



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Análisis del comportamiento mecánico de una viga con
refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas
aporticados”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Sáenz Rodríguez, Fernando (ORCID: 0000-0002-9727-0351)

ASESOR:

Dr. Ing. Coronado Zuloeta, Omar ([ORCID: 0000-0002-7757-4649](https://orcid.org/0000-0002-7757-4649))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mis padres Fernando y María, quienes con amor y esperanza me apoyaron hasta la culminación de esta hermosa carrera y continúan guiándome con sus consejos.

A Jessica, mi compañera quien con su cariño y alegría me incentiva a superar cada reto personal.

A la memoria de mi tío Ernesto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, ya que de él procede toda sabiduría y por su gracia me permite soportar cualquier adversidad.

A la familia Lozada Rosario, Roberto y Nancy quienes amablemente me brindaron un espacio en su vivienda y apoyo desinteresado durante el desarrollo de la presente tesis.

A la empresa Grupo Nexus del Perú quienes me brindaron asesoría técnica y colaboraron con la aplicación de la poliurea.

Índice de contenidos

I.	Introducción	1
II.	Marco teórico.....	3
III.	Metodología.....	10
	3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
	3.2. Variables y operacionalización.....	11
	3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
	3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
	3.5. Procedimientos	13
	3.6. Métodos de análisis de datos.....	16
	3.7. Aspectos éticos	16
IV.	Resultados	17
V.	Discusión	21
VI.	Conclusiones	25
VII.	Recomendaciones	26
	Referencias	27
	Anexos.....	33

Índice de tablas

Tabla 1.	.....	15
Tabla 2.	.....	18
Tabla 3.	.....	19

Índice de figuras

Figura 1.	.....	8
Figura 2.	.....	13
Figura 3.	.....	17
Figura 4.	.....	18
Figura 5.	.....	20

Resumen

La presente investigación es de tipo experimental y tiene por objetivo analizar si el refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea mejora el comportamiento mecánico de una viga de concreto armado, siendo las variables de estudio: el refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea como variable independiente y el comportamiento mecánico de una viga como variable dependiente. Lo que mediremos de la variable dependiente será la resistencia a la flexión de las vigas y su ductilidad, para ello se ensayaron 18 vigas de concreto armado en 6 grupos de 3 vigas cada uno; los grupos se diferenciaron en cuanto el número de capas de recubrimiento de poliurea y si tenían o no refuerzo de madera. Los resultados obtenidos de los ensayos arrojaron que las vigas con refuerzo de madera tenían una mejor capacidad de carga, pero una baja ductilidad si las comparamos con las vigas patrón y al recubrirlas con poliurea mejoraban su comportamiento dúctil, pero este seguía siendo inferior al de las vigas que no tenían refuerzo de madera. Por lo cual se concluyó que las vigas reforzadas con madera tenían un aumento significativo de resistencia a la flexión y al cubrirse con poliurea mejoraba ligeramente su ductilidad frente a otras vigas reforzadas con madera que no estaban recubiertas.

Palabras claves: Poliurea, viga compuesta, ductilidad, flexión.

Abstract

The present research is experimental and aims to analyze whether the reinforcement of wood with a polyurea coating improves the mechanical behavior of a reinforced concrete beam, the study variables being: the reinforcement of wood with a polyurea coating as an independent variable and the mechanical behavior of a beam as a dependent variable. What we will measure of the dependent variable will be the resistance to bending of the beams and their ductility. For this, 18 reinforced concrete beams were tested in 6 groups of 3 beams each; the groups differed in terms of the number of layers of polyurea coating and whether or not they had wood reinforcement. The results obtained from the tests showed that the beams with wood reinforcement had a better load capacity, but a low ductility when compared with the standard beams and when coated with polyurea they improved their ductile behavior, but this was still lower than that of the beams that had no wood reinforcement. Therefore, it was concluded that the wood-reinforced beams had a significant increase in flexural strength and, when covered with polyurea, their ductility slightly improved compared to other wood-reinforced beams that were not covered.

