



## Reinicio de las Actividades en el Laboratorio de Ingeniería Civil Post-Pandemia Ensayo a Flexión de Vigas de Hormigón Armado

ARROYO, Emmanuel A.; MATTES, Germán; NEDEL, Joaquín G.; SZULCZEWSKI, Josías N.<sup>a</sup>; DUARTE, Javier.<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

<sup>b</sup> *Director del Proyecto, Ingeniero Civil, Docente Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

e-mails: [javieralberto.duarte@gmail.com](mailto:javieralberto.duarte@gmail.com), [ing.arroyoemmanuel@gmail.com](mailto:ing.arroyoemmanuel@gmail.com), [gerr.277@gmail.com](mailto:gerr.277@gmail.com),  
[joaquinnedel@gmail.com](mailto:joaquinnedel@gmail.com), [josiasnahuelszulczewski1@gmail.com](mailto:josiasnahuelszulczewski1@gmail.com).

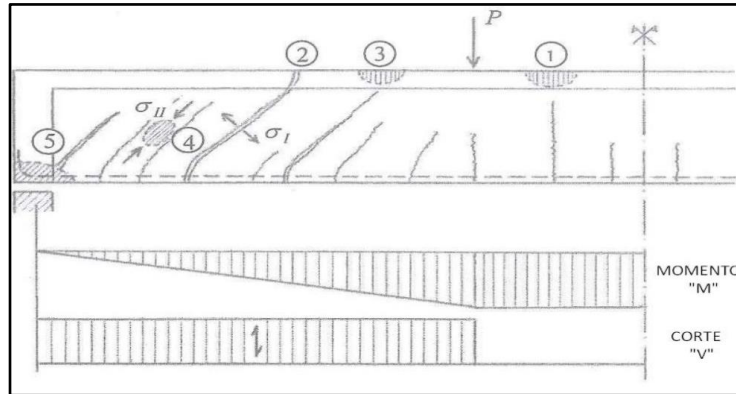
### Resumen

El objeto general de este trabajo es poder evaluar, cualitativamente, diferentes cuadros de fisuración y los tipos de fallas presentes bajo solicitaciones de momento flector y corte en vigas isostáticas de hormigón armado, con diferentes disposiciones de armadura, enmarcado dentro de la cátedra Hormigón Armado (CI 452) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones. Los ensayos de los elementos estructurales se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería Civil, con la presencia de estudiantes que cursaron la materia entre los años 2020 y 2022, con la finalidad de compartir esta experiencia con las personas que cursaron durante la pandemia ocasionada por el virus COVID-19. Tanto el proceso de preparación de los ensayos como la realización de los mismos y el post-procesamiento de los datos obtenidos, permitieron afianzar los conocimientos teóricos y prácticos afines a la materia y a la vez adquirir habilidades de trabajo en laboratorio.

**Palabras Clave** – *Ensayo a Flexión, Partido de Fisuración, Tipos de Roturas, Vigas de Hormigón Armado.*

### 1 Introducción

El análisis del comportamiento mecánico en el Estado II, para elementos de hormigón armado, no se puede realizar sobre una sección determinada de una viga, sino que, debido al estado de fisuración oblicua de la pieza, se debe recurrir a un estudio integral del elemento estructural. Para ello es necesaria información experimental sobre los modos de rotura de dichos elementos. Según el libro del Dr. MÖLLER Oscar, “Hormigón Estructural” [1] existen 5 clases de rotura posibles en una viga esbelta ( $L_n/h \geq 4$ ), cuando se encuentra solicitada por dos cargas concentradas en los tercios de la luz total del elemento (*Figura 1*): 1. Rotura por Flexión Pura; 2. Rotura por Tracción por Esfuerzo de Corte; 3. Rotura por Compresión por Esfuerzo de Corte; 4. Rotura por Compresión en el Alma; 5. Rotura en el Apoyo.



