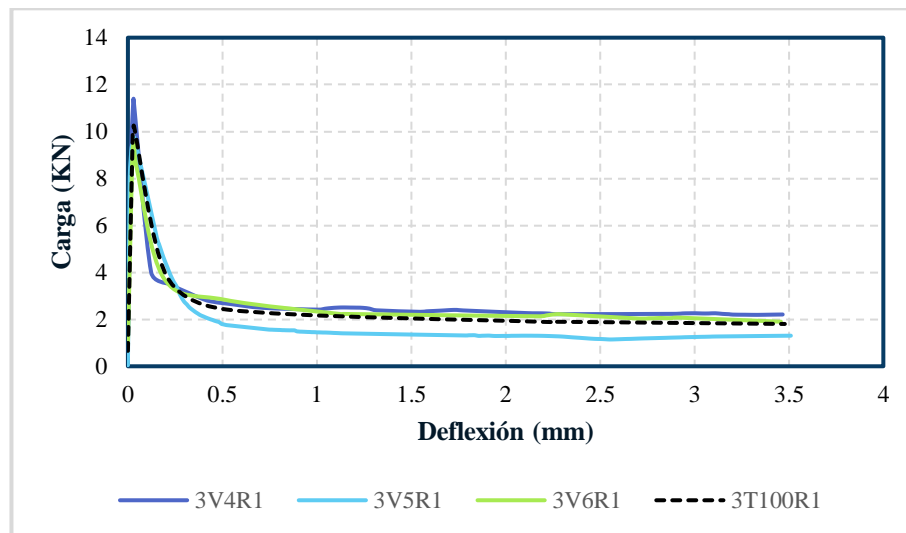
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 26.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T20R1

Dosificación de 3kg/m <sup>3</sup> de fibra (3T20R1)							
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Carga (L/600)	Carga (L/150)	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo (L/600)	Esfuerzo (L/150)
3V1R1	0.020	9032.00	2287.66	1656.19	2.71	0.69	0.50
3V2R1	0.041	11421.00	2929.16	2455.62	3.43	0.88	0.74
3V3R1	0.025	10260.00	1394.22	1103.40	3.08	0.42	0.33
Desviación estándar					0.358	0.231	0.204
<b>Promedio</b>	<b>0.028688</b>	<b>10238</b>	<b>2204</b>	<b>1738</b>	<b>3.07</b>	<b>0.66</b>	<b>0.52</b>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 21.** Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T100R1



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

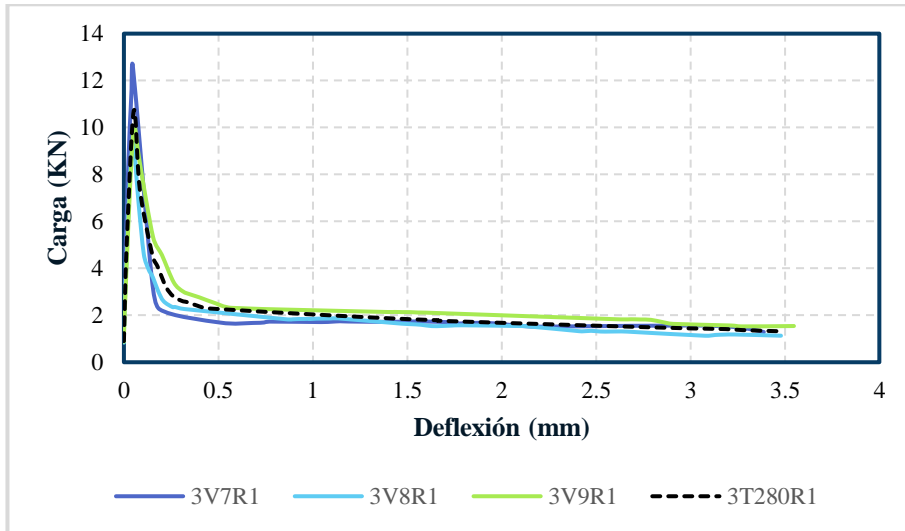
**Tabla 27.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T100R1

Dosificación de 3kg/m <sup>3</sup> de fibra (3T100R1)							
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Carga (L/600)	Carga (L/150)	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo (L/600)	Esfuerzo (L/150)
3V4R1	0.030	11400.00	2655.30	2263.69	3.42	0.80	0.68
3V5R1	0.035	9723.00	1789.24	1292.63	2.92	0.54	0.39
3V6R1	0.031	9603.00	2829.81	2128.60	2.88	0.85	0.64
Desviación estándar					0.301	0.167	0.158
<b>Promedio</b>	<b>0.0318844</b>	<b>10242</b>	<b>2425</b>	<b>1895</b>	<b>3.07</b>	<b>0.73</b>	<b>0.57</b>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada



**Figura 22.** Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T280R1



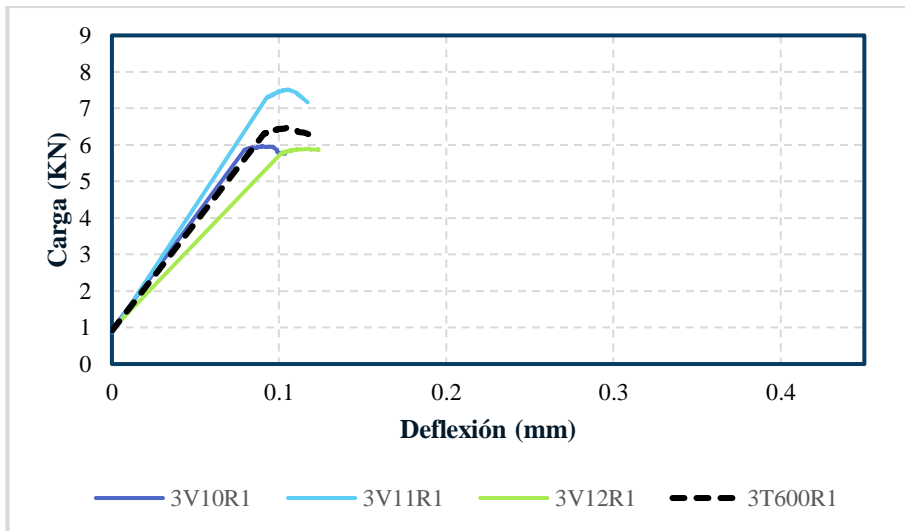
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 28.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T280R1

Dosificación de 3kg/m <sup>3</sup> de fibra (3T280R1)							
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Carga (L/600)	Carga (L/150)	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo (L/600)	Esfuerzo (L/150)
3V7R1	0.047	12619.00	1691.18	1521.75	3.79	0.51	0.46
3V8R1	0.051	9380.00	2013.72	1543.68	2.81	0.60	0.46
3V9R1	0.057	10084.00	2506.26	1952.41	2.37	0.75	0.59
Desviación estándar					0.725	0.123	0.073
<b>Promedio</b>	<b>0.0517</b>	<b>10694</b>	<b>2070</b>	<b>1673</b>	<b>2.99</b>	<b>0.62</b>	<b>0.50</b>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 23.** Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T600R1



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 29.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T600R1

Dosificación de 3kg/m <sup>3</sup> de fibra (3T600R1)							
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Carga (L/600)	Carga (L/150)	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo (L/600)	Esfuerzo (L/150)
3V10R1	0.0901	5972.86	0.00	0.00	1.792	0.00	0.00
3V11R1	0.1052	7524.81	0.00	0.00	2.257	0.00	0.00
3V12R1	0.1174	5902.29	0.00	0.00	1.771	0.00	0.00
Desviación estándar					0.275	0.00	0.000
<b>Promedio</b>	<b>0.1042</b>	<b>6467</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.940</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

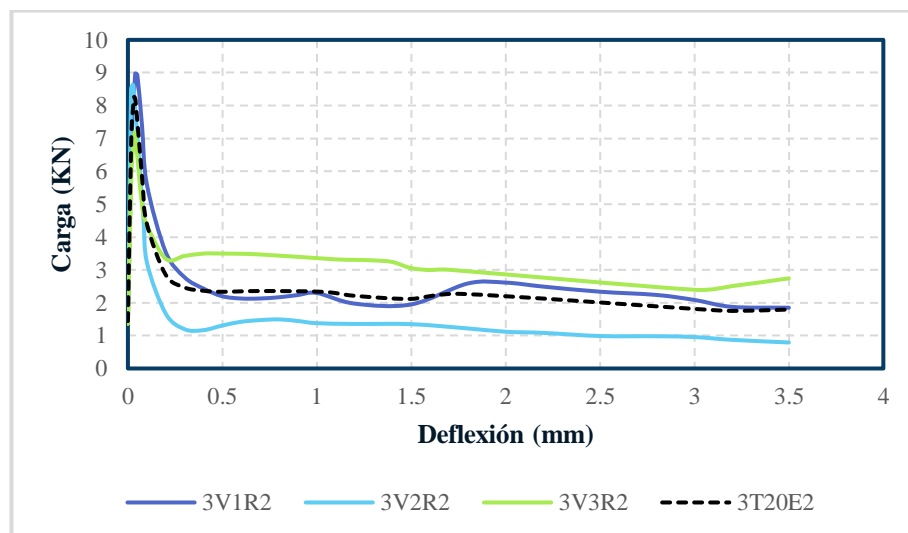
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Cuando se trata de los HRF el esfuerzo máximo para T20R1 era 3.071 Mpa y la deflexión en este punto era 0.0287 mm, cuando las probetas sufrieron exposición a 100 °C el esfuerzo no se redujo considerablemente, pero si aumento su deflexión en 10.02%, este comportamiento se replicó a los 280 °C, debido al aumento de la deflexión en las probetas teniendo un incremento de 0.0230 mm y el esfuerzo se consideró casi igual a la temperatura ambiente, por último a 600 °C tanto el esfuerzo como la deflexión fueron muy afectados con una reducción del 36.81% de esfuerzo y un incremento de 0.0755 mm en la deflexión.

### Comportamiento a flexión hormigón con fibras resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>

En las figuras 24, 25, 26 y 27, se evidencian los comportamientos del hormigón reforzado con fibras en R2.

**Figura 24.** Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T20R2



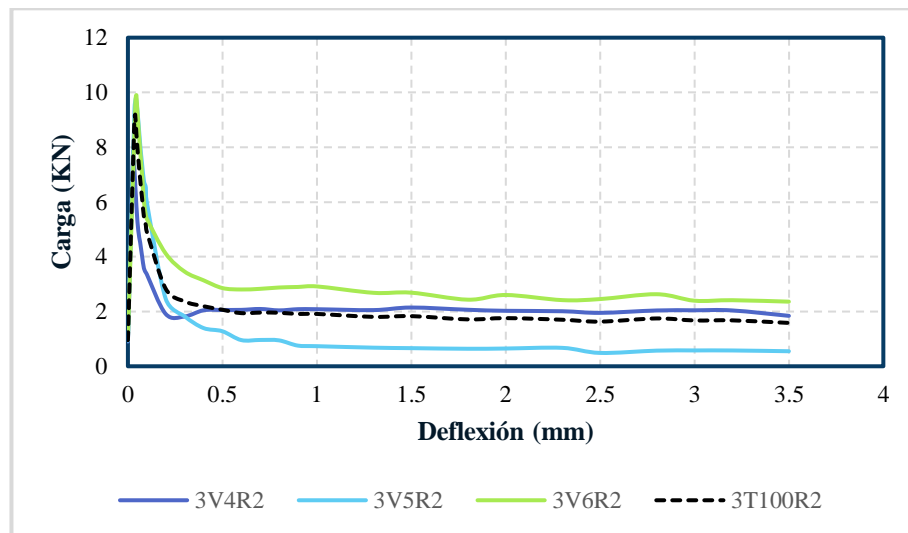
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 30.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T20R2

Dosificación de 3kg/m <sup>3</sup> de fibra (3T20R2)							
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Carga (L/600)	Carga (L/150)	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo (L/600)	Esfuerzo (L/150)
3V1R2	0.039	8970.00	2198.54	2613.07	2.69	0.66	0.78
3V2R2	0.026	8638.70	1307.17	1118.02	2.59	0.39	0.34
3V3R2	0.035	7181.17	3497.12	2873.23	2.15	1.05	0.86
Desviación estándar					0.286	0.330	0.284
<b>Promedio</b>	<b>0.0332333</b>	<b>8263</b>	<b>2334</b>	<b>2201</b>	<b>2.48</b>	<b>0.70</b>	<b>0.66</b>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 25.** Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T100R2



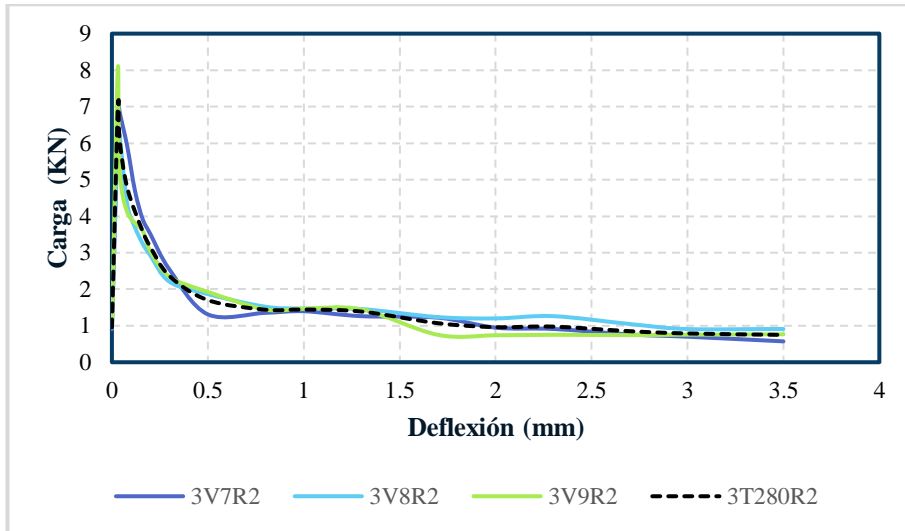
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 31.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T100R2

Dosificación de 3kg/m <sup>3</sup> de fibra (3T100R2)							
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Carga (L/600)	Carga (L/150)	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo (L/600)	Esfuerzo (L/150)
3V4R2	0.029	7876.40	2057.08	2025.92	2.36	0.62	0.61
3V5R2	0.042	9797.00	1279.20	648.50	2.94	0.38	0.19
3V6R2	0.045	9905.00	2856.89	2602.80	2.97	0.86	0.78
Desviación estándar					0.342	0.237	0.301
<b>Promedio</b>	<b>0.0385</b>	<b>9193</b>	<b>2064</b>	<b>1759</b>	<b>2.76</b>	<b>0.62</b>	<b>0.53</b>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 26.** Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T280R2



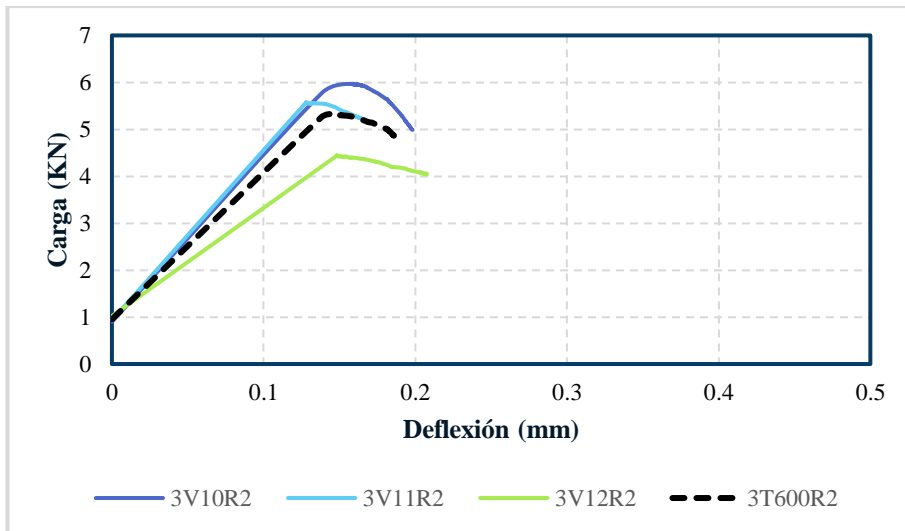
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 32.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T280R2

Dosificación de 3kg/m <sup>3</sup> de fibra (3T280R2)							
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Carga (L/600)	Carga (L/150)	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo (L/600)	Esfuerzo (L/150)
3V7R2	0.036	7117.59	1310.98	946.36	2.14	0.39	0.28
3V8R2	0.036	6320.60	1866.62	1200.32	1.90	0.56	0.36
3V9R2	0.033	8110.70	1927.38	738.46	2.43	0.58	0.22
Desviación estándar					0.269	0.102	0.069
<b>Promedio</b>	<b>0.0351</b>	<b>7183</b>	<b>1702</b>	<b>962</b>	<b>2.15</b>	<b>0.51</b>	<b>0.29</b>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 27.** Curva carga – deflexión para hormigón con fibra 3T600R2



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 33.** Resumen de esfuerzos y deflexiones para hormigón con fibras 3T600R2

Dosificación de 3kg/m <sup>3</sup> de fibra (3T600R2)							
Probetas	Deflexión	Carga Máxima	Carga (L/600)	Carga (L/150)	Esfuerzo Máximo	Esfuerzo (L/600)	Esfuerzo (L/150)
3V10R2	0.1590	5966.82	0.00	0.00	1.790	0.00	0.00
3V11R2	0.1281	5572.64	0.00	0.00	1.672	0.00	0.00
3V12R2	0.1481	4446.67	0.00	0.00	1.334	0.00	0.00
Desviación estándar					0.237	0.00	0.000
<b>Promedio</b>	<b>0.1451</b>	<b>5329</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.60</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

En este tipo de probetas, fue el único resultado donde el comportamiento fue variado, en temperatura ambiente la resistencia fue de 2.478 Mpa y su deflexión en este punto 0.0333 mm, a 100 °C su esfuerzo incrementaron a 2.757 Mpa, en cambio la deflexión aumentó pero no considerablemente, es en los 280 °C donde su comportamiento fue distinto al resto de probetas, debido a reducción en su esfuerzo, pero un mantenimiento en su deflexión, en cambio a los 600 °C se replicó el mismo comportamiento que el resto de probetas disminuyendo su esfuerzo en un 35.45% y teniendo un incremento de 0.112 mm en su deflexión. Debido a la inspección visual realizada en las probetas sometidas a 600 °C, se evidencio la no presencia de fibra la cual genero un comportamiento igual al hormigón sin refuerzo.

La investigación realizada por Mahmud, S., Raju Kawser, [35] el hormigón simple expuesto a una temperatura de 800 a 1000 °C perdió un 60% de fuerza a flexión con respecto a un espécimen no expuesto. En la presente investigación la pérdida de resistencia fue 45.12% en R1 y en R2 un 38.59%, es decir menor a la exposición realizada esto, se debe principalmente a la temperatura de exposición de las probetas. En cambio, Eduardo, G., [36] en el hormigón reforzado con fibras de polipropileno cuando la temperatura sobrepaso los 100 °C la carga soportada fue menor y aumento el desplazamiento de las probetas, pero las curvas de 20 y 100 °C, no sufrieron ningún cambio con respecto a la resistencia pero si en su deformación, estos datos al ser comparados con la presente investigación confirman un mayor desplazamiento a medida sube la temperatura, por otro lado, la modificación en la resistencia en esta investigación es debido a mayores tiempos de exposición en una temperatura constante.

## Distribución de fibras

Debido al uso de hormigón reforzado con fibra para el ensayo a flexión, una vez terminada la prueba se realizó el conteo de fibras y así se determinó el coeficiente de orientación en la cara vertical de la fractura. Existen 3 tipos de posiciones de la fibra en la probeta, rota, deslizada y mal situada, pero como el HRF sufrió una exposición a altas temperaturas también puede existir un 4 caso, donde la fibra se fundió en la probeta por la exposición tan alta al calor.

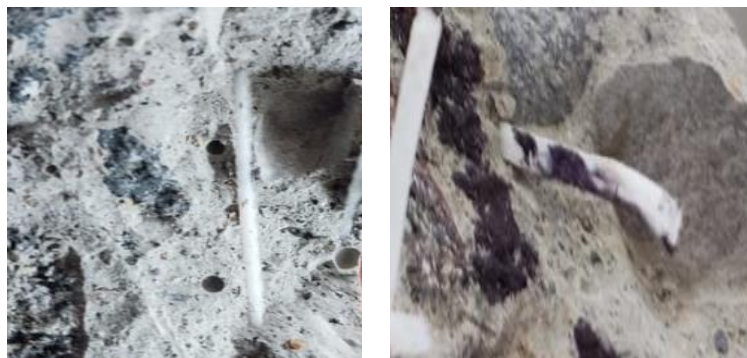
**Figura 28.** Tipos de casos de fibras (a) Deslizada (b) Rota (c) Mal situada (d) Fundida



(a)



(b)



(c)

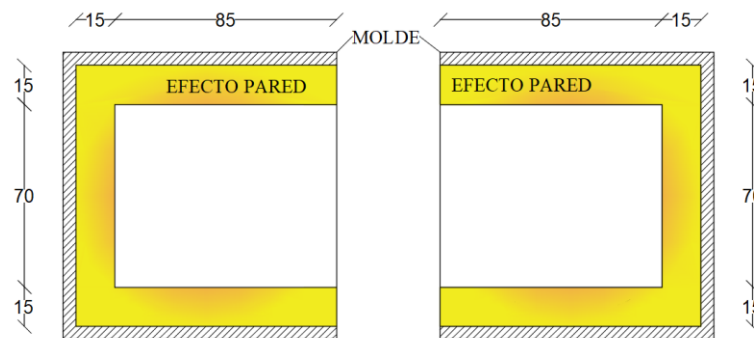


(d)

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

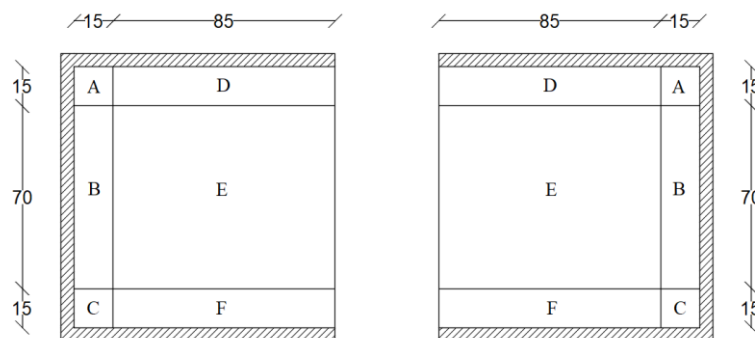
Como se observa en la figura 29, debido a la dimensión de la fibra de 30 mm, se dividió en 15 mm los cuales son correspondientes al efecto pared generados como la dimensión de la mitad de la fibra. Además, en la cara de la fractura se dividió en 6 secciones detalladas en la figura 30.

**Figura 29.** Efecto pared de probetas 100 x 100 x 350 mm



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Figura 30.** División de secciones de viga para conteo de fibra



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

El conteo de los coeficientes de distribución se los realiza por secciones, pero al final todos se recopilan en único coeficiente correspondiente a la zona de fractura de la probeta.

**Figura 31.** Distribución de fibras y trazado de secciones



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

En la tabla 34, se presenta el resumen de los coeficientes de fibras correspondientes a cada temperatura, debido al área de la fibra el numero teórico para la sección A y C por su doble efecto pared eran de 1, por eso algunas de estas secciones tiene como resultado 0 en su coeficiente. Además, en esta tabla no se detalla las fibras a 600 °C porque todas se encontraban fundidas en las probetas.