Keywords: Polyurea, composite beam, ductility, flexion.

I. INTRODUCCIÓN

La falta de viviendas seguras y adecuadas es un problema en el mundo ya que debido a la pobreza y densidad poblacional las estructuras construidas para una familia terminan albergando más residentes, como consecuencia surgen ampliaciones con materiales inadecuados sobrecargando a los elementos estructurales. Ha esto se suma el riesgo de desastres por sismos, los cuales ocurren con una frecuencia de alrededor de 50 al día, gran parte de estos son de baja intensidad y no llegan a generar daños en nuestra infraestructura. Sin embargo, cuando el movimiento sísmico es de gran magnitud y ocurre cerca de una ciudad, se produce una gran devastación y hasta la fecha se han registrado desde el 2015 la muerte de más de 10 000 personas en todo el mundo (NASA 2019, "Earthquakes", párr. 1). La preocupación aumenta al entender que 875 millones de niños estudian en escuelas ubicadas en zonas con alto riesgo sísmico (INEE et al, 2009, p. 1). El riesgo aumenta cuando la edificación ha sido construida de forma clandestina, esto no solo es propio de países del tercer mundo, sino que también ocurre en países como Estados Unidos donde según Miranda et al. (2020) en una región de alto peligro sísmico como Puerto Rico cerca del 50% de las estructuras residenciales no han sido construidas siguiendo algún código de edificación, debido principalmente a carencias económicas (p. 6). Esta relajación en el control puede llevar serías consecuencias ya que los elementos de la estructura pueden no tener la ductilidad adecuada y en caso de desastre presenten una falla frágil, lo que es peligroso.

En nuestro país la situación es mucho más lamentable, ya que existe un déficit en la cantidad de viviendas por lo que las familias con escasos recursos van ampliando y modificando sus hogares para albergar más personas, pero sin realizar ningún análisis previo sobre el exceso de carga que recibirán los elementos. Además, el 9,3% de hogares ocupan viviendas con material precario, en situación de hacinamiento y con servicios básicos deficientes; es decir, viviendas que no deberían estar siendo habitadas (INEI, 2018, p. 182). En caso de desastre por sismo las regiones de mayor vulnerabilidad son Lima metropolitana y Callao, debido a que su población se encuentra en una zona de gran acumulación de energía (Tavera, 2017, p. 13) y en el caso de desencadenarse un sismo de magnitud 7,2 y 8,0 Mw se tendría a más del 60% de viviendas con un nivel de daño muy alto (INDECI, 2017, p. 45). Es por ello

necesario buscar cada vez más métodos de reforzamiento que sean prácticos y económicos para la mayoría de viviendas en zonas de bajos recursos económicos; ya que actualmente se están investigando diferentes tipos de refuerzo a base de polímeros, entre ellos se encuentra la poliurea que debido a su buena adherencia con el hormigón, madera y metal proporciona no solo impermeabilización y protección frente a ataques corrosivos en elementos expuestos sino que también brinda mejoras estructurales (Toutanji et al, 2013, p. 1).

Frente a la realidad mundial y nacional expuesta, el presente trabajo se justifica ya que busca investigar el refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea para analizar su comportamiento mecánico y con esto poder sugerir si es un método de refuerzo práctico, esto ayudaría a las personas de los sectores socioeconómicos más pobres ya que tendrían más opciones a la hora de elegir algún método de refuerzo para sus viviendas.