**Fig 1. Clases de Rotura en Viga Esbelta.**

Por tal motivo, se decidió contrastar estos contenidos teóricos con actividades experimentales en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería de Oberá. La propuesta presentada fue ensayar 3 (tres) vigas y documentar las fisuras originadas, mediante un análisis cualitativo de las mismas, indicando clase de rotura, ubicación e inclinación.

## 2 Materiales y Metodología

### 2.1. Materiales utilizados

El hormigón utilizado para la elaboración de las vigas, se dosificó en peso para una resistencia especificada de 20 MPa a 28 días (H-20) siguiendo el método propuesto por el Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA). Se empleó arena silícea de río como agregado fino (AF), agregado de trituración basáltico 6-19 como agregado grueso (AG) y cemento CPN-40 como cementante, todos ellos disponibles en el Laboratorio de Ingeniería Civil (LIC). La dosificación resultante para 1m<sup>3</sup> en la siguiente:

**Tabla N°1. Dosificación 1m<sup>3</sup> de pastón.**

COMPONENTE	PESO PARA 1 M <sup>3</sup> DE H° [KG]	PESO ESPECÍFICO SECO [KG/DM <sup>3</sup> ]	VOLÚMEN SÓLIDO [DM <sup>3</sup> ]	PESO (SSS) PARA 1 M <sup>3</sup> DE H° [KG]	PESO HÚMEDO PARA 1 M <sup>3</sup> DE H° [KG]
AGUA	196	1	196	196	222
CEMENTO	436	3,05	143	436	436
AG 6-20 MM	917	2,82	325	954	926
ARENA MEDIANA	849	2,61	325	866	857
ARENA GRUESA	0	1	0	0	0
AIRE	-	-	10		
ADITIVO					
SUMAS			1000	2453	2442

Se elaboraron 2 pastones siguiendo la dosificación indicada, el primero de 30 lts. (Pastón A) y un segundo pastón de 10 lts. (Pastón B). Las cantidades de cada componente empleados en los pastones son los que se indican en las Tablas N°2 y 3.

**Tabla N°2. Dosificación para 30 lts. Pastón A.**

Componente	Peso para x lts [kg]	Volúmen Sólido [Dm3]	Peso (SSS) para 1 m3 de H° [Kg]	Peso Húmedo para 0.03 m3 de H° [Kg]
Agua	5.89	5.89	5.89	6.65
Cemento	13.09	4.29	13.09	13.09
Ag 6-20 mm	27.52	9.76	28.62	27.79
Arena Mediana	25.47	9.76	25.98	25.72
Arena gruesa	0.00	0.00	0.00	0.00
Aire				
Aditivo				
Sumas		29.70	73.58	73.25

**Tabla N°3. Dosificación para 10 lts. Pastón B.**

Componente	Peso para x lts [kg]	Volúmen Sólido [Dm3]	Peso (SSS) para 1 m3 de H° [Kg]	Peso Húmedo para 1 m3 de H° [Kg]
Agua	1.96	1.96	1.96	2.22
Cemento	4.36	1.43	4.36	4.36
Ag 6-20 mm	9.17	3.25	9.54	9.26
Arena Mediana	8.49	3.25	8.66	8.57
Arena gruesa	0.00	0.00	0.00	0.00
Aire	-	0.1	0	
Aditivo				
Sumas		10.00	24.53	24.42

Para las armaduras longitudinales se utilizaron barras de acero conformado ADN-420 de 6mm y 12mm de diámetro. En cuanto a las armaduras transversales se emplearon barras conformadas de 4,2 mm de diámetro.

### 2.2. Preparación de las vigas

En este sentido, a continuación se detallan las características de cada uno de los tres elementos estructurales:

1. Viga con armadura mínima a flexión, pero sin armadura a corte:
  - Armadura a flexión (As) = 2 db 6mm;
2. Viga con armadura mínima a corte pero sobre-armada a flexión:
  - Armadura a flexión (As)= 1 db 12mm;
  - Armadura a corte (Av)= 1 db 4,2mm c/8cm.
3. Viga con armadura mínima a flexión y corte (sub-armada):
  - Armadura a flexión (As) = 2 db 6mm;
  - Armadura a corte (Av) =1 db 4,2mm c/8cm.