**Tabla 34.** Resumen del coeficiente de orientación promediado

TEMPERATURA (°C)	20		100		280	
ZONA	3T20R1	3T20R2	3T100R1	3T100R2	3T280R1	3T280R2
$\Theta$ (A)	1.333	0.000	0.333	0.667	1.000	0.000
$\Theta$ (B)	1.111	0.444	0.333	0.444	0.444	0.778
$\Theta$ (C)	0.333	0.667	0.667	0.333	0.667	0.000
$\Theta$ (D)	0.583	0.417	0.333	0.833	0.833	0.500
$\Theta$ (E)	0.533	0.517	0.800	0.533	0.600	0.367
$\Theta$ (F)	0.917	0.917	0.917	0.250	1.000	0.667
$\Theta$ (Fractura)	0.657	0.535	0.697	0.525	0.677	0.434

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Como se evidencia no existe una dispersión grande entre los coeficientes, pero debido al punto de fusión de la fibra, en temperatura de 280 °C algunas se perdieron pudiendo

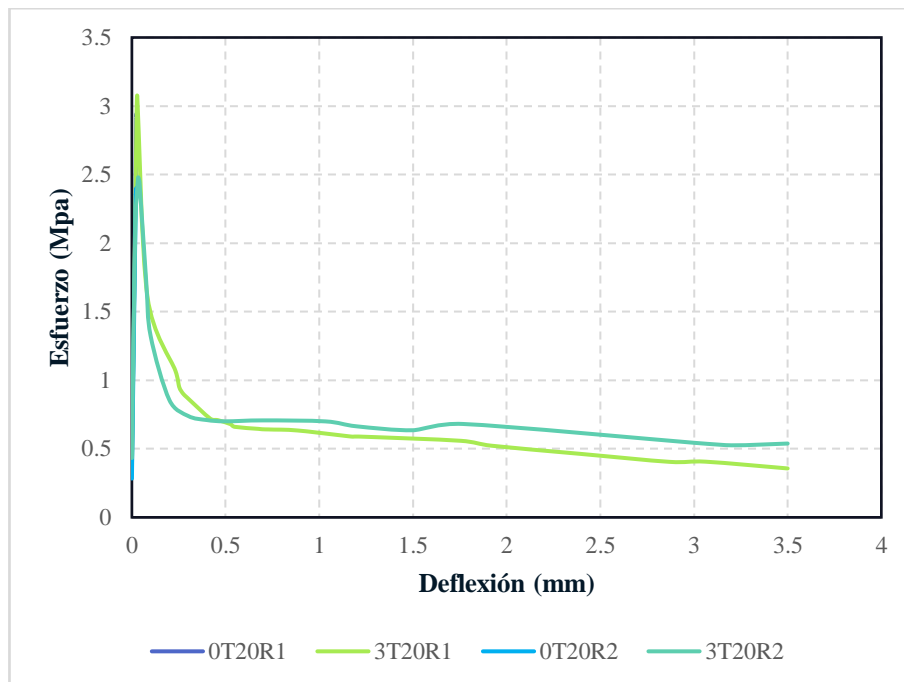


disminuir este coeficiente. Los detalles de las fibras en las probetas se encuentran en la sección anexos.

### 3.1.4. Comparación de resistencia

En la figura 32, 33, 34 y 35, se representó las curvas esfuerzo – deflexión correspondiente a cada una de las exposiciones, donde las curvas de mayor deflexión medida corresponde a HRF, mientras las curvas pequeñas al hormigón simple.

**Figura 32.** Esfuerzo – Deflexión 20 °C



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Tabla 35.** Resumen de esfuerzo – deflexión

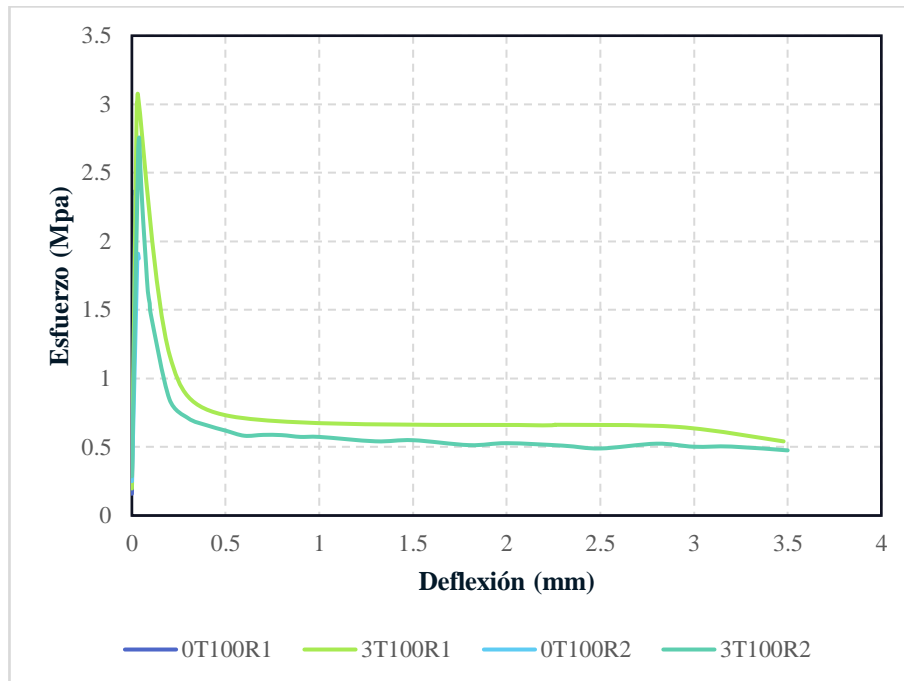
ENSAYO	DEFLEXIÓN	ESFUERZO
0T20R1	0.027	2.952
3T20R1	0.029	3.071
0T20R2	0.024	2.403
3T20R2	0.033	2.479

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

En temperatura ambiente, se evidenció una mayor deflexión en hormigones reforzados con fibra, además de un mayor esfuerzo, teniendo un 4% de mayor esfuerzo en los

3T20R1 con respecto a los 0T20R1, en cambio los 3T20R2 un 3% respecto a los 0T20R2.

**Figura 33.** Esfuerzo – Deflexión 100 °C



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

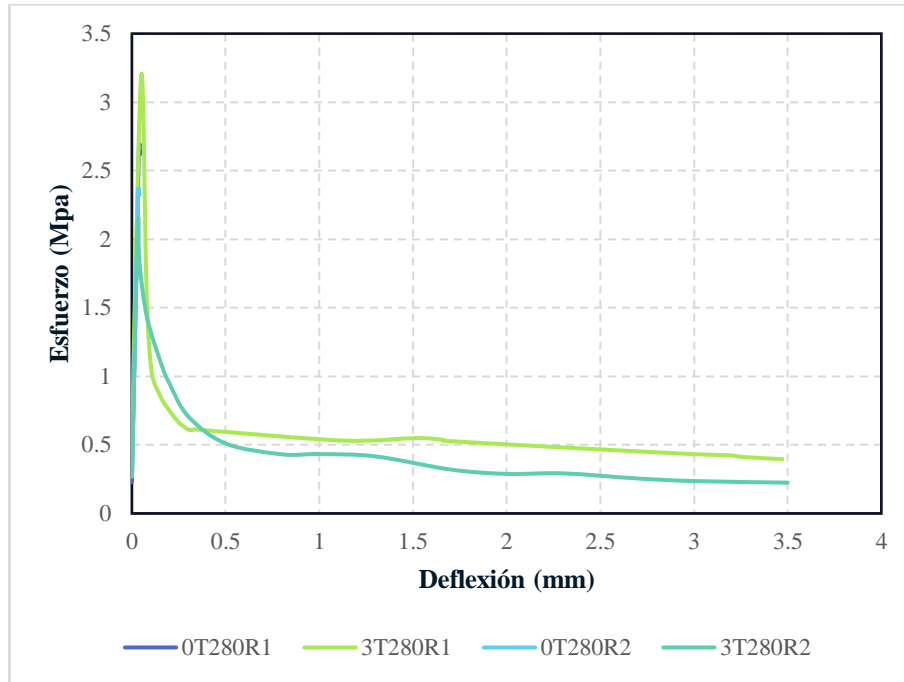
**Tabla 36.** Resumen de esfuerzo – deflexión 100 °C

ENSAYO	DEFLEXIÓN	ESFUERZO
0T100R1	0.0201	2.374
3T100R1	0.0319	3.073
0T100R2	0.0327	1.910
3T100R2	0.0385	2.758

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

En exposición de 100 °C, los HRF obtuvieron un mejor desempeño de los hormigones simples, siendo el 3T100R1 un 22.74% mejor del 0T100R1 y el 3T100R2 un 30.74% del 0T100R2. A pesar de presentar fisuras en ambos hormigones las fibras siguen aportando mejor resistencia a la temperatura.

**Figura 34.** Esfuerzo – Deflexión 280 °C



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

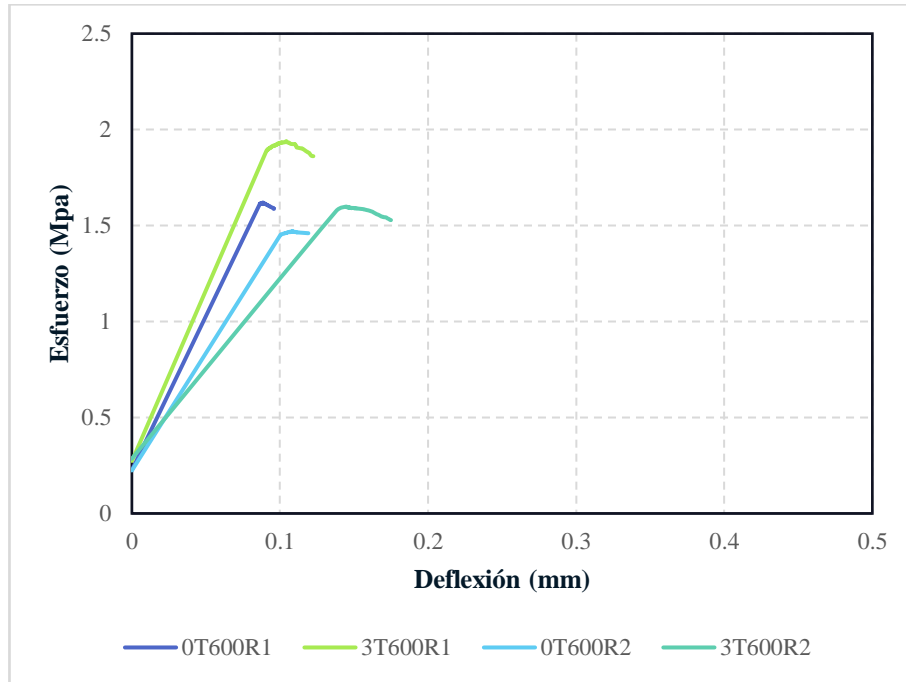
**Tabla 37.** Resumen de esfuerzo – deflexión 280 °C

ENSAYO	DEFLEXIÓN	ESFUERZO
0T280R1	0.0405	2.6962
3T280R1	0.0517	3.2083
0T280R2	0.0367	2.3687
3T280R2	0.0351	2.1549

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Cuando las probetas fueron sometidas a 280 °C, solo el HRF R1 obtuvo un mejor desempeño con respecto a las probetas sin refuerzo, por otro lado, el HRF R2 bajo su desempeño un 9.03% del 0T280R2, este comportamiento solo se evidenció en la figura 34.

**Figura 35.** Esfuerzo – Deflexión 600 °C



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

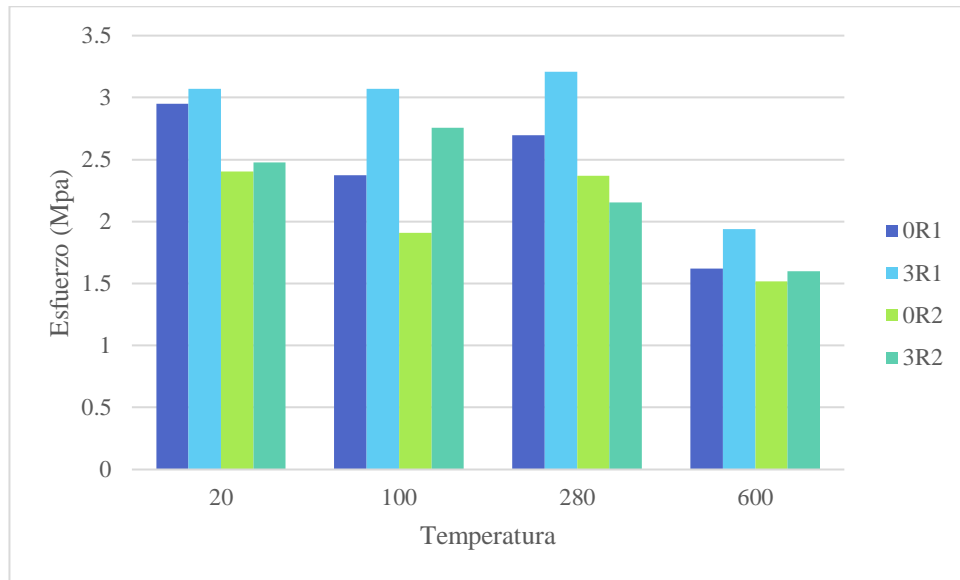
**Tabla 38.** Resumen de esfuerzo – deflexión 600 °C

ENSAYO	DEFLEXIÓN	ESFUERZO
0T600R1	0.0885	1.6203
3T600R1	0.1025	1.9400
0T600R2	0.1258	1.5169
3T600R2	0.1451	1.5986

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Cuando las probetas fueron sometidas a 600 °C, los HRF R1 y R2 tuvieron un mayor desempeño y una mayor deformación, teniendo esfuerzos de 1.94 y 1.598 Mpa, mientras los hormigones simples 1.616 y 1.471 Mpa, es decir la fibra generó una mayor resistencia.

**Figura 36.** Esfuerzo vs Temperatura



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

La figura 36 muestra el comportamiento de los hormigones con y sin fibra, es notorio el beneficio de las fibras cuando existe una exposición a altas temperaturas, siendo a los 100 °C el mayor aporte de la fibra a la resistencia del hormigón. A los 280 °C se produjeron dos comportamientos donde en los R1 si existe un mayor aporte, pero en los R2 no, esto puede suceder por la generación de las fisuras o la no homogenización de la temperatura dentro del horno. Por último, en 600 °C en ambas resistencias de diseño la fibra generó un beneficio siendo de 19.73% en R1 y 5.39% en R2.

En la investigación realizada por Rasoul, Z., Radhi, N.[37] en porcentajes añadidos de 0.5 kg/m<sup>3</sup> de fibra la resistencia a flexión del hormigón se benefició después de la exposición al fuego, pero cuando se implementó el 1 kg/m<sup>3</sup> de fibra sucedió lo contrario reduciendo la resistencia a flexión. Por otro lado, Vikas, P., Adhikari, S.[38] también implementaron 0.5 kg/m<sup>3</sup> de fibra de polipropileno en exposiciones de 400 y 600°C, pero obtuvieron resultados no favorables con respecto a la resistencia a flexión siendo más bajos al hormigón simple. En el presente trabajo, se obtuvieron ambos casos, donde las fibras aportaron a la resistencia, así como no, pero el indicador más claro es la temperatura más elevada donde la fibra se fundió completamente y mejoro el rendimiento del hormigón.

### 3.2 Verificación de hipótesis

**Hipótesis:** El uso de fibras plásticas en el hormigón influye en su resistencia a flexión después de ser sometido a altas temperaturas.

Considerando las 48 probetas diseñadas, en dos distintas resistencias y con porcentajes de fibra de 0 y 3 kg/m<sup>3</sup>, para después ser expuestas a diferentes temperaturas, en un periodo constante de 2 horas, se puede determinar lo siguiente con respecto a la hipótesis:

Es verdadera, debido que las probetas sin fibras tuvieron pérdidas mayores de esfuerzo bajando de 2.905 Mpa a 1.61 Mpa un 45.24% en R1 y en R2 de 2.354 Mpa a 1.459 Mpa un 38.02%, en cambio las HRF se redujeron de 3.0713 Mpa a 1.892 Mpa un 38.39% en R1 y en R2 de 2.479 Mpa a 1.599 Mpa un 35.51%, es decir tanto en R1-R2 con fibras y sin fibras existe unas diferencias de pérdidas de esfuerzo, que validaron la hipótesis impuesta.

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- La pérdida de masa y aparición de grietas está directamente relacionada a la temperatura de exposición, teniendo mayores porcentajes de pérdidas de masa y mayor fisuración conforme la temperatura aumenta, siendo así las vigas 3T600R2 las de mayor pérdida con un 12.83% y la segunda mayor pérdida de masa las 0T600R2 con 12.04%.
- La adición de fibra no significa menor pérdida de masa, ya que en las vigas R1 en las temperaturas de 20, 100 y 280 °C, la mayor pérdida de masa sucedió en las probetas con adición de fibra, por otro lado, en las vigas R2 con 3 kg/m<sup>3</sup> fueron las de mayor afectación en la pérdida de masa en todas las temperaturas de exposición.
- Se identificó la variabilidad de la resistencia máxima de las probetas con y sin fibra, evidenciándose que probetas de HRF representan un aumento en el esfuerzo de rotura del hormigón a altas temperaturas, considerablemente a los 600°C de un 19.7% en las vigas R1 y un 5.4% con respecto a R2.
- La fibra presenta dos comportamientos cuando la temperatura de exposición supera el punto de fusión (líquida y gaseosa), debido a las grietas generadas se explica la liberación del gas de la fibra teniendo como resultado la no presencia de estas en temperatura de exposición de 600 °C.
- Se comparó las distintas resistencias, donde durante todos los ensayos la curva o la dosificación con mayor esfuerzo fue 3R1, teniendo una resistencia de 3.071 Mpa en 20°C, 3.0726 Mpa en 100°C, 3.2083 Mpa en 280°C y 1.94 Mpa en 600°C, en esta dosificación se evidenció que no existe una reducción de resistencia entre 100 a 280 °C, tal como mencionan algunos autores.
- Las probetas de HRF reducen su efecto de tenacidad al encontrarse expuesta a 600 °C, esto por la no presencia de fibras de polipropileno, en cambio en temperaturas de exposición de 100 y 280 °C, se producen efectos normales de tenacidad por estar presente la fibra y no sufrir ningún cambio físico.

#### **4.2.Recomendaciones**

- Se recomienda usar diferentes porcentajes de fibra para evidenciar si existe un mayor aporte a la resistencia del hormigón.
- Implementar otro sistema de enfriamiento, con el fin de replicar la presencia de aspersores en caso de incendio.
- Realizar mayores tiempos de exposición, debido al tiempo que toma la probeta en calentarse a las distintas temperaturas.
- Considerar la aplicación otros tipos de fibras, para comparar como influyen los puntos de fusión en la exposición a altas temperaturas.



## MATERIAL DE REFERENCIA

### Referencias Bibliográficas:

- [1] V. Paz Miño Alexandra Almeida, R. Chaves Diana Barco, y J. Muñoz, «Dirección/Departamento Elaborado por: Revisado por: Aprobado por». [En línea]. Disponible en: [www.ecuadorencifras.com](http://www.ecuadorencifras.com)
- [2] P. Helene, C. Brites, y M. Carvalho, «Ações e efeitos deletérios do fogo em estruturas de concreto. Uma breve revisão», *Revista ALCONPAT*, vol. 10, n.º 1, pp. 1-21, dic. 2019, doi: 10.21041/ra.v10i1.421.
- [3] H. Caetano, J. P. C. Rodrigues, y P. Pimienta, «Flexural strength at high temperatures of a high strength steel and polypropylene fibre concrete», *Constr Build Mater*, vol. 227, p. 116721, dic. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116721.
- [4] M. S. Abrams, «Compressive strength of concrete at temperatures to 1600F», *American Concrete Institute, Special Publication*, vol. 25, pp. 33-58, 1971.
- [5] BSI, «Design of masonry structures-Part 1-2: General rules-Structural fire design», *Eurocode 6 UK, British Standards Institution*, p. 81, 2005.
- [6] R. Pombo y R. Zerbino, «Hormigón para pisos industriales», *AATH*, 2022.
- [7] R. Zerbino, «Hormigón reforzado con fibras», *AATH*, 2020.
- [8] C. Y. Materiales y C. DE Fibras Poliolefina Bajo La Acción De, «"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN REFORZADO».
- [9] E. Asensio, «Hormigones reforzados con fibras de acero. Conceptos fundamentales y aplicaciones estructurales», *Hormigón 60*, pp. 36-44, 2021, Accedido: 21 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://revistahormigon.org/wp-content/uploads/RH60-3.pdf>
- [10] G. Giaccio, M. Torrijos, y R. Zerbino, «Efecto de los procesos de degradación sobre las propiedades residuales del hormigón reforzado con fibras», *Hormigón 62*, pp. 40-56, 2022, Accedido: 21 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://revistahormigon.org/wp-content/uploads/RH62-Giaccio-et-al.pdf>
- [11] D. M. Dias, J. L. Calmon, y G. L. Vieira, «Polymeric fiber reinforced concrete exposed to fire», *Revista ALCONPAT*, vol. 10, n.º 1, pp. 36-52, dic. 2019, doi: 10.21041/ra.v10i1.426.
- [12] M. R. Bangi y T. Horiguchi, «Effect of fibre type and geometry on maximum pore pressures in fibre-reinforced high strength concrete at elevated

- temperatures», *Cem Concr Res*, vol. 42, n.º 2, pp. 459-466, feb. 2012, doi: 10.1016/J.CEMCONRES.2011.11.014.
- [13] A. Bilodeau, V. K. R. Kodur, y G. C. Hoff, «Optimization of the type and amount of polypropylene fibres for preventing the spalling of lightweight concrete subjected to hydrocarbon fire», *Cem Concr Compos*, vol. 26, n.º 2, pp. 163-174, feb. 2004, doi: 10.1016/S0958-9465(03)00085-4.
- [14] F. Hours, «Mecanismos de desprendimiento explosivo del hormigón bajo fuego y el efecto de las fibras de polipropileno. Estado del conocimiento.», *Hormigón 62*, pp. 25-39, 2022, Accedido: 21 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://revistahormigon.org/wp-content/uploads/RH62-Hours-F.pdf>
- [15] A. Xavier y M. Sánchez, «UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA CIVIL Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO CIVIL TEMA: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y RIGIDEZ DE UN HORMIGÓN ORDINARIO EN RELACIÓN A UNO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO EXPUESTO A TEMPERATURAS ALTAS AUTOR».
- [16] L. Ramos, V. Paz, M. A. Bedoya, R. Chaves, D. Barco, y J. Muñoz, «Dirección/Departamento Elaborado por: Revisado por: Aprobado por». [En línea]. Disponible en: [www.ecuadorencifras.com](http://www.ecuadorencifras.com)
- [17] NTE INEN 2874, «HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRA. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO FIBER-REINFORCED CONCRETE. REQUIREMENTS AND TEST METHODS DESCRIPTORES: Hormigón reforzado con fibra», Quito, 2015.
- [18] NTE INEN 872, «Áridos para hormigón. Requisitos», Quito, 2011. Accedido: 21 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
- [19] NTE INEN 696, «Áridos. Análisi granulométrico de los áridos, fino y grueso», Quito, 2011.
- [20] NTE INEN 858, «Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos», Quito, 2010. Accedido: 21 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/858.pdf>
- [21] NTE INEN 857, «ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO», Quito, 2010.

- [22] NTE INEN 856, «Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido fino.», Quito, 2010. Accedido: 21 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en:  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/856.pdf>
- [23] ASTM C1609/C1609M, «Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)», 2019. [https://www.astm.org/c1609\\_c1609m-12.html](https://www.astm.org/c1609_c1609m-12.html) (accedido 21 de mayo de 2023).
- [24] TenaBrix, «Hoja técnica de macro fibra sintetica».
- [25] ASTM C1116/C1116M, «Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete», 2016. [https://www.astm.org/c1116\\_c1116m-10ar15.html](https://www.astm.org/c1116_c1116m-10ar15.html) (accedido 21 de mayo de 2023).
- [26] SIKA, «HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO Dm, Plastocrete®», 2018. <http://ecu.sika.com> (accedido 21 de mayo de 2023).
- [27] «HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRA. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO FIBER-REINFORCED CONCRETE. REQUIREMENTS AND TEST METHODS DESCRIPTORES: Hormigón reforzado con fibra», 2015.
- [28] NTE INEN 3124, «Hormigón. Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio.», Quito, 2017.
- [29] «E119 Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials». <https://www.astm.org/e0119-20.html> (accedido 16 de julio de 2023).
- [30] J. L. Ruddy, S. E. Joseph, P. Marlo, S. A. Ioannides, F. Alfawakhiri, y P. Eng, «Steel Design Guide Fire Resistance of Structural Steel Framing», 2003.
- [31] «ISO 834-2:2019 - Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 2: Requirements and recommendations for measuring furnace exposure on test samples». <https://www.iso.org/standard/75137.html> (accedido 16 de julio de 2023).
- [32] R.-A. Fabián René y C.-N. Mario, «La Ingeniería Estructural de Fuego un enfoque nacional y ejemplo de aplicación».
- [33] H. Bian, K. Hannawi, M. Takarli, L. Molez, y W. Prince, «Effects of thermal damage on physical properties and cracking behavior of ultrahigh-performance fiber-reinforced concrete», *J Mater Sci*, vol. 51, n.º 22, pp. 10066-10076, nov. 2016, doi: 10.1007/s10853-016-0233-9.