La investigación se abordó bajo el siguiente problema general: ¿El refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea mejora el comportamiento mecánico de una viga de concreto armado?, se proponen los siguientes problemas específicos a) ¿El refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea aumenta la resistencia a la flexión de una viga de concreto armado? B) ¿El refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea mejora la ductilidad de una viga de concreto armado? Una vez delimitado el problema, se procedió a formular el objetivo general: Analizar si el refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea mejora el comportamiento mecánico de una viga de concreto armado, con esta premisa se enunciaron los siguientes objetivos específicos: a) Estimar la resistencia a flexión de una viga de concreto armado con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea sometida a flexión b) Analizar la ductilidad de una viga de concreto armado con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea sometida a flexión, se establecieron como hipótesis general: El comportamiento mecánico de la viga de concreto armado mejorará al utilizar un refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea, y como hipótesis específicas: a) La resistencia a la flexión de la viga de concreto armado aumentará al utilizar un refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea b) La ductilidad de la viga de concreto armado mejorará al utilizar un refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea.

II. MARCO TEÓRICO

Como trabajos previos se tomaron en consideración las siguientes investigaciones:

En Corea del Sur, Song, Lee, Eun (2019) en su investigación titulada *A study on the strengthening performance of concrete beam by fiber-reinforced polyurea (FRPU) reinforcement*. Tuvo como objetivo de investigación la aplicabilidad de la poliurea reforzada con fibra (FRPU) cuando se le adiciona refuerzos como fibras de vidrio molida, fibras de acero y nanotubos de carbono (CNT) con el fin de mejorar la capacidad de carga adicional y la ductilidad a la flexión. Este fue un estudio de tipo aplicado y experimental, se utilizaron 20 vigas de concreto recubiertos con poliurea o poliurea reforzada con fibra en relaciones de peso de 5%, 7% y 10% para las fibras de vidrio y acero, 2%, 4% y 6% para las fibras de CNT, su hipótesis fue que la capacidad de carga, la resistencia y la ductilidad de las vigas a flexión mejoran con el refuerzo. Los resultados indican que la relación de capacidad de carga mejoró de 1 a 1.53 y la ductilidad mejoró de 1 a 5.1, siendo el refuerzo de poliurea con 5mm de espesor y fibra de vidrio al 7% en peso el que obtuvo los resultados más favorables. El estudio concluye que el refuerzo retiene la capacidad de carga y la ductilidad después de la falla del concreto en la cara de tensión y que el refuerzo con fibra de vidrio es el más eficiente por su trabajabilidad y resultados.

En Egipto, Y. A. Z. Ali (2018), en su investigación *Flexural behavior of FRP strengthened concrete-wood composite beams*. Su objetivo fue examinar la viabilidad de mejorar el rendimiento de flexión de vigas cuando se envuelven con laminados GFRP. Fue un estudio de tipo aplicado y diseño experimental, se utilizaron como muestra 12 vigas, 11 de las cuales estaban compuestas de concreto y madera, la madera era de tipo encolada vertical, horizontal y maciza. Estas fueron recubiertas con polímero. Como variables se analizó la carga de falla de cada viga, su patrón de grietas y el modo de falla. El estudio arrojó como resultado que las vigas compuestas tuvieron como cargas de falla entre 6,4 y 7,2 toneladas y ductilidades de entre 1,275 y 3,11.

En Corea del Sur, Song, Lee, Eun (2019) en su investigación titulada *A study on the improvement of structural performance by glass fiber-reinforced polyurea (GFRPU) reinforcement*. Su objetivo fue analizar el rendimiento estructural de un elemento de

hormigón armado con refuerzo de poliurea y fibra de vidrio. Fue un estudio de tipo aplicado y experimental, se utilizaron 7 vigas de concreto con y sin acero de refuerzo, con reforzamiento de poliurea reforzada y fibra de vidrio de espesores 3 y 5mm y recubiertas en 1 o sus 3 caras. La hipótesis fue que el número de caras incidía en la mejora de la capacidad de carga y ductilidad. Los resultados arrojaron que las vigas de concreto simple que se recubrieron sus 3 caras con 5 mm de refuerzo de poliurea con fibra de vidrio mejoraron su resistencia a la tracción en 1.07 veces y su ductilidad en 1.91 veces; en consecuencia, las vigas de concreto armado que se recubrieron las 3 caras con 3 mm de poliurea mejoró su resistencia a la tracción en 1.25 veces y su ductilidad en 3.64 veces. El estudio concluye que la resistencia y la ductilidad a la flexión es más sensible al número de caras recubiertas que al espesor de recubrimiento.