Todas las anteriormente mencionadas cuentan con las siguientes características geométricas:

- Base: b=7cm;
- Altura: h=15cm;
- Longitud-Luz total: L=1,00m;
- Luz de cálculo: Lc=0,90m (apoyos de 10cm en cada extremo);
- Luz libre: Ln=0,80m.
- Peso: (0,07 x 0,15 x 1,00) m3 x 2500 kg/m3 = 26,25 kg cada viga.

### 2.3. Análisis de la capacidad de las vigas

En primera instancia, se procedió a verificar la Hipótesis de Bernoulli–Navier ( $L_n/h \geq 4$ ). Quedando comprobada la validez de la misma:

- $L_n/h = 0,80m/0,15m = 5,33$ . Es válida.

Luego, teniendo en cuenta que el modelo estructural contaba con dos cargas concentradas “P” ubicadas a un tercio de la luz de cada apoyo, se procedió a la obtención de la capacidad de las mismas:

1. Viga Sub-Armada sin Av (V01):
  - $P_n^a = 9,02 \text{ kN}$ ;  $P_u^b = 8,12 \text{ kN}$ ;  $P_{cr}^c = 3,72 \text{ kN}$
  - $M_n^a = 2,71 \text{ kNm}$ ;  $M_u^b = 2,44 \text{ kNm}$ ;  $M_{cr}^c = 1,12 \text{ kNm}$ ;
  - $V_n^a = 8,04 \text{ kN}$ ;  $V_u^b = 6,03 \text{ kN}$ .
2. Viga Sobre-armada (V02):
  - $P_n = 17,24 \text{ Kn.}$ ;  $P_u = 15,52 \text{ kN}$ ;  $P_{cr} = 4,07 \text{ kN}$ .
  - $M_n = 5,17 \text{ kNm}$ ;  $M_u = 4,66 \text{ kNm}$ ;  $M_{cr} = 1,22 \text{ kNm}$ ;
  - $V_n = 27,02 \text{ kN}$ ;  $V_u = 20,27 \text{ kN}$ .
3. Viga Sub-armada (V03):
  - $P_n = 9,06 \text{ kN}$ ;  $P_u = 8,16 \text{ kN}$ ;  $P_{cr} = 3,87 \text{ kN}$
  - $M_n = 2,71 \text{ kNm}$ ;  $M_u = 2,45 \text{ kNm}$ ;  $M_{cr} = 1,16 \text{ kNm}$ ;
  - $V_n = 27,02 \text{ kN}$ ;  $V_u = 20,27 \text{ kN}$ .

<sup>a</sup> El subíndice “n” significa nominal o valor especificado, calculado según hipótesis y procedimientos dados por el código, suponiendo que el elemento tendrá las dimensiones exactas y las propiedades de los materiales especificadas para ser utilizadas en los cálculos.

<sup>b</sup> Por otro lado el subíndice “u” hace referencia al valor último de carga proveniente del análisis estructural.

<sup>c</sup> En cuanto al subíndice “cr” hace alusión al valor que produce la primera fisura en el hormigón, es decir cuando se alcanza la resistencia a tracción por flexión en el hormigón,  $f_{ct} = f_r$ .

#### 2.4 Armado de los encofrados y Preparación de las armaduras

Se utilizaron un molde rectangular de vinilo y uno de chapa galvanizada, con los extremos cerrados con tablas de  $\frac{1}{2}$ ". En cuanto a las armaduras, se cortaron las barras longitudinales de 1,05m para ser dispuestas luego en los encofrados. Los estribos se cortaron de 0.30m y doblaron convenientemente según las especificaciones del CIRSOC 201-2005.