- [34] ASTM C78/C78M, «Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)», 2022.  
[https://www.astm.org/c0078\\_c0078m-22.html](https://www.astm.org/c0078_c0078m-22.html) (accedido 21 de mayo de 2023).
- [35] H. I. Mahmud, M. K. B. Raju, y M. L. Hosen, «The Effect of Fire on the Strength of Concrete Material», *Journal of Engineering Science*, vol. 12, n.º 1, pp. 63-68, abr. 2021, doi: 10.3329/jes.v12i1.53103.
- [36] E. Sánchez, G.-M. Tutor, : Héctor, y C. Bulte, «Equation Chapter 1 Section 1 Trabajo de Fin de Grado Ingeniería Civil ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES RESIDUALES DE UN HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE DE ALTA RESISTENCIA REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS».
- [37] Z. M. R. Abdul Rasoul, M. S. Radhi, A. J. Alsaad, y H. Muhannad, «Elevated temperature performance of reinforced concrete beams containing waste polypropylene fibers», *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 21, 2020, doi: 10.1016/j.csite.2020.100705.
- [38] V. Patel, B. Singh, P. N. Ojha, y S. Adhikari, «Mechanical Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Concrete under Elevated Temperature», *Journal of Architectural Environment & Structural Engineering Research*, vol. 4, n.º 2, pp. 45-53, jun. 2021, doi: 10.30564/jaeser.v4i2.3296.
- [39] D. Yanchaguano y D. Coello, «“ANÁLISIS DE ALUMINOSILICATOS COMO MATERIAL DE SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO TIPO GU EN LA CONSTRUCCIÓN”», 2021.

## ANEXOS

### Anexo 1. Densidad real del cemento

MÉTODO DEL PICNÓMETRO/CALIBRACIÓN		ENSAYADO POR:		Verónica E. Salcedo R.			
NORMA	NTE INEN 156 / ASTM C 188-03	TIPO	CGU				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	E1	E2	E3	E4	
M1	Masa del picnómetro	gr	151,8	151,8	151,8	151,8	
M2	Masa del picnómetro + Cemento	gr	215,8	215,8	215,8	215,8	
M3	Masa del picnómetro + cemento + Gasolina	gr	567,85	569,14	569,34	570,88	
M4=M3-M2	Masa Gasolina Añadida	gr	352,05	353,34	353,54	355,08	
M5	Masa del picnómetro + 500cm <sup>3</sup> Gasolina	gr	<b>519,18</b>	<b>520,44</b>	<b>520,65</b>	<b>522,35</b>	
M6=M5-M1	Masa 500cm <sup>3</sup> Gasolina	gr	367,38	368,64	368,85	370,55	
DG=M6/500cm <sup>3</sup>	Densidad de la Gasolina	gr/cm <sup>3</sup>	0,735	0,737	0,738	0,741	
M7=M6-M4	Masa de la Gasolina desalojada por el cemento	gr	15,33	15,30	15,31	15,47	
MC=M2-M1	Masa de la cemento	gr	64	64	64	64	
	Temperatura	°C	26	23	22,5	18,5	
VG=M7/DG	Volumen de Gasolina Desalojada	cm <sup>3</sup>	20,866	20,750	20,752	20,876	
DRC=MC/VG	Densidad Real del cemento	gr/cm <sup>3</sup>	3,067	3,084	3,084	3,066	
DRP	Densidad Real Promedio	gr/cm <sup>3</sup>	<b>3,075</b>				

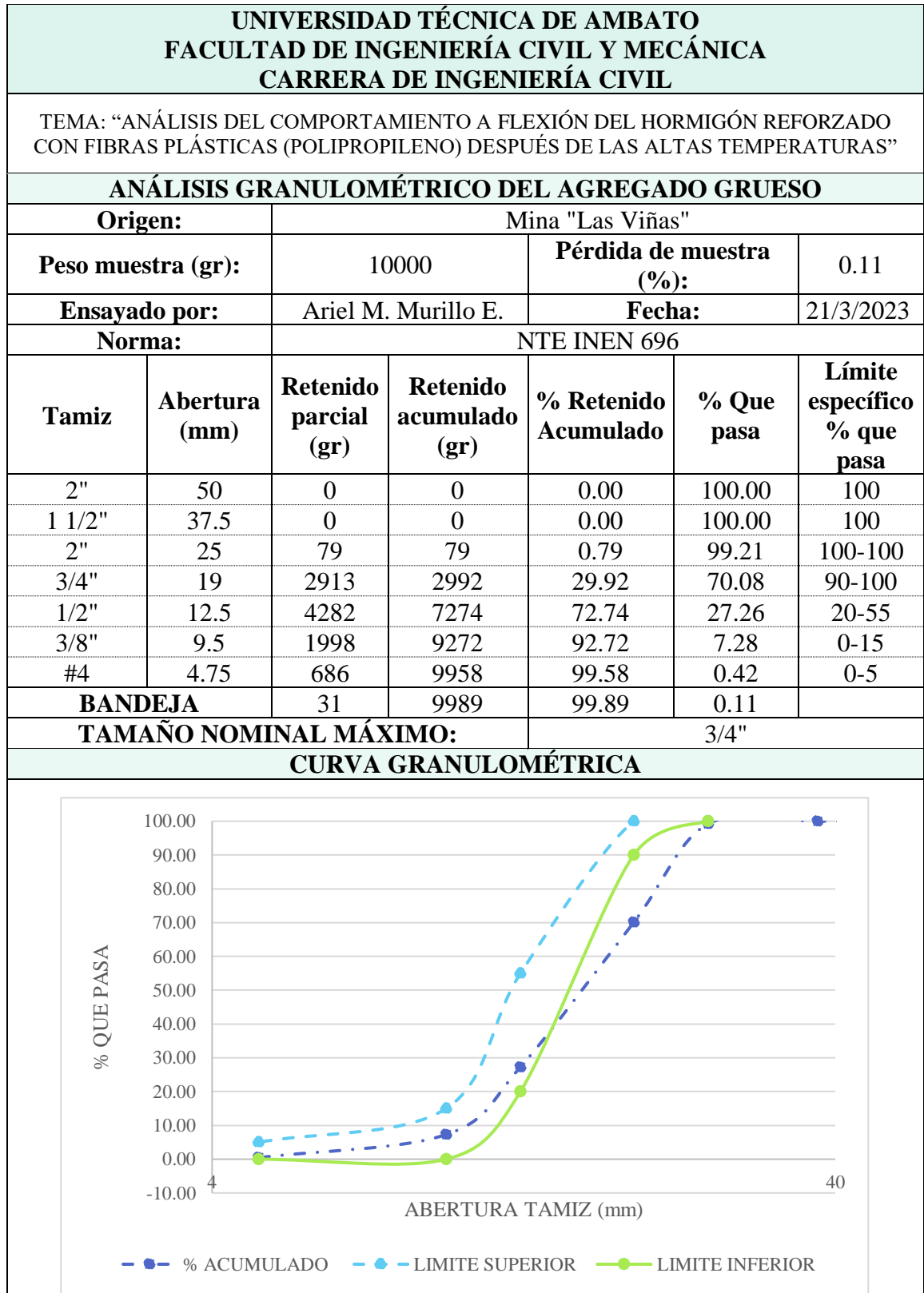
**Fuente:** D. Yanchaguano and D. Coello, “ANÁLISIS DE ALUMINOSILICATOS COMO MATEIRAL DE SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO TIPO GU EN LA CONTRUCCIÓN”[39]

**Anexo 2. Análisis granulométrico del agregado fino**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
TEMA: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS"						
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO</b>						
<b>Origen:</b>		Mina "Las Viñas"				
<b>Peso muestra (gr):</b>		1000	<b>Pérdida de muestra (%):</b>		0.33	
<b>Ensayado por:</b>		Ariel M. Murillo E.	<b>Fecha:</b>		21/3/2023	
<b>Norma:</b>		NTE INEN 696				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Límite específico % que pasa
3/8	9.5	4.8	4.8	0.48	99.52	100
#4	4.75	23.6	28.4	2.84	97.16	95-100
#8	2.36	121.6	150	15.00	85.00	80-100
#16	1.18	181.8	331.8	33.18	66.82	50-85
#30	0.6	191.4	523.2	52.32	47.68	25-60
#50	0.3	207.3	730.5	73.05	26.95	10-30
#100	0.15	138	868.5	86.85	13.15	2-10
#200	0.08	62.5	931	93.10	6.90	
<b>BANDEJA</b>		65.7	996.7	99.67	0.33	
<b>MÓDULO DE FINURA:</b>				2.6372		
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>						
<p>                     El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como '% QUE PASA' (rango 0.00 a 100.00) y el eje X etiquetado como 'ABERTURA TAMIZ (MM)' (rango 0.05 a 5). Se observan tres líneas: una línea verde con marcadores de diamante para el '% ACUMULADO', una línea azul con marcadores de cuadrado para el 'LÍMITE SUPERIOR' y una línea amarilla con marcadores de triángulo para el 'LÍMITE INFERIOR'. La curva de acumulación se encuentra entre los límites superior e inferior.                 </p>						

Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

**Anexo 3. Análisis granulométrico del agregado grueso**



Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

**Anexo 4. Densidad Real y Capacidad de absorción del agregado fino**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>				
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>				
<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
TEMA: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”				
<b>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>Origen:</b>	Mina "Las Viñas"			
<b>Ensayado por:</b>	Ariel M. Murillo E.	<b>Fecha:</b>	27/3/2023	
<b>Norma:</b>	NTE INEN 856			
<b>DATO</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>	
<b>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</b>				
M1	Masa del picnómetro	gr	148.964	
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	198.964	
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	676.450	
M4= M3 - M2	Masa agua añadida	gr	477.486	
M5	Masa del picnómetro + 500 cc de agua	gr	647.150	
M6= M5 - M1	Masa de 500cc de agua	gr	498.186	
DA= M6/500 cm <sup>3</sup>	Densidad del agua	gr/cm <sup>3</sup>	0.996	
M7= M6 - M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	20.700	
Msss= M2 - M1	Masa del agregado	gr	50.000	
Vsss= M7 / DA	Volúmen del agua desalojada	cm <sup>3</sup>	20.775	
DRA= Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.407</b>	
<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>				
M7	Masa del recipiente	gr	31.040	30.690
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	128.30	124.370
M9 = M8 - M7	Masa de la muestra SSS	gr	97.260	93.680
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	123.97	120.110
M11 = M10 - M7	Masa de la muestra seca	gr	92.930	89.420
CA = (M9 - M11)/ M11*100	Capacidad de absorción	%	4.659	4.764
P2= (CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	<b>4.712</b>	

Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada



**Anexo 5. Densidad real y Capacidad de absorción del agregado grueso**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
TEMA: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS"				
<b>DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>Origen:</b>	Mina "Las Viñas"			
<b>Ensayado por:</b>	Ariel M. Murillo E.	<b>Fecha:</b>	24/3/2023	
<b>Norma:</b>	NTE INEN 857			
<b>DATO</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>	
<b>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</b>				
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1172.000	
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1005.000	
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	2673.000	
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	1931.000	
DA	Densidad real del agua	gr	1.000	
M5= M3 - M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	1501.000	
M6= M4 - M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr/cm <sup>3</sup>	926.000	
VR= (M5-M6) / DA	Volumen real de la muestra	gr	575.000	
DR = M5/VR	Densidad del ripio	gr	2.610	
<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN</b>				
M7	Masa del recipiente	gr	30.850	30.930
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	162.280	152.100
M9 = M8 - M7	Masa de la muestra SSS	gr	131.430	121.170
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	158.600	148.600
M11 = M10 - M7	Masa de la muestra seca	gr	127.750	117.670
CA = (M9 - M11)/ M11*100	Capacidad de absorción	%	2.881	2.974
P2= (CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	2.928	

Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

**Anexo 6. Peso unitario suelto y compactado de los agregados**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
TEMA: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”				
<b>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
<b>Origen:</b>	Mina "Las Viñas"			
<b>Ensayado por:</b>	Ariel M. Murillo E.	<b>Fecha:</b>	22/3/2023	
<b>Norma:</b>	NTE INEN 858			
<b>Masa recipiente (kg):</b>	9.83			
<b>Volumen recipiente (dm<sup>3</sup>)</b>	20.85			
Agregado	Agregado + recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio kg/dm <sup>3</sup>
GRUESO	37.605	27.775	1.33	1.332
	37.615	27.785	1.33	
FINO	40.295	30.465	1.46	1.459
	40.22	30.39	1.46	
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
<b>Masa recipiente (kg):</b>	9.83			
<b>Volumen recipiente (dm<sup>3</sup>):</b>	20.85			
Agregado	Agregado + recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio kg/dm <sup>3</sup>
GRUESO	40.37	30.54	1.46	1.465
	40.375	30.545	1.46	
FINO	43.055	33.225	1.59	1.591
	42.93	33.1	1.59	

Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## Anexo 7. Densidad aparente compactada de la mezcla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
TEMA: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS"								
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO								
<b>Origen:</b>			Mina "Las Viñas"					
<b>Ensayado por:</b>			Ariel M. Murillo E.			<b>Fecha:</b>		23/3/2023
<b>Masa recipiente (kg):</b>			9.83					
<b>Volúmen recipiente (dm<sup>3</sup>):</b>			20.85					
<b>Norma:</b>			NTE INEN 858					
MEZCLA		CANTIDAD (KG)		FINO AÑADIDO (KG)	AGREGADO + RECIPIENTE (KG)	AGREGADO (KG)	PESO UNITARIO (KG/DM3)	PESO UNITARIO PROMEDIO
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100	0	40	0	0	39.46	29.63	1.42	1.42
					39.49	29.66	1.42	
90	10	40	4.44	4.44	42.16	32.33	1.55	1.55
					42.33	32.50	1.56	
80	20	40	10	5.56	44.23	34.40	1.65	1.67
					44.91	35.08	1.68	
70	30	40	17.14	7.14	47.29	37.46	1.80	1.79
					47.13	37.30	1.79	
60	40	40	26.67	9.53	48.85	39.02	1.87	1.88
					49.39	39.56	1.90	
50	50	40	40	13.33	49.45	39.62	1.90	1.90
					49.34	39.51	1.89	
40	60	40	60	20	48.79	38.96	1.87	1.87
					48.96	39.13	1.88	

● DENSIDAD ÓPTIMA    — % MÁXIMO    — % ÓPTIMO

Porcentaje máximo de agregado fino	53	%
Porcentaje máximo de agregado grueso	47	%
Porcentaje óptimo de agregado fino	49	%
Porcentaje óptimo de agregado grueso	51	%
Peso unitario máximo	1.892	gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario óptimo	1.887	gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

**Anexo 8. Dosificación por el método de la densidad óptima (210 f'c)**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>					
<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
TEMA: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”					
<b>DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA</b>					
<b>Elaborado por:</b>		Ariel M. Murillo. E		Datos de tablas	
<b>Fecha:</b>		4/4/2023		W/C	0.58
<b>Datos de ensayo</b>			<b>Cantidad de pasta</b>		<b>POV+2%+13%(POV)</b>
<b>f'c</b>	<b>210</b>	kg/cm <sup>2</sup>	<b>CÁLCULOS</b>		
<b>Asentamiento</b>	<b>12 a 15</b>	cm	DRM	2.59	gr/cm <sup>3</sup>
DRC	2.693	gr/cm <sup>3</sup>	POV	27.88	%
DRA	2.572	gr/cm <sup>3</sup>	CP	335.01	dm <sup>3</sup>
DRR	2.612	gr/cm <sup>3</sup>	W	204.25	kg
POA	49	%	C	352.15	kg
POR	51	%	A	820.97	kg
DOM	1.87	gr/cm <sup>3</sup>	R	903.21	kg
<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>					
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR m <sup>3</sup> DE CONCRETO		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN (KG) POR SACO DE 50 KG	
W	204.25		0.58	29.00	
C	352.15		1	50.00	
A	820.97		2.33	116.56	
R	903.21		2.56	128.24	
TOTAL	2280.58		kg/m <sup>3</sup>		
<b>Nomenclatura</b>					
DRC	Densidad real del cemento	POV	Porcentaje de vacíos		
DRA	Densidad real de la arena	CP	Cantidad de pasta		
DRR	Densidad real del ripio	W	Cantidad de agua		
POA	Porcentaje óptimo de arena	C	Cantidad de cemento		
POR	Porcentaje óptimo de ripio	A	Cantidad de arena		
DOM	Densidad óptima de la mezcla	R	Cantidad de ripio		
DRM	Densidad real de la mezcla				

Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

**Anexo 9. Dosificación por el método de la densidad óptima (240 f'c)**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>					
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>					
<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
TEMA: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”					
<b>DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA</b>					
<b>Elaborado por:</b>		Ariel M. Murillo. E		Datos de tablas	
<b>Fecha:</b>		4/4/2023		W/C	0.56
<b>Datos de ensayo</b>			<b>Cantidad de pasta</b>	<b>POV+2%+13%(POV)</b>	
<b>f'c</b>	<b>240</b>	kg/cm <sup>2</sup>	<b>CÁLCULOS</b>		
<b>Asentamiento</b>	<b>12 a 15</b>	cm	DRM	2.59	gr/cm <sup>3</sup>
DRC	2.693	gr/cm <sup>3</sup>	POV	27.88	%
DRA	2.572	gr/cm <sup>3</sup>	CP	335.01	dm <sup>3</sup>
DRR	2.612	gr/cm <sup>3</sup>	W	201.44	kg
POA	48	%	C	359.71	kg
POR	52	%	A	820.97	kg
DOM	1.87	gr/cm <sup>3</sup>	R	903.21	kg
<b>DOSIFICACIÓN AL PESO</b>					
MATERIAL	CANTIDAD EN KG POR m <sup>3</sup> DE CONCRETO		DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN (KG) POR SACO DE 50 KG	
W	201.44		0.56	28.00	
C	359.71		1	50.00	
A	820.97		2.28	114.11	
R	903.21		2.51	125.55	
TOTAL	2285.33		kg/m <sup>3</sup>		
<b>Nomenclatura</b>					
DRC	Densidad real del cemento	POV	Porcentaje de vacíos		
DRA	Densidad real de la arena	CP	Cantidad de pasta		
DRR	Densidad real del ripio	W	Cantidad de agua		
POA	Porcentaje óptimo de arena	C	Cantidad de cemento		
POR	Porcentaje óptimo de ripio	A	Cantidad de arena		
DOM	Densidad óptima de la mezcla	R	Cantidad de ripio		
DRM	Densidad real de la mezcla				

Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

**Anexo 10. Dosificación para probetas sin fibra (f'c 240)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”						
DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA						
<b>Elaborado por:</b>			Ariel M. Murillo E.			
<b>Cantidad de fibra:</b>			0			
Datos						
<b>Alto</b>	0.1	m	<b>N de probetas</b>		<b>12</b>	u
<b>Ancho</b>	0.1	m	<b>Volumen requerido</b>		0.04	m <sup>3</sup>
<b>Largo</b>	0.35	m				
Dosificación						
<b>Material</b>	<b>Cantidad en kg por m<sup>3</sup> de concreto</b>		<b>Dosificación al peso</b>		<b>Cantidad necesaria</b>	
W (kg)	196.42		0.56		8.25	
C (kg)	350.75		1		14.73	
A (kg)	833.51		2.30		35.01	
R (kg)	917.81		2.53		38.55	
Fibra (g)					0	
Plastificante (g)					73.66	
Corrección de humedad						
<b>Material</b>	<b>C.A</b>	<b>C.H</b>	<b>Corrección</b>		<b>Dosificación al peso</b>	<b>Cantidad</b>
	%	%	%	kg		
W (kg)				-1.50	0.46	6.75
C (kg)					1.00	14.73
A (kg)	2.06	8.34	-6.284	-2.20	2.53	37.21
R (kg)	2.93	1.10	1.828	0.70	2.57	37.84
Fibra (g)					0	
Plastificante (g)					73.66	
Nomenclatura						
C.A	Capacidad de absorción				W	Agua
C.H	Contenido de humedad de la muestra 24h antes				A	Arena
C	Cemento				R	Ripio

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Anexo 11. Dosificación para probetas con fibra (f'c 240)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”						
<b>DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA</b>						
<b>Elaborado por:</b>		Ariel M. Murillo E.				
<b>Cantidad de fibra:</b>		3				
<b>Datos</b>						
<b>Alto</b>	0.1	m	<b>N de probetas</b>	<b>12</b>	u	
<b>Ancho</b>	0.1	m	<b>Volumen requerido</b>	0.04	m <sup>3</sup>	
<b>Largo</b>	0.35	m				
<b>Dosificación</b>						
<b>Material</b>	<b>Cantidad en kg por m<sup>3</sup> de concreto</b>		<b>Dosificación al peso</b>		<b>Cantidad necesaria</b>	
W (kg)	196.42		0.56		8.25	
C (kg)	350.75		1		14.73	
A (kg)	833.51		2.30		35.01	
R (kg)	917.81		2.53		38.55	
Fibra (g)					126	
Plastificante (g)					73.66	
<b>Corrección de humedad</b>						
<b>Material</b>	<b>C.A</b>	<b>C.H</b>	<b>Corrección</b>		<b>Dosificación al peso</b>	<b>Cantidad</b>
	%	%	%	kg		
W (kg)				-3.33	0.33	4.92
C (kg)					1.00	14.73
A (kg)	2.06	12.75	-10.694	-3.74	2.63	38.75
R (kg)	2.93	1.85	1.078	0.42	2.59	38.13
Fibra (g)					126	
Plastificante (g)					73.66	
<b>Nomenclatura</b>						
C.A	Capacidad de absorción			W	Agua	
C.H	Contenido de humedad de la muestra 24h antes			A	Arena	
C	Cemento			R	Ripio	

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

**Anexo 12. Dosificación para probetas sin fibra (f'c 210)**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>						
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>						
<b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
TEMA: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”						
<b>DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA</b>						
<b>Elaborado por:</b>			Ariel M. Murillo E.			
<b>Cantidad de fibra:</b>			0			
<b>Datos</b>						
<b>Alto</b>	0.1	m	<b>N de probetas</b>		<b>12</b>	u
<b>Ancho</b>	0.1	m	<b>Volumen requerido</b>		0.04	m <sup>3</sup>
<b>Largo</b>	0.35	m				
<b>Dosificación</b>						
<b>Material</b>	<b>Cantidad en kg por m<sup>3</sup> de concreto</b>		<b>Dosificación al peso</b>		<b>Cantidad necesaria</b>	
W (kg)	198.94		0.58		8.36	
C (kg)	343.00		1		14.41	
A (kg)	833.51		2.43		35.01	
R (kg)	917.81		2.68		38.55	
Fibra (g)					0	
Plastificante (g)					72.03	
<b>Corrección de humedad</b>						
<b>Material</b>	<b>C.A</b>	<b>C.H</b>	<b>Corrección</b>		<b>Dosificación al peso</b>	<b>Cantidad</b>
	%	%	%	kg		
W (kg)				-4.15	0.29	4.21
C (kg)					1.00	14.41
A (kg)	2.06	13.58	-11.524	-4.03	2.71	39.04
R (kg)	2.93	3.22	-0.292	-0.11	2.68	38.66
Fibra (g)					0	
Plastificante (g)					72.03	
<b>Nomenclatura</b>						
C.A	Capacidad de absorción				W	Agua
C.H	Contenido de humedad de la muestra 24h antes				A	Arena
C	Cemento				R	Ripio