En Perú, Gago (2017) en su investigación *Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado*, tuvo como objeto determinar el comportamiento mecánico de vigas de concreto armado que fueron reforzadas con fibras de carbono bajo los esfuerzos a flexión. Fue un estudio de tipo aplicado y experimental, utilizó 12 diseños de vigas con diferencias en la cuantía de acero y el espesor de recubrimiento de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP). Se obtuvieron como resultados valores máximos de resistencia última de las secciones de cada viga y su curvatura máxima, el diseño de viga que alcanzó una resistencia última mayor que el resto fue el que tuvo un recubrimiento de 7,5 cm² de polímero y una cuantía de acero de 6 Ø 1", en contraste el diseño que alcanzó una mayor ductilidad fue aquel que no tuvo ningún recubrimiento de polímero y la menor cuantía de acero de 2 Ø 1. El estudio concluye que el refuerzo con fibra de carbono aumenta la rigidez, pero disminuye la ductilidad de la sección.

En Huancayo, Simón (2017) en su investigación *Variación de la resistencia del concreto endurecido utilizando el polímero NexSpray como reforzamiento estructural* tuvo como objetivo determinar la variación de la resistencia del concreto endurecido utilizando la poliurea como reforzamiento estructural. El estudio fue de tipo cuantitativo experimental, donde utilizó 70 probetas de concreto, a las cuales se les recubrió con 2, 4 y 6 capas de poliurea dejando 10 probetas sin recubrimiento como

control, las probetas fueron ensayadas a compresión. Como resultado se obtuvieron valores de resistencia que aumentaban de acuerdo a la cantidad de capas que tenía la probeta llegando a obtener un promedio de 341,25 Kgf/cm² de resistencia para las probetas con 6 capas de recubrimiento. El estudio concluye que al utilizar la poliurea como reforzamiento se puede aumentar la resistencia a compresión y establece que hay una relación directa entre la capacidad de carga a la compresión y la cantidad de capas de poliurea.

En Huánuco, Cotrina (2016) en su investigación *Uso de concreto reforzado con fibras de acero para mejorar la ductilidad en vigas rectangulares* tuvo como objetivo determinar si las fibras de acero como material de refuerzo de concreto mejoran la ductilidad en vigas rectangulares. Fue un estudio de tipo cuantitativo experimental, utilizó diseño de 3 vigas adicionándoles 0%, 1% y 2% en volumen de fibras de acero, se realizaron ensayos a flexión de cada viga para obtener el diagrama de carga-deflexión. El estudio tuvo como resultados que la ductilidad en la viga que no fue reforzada con fibras de acero era de 3.455, la que fue reforzada con 1% de fibras tuvo 3.818 y la que fue reforzada con 2% de fibras tuvo una ductilidad de 3.833. Se concluyó que la resistencia a la compresión aumentó con la adición de fibras de acero, reforzar las vigas con fibras de acero mejora la ductilidad de las vigas de analizadas.

La presente investigación, utiliza teorías relacionadas al tema, y se sustenta en el marco teórico descrito a continuación:

Polímero: Son sustancias de alta masa molecular que se forman por la unión de monómeros, esta unión puede ser por adición o por condensación. Su principal ventaja es que los enlaces carbono – carbono son muy estables y fuertes, lo que se aprecia en la resistencia última del material (Brown et al, 2004, p. 456). El número de promedio de peso molecular, determina la resistencia mecánica; por lo cual altos pesos moleculares son beneficiosos para las propiedades de módulo de rotura, resistencia al impacto y desgaste (Masuelli, 2013, p. 6).