#### 2.5 Curado de Probetas y Vigas

En correspondencia al curado de las probetas, estas no se hicieron en cámara de curado, sino que, al igual que las vigas elaboradas, se dejaron en condiciones ambiente. Con esto se busca obtener la resistencia efectiva del hormigón, siendo esta la que obtendremos en las vigas luego de realizar el ensayo.

#### 2.6. Ensayo de probetas

En este sentido, una vez transcurridos los 28 días, se procedió a ensayar a compresión las probetas según Norma IRAM 1546 “Hormigón de Cemento Portland. Método de Ensayo de Compresión”. Se ensayaron primeramente un par de probetas a los 28 días, el 28 de abril del 2022. Las ensayadas fueron las denominadas como 1 y 3, correspondientes una a cada pastón. El par restante, se ensayó el día 11 de mayo del 2022 para que los alumnos de cátedra de H°A° pudieran apreciar el mismo.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla N°4. Resultados de Ensayos de Probetas.**

Probeta N°	W [kg]	P [kg]	A prom [mm <sup>2</sup> ]	f <sub>c</sub> [MPa]
1	3,735	26806	7686,03	<b>34,88</b>
2	3,675	29513	7736,61	<b>38,15</b>
3	3,810	21236	7826,52	<b>27,13</b>
4	3,780	25188	7732,72	<b>32,57</b>



**Fig 2. Probetas preparadas para ensayo.**



**Fig 3. Probeta 1, antes y después del ensayo a compresión.**

### 2.7. Ensayo de vigas

El ensayo a flexión de las vigas de hormigón armado se llevó a cabo el 11 de mayo por la mañana, posterior al ensayo a compresión de las Probetas 2 y 4. En primer lugar se procedió a ensayar la V02- Sobreamada, seguidamente la V03-Subarmada y por último la V01-Subarmada sin armadura a corte. En función de los resultados del ensayo a compresión, se determinaron las resistencias  $f_c$  de las vigas, de la siguiente manera:

- Viga sub-armada sin armadura a corte (V01). La resistencia se obtiene del promedio entre todos los valores de las probetas confeccionadas, dado que se utilizaron ambos pastones de hormigón para su elaboración.  $f_c = 33,18 \text{ MPa}$ .
- Viga sobre-armada y sub-armada (V02 y V03). Para estos elementos, la resistencia se calcula como el promedio de los resultados obtenidos de las dos primeras probetas moldeadas (P1 y P2).  $f_c = 36,51 \text{ MPa}$ .

Para la ejecución del ensayo, se utilizó uno de los pórticos de carga del LIC, donde debajo del mismo se colocaron perfiles metálicos “IPN 550”, a suerte de estructura de apoyo para la viga en los extremos, dejando la luz de cálculo propuesta. Sobre estos perfiles, se colocaron otros IPN de menor dimensión, con un hierro liso soldado en su ala superior, para brindar un apoyo cilíndrico, evitando que cargando, se rompa la sección por aplastamiento del hormigón y genere un plano de falla.

La carga fue aplicada por un único cilindro hidráulico. Dado que el esquema de carga propuesto por el equipo era una carga “P” de igual magnitud aplicada a los tercios, se diseñó un distribuidor de carga metálico, logrando que la carga aplicada sea dividida en dos y en las distancias propuestas. El cilindro fue accionado manualmente desde su bloque de comando, pero al no tener control sobre la fuerza aplicada, se utilizó una celda de carga para cuantificar la fuerza ejercida sobre las vigas.

También se utilizaron extensómetros fijados a la viga a través de tornillos, con la finalidad de medir acortamientos en las fibras superiores y alargamientos en las fibras inferiores de la viga. En este sentido, estos instrumentos fueron conectados a una consola de toma de datos y ésta, a su vez, a un ordenador con el software específico para el registro en planilla de los mismos.

Para el ensayo propiamente dicho, se apoyaron las vigas sobre los perfiles metálicos a la distancia establecida, para luego aplicar la carga a través del dispositivo construido a medida, el cual contaba con una celda de carga para medir la fuerza aplicada. Los datos fueron registrados con un adquisidor digital, con frecuencia de muestreo de 5 Hz.