**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada



**Anexo 13. Dosificación para probetas con fibra (f'c 210)**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS PLÁSTICAS (POLIPROPILENO) DESPUÉS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS”						
<b>DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA</b>						
<b>Elaborado por:</b>		Ariel M. Murillo E.				
<b>Cantidad de fibra:</b>		3				
<b>Datos</b>						
<b>Alto</b>	0.1	m	<b>N de probetas</b>		<b>12</b>	u
<b>Ancho</b>	0.1	m	<b>Volumen requerido</b>		0.04	m <sup>3</sup>
<b>Largo</b>	0.35	m				
<b>Dosificación</b>						
<b>Material</b>	<b>Cantidad en kg por m<sup>3</sup> de concreto</b>		<b>Dosificación al peso</b>		<b>Cantidad necesaria</b>	
W (kg)	198.94		0.58		8.36	
C (kg)	343.00		1		14.41	
A (kg)	833.51		2.43		35.01	
R (kg)	917.81		2.68		38.55	
Fibra (g)					126	
Plastificante (g)					72.03	
<b>Corrección de humedad</b>						
<b>Material</b>	<b>C.A</b>	<b>C.H</b>	<b>Corrección</b>		<b>Dosificación al peso</b>	<b>Cantidad</b>
	%	%	%	kg		
W (kg)				-4.74	0.25	3.62
C (kg)					1.00	14.41
A (kg)	2.06	15.43	-13.374	-4.68	2.76	39.69
R (kg)	2.93	3.08	-0.152	-0.06	2.68	38.61
Fibra (g)					126	
Plastificante (g)					72.03	
<b>Nomenclatura</b>						
C.A	Capacidad de absorción				W	Agua
C.H	Contenido de humedad de la muestra 24h antes				A	Arena
C	Cemento				R	Ripio

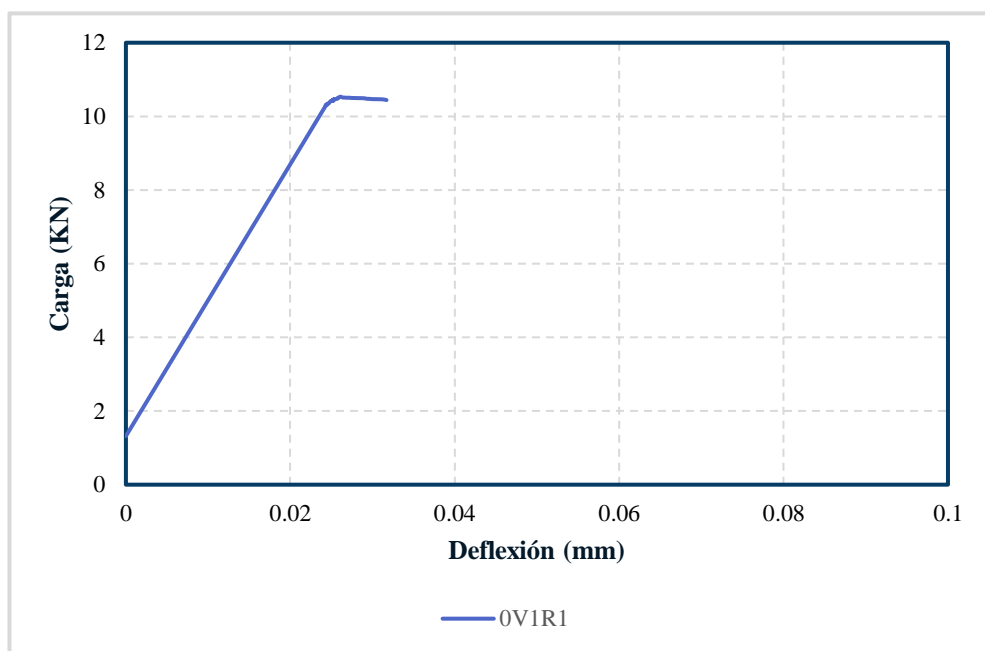
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## Anexo 14. Reporte del ensayo a flexión (ASTM 1609)

### ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V1R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0261	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.16
Carga máxima (N):	10535		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

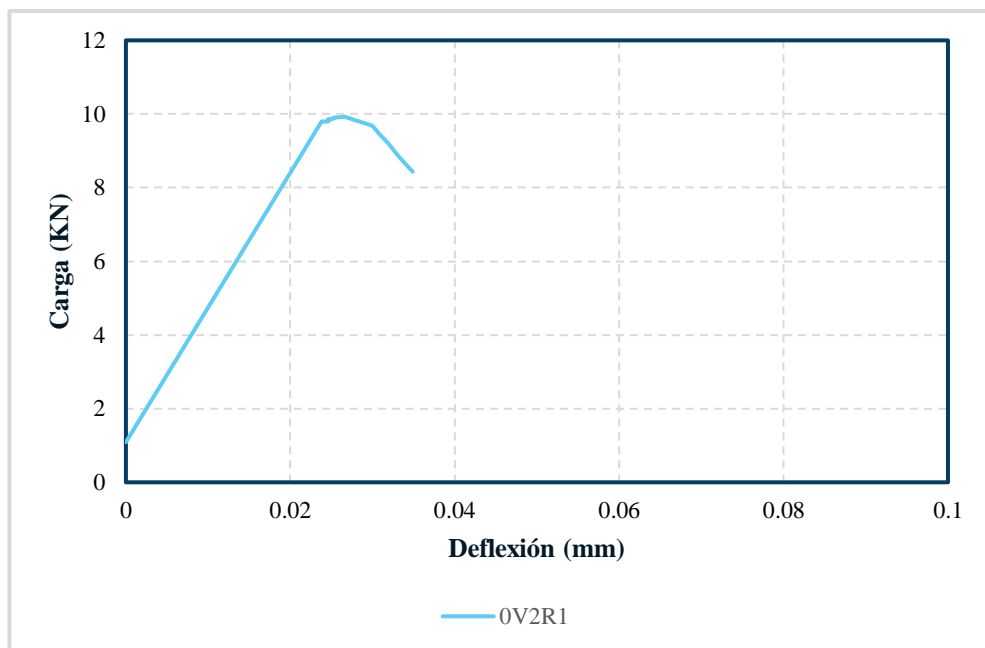


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V2R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0266	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.977
Carga máxima (N):	9924		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

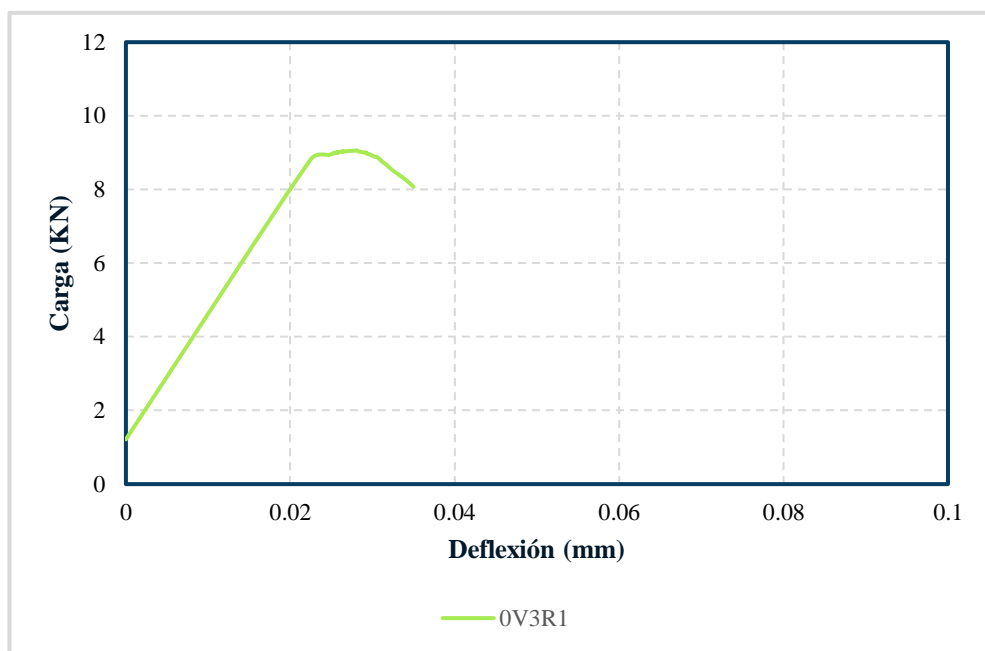


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V3R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0281	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.717
Carga máxima (N):	9058		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

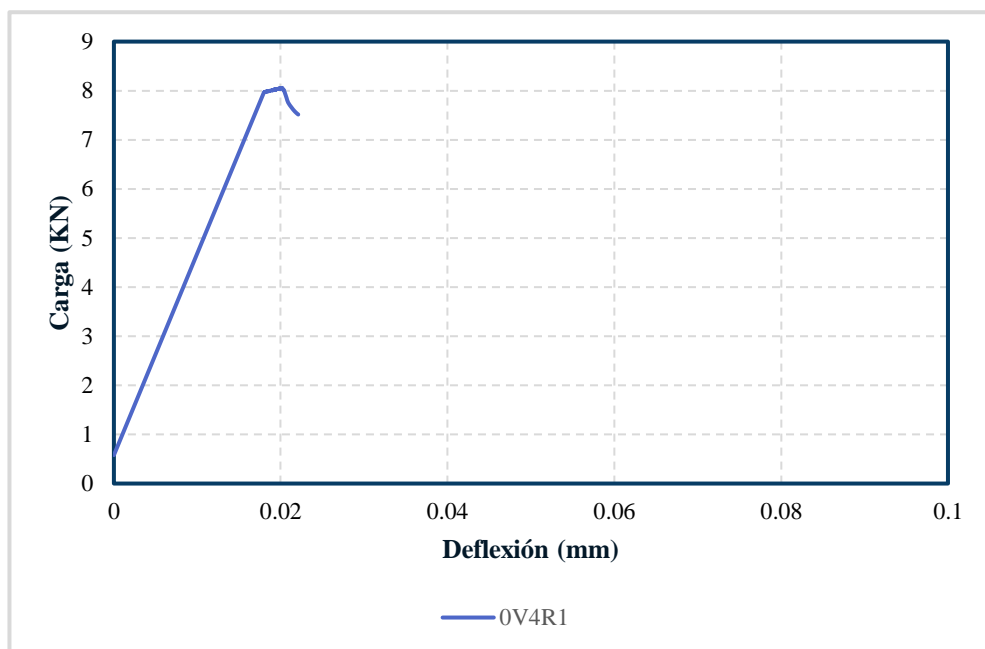


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V4R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.0202	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.4165
Carga máxima (N):	8055		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

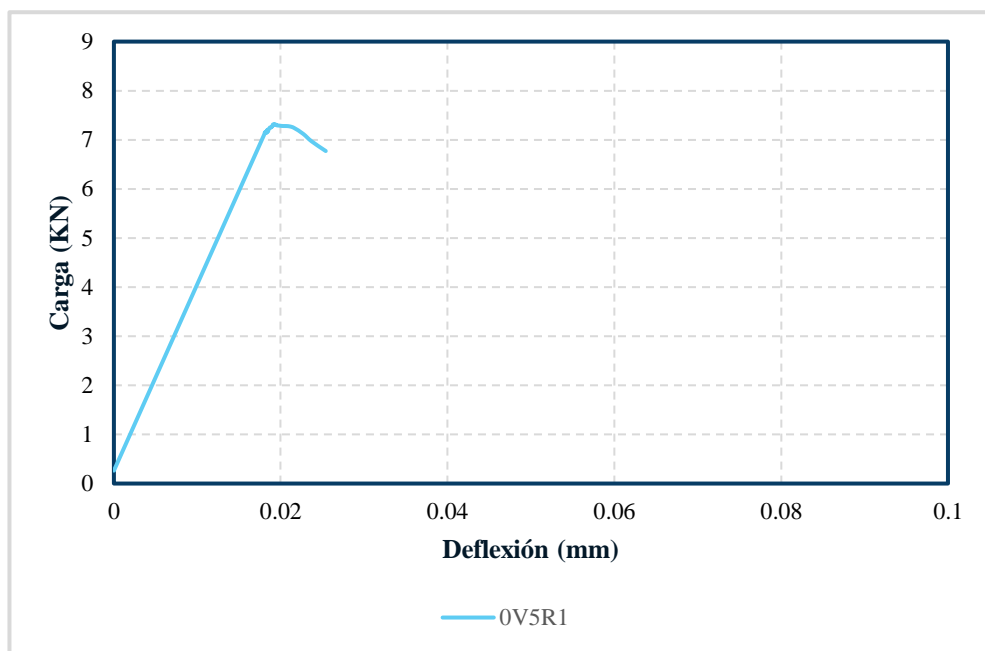


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V5R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0193	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.196
Carga máxima (N):	7320		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

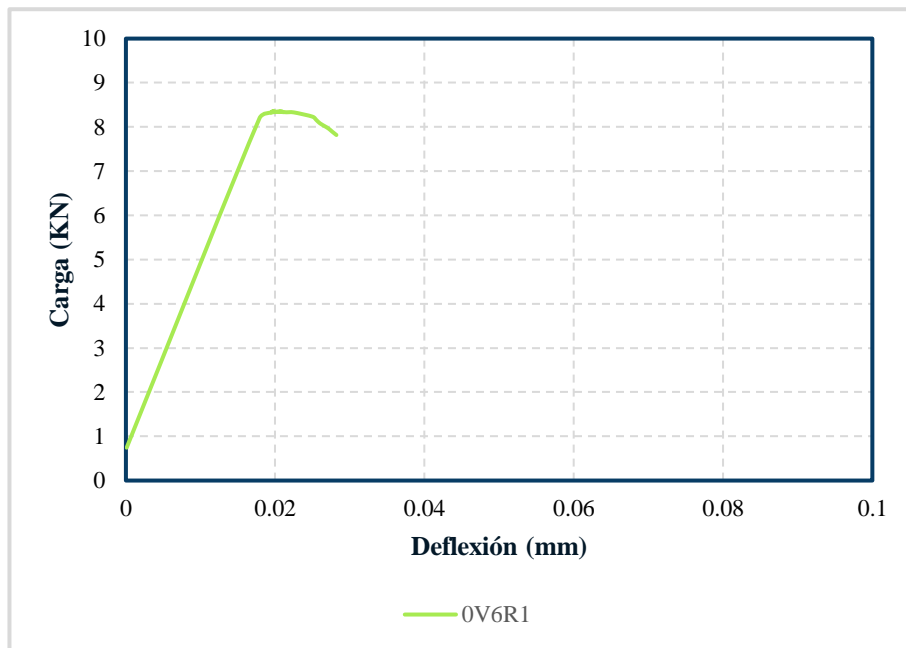


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V6R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0208	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.507
Carga máxima (N):	8359		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

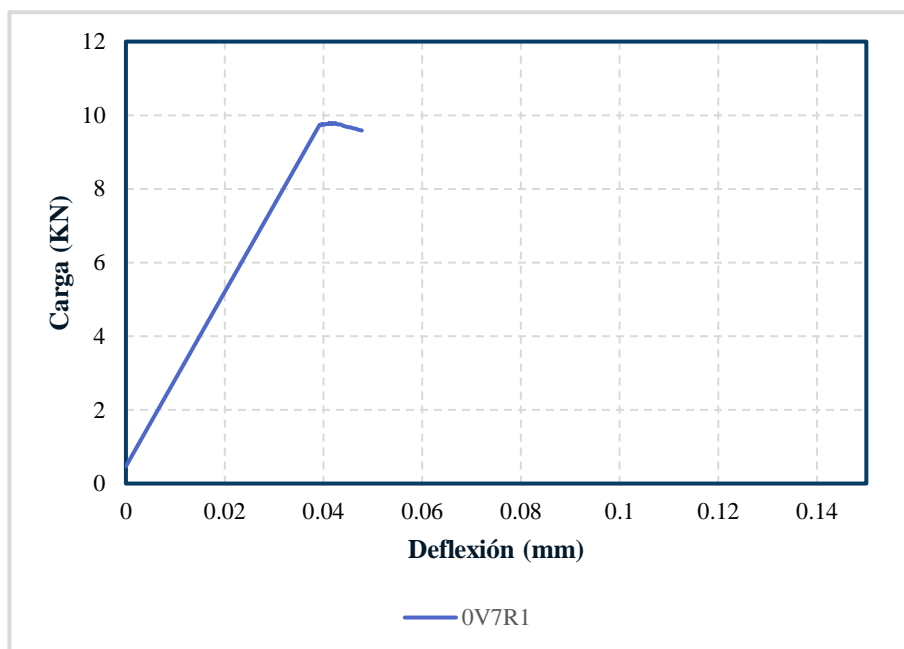


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V7R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	102	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0425	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.936
Carga máxima (N):	9786		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN



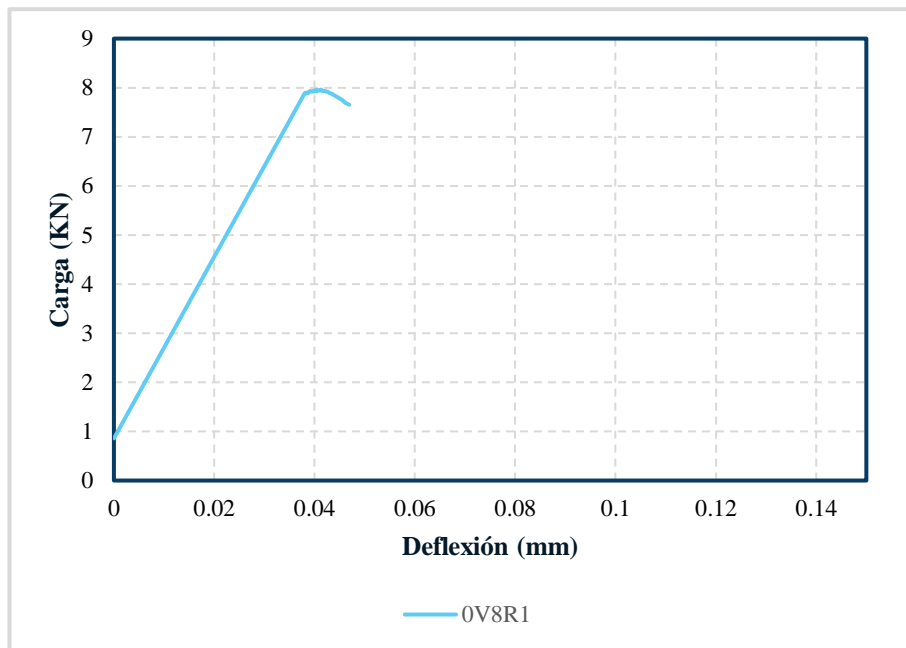
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada



## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V8R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	102	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0413	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.389
Carga máxima (N):	7963		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

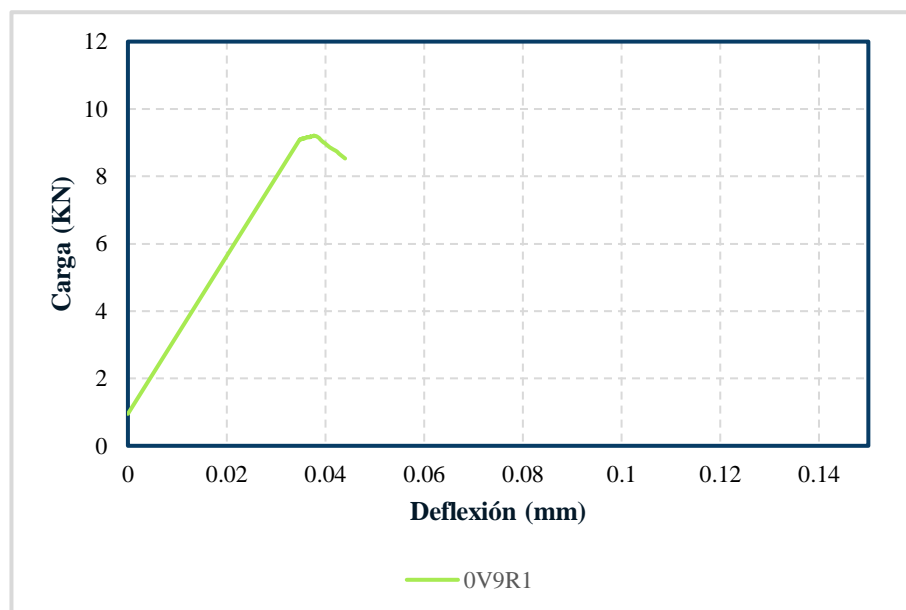


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V9R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0377	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.764
Carga máxima (N):	9212		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

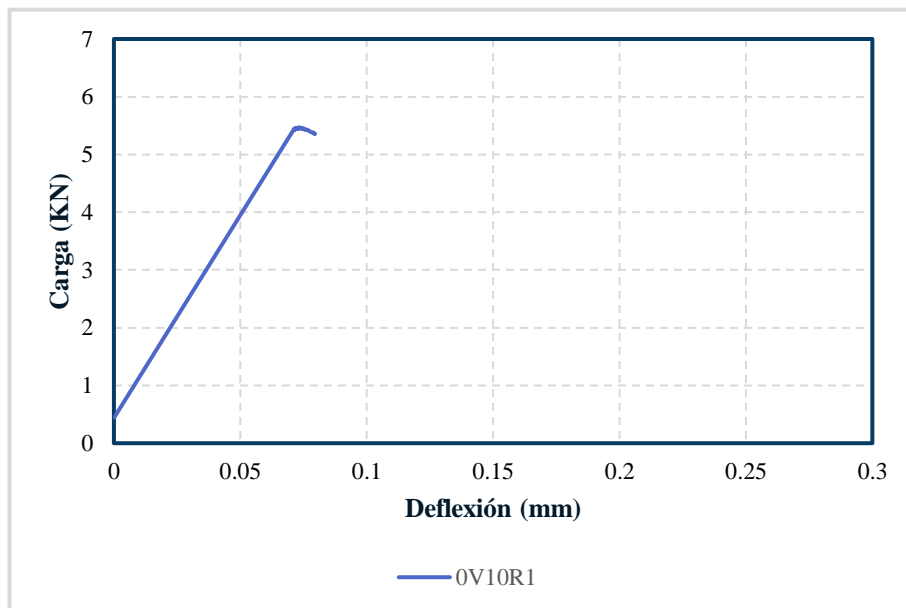


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V10R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	103	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0732	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.641
Carga máxima (N):	5470		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

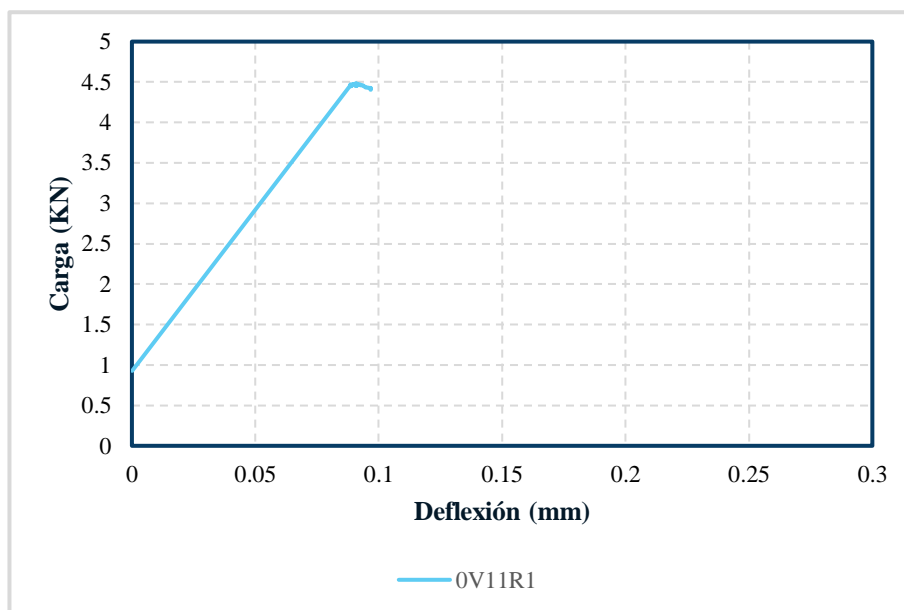


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V11R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.0908	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.346
Carga máxima (N):	4486		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