Comportamiento mecánico de un material: El comportamiento mecánico es la respuesta que tiene un material frente a las cargas externas que se aplican sobre él, esto se relaciona con la magnitud de la carga, tipo de carga, propiedades y geometría

del elemento. Puede medirse por su deformación y la carga a la cual falla el material (Manloulk y Zaniewski, 2009, p. 3). En el caso del concreto su relación agua/cemento, adición de materiales aglutinantes, contenido y tamaño de agregado definen su comportamiento mecánico (Wu et al, 2018, p. 2).

Refuerzo con materiales poliméricos: Material que permite a un elemento soportar mayores cargas externas, actualmente se usa para mejorar la resistencia al corte de los elementos de concreto armado pegando láminas de polímeros (Alferjani et al, 2014, p. 1).

Poliurea: Es un polímero de tipo elastomérico que se forma de la reacción rápida entre un isocianato y una amina, por su microestructura tiene un alto nivel de no linealidad esfuerzo – deformación y alta sensibilidad a la tensión (Mohotti et al, 2014, p. 4). Utilizado como recubrimiento otorga ventajas como mayor elasticidad, ductilidad y absorción de energía (Carey y Myers, 2011, p. 1) así como protección frente a elementos ambientales externos (Iqbal et al, 2018, p. 1). Además, comercialmente se le agrega oxido de titanio, esto le da una naturaleza cristalina lo cual mejora sus propiedades (Arunkumar y Ramachandran, 2015, p. 4). La resistencia a la tracción de este tipo de polímero es de 20 MPa, su densidad es de 1,1 Kg/m³ y su alargamiento a la rotura es de 350% (Tecnopol, 2018, p.2). Todo esto sugiere que la poliurea presentaría un buen comportamiento mecánico al trabajar como recubrimiento de cualquier otro material; además, en el aspecto constructivo la poliurea tiene una buena capacidad de adherencia a elementos estructurales de acero y concreto, por lo que se la puede aplicar en la cara de una estructura o usada con materiales de laminación. En cuanto al módulo de elasticidad se ha descubierto que este puede aumentar con la amplificación de tasas de velocidad de deformación (Raman et al, 2013, p. 6).

Viga con recubrimiento de poliurea: Sistema en el que se recubre con poliurea la zona inferior de la viga para permitirle soportar mayores cargas, mejor ductilidad y reducción de la fragmentación en caso de falla (Marawan, Debaiky y Khalil, 2015, p. 14).

Relaciones fuerza deformación: Comúnmente llamada relación de Hooke o Ley de Hooke, esta ley establece que existe una relación lineal entre la magnitud de la fuerza que se aplica a un elemento y su variación de longitud.

Comportamiento elástico: Un material debe tener una respuesta inmediata a la carga que se le aplica, es decir debe deformarse conforme la carga este siendo aplicada y debe volver a su estado inicial cuando la carga deje de actuar sobre ella. Este comportamiento no modifica el orden de los átomos que constituyen el material, sino que actúa sobre los enlaces de estos, estirándolos o comprimiéndolos.

Módulo de elasticidad: Es la constante de proporcionalidad entre el esfuerzo normal y la deformación normal de un elemento axialmente cargado; dicho elemento debe ser elástico, homogéneo, isotrópico y lineal (Manlouk y Zaniewski, 2009, p. 6). Este módulo es indispensable en el cálculo estructural ya que permite realizar cualquier simulación por computadora del comportamiento de la estructura (Jurowski y Grzeszczyk, 2015, p. 1); además ahora se conoce que tiene una importante influencia en la tasa de crecimiento en grietas por fatiga (Borges et al, 2019, p. 15). Actualmente para el cálculo del módulo de Young existen métodos más precisos que permiten incluso conocer los módulos de materiales usados como recubrimiento de espesor variable (Rosemann et al, 2019, p. 5).