**Fig 4. Disposición de viga para el ensayo.**



**Fig 5. Falla viga Sobre-Armada - V02. Vista posterior.**

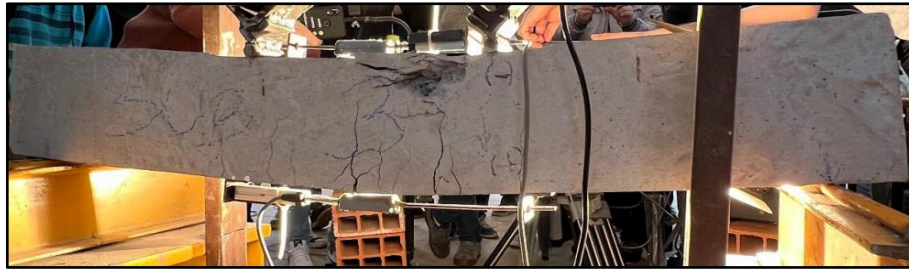


Fig 6. Falla viga Sub-Armada - V03. Vista posterior.



Fig 7. Falla viga Sub-Armada sin armadura a corte - V01. Vista frontal.

### 3 Análisis de resultados

A partir de los valores recopilados en planillas de cálculos, mediante la instrumentación explicada anteriormente, se continuó con el procesamiento de los mismos.

Para las tres vigas se decidió graficar la relación entre la carga aplicada  $P$  [kN] y el tiempo transcurrido  $T$  [s], con el fin de poder comparar con los valores de cargas nominales calculados a través de fórmulas, expresadas al comienzo del presente informe. Por otro lado, también se ilustraron los diagramas de momento flector  $M_f$  [kNm] vs curvatura [rad], para evaluar sus comportamientos y los valores alcanzados.

#### 3.1. Viga Sub-Armada sin Armadura a Corte (V01)

En la Figuras 8 y 9 se presenta la información obtenida del ensayo.

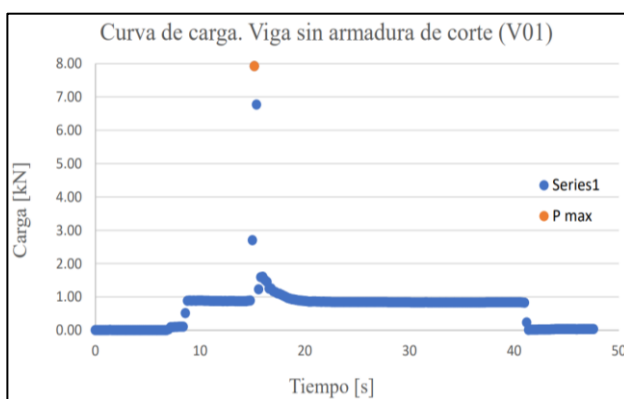


Fig 8. Carga vs. Tiempo.

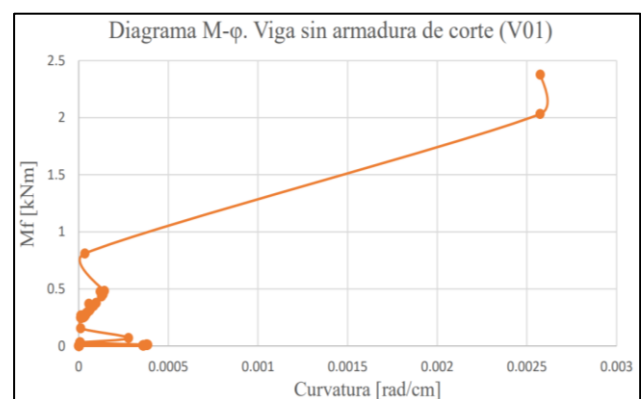


Fig 9. Momento Flector vs. Curvatura.