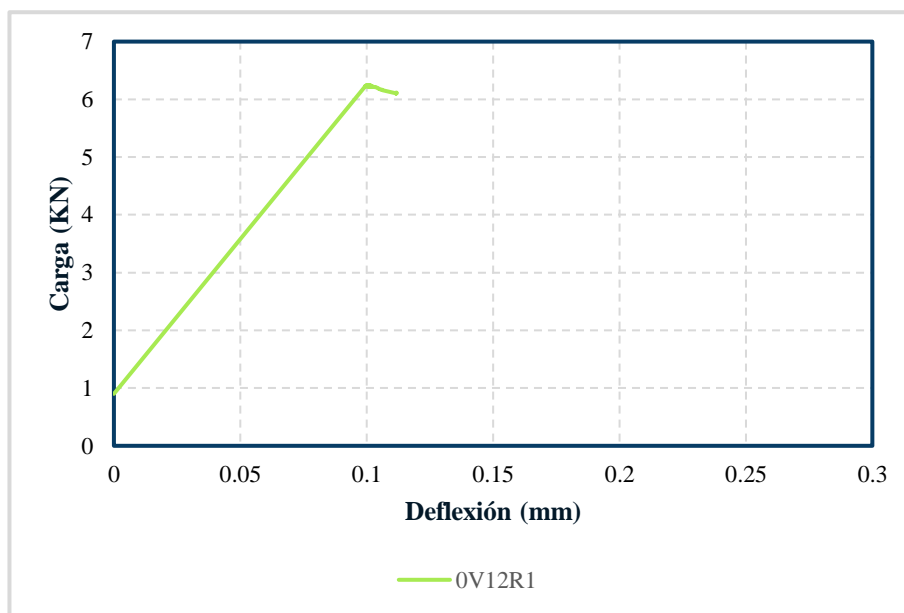


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V12R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.1014	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.874
Carga máxima (N):	6246		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

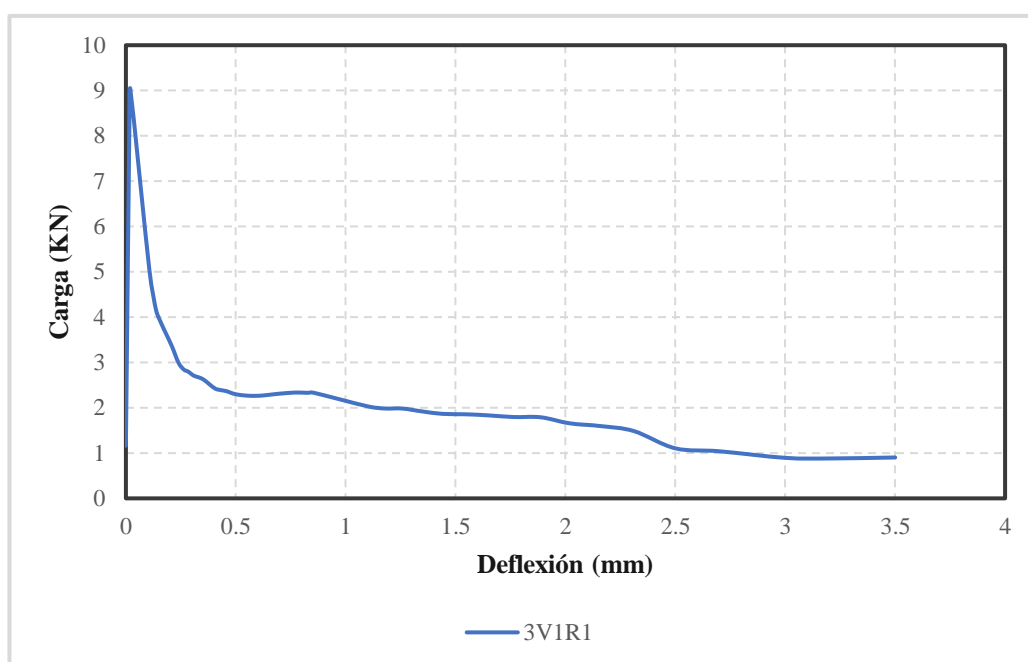


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V1R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	103	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.020	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.71
Carga máxima (N):	9032	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.69
Carga L/600 (N):	2287.66	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.50
Carga L/150 (N):	1656.19		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

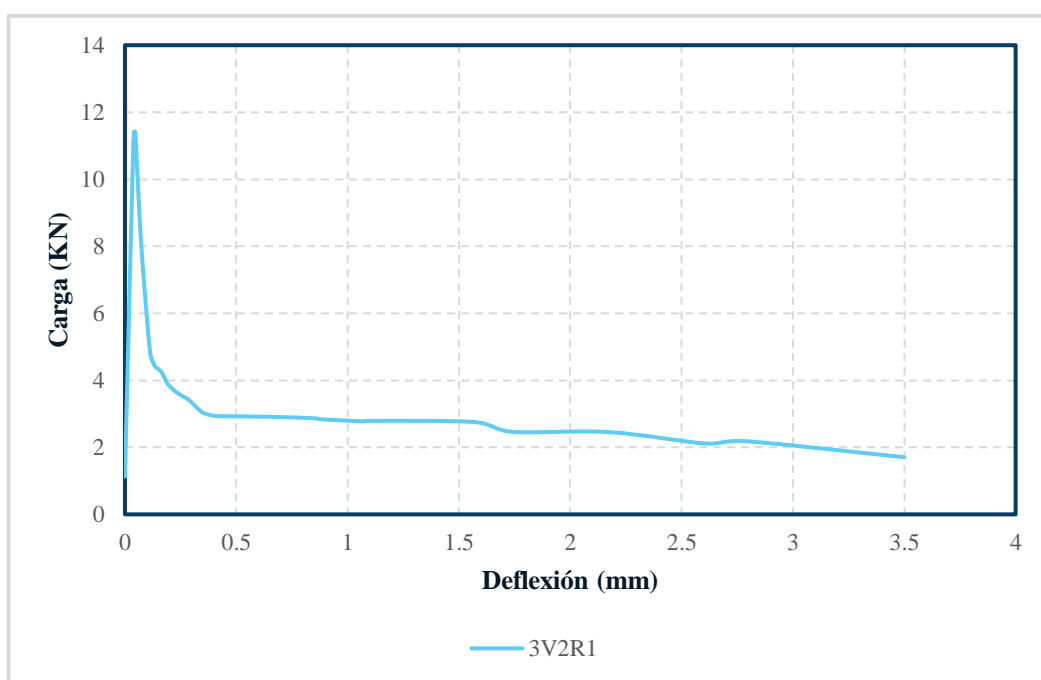


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V2R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.041	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.43
Carga máxima (N):	11421	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.88
Carga L/600 (N):	2929.16	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.74
Carga L/150 (N):	2455.62		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

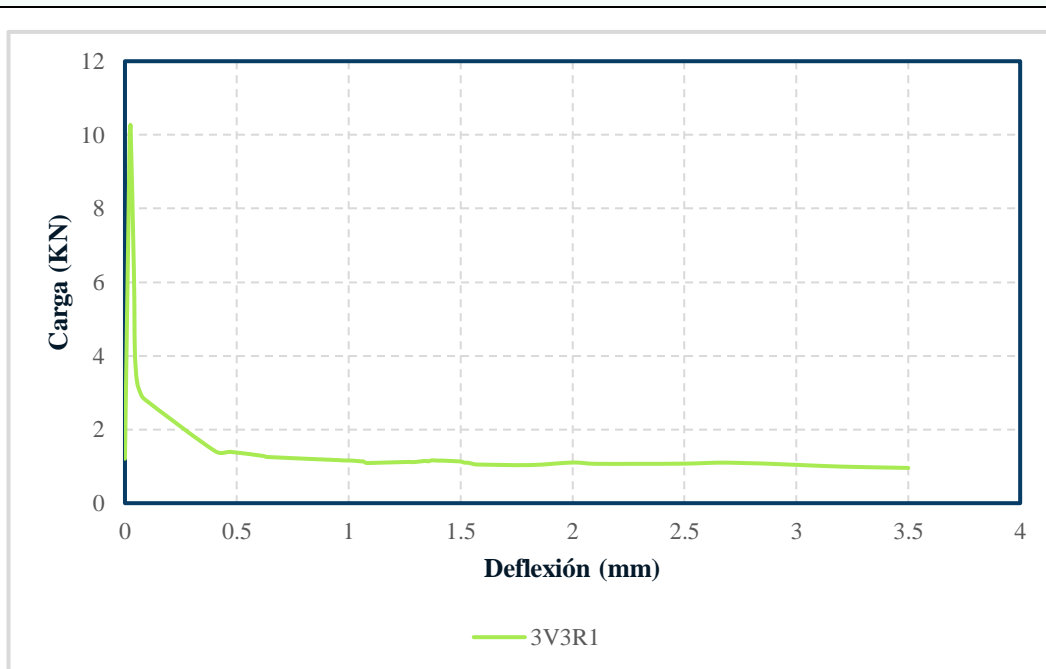


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V3R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	102	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.025	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.08
Carga máxima (N):	10260	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.42
Carga L/600 (N):	1394.22	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.33
Carga L/150 (N):	1103.40		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN



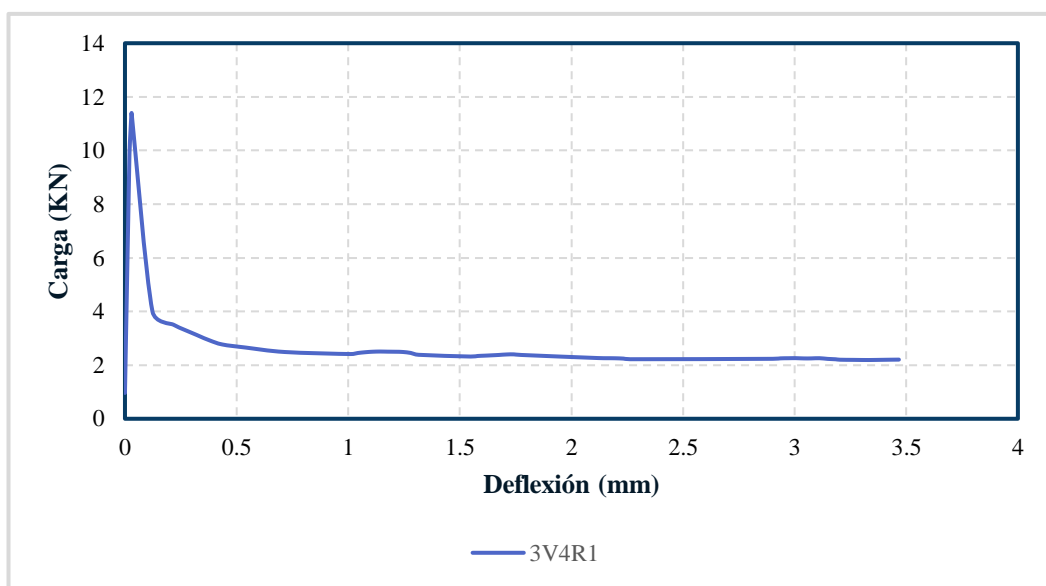
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada



## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V4R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.030	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.42
Carga máxima (N):	11400	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.80
Carga L/600 (N):	2655.3	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.68
Carga L/150 (N):	2263.69		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

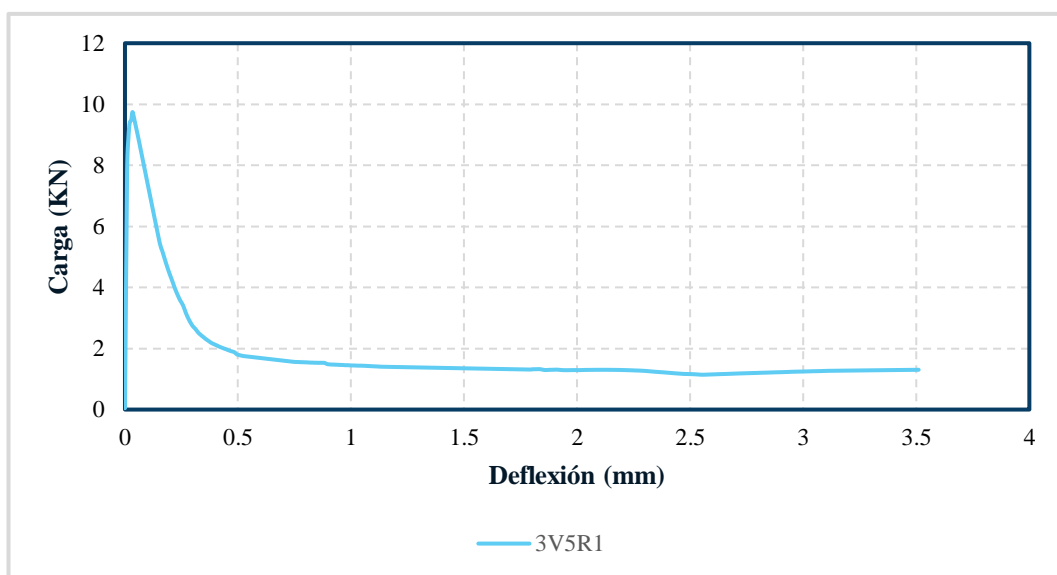


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V5R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.035	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.92
Carga máxima (N):	9723.00	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.54
Carga L/600 (N):	1789.24	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.39
Carga L/150 (N):	1292.63		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

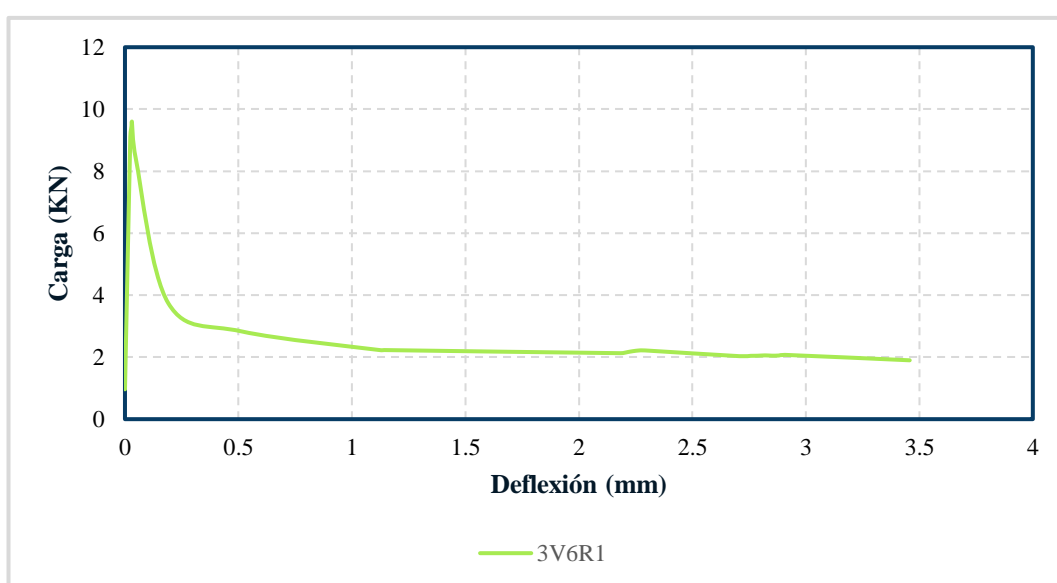


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V6R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	103	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.031	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.88
Carga máxima (N):	9603.00	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.85
Carga L/600 (N):	2829.81	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.64
Carga L/150 (N):	2128.60		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

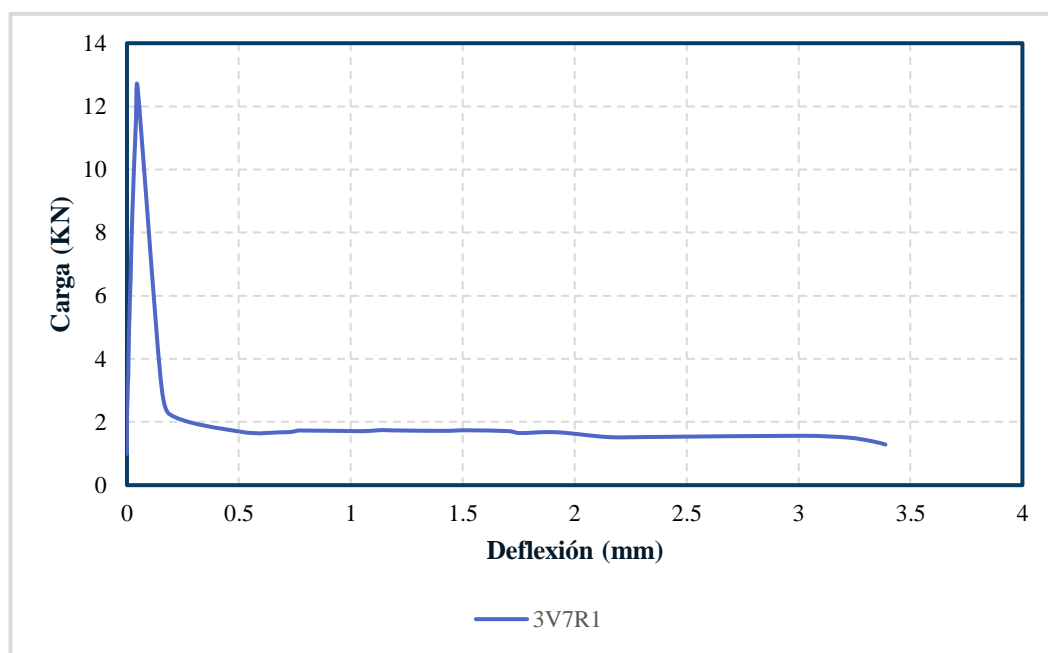


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V7R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.047	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.79
Carga máxima (N):	12619	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.51
Carga L/600 (N):	1691.18	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.46
Carga L/150 (N):	1521.75		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

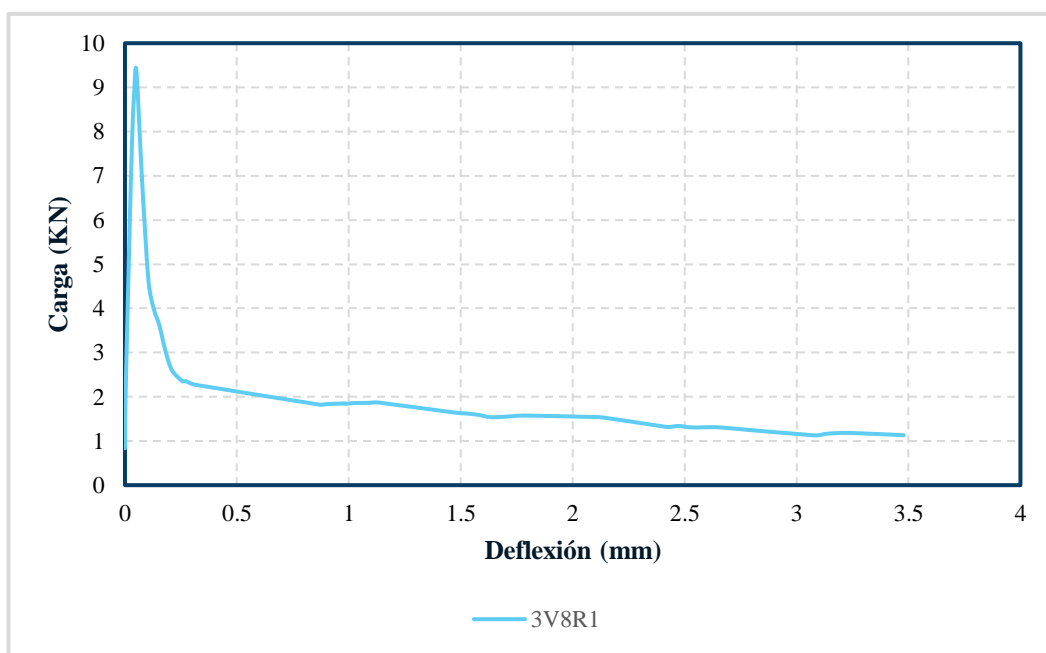


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V8R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.051	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.81
Carga máxima (N):	9380	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.60
Carga L/600 (N):	2013.72	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.46
Carga L/150 (N):	1543.68		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

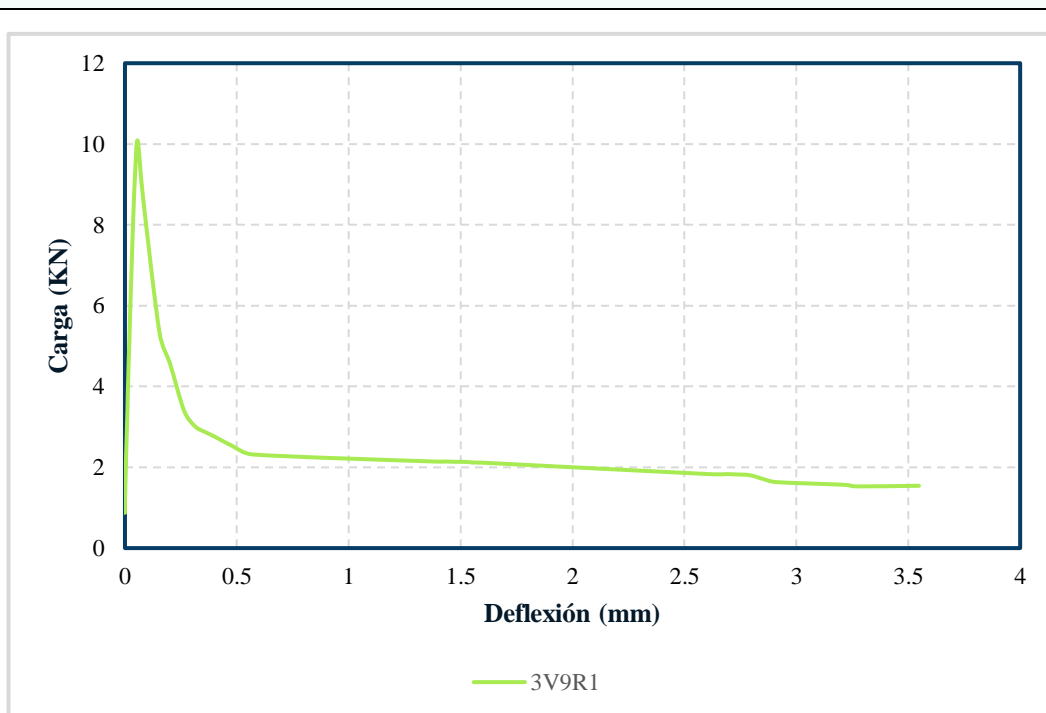


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V9R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	102	Altura de la probeta (mm):	103
Deflexión en la rotura (mm):	0.057	Esfuerzo máximo (Mpa):	3.03
Carga máxima (N):	10084	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.75
Carga L/600 (N):	2506.26	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.59
Carga L/150 (N):	1952.41		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

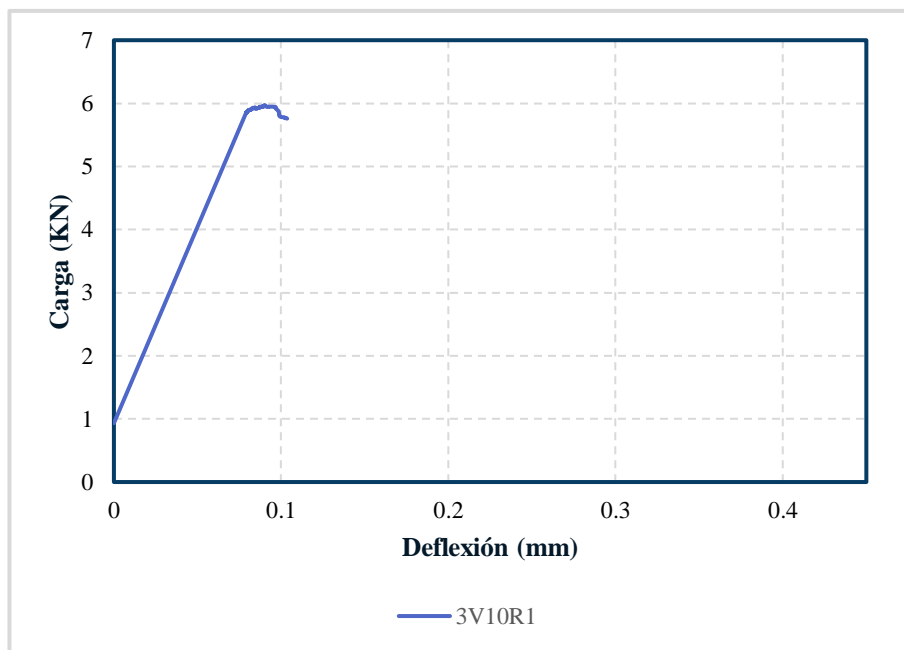


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V10R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.0901	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.79
Carga máxima (N):	5972.86	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0
Carga L/600 (N):	0	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0
Carga L/150 (N):	0		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