Ductilidad: La ductilidad es el grado de tensión plástica que un material puede soportar antes de que se rompa (Chen et al, 2020, p. 2). En términos numéricos la ductilidad es la relación que existe entre la deformación última o de falla y la deformación de fluencia; con esto se puede saber si un material es frágil cuando el factor de ductilidad es uno y dúctil cuando el factor es mayor o igual de cuatro, en una estructura tiene un papel más importante ya que reduce la posibilidad de que se produzcan fallas progresivas (Meli, 2014, p. 268).

$$\mu_x = \frac{X_\mu}{X_y}$$

X_μ = Deformación última (curvatura en el estado de rotura)

X_y = deformación de fluencia (curvatura en el estado de fluencia)

Resistencia a la flexión del concreto armado: La resistencia a la flexión del concreto armado es igual al momento máximo de resistencia y se alcanza cuando la deformación en la fibra extrema a compresión del concreto es aproximadamente 0.003.” (Park y Paulay, 1988, p. 67). Para la presente investigación se encontrará el momento máximo por medio de ensayos a tracción con cargas a los tercios del tramo, similar al ensayo ASTM C78 (ASTM International, 2018, p. 3) y también al ensayo NTP 339.078 (INACAL, 2017, p.10). Se utiliza este tipo de ensayo debido a que la sección central de la viga se encuentra bajo la condición de flexión pura, es decir solo existe momento flector y es el mismo a lo largo del tercio central. La disposición para estos ensayos se observa en la figura 1.

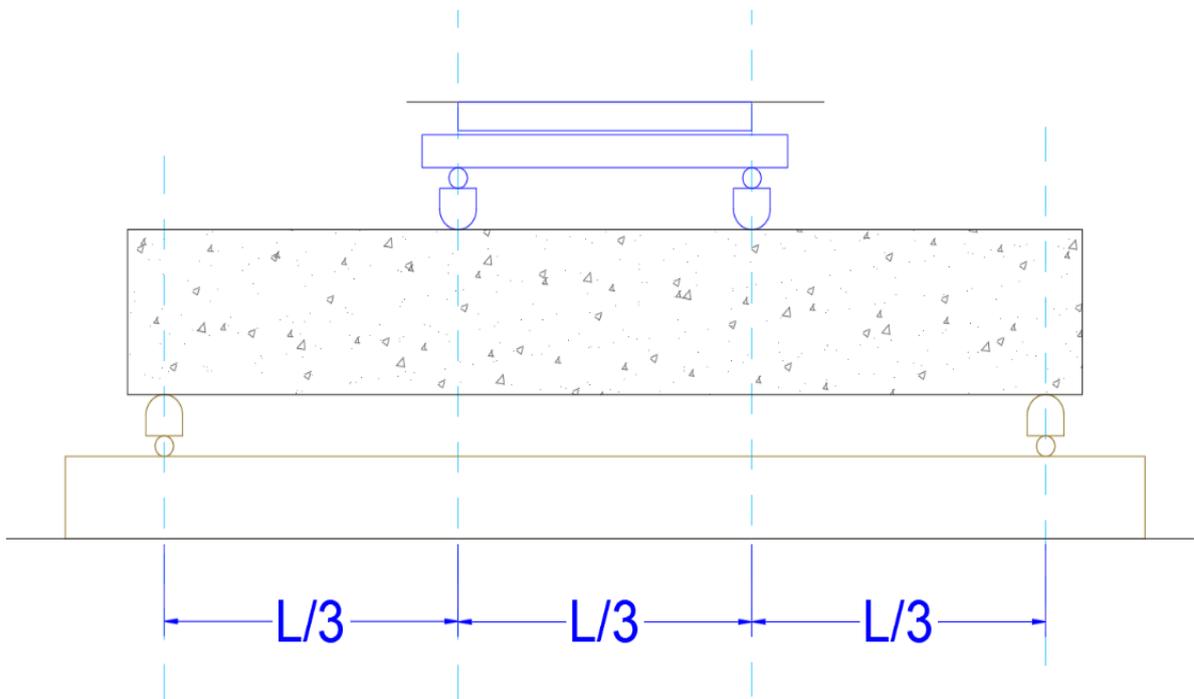


Figura 1. Esquema de ensayos, adaptación de ASTM C78 y NTP 339.078.