Según lo que se puede apreciar en el la Figura 8, el ensayo duró menos de un minuto y la carga máxima registrada fue de 15,84 kN, por lo que el valor de cada carga,  $P=P1=P2$ , es igual a 7,92 kN. Teniendo presente el modelo estructural y la ubicación de las cargas, se puede decir que se sobrepasó el valor calculado, al principio, como “corte último,  $V_u$ ”, siendo la diferencia igual a:

$$\left(\frac{P}{V_u} - 1\right) * 100 = \left(\frac{7,92\text{kN}}{6,03\text{kN}} - 1\right) * 100 = 31,34\% \quad (1)$$

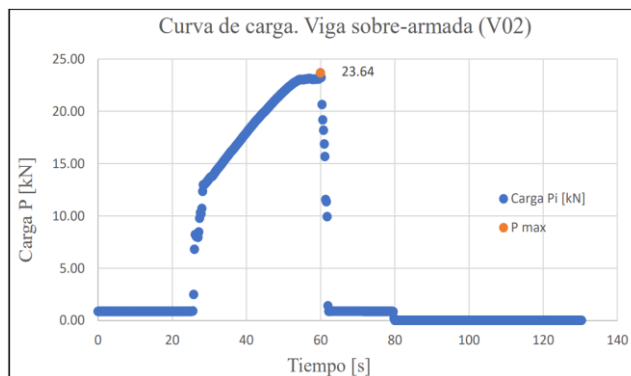
Cabe mencionar que los picos de carga obtenidos en el ensayo pueden deberse por la velocidad de aplicación de la misma, convirtiéndola en una acción dinámica, contrario a lo que sucede en un elemento estructural, donde las cargas se consideran estáticas (velocidad de aplicación pequeña y constante).

También se puede mencionar que el valor de P es menor al Pu, obtenido por ecuaciones matemáticas, en función a las hipótesis aceptadas para el diseño de los elementos estructurales; lo que puede significar que la falla se produjo por “tracción por esfuerzo de corte”. Esto último se condice con la Figura 7, expuesta con anterioridad, donde se puede visualizar que las fisuras son oblicuas y atraviesan todo el alto de la viga, separándose en dos partes.

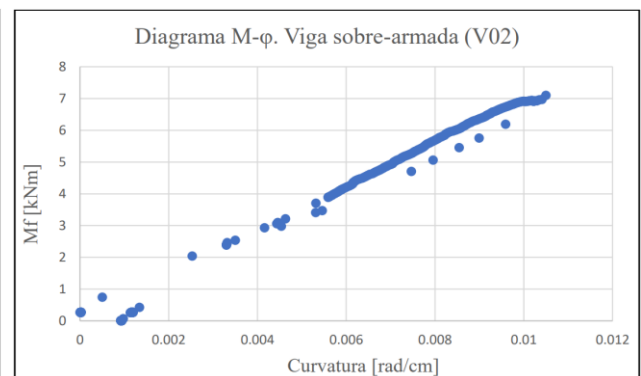
Procesando la Figura 9 se puede decir que se registraron valores bajos de momento flector, y el máximo es cercano al valor obtenido por métodos manuales, Mu =2,44kNm, que corresponde con una curvatura igual a 0,00257 rad/cm. Si bien no se aprecia una similitud con los diagramas teóricos, esto puede ser por alguna falla en la lectura de los flexímetros o problemas del sistema de medición, pero si se eliminan algunos datos se llegaría a una ilustración de forma más “común”.

### 3.2. Viga Sobre-armada (V02)

A continuación se exponen las representaciones gráficas obtenidas para esta viga.



**Fig 10. Carga vs. Tiempo.**



**Fig 11. Momento Flector vs Curvatura.**

En función a la Figura 10, se puede obtener el valor de una de las fuerzas aplicadas, P=P1=P2=23,64 kN, siendo la carga máxima igual a 47,28 kN, además de saber el tiempo de duración del ensayo (130 segundos).