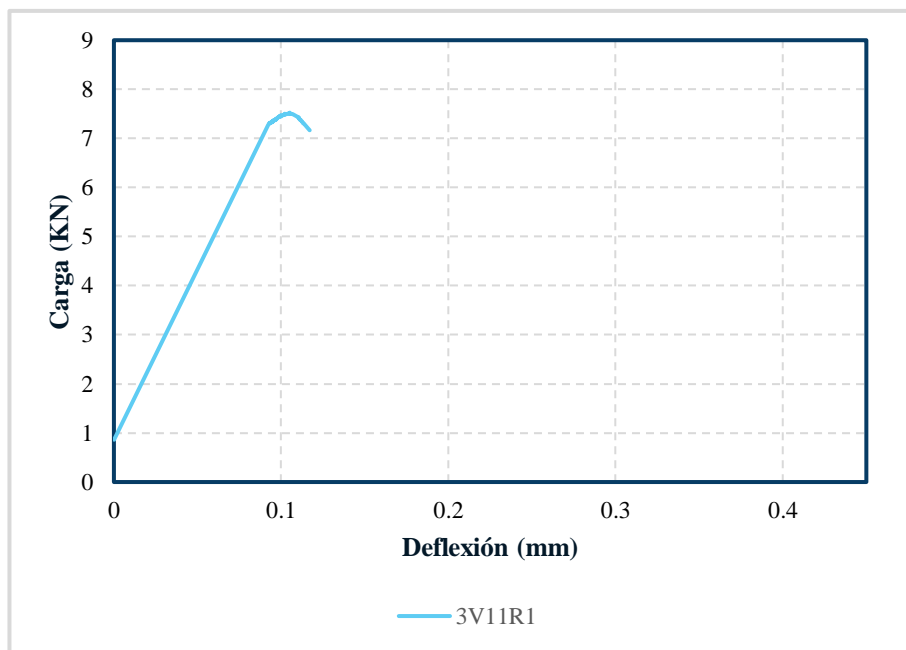


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V11R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.105	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.26
Carga máxima (N):	7524.81	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0
Carga L/600 (N):	0	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0
Carga L/150 (N):	0		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN



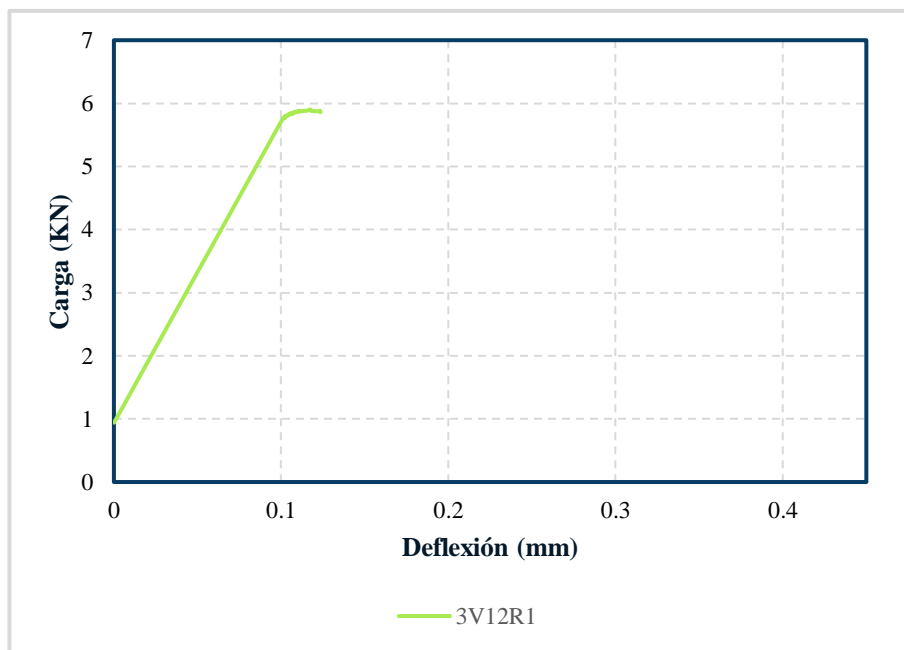
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada



## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V12R1			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.117	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.77
Carga máxima (N):	5902.29	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0
Carga L/600 (N):	0	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0
Carga L/150 (N):	0		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

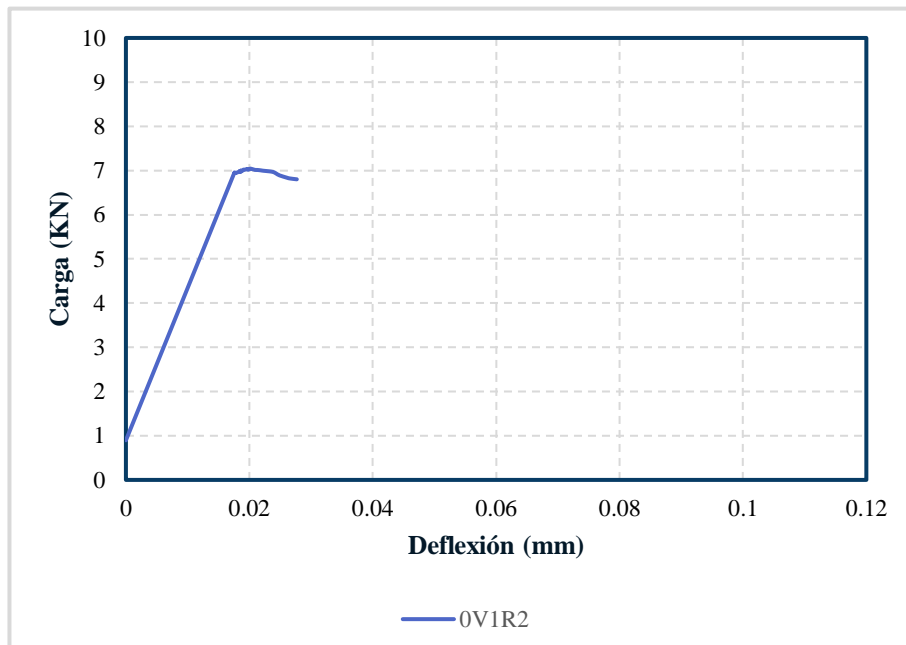


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V1R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	102	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.0202	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.096
Carga máxima (N):	7043		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

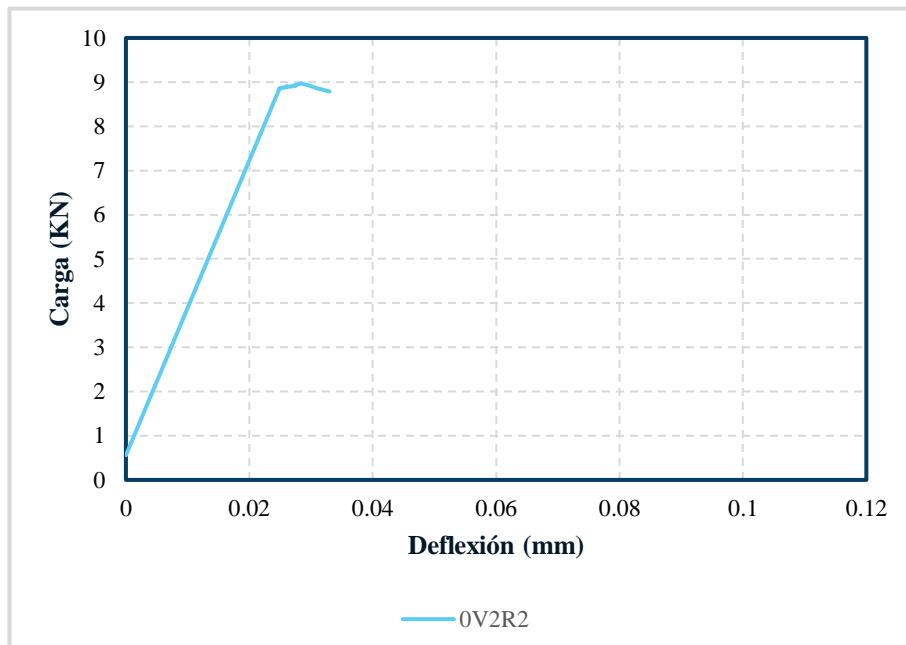


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V1R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.0283	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.690
Carga máxima (N):	8968		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

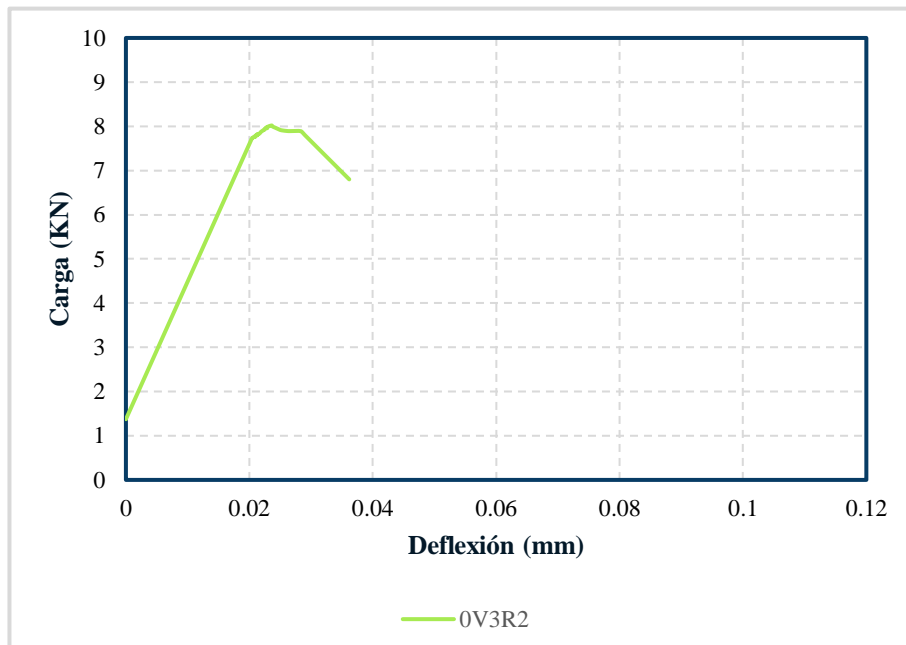


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V3R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.0236	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.406
Carga máxima (N):	8019		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

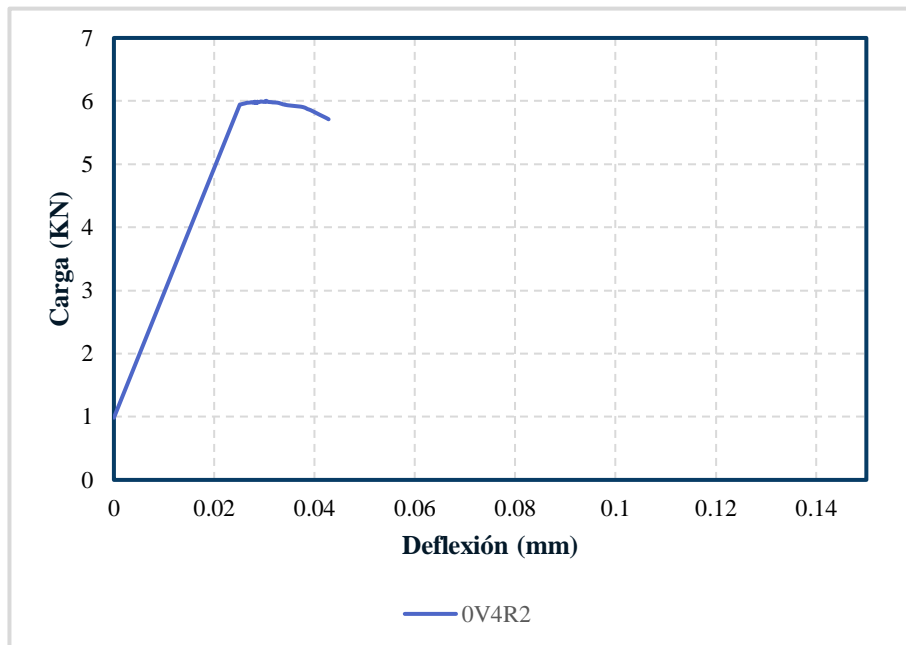


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V4R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	99	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0304	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.801
Carga máxima (N):	6004		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

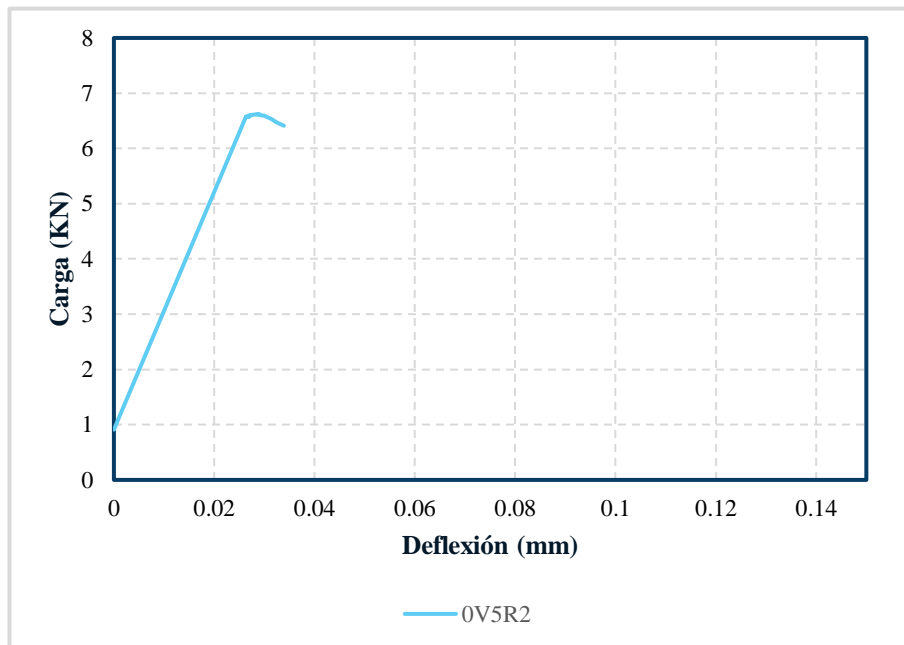


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V5R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0289	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.987
Carga máxima (N):	6624		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

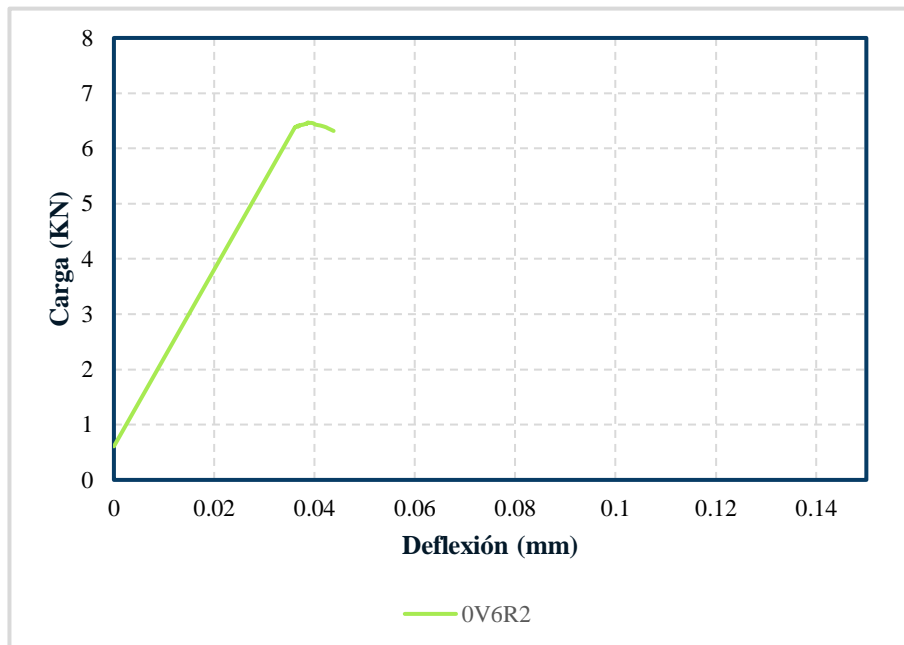


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V6R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.0387	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.941
Carga máxima (N):	6470		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

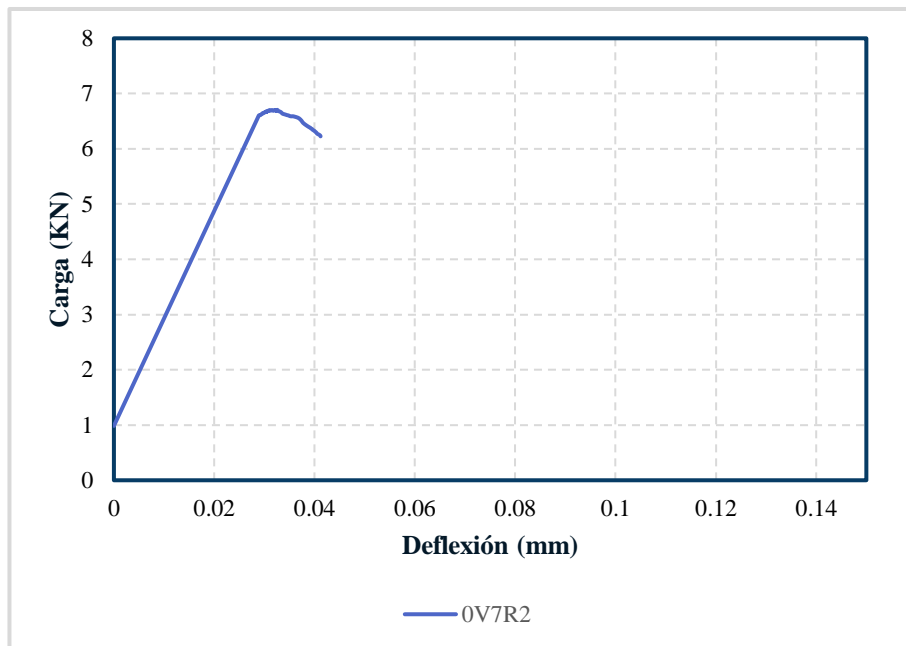


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V7R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0326	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.011
Carga máxima (N):	6704		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN



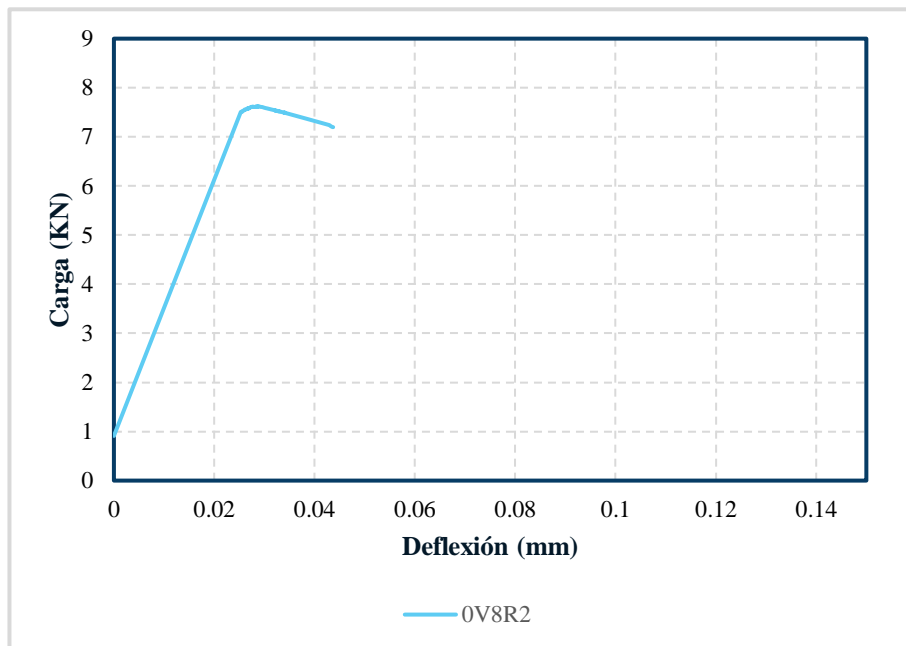
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada



## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V8R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	103	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.0289	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.286
Carga máxima (N):	7622		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

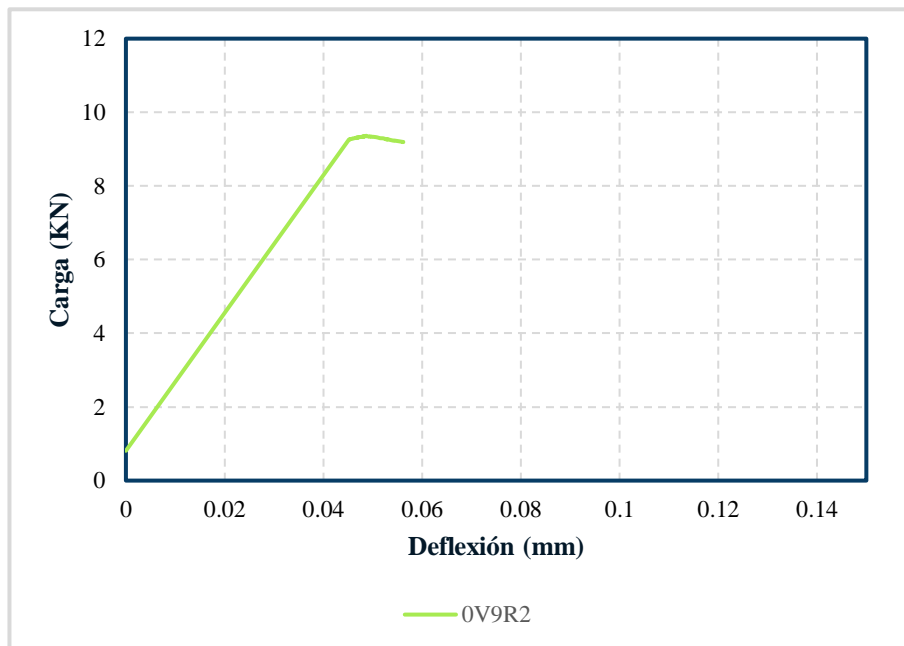


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V9R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	99	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0487	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.808
Carga máxima (N):	9362		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

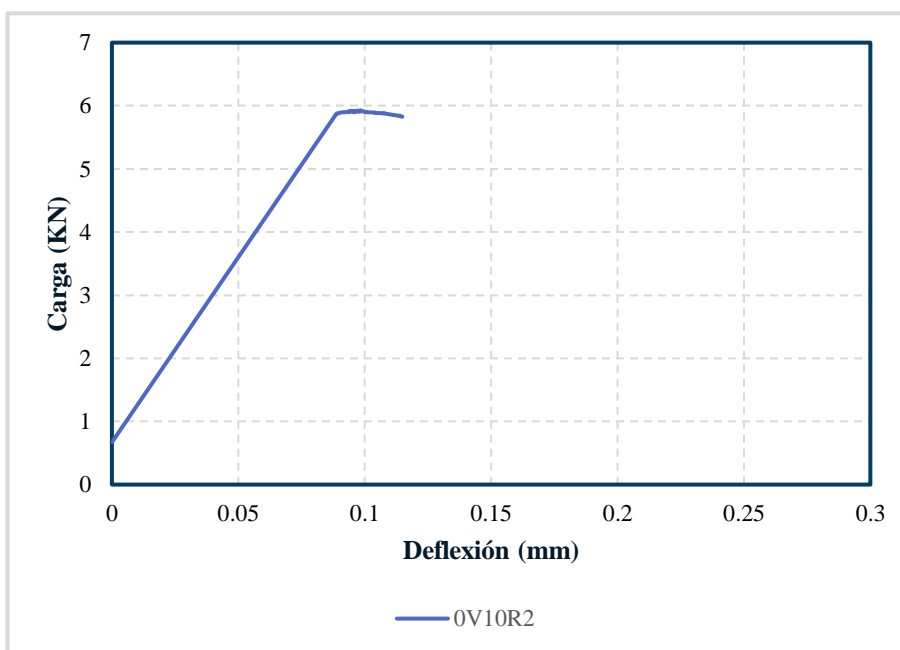


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V10R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Fuera del tercio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.0974	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.778
Carga máxima (N):	5925		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