Madera: Es la “parte sólida de los árboles de la corteza. Es el tejido principal de sostén, reserva y conducción de agua de los tallos y raíces” (RNE, 2014, p. 356). El reglamento agrupa la madera para uso estructural en tres clases: A, B, C; este agrupamiento se basa en los valores de la densidad básica y la resistencia mecánica. También se puede obtener más información sobre las especies de madera que se

encuentran en estas categorías en las tablas de SENCICO o en el Manual de diseño para maderas de grupo andino.

Resistencia a la flexión de la madera: Debido a que la madera presenta menor resistencia a la compresión, cuando la madera se somete a flexión las fibras superiores son las primeras en fallar ya que se encuentran sometidas a esfuerzos de compresión, por encima del eje neutro (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1984, p. 35); además ocurre que, la resistencia a la tracción en la dirección longitudinal es mayor que la resistencia a la compresión (Manloup y Zaniewski, 2009, p. 435). Las soluciones más comunes para mejorar la resistencia es el uso de nuevos materiales como los polímeros (Augear, Michel y Ferrier, 2018, p. 1). En caso se requiera conocer el módulo de elasticidad de la madera se debe realizar el ensayo de la Norma Técnica Peruana para determinar la flexión estática (INACAL, 2019, p.7).

Tracción de la madera paralela a la fibra: El comportamiento de la madera frente a este tipo de sollicitación es lineal y elástico hasta la rotura (Gomez, 2017, p. 22).

Defectos de la madera: Se le llama defectos a ciertas características que afectan la apariencia o que reducen las propiedades mecánicas de la madera como: nudos, fendas, gemas, etc. (Manloup y Zaniewski, 2009, p. 428).

Nudos: Son bases de ramas que quedaron incorporadas en el tronco del árbol. La presencia de este defecto en la madera cambia su resistencia a la flexión y tracción (Manloup y Zaniewski, 2009, p. 428).

Material compuesto madera – concreto: Es un material que combina elementos de madera y concreto para actuar como una sola unidad estructural, de forma ideal se logra una compatibilidad en las deformaciones (Fu et al, 2019, p. 1). Un elemento de este tipo optimiza el rendimiento estructural ya que el concreto en la parte superior aumenta la rigidez y la resistencia a nivel global, mientras que la madera reduce el peso del sistema y aporta resistencia a la tracción (Grazide, Ferrier y Michel, 2019, p. 2).

Materiales cerámicos: Son materiales que tienen enlaces interatómicos fuertes y por lo tanto, altos valores del módulo de elasticidad, generalmente tienen una elevada temperatura de fusión como consecuencia de ello tienen una deformación limitada.

Entre los materiales cerámicos más utilizados se encuentra el concreto cuyo módulo típico es de 30 GPa (Meille, 2020, p.1).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Una investigación aplicada tiene como característica la aplicación de teorías y leyes científicas probadas que servirán para explicar problemas reales (Tacillo, 2016, p. 88). La presente investigación está en línea con el tipo de investigación aplicada, ya que aplicando las teorías científicas se explica si el tipo de refuerzo propuesto mejoraría el comportamiento mecánico de una viga de concreto.

El diseño experimental manipula intencionalmente variables independientes, que son las supuestas causas o los antecedentes, para analizar los efectos o consecuencias que esta tiene sobre otras variables que serán las dependientes, todo esto debe llevarse mediante una situación de control (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 129). En esta investigación el diseño fue experimental ya que se tiene una variable independiente como el refuerzo que mejoraría una variable dependiente como el comportamiento mecánico de la viga; además de cuasiexperimental ya que los sujetos no fueron asignados al azar y los grupos ya estaban conformados antes del experimento como grupos intactos.