Al comparar con los valores obtenidos mediante análisis manuales aproximados, se puede apreciar discrepancias con respecto a los valores últimos de corte y axial. A continuación, se dejan expresadas las diferencias, en porcentajes:

$$\left(\frac{P}{V_u} - 1\right) * 100 = \left(\frac{23,64 \text{ kN}}{20,27 \text{ kN}} - 1\right) * 100 = 16,63\% \quad (2)$$

$$\left(\frac{P}{P_u} - 1\right) * 100 = \left(\frac{23,64 \text{ kN}}{15,52 \text{ kN}} - 1\right) * 100 = 52,32\% \quad (3)$$

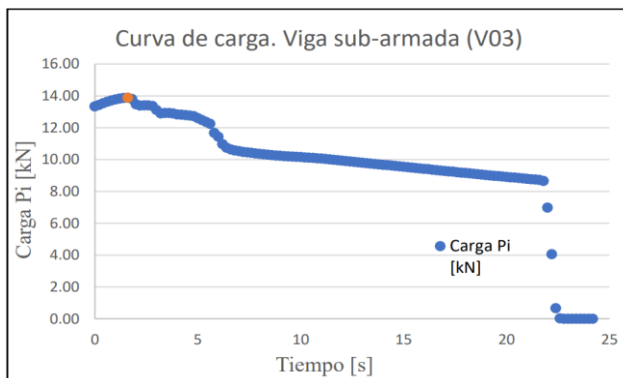


Según los valores calculados, la viga presenta mayor resistencia bajo la acción del corte, por lo que se espera que la misma falle a flexión; esto se condice con los valores porcentuales calculados con anterioridad, donde la mayor diferencia está dada en la carga axial.

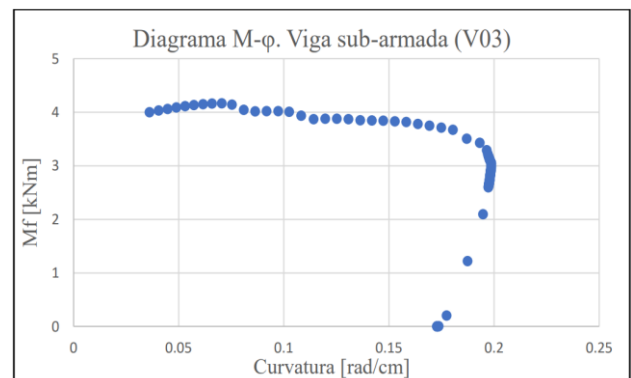
Por medio de la Figura 11 se puede determinar que el momento flector máximo alcanzado es igual a 7,09 kNm, más alto que el calculado manualmente con las hipótesis a flexión,  $M_u=4,66$  kNm. La curvatura máxima registrada es igual a 0,0105 rad/cm. Para este caso, el diagrama resultante se acerca bastante al teórico, salvo por la primera parte, donde se debería observar un comportamiento lineal marcado. De nuevo, se observan valores dispersos, pudiendo ser la velocidad de aplicación de la carga la causante de esto.

### 3.3. Viga Sub-armada (V03):

Seguidamente, se ilustran las curvas obtenidas mediante el ensayo de esta viga.



**Fig 12. Carga vs Tiempo.**



**Fig 13. Momento Flector vs Curvatura.**

Procesando la Figura 12 se puede decir que los valores de carga registrados durante el ensayo resultaron superiores en un 55% a los previstos por el análisis estructural realizado. Luego de alcanzado el máximo en la sollicitación, se puede apreciar una disminución en la carga que resiste la pieza lo cual se corresponde con la rotura de la zona comprimida por aplastamiento. Por último, se identificó una zona lineal en el diagrama con poca variación, lo cual se corresponde con el trabajo en fluencia de la armadura traccionada.