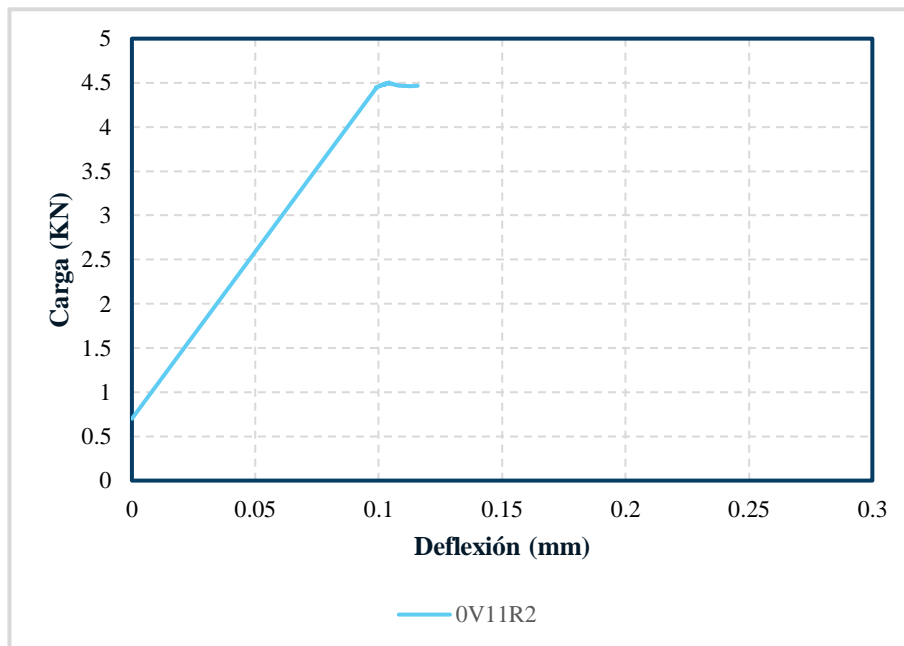


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V11R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.1041	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.352
Carga máxima (N):	4505		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

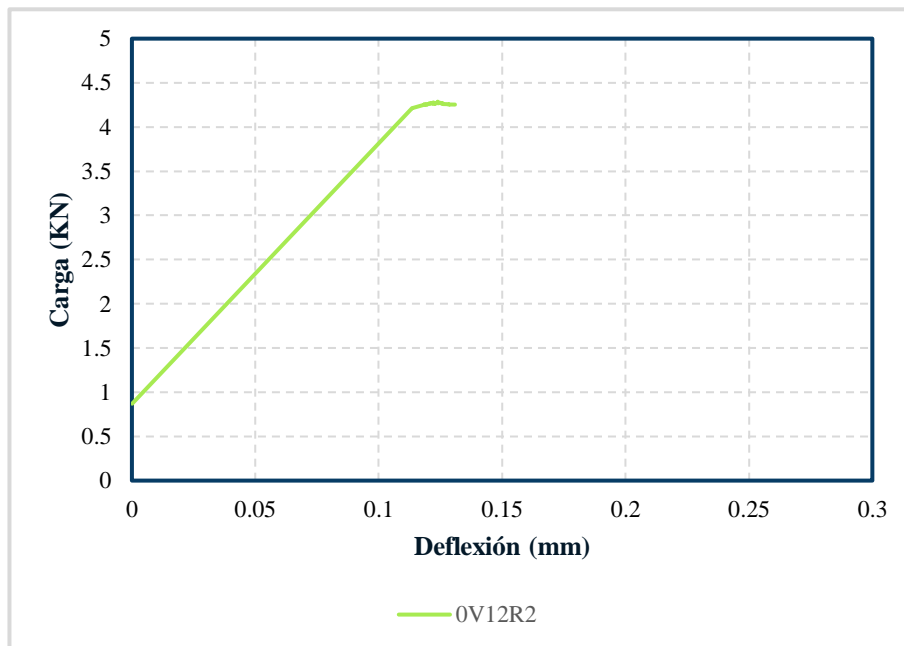


Fuente: Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 0V12R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.1239	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.286
Carga máxima (N):	4287		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

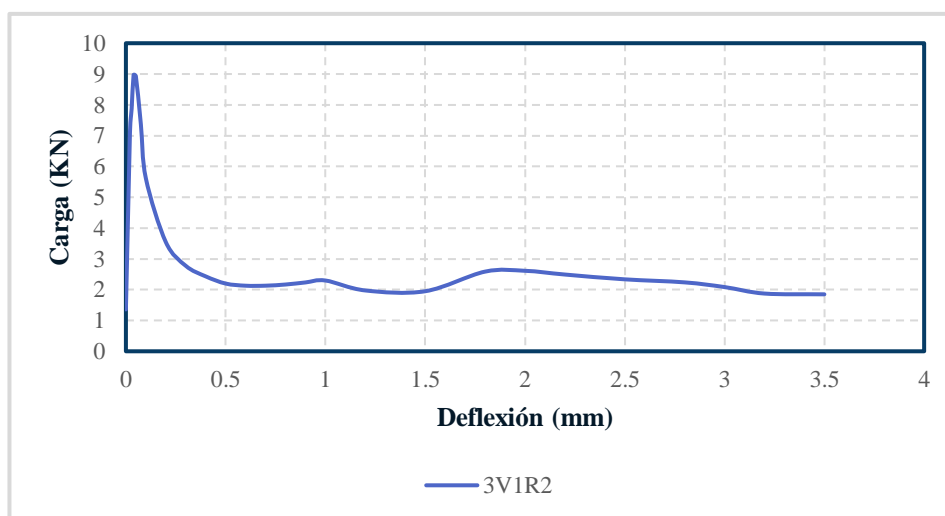


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V1R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.039	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.69
Carga máxima (N):	8970	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.66
Carga L/600 (N):	2198.54	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.78
Carga L/150 (N):	2613.07		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

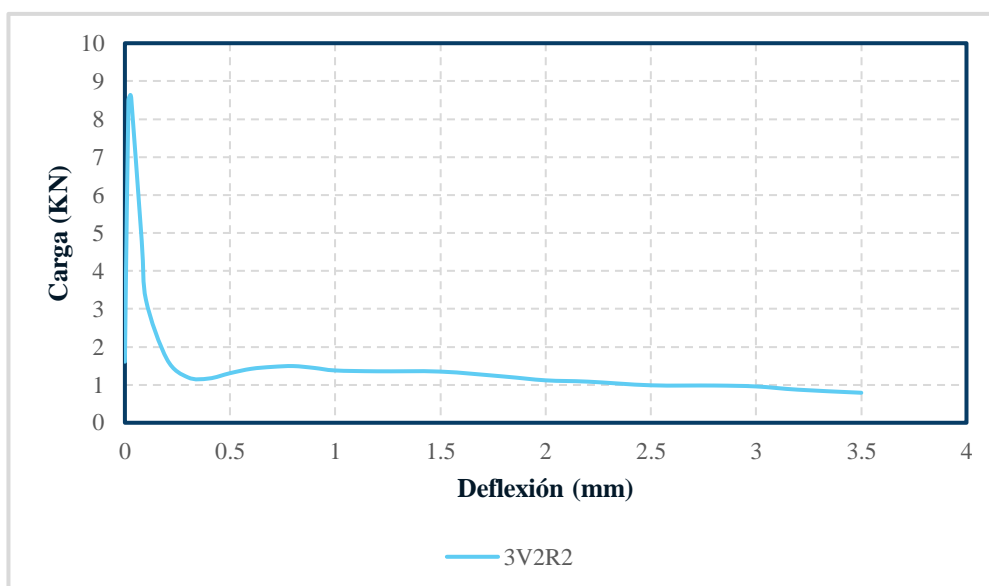


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

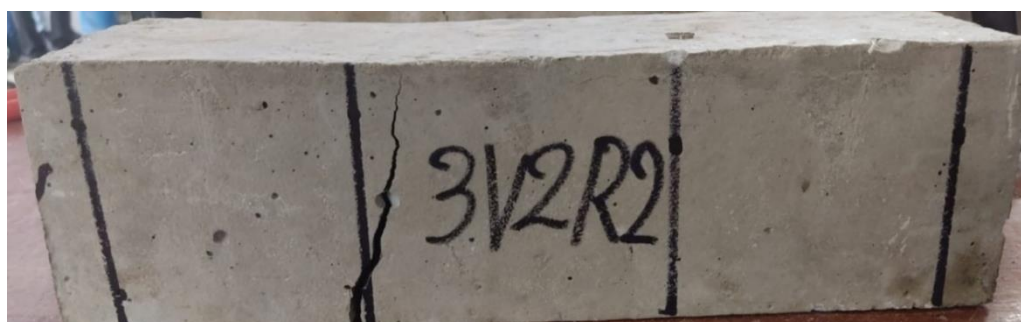
## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V2R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	103	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.026	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.59
Carga máxima (N):	8638.70	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.39
Carga L/600 (N):	1307.17	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.34
Carga L/150 (N):	1118.02		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

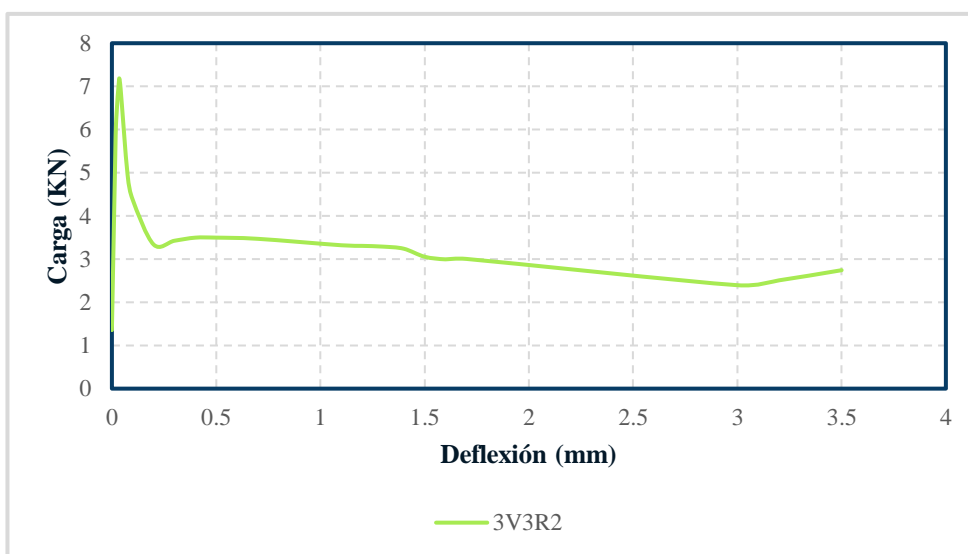


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V3R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.035	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.15
Carga máxima (N):	7181.17	Esfuerzo L/600 (Mpa):	1.05
Carga L/600 (N):	3497.12	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.86
Carga L/150 (N):	2873.23		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN



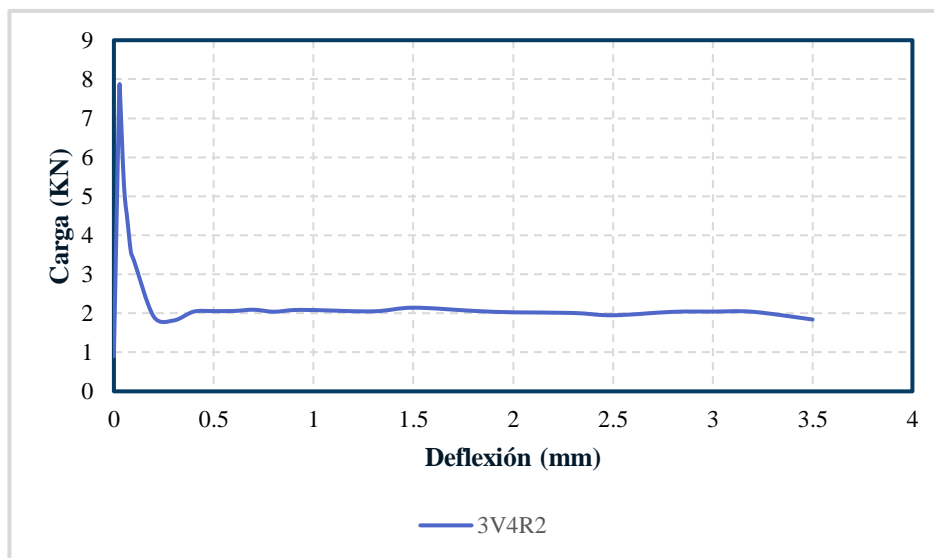
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada



## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V4R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	99	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.029	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.36
Carga máxima (N):	7876.4	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.62
Carga L/600 (N):	2057.08	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.61
Carga L/150 (N):	2025.92		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

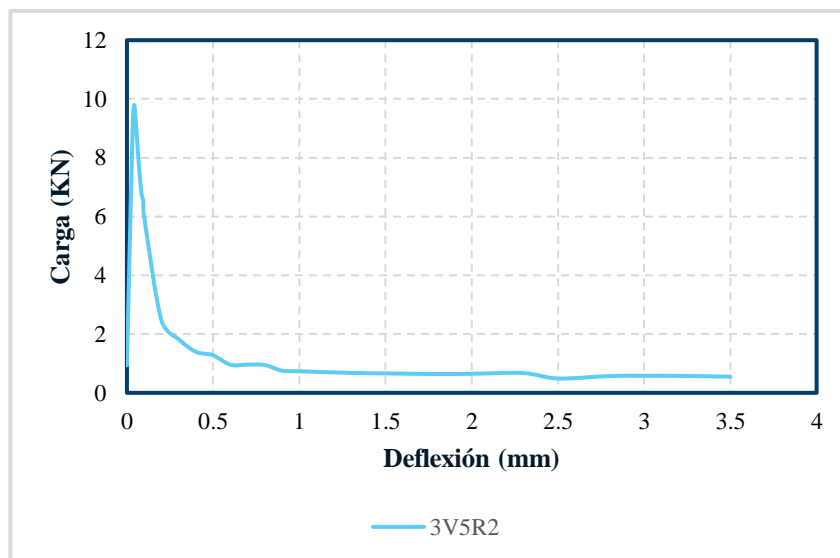


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V5R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.042	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.94
Carga máxima (N):	9797.0	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.38
Carga L/600 (N):	1279.2	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.19
Carga L/150 (N):	648.5		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

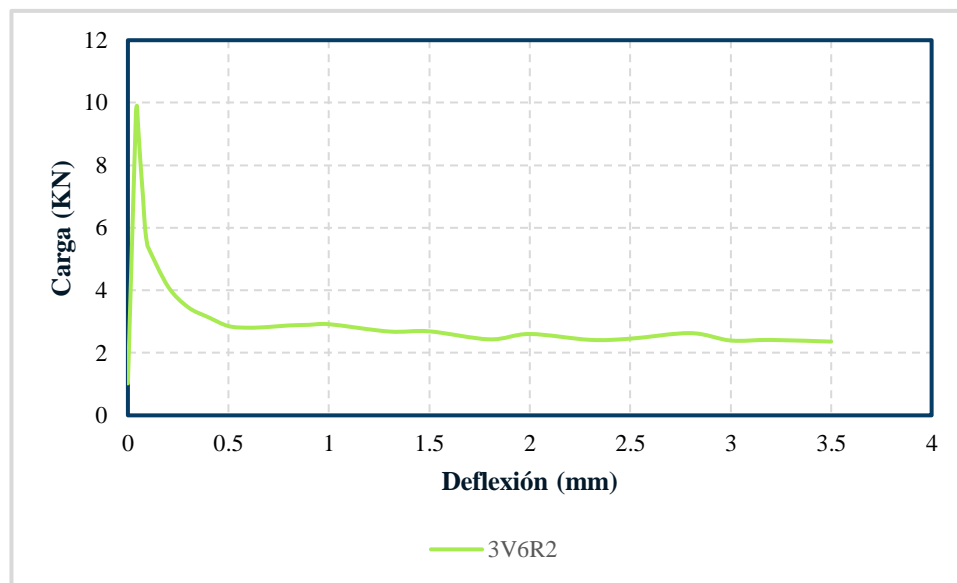


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V6R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.045	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.97
Carga máxima (N):	9905	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.86
Carga L/600 (N):	2856.89	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.78
Carga L/150 (N):	2602.8		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

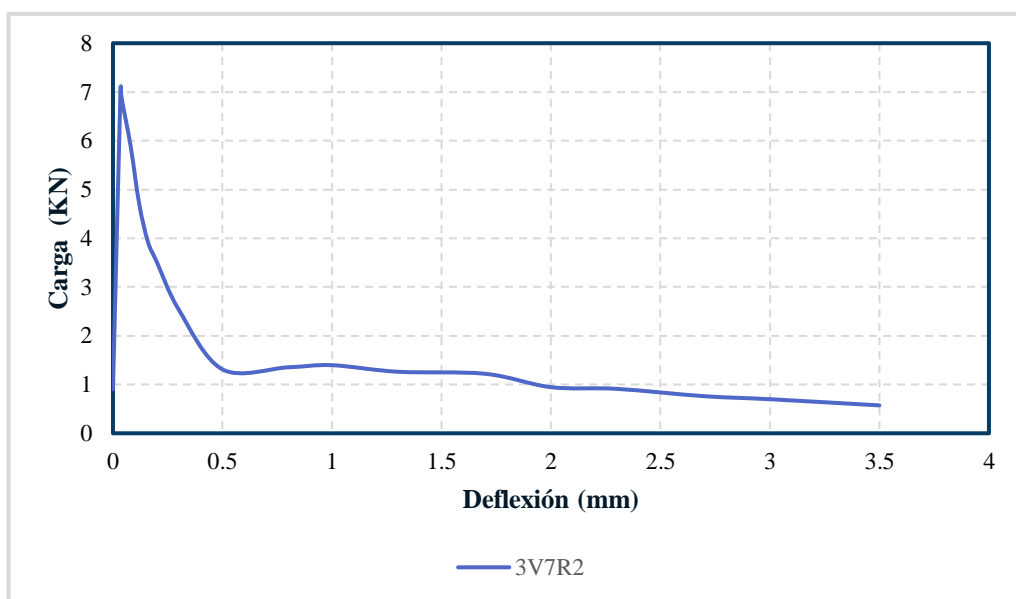


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V7R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	100
Deflexión en la rotura (mm):	0.036	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.14
Carga máxima (N):	7117.59	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.39
Carga L/600 (N):	1310.98	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.28
Carga L/150 (N):	946.36		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN

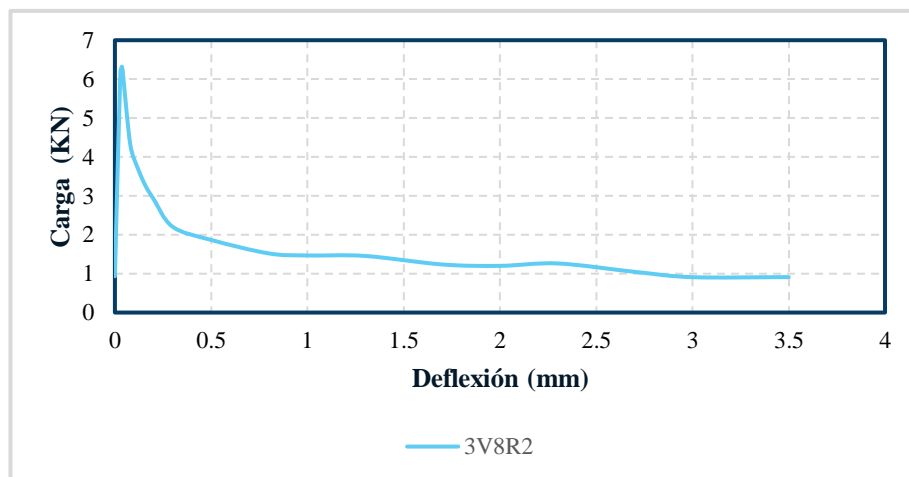


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V8R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.036	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.90
Carga máxima (N):	6320.60	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.56
Carga L/600 (N):	1866.62	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.36
Carga L/150 (N):	1200.32		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

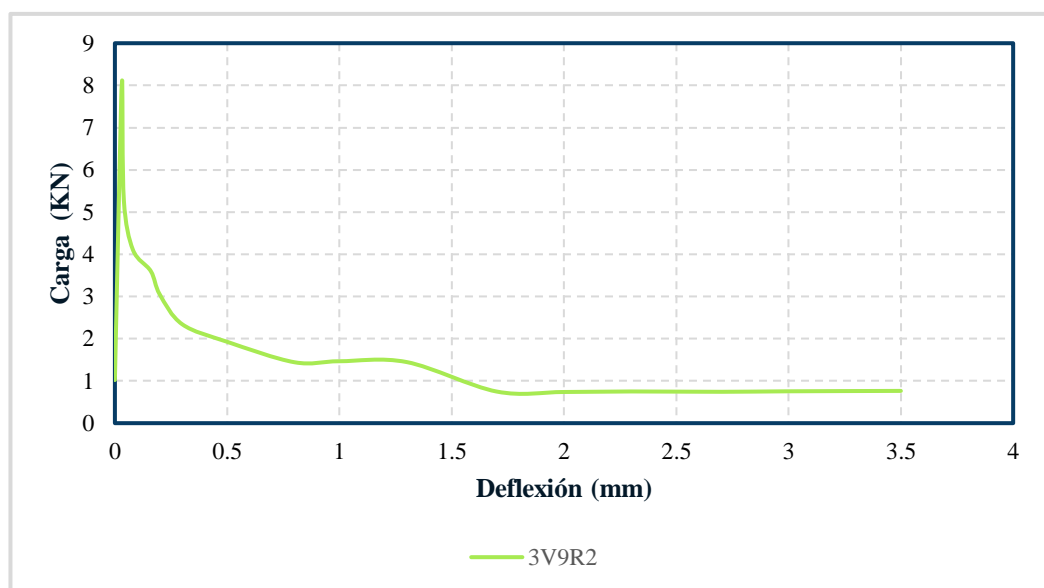


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V9R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	101	Altura de la probeta (mm):	99
Deflexión en la rotura (mm):	0.033	Esfuerzo máximo (Mpa):	2.43
Carga máxima (N):	8110.70	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0.58
Carga L/600 (N):	1927.38	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0.22
Carga L/150 (N):	738.46		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

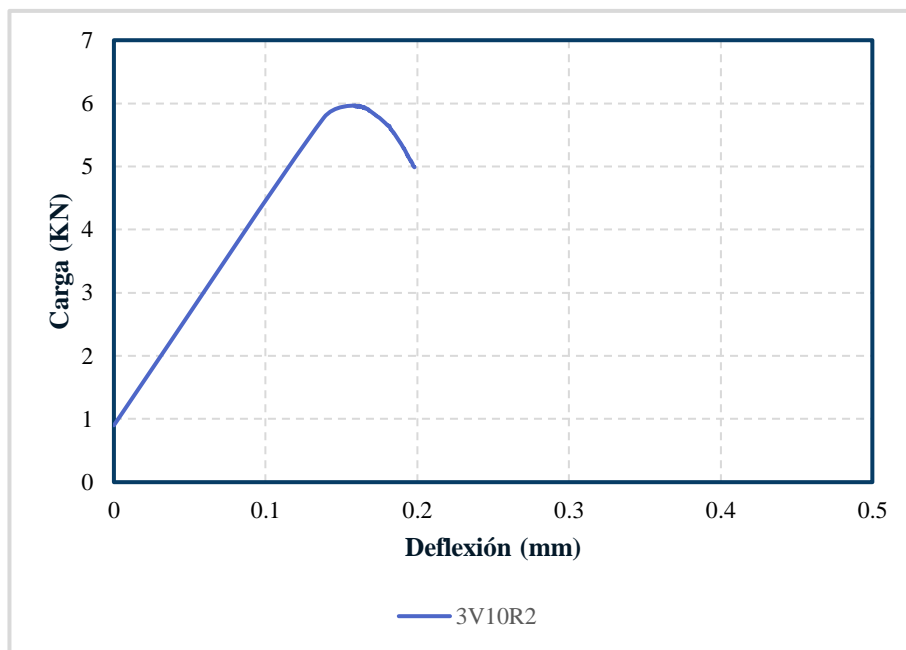


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V10R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.159	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.79
Carga máxima (N):	5966.82	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0
Carga L/600 (N):	0	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0
Carga L/150 (N):	0		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN

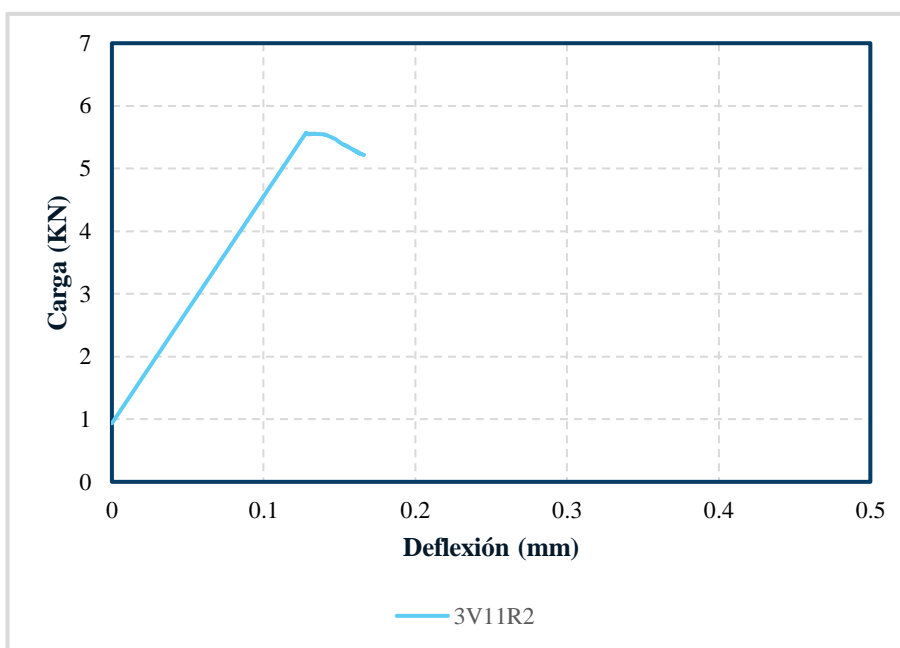


**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V11R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	102
Deflexión en la rotura (mm):	0.128	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.672
Carga máxima (N):	5572.64	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0
Carga L/600 (N):	0	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0
Carga L/150 (N):	0		

### CURVA CARGA – DEFLECCIÓN



### IMAGEN



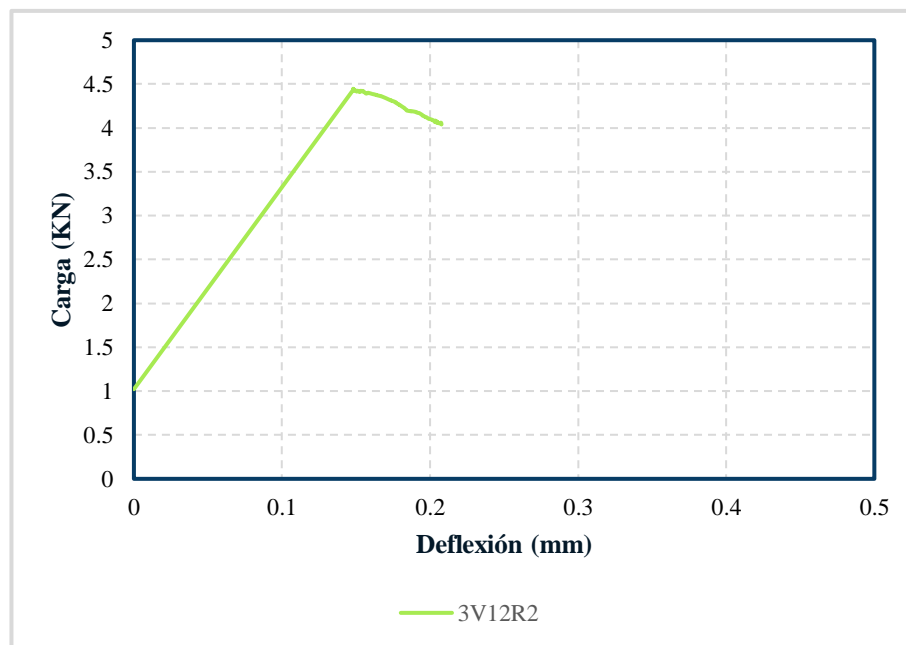
**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada



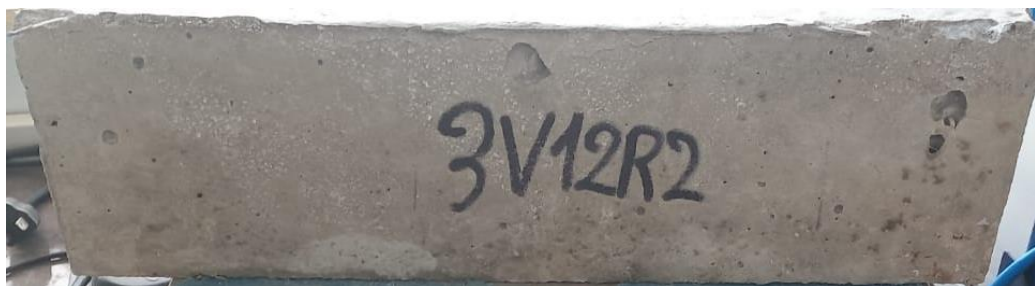
## ENSAYO A FLEXIÓN

Probeta: 3V12R2			
Longitud entre apoyos (mm):	300	Ubicación de falla:	Tercio medio
Ancho de la probeta (mm):	100	Altura de la probeta (mm):	101
Deflexión en la rotura (mm):	0.148	Esfuerzo máximo (Mpa):	1.334
Carga máxima (N):	4446.67	Esfuerzo L/600 (Mpa):	0
Carga L/600 (N):	0	Esfuerzo L/150 (Mpa):	0
Carga L/150 (N):	0		

### CURVA CARGA – DEFLEXIÓN



### IMAGEN



**Fuente:** Ariel Mateo Murillo Estrada

Anexo 15. Fibras en probetas

RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V1R1

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	351	Densidad de fibra (kg/m3):	910
Longitud de fractura (mm):	112	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.01106282
Ancho de la probeta (mm):	103	Volumen de fibras en la probeta (mm3):	12156.9429
Altura de la probeta (mm):	102	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volumen de la probeta (mm3):	3687606	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m3):	3	Temperatura de exposición (°C):	20

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	1	0	0	1	0	0
B	0	1	0	0	2	0
C	0	0	0	0	0	0
D	0	3	0	0	1	0
E	1	7	0	1	5	0
F	0	3	0	0	2	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	1	0	0	1	1	1
B	0	3	0	3	3	1
C	0	0	0	0	1	0
D	0	4	0	4	4	1
E	1	12	0	13	20	0.65
F	0	5	0	5	4	1.25
Sumatoria Parcial	2	24	0			
Total (Número Contado)				26	33	0.788

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	1	$\Theta$ (E)	0.65
$\Theta$ (B)	1	$\Theta$ (F)	1.25
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.788
$\Theta$ (D)	1		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V2R1

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	350	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	105	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.010605
Ancho de la probeta (mm):	100	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11653.8462
Altura de la probeta (mm):	101	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volumen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3535000	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	20

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	1	0	0	1	1	0
B	0	2	0	0	3	0
C	0	0	0	0	0	0
D	0	1	0	0	0	0
E	1	3	0	1	5	1
F	1	2	1	1	1	0

ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	1	1	0	2	1	2
B	0	5	0	5	3	1.667
C	0	0	0	0	1	0
D	0	1	0	1	4	0.25
E	1	8	1	9	20	0.45
F	1	3	1	4	4	1
<b>Sumatoria Parcial</b>	3	18	2			
<b>Total (Número Contado)</b>				21	33	0.636

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	2	$\Theta$ (E)	0.45
$\Theta$ (B)	1.667	$\Theta$ (F)	1
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.636
$\Theta$ (D)	0.25		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V3R1

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	350	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	112	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.01071
Ancho de la probeta (mm):	102	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11769.2308
Altura de la probeta (mm):	100	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volumen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3570000	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	20

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	1	0	0
B	0	0	0	0	2	0
C	0	0	0	0	1	0
D	0	1	0	0	1	0
E	1	5	0	1	4	0
F	1	0	0	0	1	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	1	0	0	1	1	1
B	0	2	0	2	3	0.66666667
C	0	1	0	1	1	1
D	0	2	0	2	4	0.5
E	1	9	0	10	20	0.5
F	1	1	0	2	4	0.5
<b>Sumatoria Parcial</b>	3	15	0			
<b>Total (Número Contado)</b>				18	33	0.54545455

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	1	$\Theta$ (E)	0.5
$\Theta$ (B)	0.667	$\Theta$ (F)	0.5
$\Theta$ (C)	1	$\Theta$ (TOTAL)	0.545
$\Theta$ (D)	0.5		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V4R1

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	351	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	107	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.0106353
Ancho de la probeta (mm):	100	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11687.1429
Altura de la probeta (mm):	101	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volumen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3545100	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	100

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	1	0
C	0	1	0	0	0	0
D	0	1	0	0	1	0
E	0	10	0	0	9	0
F	0	1	0	0	2	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	0	1	0	1	3	0.33333333
C	0	1	0	1	1	1
D	0	2	0	2	4	0.5
E	0	19	0	19	20	0.95
F	0	3	0	3	4	0.75
<b>Sumatoria Parcial</b>	0	26	0			
<b>Total (Número Contado)</b>				26	33	0.78787879

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.95
$\Theta$ (B)	0.333	$\Theta$ (F)	0.75
$\Theta$ (C)	1	$\Theta$ (TOTAL)	0.788
$\Theta$ (D)	0.5		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V5R1

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	351	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	111	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.0106353
Ancho de la probeta (mm):	100	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11687.1429
Altura de la probeta (mm):	101	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volumen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3545100	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	100

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	1	1	0	0	0
B	0	1	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	1
D	1	0	0	1	1	0
E	1	6	1	1	4	0
F	0	1	0	0	1	1
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	1	1	1	1	1
B	0	1	0	1	3	0.33333333
C	0	0	1	0	1	0
D	1	1	0	2	4	0.5
E	1	10	1	11	20	0.55
F	0	2	1	2	4	0.5
<b>Sumatoria Parcial</b>	2	15	4			
<b>Total (Número Contado)</b>				17	33	0.51515152

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	1	$\Theta$ (E)	0.55
$\Theta$ (B)	0.333	$\Theta$ (F)	0.5
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.515
$\Theta$ (D)	0.5		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V6R1

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	352	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	104	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.01109434
Ancho de la probeta (mm):	103	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	12191.578
Altura de la probeta (mm):	102	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volumen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3698112	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	100

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	1	0
C	0	1	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	2	12	0	2	4	0
F	0	3	0	0	3	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	0	1	0	1	3	0.33333333
C	0	1	0	1	1	1
D	0	0	0	0	4	0
E	2	16	0	18	20	0.9
F	0	6	0	6	4	1.5
<b>Sumatoria Parcial</b>	2	24	0			
<b>Total (Número Contado)</b>				26	33	0.78787879

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.9
$\Theta$ (B)	0.333	$\Theta$ (F)	1.5
$\Theta$ (C)	1	$\Theta$ (TOTAL)	0.788
$\Theta$ (D)	0		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V7R1

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	350	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	107	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.01071
Ancho de la probeta (mm):	100	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11769.2308
Altura de la probeta (mm):	102	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3570000	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	280

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	1	0	0	1	0	0
B	0	1	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0
D	1	1	0	1	1	0
E	2	4	4	2	6	0
F	0	0	0	0	1	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	1	0	0	1	1	1
B	0	1	0	1	3	0.33333333
C	0	0	0	0	1	0
D	1	2	0	3	4	0.75
E	2	10	4	12	20	0.6
F	0	1	0	1	4	0.25
<b>Sumatoria Parcial</b>	4	14	4			
<b>Total (Número Contado)</b>				18	33	0.54545455

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	1	$\Theta$ (E)	0.6
$\Theta$ (B)	0.333	$\Theta$ (F)	0.25
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.545
$\Theta$ (D)	0.75		



## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V8R1

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	350	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	114	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.01071
Ancho de la probeta (mm):	100	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11769.2308
Altura de la probeta (mm):	102	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3570000	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	280

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	1	1	1	1	0	0
B	1	0	1	0	1	1
C	0	0	0	0	0	1
D	0	0	0	0	1	3
E	3	6	2	3	5	0
F	0	0	0	1	3	1
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	1	1	1	2	1	2
B	1	1	2	2	3	0.66666667
C	0	0	1	0	1	0
D	0	1	3	1	4	0.25
E	3	11	2	14	20	0.7
F	1	3	1	4	4	1
<b>Sumatoria Parcial</b>	6	17	10			
<b>Total (Número Contado)</b>				23	33	0.6969697

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	2	$\Theta$ (E)	0.7
$\Theta$ (B)	0.667	$\Theta$ (F)	1
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.697
$\Theta$ (D)	0.25		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V9R1

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	350	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	109	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.0110313
Ancho de la probeta (mm):	102	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	12122.3077
Altura de la probeta (mm):	103	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volumen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3677100	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	280

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	0	1	0	0	0	0
C	0	2	0	0	0	0
D	0	3	1	0	3	0
E	3	3	0	3	4	0
F	1	2	1	1	4	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	0	1	0	1	3	0.33333333
C	0	2	0	2	1	2
D	0	6	1	6	4	1.5
E	3	7	0	10	20	0.5
F	1	6	1	7	4	1.75
<b>Sumatoria Parcial</b>	4	22	2			
<b>Total (Número Contado)</b>				26	33	0.78787879

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.5
$\Theta$ (B)	0.333	$\Theta$ (F)	1.75
$\Theta$ (C)	2	$\Theta$ (TOTAL)	0.788
$\Theta$ (D)	1.5		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V1R2

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	351	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	104	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.0106353
Ancho de la probeta (mm):	101	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11687.1429
Altura de la probeta (mm):	100	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3545100	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	20

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	1
C	0	0	0	0	1	0
D	0	0	0	0	1	0
E	0	5	1	1	2	0
F	0	1	0	0	1	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	0	0	1	0	3	0
C	0	1	0	1	1	1
D	0	1	0	1	4	0.25
E	1	7	1	8	20	0.4
F	0	2	0	2	4	0.5
<b>Sumatoria Parcial</b>	1	11	2			
<b>Total (Número Contado)</b>				12	33	0.36363636

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.4
$\Theta$ (B)	0	$\Theta$ (F)	0.5
$\Theta$ (C)	1	$\Theta$ (TOTAL)	0.364
$\Theta$ (D)	0.25		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V2R2

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	350	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	103	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.010815
Ancho de la probeta (mm):	103	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11884.6154
Altura de la probeta (mm):	100	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volumen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3605000	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	20

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	0	1	0	0	0	0
C	0	0	0	0	1	0
D	0	0	0	0	1	0
E	1	7	2	0	1	0
F	1	1	0	0	1	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	0	1	0	1	3	0.33333333
C	0	1	0	1	1	1
D	0	1	0	1	4	0.25
E	1	8	2	9	20	0.45
F	1	2	0	3	4	0.75
<b>Sumatoria Parcial</b>	2	13	2			
<b>Total (Número Contado)</b>				15	33	0.45454545

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.45
$\Theta$ (B)	0.333	$\Theta$ (F)	0.75
$\Theta$ (C)	1	$\Theta$ (TOTAL)	0.455
$\Theta$ (D)	0.25		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V3R2

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	350	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	107	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.0105
Ancho de la probeta (mm):	100	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11538.4615
Altura de la probeta (mm):	100	Fración volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3500000	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	20

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	0	2	1	0	1	0
C	0	0	0	0	0	0
D	1	0	0	1	2	2
E	1	9	2	0	4	0
F	1	3	0	0	2	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	0	3	1	3	3	1
C	0	0	0	0	1	0
D	1	2	2	3	4	0.75
E	1	13	2	14	20	0.7
F	1	5	0	6	4	1.5
<b>Sumatoria Parcial</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>5</b>			
<b>Total (Número Contado)</b>				<b>26</b>	<b>33</b>	<b>0.78787879</b>

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.7
$\Theta$ (B)	1	$\Theta$ (F)	1.5
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.788
$\Theta$ (D)	0.75		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V4R2

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	351	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	104	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.0104247
Ancho de la probeta (mm):	99	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11455.7143
Altura de la probeta (mm):	100	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3474900	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	100

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	1	1	0	1	0	0
C	0	0	0	0	0	0
D	0	1	1	0	3	2
E	0	2	0	1	7	1
F	0	0	0	0	0	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	1	1	0	2	3	0.66666667
C	0	0	0	0	1	0
D	0	4	3	4	4	1
E	1	9	1	10	20	0.5
F	0	0	0	0	4	0
<b>Sumatoria Parcial</b>	2	14	4			
<b>Total (Número Contado)</b>				16	33	0.48484848

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
Θ (A)	0	Θ (E)	0.5
Θ (B)	0.667	Θ (F)	0
Θ (C)	0	Θ (TOTAL)	0.485
Θ (D)	1		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V5R2

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	352	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	108	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.01056
Ancho de la probeta (mm):	100	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11604.3956
Altura de la probeta (mm):	100	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3520000	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	100

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	1	0	0	1	0
B	0	1	1	0	1	0
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	2	1	0	0
E	0	3	0	1	5	0
F	0	0	0	0	1	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	2	0	2	1	2
B	0	2	1	2	3	0.66666667
C	0	0	0	0	1	0
D	1	0	2	1	4	0.25
E	1	8	0	9	20	0.45
F	0	1	0	1	4	0.25
<b>Sumatoria Parcial</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>3</b>			
<b>Total (Número Contado)</b>				<b>15</b>	<b>33</b>	<b>0.45454545</b>

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	2	$\Theta$ (E)	0.45
$\Theta$ (B)	0.667	$\Theta$ (F)	0.25
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.455
$\Theta$ (D)	0.25		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V6R2

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	351	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	105	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.01084801
Ancho de la probeta (mm):	101	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11920.8857
Altura de la probeta (mm):	102	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3616002	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	100

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	1
B	0	0	1	0	0	0
C	0	1	0	0	0	0
D	1	2	0	1	2	0
E	0	7	0	0	6	0
F	0	1	0	0	1	1
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	1	0	1	0
B	0	0	1	0	3	0
C	0	1	0	1	1	1
D	1	4	0	5	4	1.25
E	0	13	0	13	20	0.65
F	0	2	1	2	4	0.5
<b>Sumatoria Parcial</b>	1	20	3			
<b>Total (Número Contado)</b>				21	33	0.63636364

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.65
$\Theta$ (B)	0	$\Theta$ (F)	0.5
$\Theta$ (C)	1	$\Theta$ (TOTAL)	0.63636364
$\Theta$ (D)	1.25		



## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V7R2

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	352	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	112	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.01056
Ancho de la probeta (mm):	100	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11604.3956
Altura de la probeta (mm):	100	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3520000	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	280

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	2	0
C	0	0	1	0	0	0
D	0	0	0	0	1	0
E	0	2	1	0	3	0
F	0	1	2	0	1	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	0	2	0	2	3	0.66666667
C	0	0	1	0	1	0
D	0	1	0	1	4	0.25
E	0	5	1	5	20	0.25
F	0	2	2	2	4	0.5
<b>Sumatoria Parcial</b>	0	10	4			
<b>Total (Número Contado)</b>				10	33	0.3030303

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.25
$\Theta$ (B)	0.66666667	$\Theta$ (F)	0.5
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.3030303
$\Theta$ (D)	0.25		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V8R2

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	350	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	107	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.01071
Ancho de la probeta (mm):	100	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11769.2308
Altura de la probeta (mm):	102	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3570000	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	280

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	1
C	0	0	0	0	0	0
D	1	2	0	1	2	1
E	0	3	3	0	2	1
F	0	1	0	0	1	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	0	0	1	0	3	0
C	0	0	0	0	1	0
D	1	4	1	5	4	1.25
E	0	5	4	5	20	0.25
F	0	2	0	2	4	0.5
<b>Sumatoria Parcial</b>	1	11	6			
<b>Total (Número Contado)</b>				12	33	0.36363636

RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.25
$\Theta$ (B)	0	$\Theta$ (F)	0.5
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.36363636
$\Theta$ (D)	1.25		

## RESULTADO DE CONTEO

Probeta 3V9R2

Longitud de fibra: 30 mm

Sección: 100 x 100 mm

Longitud de la probeta (mm):	351	Densidad de fibra (kg/m <sup>3</sup> ):	910
Longitud de fractura (mm):	104	Masa de fibras en la probeta (kg):	0.0105
Ancho de la probeta (mm):	101	Volumen de fibras en la probeta (mm <sup>3</sup> ):	11570.27
Altura de la probeta (mm):	99	Fracción volumétrica (Vf):	0.0033
Volúmen de la probeta (mm <sup>3</sup> ):	3509649	Área de la sección de fibra (Af):	1
Dosificación de fibras (kg/m <sup>3</sup> ):	3	Temperatura de exposición (°C):	280

ZONA	Semisección 1			Semisección 2		
	Rota	Desliza	Mal situada	Rota	Desliza	Mal situada
A	0	0	0	0	0	0
B	0	2	0	0	3	0
C	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0
E	0	6	0	0	6	2
F	0	3	0	0	1	0
ZONA	Semisección Completa			Número Contado	Número Teórico	Coeficiente
	Rota	Desliza	Mal situada			
A	0	0	0	0	1	0
B	0	5	0	5	3	1.66666667
C	0	0	0	0	1	0
D	0	0	0	0	4	0
E	0	12	2	12	20	0.6
F	0	4	0	4	4	1
<b>Sumatoria Parcial</b>	0	21	2			
<b>Total (Número Contado)</b>				21	33	0.63636364

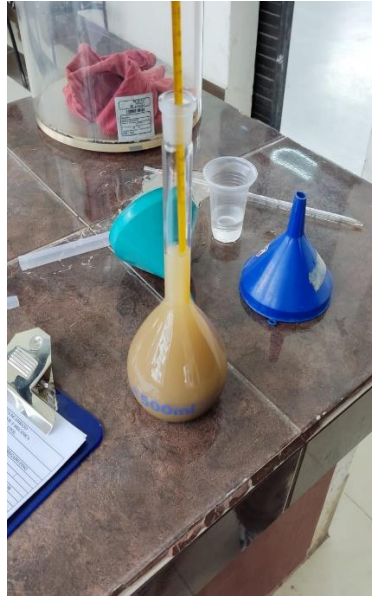
RESUMEN-COEFICIENTE DE ORIENTACIÓN			
$\Theta$ (A)	0	$\Theta$ (E)	0.6
$\Theta$ (B)	1.667	$\Theta$ (F)	1
$\Theta$ (C)	0	$\Theta$ (TOTAL)	0.636
$\Theta$ (D)	0		

**Anexo 16. Anexo Fotográfico**

**Mina “Las Viñas”**



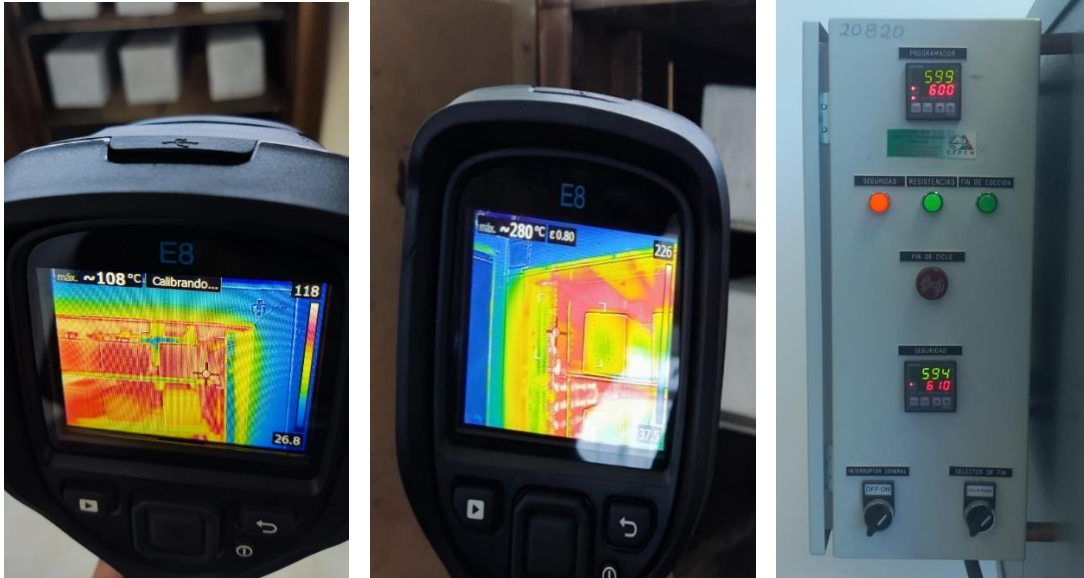
**Ensayo de agregados**



## Realización de probetas



## Control de temperatura



## Ensayo a probetas



## Conteo de fibras



## Cilindros ensayados