Comparando los momentos máximos de las secciones sub armada (4.16 kNm) y sobre armada (7.09 kNm), puede observarse un incremento de la resistencia a flexión en el orden del 70%. Si en cambio evaluamos la relación entre los valores de curvatura de ambos elementos, puede verse que la rigidez del elemento sobre armado es aproximadamente 10 veces superior al correspondiente al sub armado.

## 4 Conclusiones

En primer lugar, la realización de la actividad de laboratorio permitió culminar satisfactoriamente el plan de estudios de la asignatura Hormigón Armado, la cual se vio inconclusa por la imposibilidad de realizar actividades de laboratorio presenciales en el período de aislamiento social en pandemia, aportando así a la formación por competencias. En cuanto a los ensayos, se pudieron satisfacer ampliamente los objetivos planteados en un inicio, pudiendo identificar los diferentes modos de falla asociados a vigas con diferente configuración de armadura, el cumplimiento de las cargas de rotura para cada una de las configuraciones de armado y el cuadro de fisuración esperado.

Se pudo observar durante el ensayo de la V01-Sub armada sin armadura de corte, que la ausencia de armadura de corte da lugar a una rotura súbita con su plano de falla a 45° en cercanía del apoyo. Las dimensiones reducidas de la pieza dieron lugar a valores de recubrimiento bajos lo que desencadenó la falla por hendimiento de la armadura traccionada, posterior a la formación de la fisura inclinada en proximidad al apoyo. Como fue previsto, la carga de rotura fue la menor de los 3 ensayos.

En cuanto a la V02-Sobrearmada, la disposición de mayor cantidad de armadura le confirió mayor resistencia y rigidez flexional al elemento, observando valores de curvatura bajos y una falla frágil, sin pre-aviso. Contrario a lo previsto, la falla se dio por corte y no por aplastamiento del hormigón en las fibras comprimidas por flexión. Se concluyó que la armadura transversal resultó insuficiente para inducir la falla esperada.

Por el lado de la V03-Subarmada, se pudo apreciar con claridad la formación de las fisuras en las diferentes zonas del elemento, con dirección vertical en el tercio central, inclinadas a 45° en la zona de apoyos y la inclinación gradual de las fisuras entre ambas zonas. Se dió una falla dúctil del elemento, notándose el preaviso en la deformación progresiva de la pieza y aumento del ancho de fisuras, indicadores típicos previos a producirse el colapso.

En lo que respecta a la ejecución de los ensayos, pudieron realizarse sin dificultades operativas mayores. No obstante, se observó que el dispositivo de control del cilindro con que se aplicó la carga, presentaban poca sensibilidad para la regulación de la velocidad de aplicación de la misma lo cual pudo introducir efectos dinámicos. Adicionalmente, esto dificultó la apreciación a simple vista del fenómeno de fisuración de los elementos en los diferentes escalones de carga. Se recomienda para futuras experiencias de este tipo o similares, utilizar sistemas que permitan un mayor control del proceso de aplicación de la carga.

Por otra parte, al ser de las primeras actividades de esta índole en realizarse en tiempos de post-pandemia dentro de la institución, servirá de motivación para que más estudiantes se interesen por los trabajos de investigación, ensayo de materiales y puesta en práctica de los conocimientos adquiridos en el aula. Finalmente, y en línea con la formación por competencia que se busca para los futuros ingenieros, tanto estas actividades como las visitas técnicas asumen un rol protagónico en el alcance del mismo.

## **5 Agradecimientos**

Este trabajo ha sido llevado a cabo gracias al apoyo del Laboratorio de Ingeniería Civil – LIC, que forma parte del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Misiones – UNaM; al acompañamiento de la Cátedra de Hormigón Armado (CI-452) y a la Asociación Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil – ANEIC, Delegación de Misiones.

## **6 Referencias**

- [1] O. Möller, *Hormigón Estructural: Conceptos básicos, comportamiento y diseño unificado de elementos típicos para edificios*, 1ra ed. Rosario, Santa Fé, Arg.: UNR Editora, 2016.
- [2] *Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón*, ed. 2005, Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI, Buenos Aires, Arg., 2005.