G_1	X_1	0_1
G_2	X_2	0_2
...
G_k	X_{k1}	0_k
G_{k+1}	—	0_{k+1}

3.2. Variables y operacionalización

X= Variable independiente: Refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea

Y= Variable dependiente: Comportamiento mecánico de una viga de concreto

Definición conceptual:

La poliurea es un polímero de tipo elastomérico que se forma de la reacción rápida entre un isocianato y una amina (Mohotti et al, 2014, p. 4), la madera es la parte sólida de los árboles de la corteza (RNE, 2014, p. 356) y un refuerzo es un material que permite a un elemento soportar mayores cargas externas (Alferjani et al, 2014, p. 1).

El comportamiento mecánico es la respuesta de un material frente a la acción de cargas externas que se aplican sobre él, esto se relaciona con la magnitud de la carga, tipo de carga, propiedades y geometría del elemento. (Manlouk y Zaniewski, 2009, p. 1).

Definición operacional:

Para las vigas del grupo M, el refuerzo de madera va adherido al concreto por medio de un pegamento epóxi; en el caso de las vigas de los grupos MP y M2P, la madera se unió al concreto solo con la aplicación de la poliurea.

Indicadores:

El refuerzo para la viga será de 5 tipos y dependerá de la cantidad de madera y poliurea que se utilice. En el caso de la poliurea se podrá medir a través del número de capas y en el caso de la madera se tendrá refuerzos de 18 milímetros de espesor.

Escala de medición:

La escala de medición en el caso del diseño de refuerzo será ordinal para el espesor de la madera y las capas de poliurea y nominal para el tipo de adherencia. En el caso del comportamiento mecánico se tendrá una escala de medición de razón para el momento y la ductilidad.

3.3. Población, muestra y muestreo

Lo primero que se debe definir son las unidades de muestreo como paso previo a delimitar la población. Estas unidades de muestreo son los objetos de estudio y dependen del planteamiento y los alcances de la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 173). En nuestro caso ya que el alcance de la investigación es explicativo se tuvo como objeto de estudio a las vigas de concreto armado con refuerzo exterior de madera y recubrimiento de poliurea para comparar su comportamiento mecánico. Se utilizó poliurea como recubrimiento ya que, según investigaciones previas sobre materiales compuestos actuó proporcionando mayor ductilidad a los elementos (Carey y Myers, 2011, p. 1).

En nuestro caso la investigación fue no probabilística. Como población se tuvo 18 vigas, el criterio para ello es que hubo 6 diseños con tres vigas por cada tipo de refuerzo.

Con esto se contaron 5 diseños de vigas de concreto armado con refuerzo exterior y un diseño de vigas de concreto armado sin refuerzo exterior; estas últimas fueron las vigas patrón. Cada diseño formará un grupo de 3 vigas, de esta manera:

Patrón: Viga de concreto armado sin refuerzo exterior.

P: Viga de concreto armado con refuerzo exterior de 1 capa de poliurea.

2P: Viga de concreto armado con refuerzo exterior de 2 capas de poliurea.

M: Viga de concreto armado con refuerzo exterior de madera y sin recubrimiento de poliurea.

MP: Viga de concreto armado con refuerzo exterior de madera y 1 capa de recubrimiento de poliurea.

M2P: Viga de concreto armado con refuerzo exterior de madera y 2 capas de recubrimiento de poliurea.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnica de recolección de datos se usó la observación y el experimento; los instrumentos serán las fichas de observación.

3.5. Procedimientos

Se prepararon 18 vigas de concreto armado clasificándolas en 6 grupos, según el tipo de refuerzo exterior de madera y poliurea, cada grupo estuvo formado por 3 vigas. Todas las vigas se sometieron a ensayos a flexión con cargas a los tercios del tramo similar al de la Norma Técnica Peruana 339.078 (INACAL, 2017) o al ASTM C78. Los datos recolectados fueron los valores de fuerza vs deflexión.

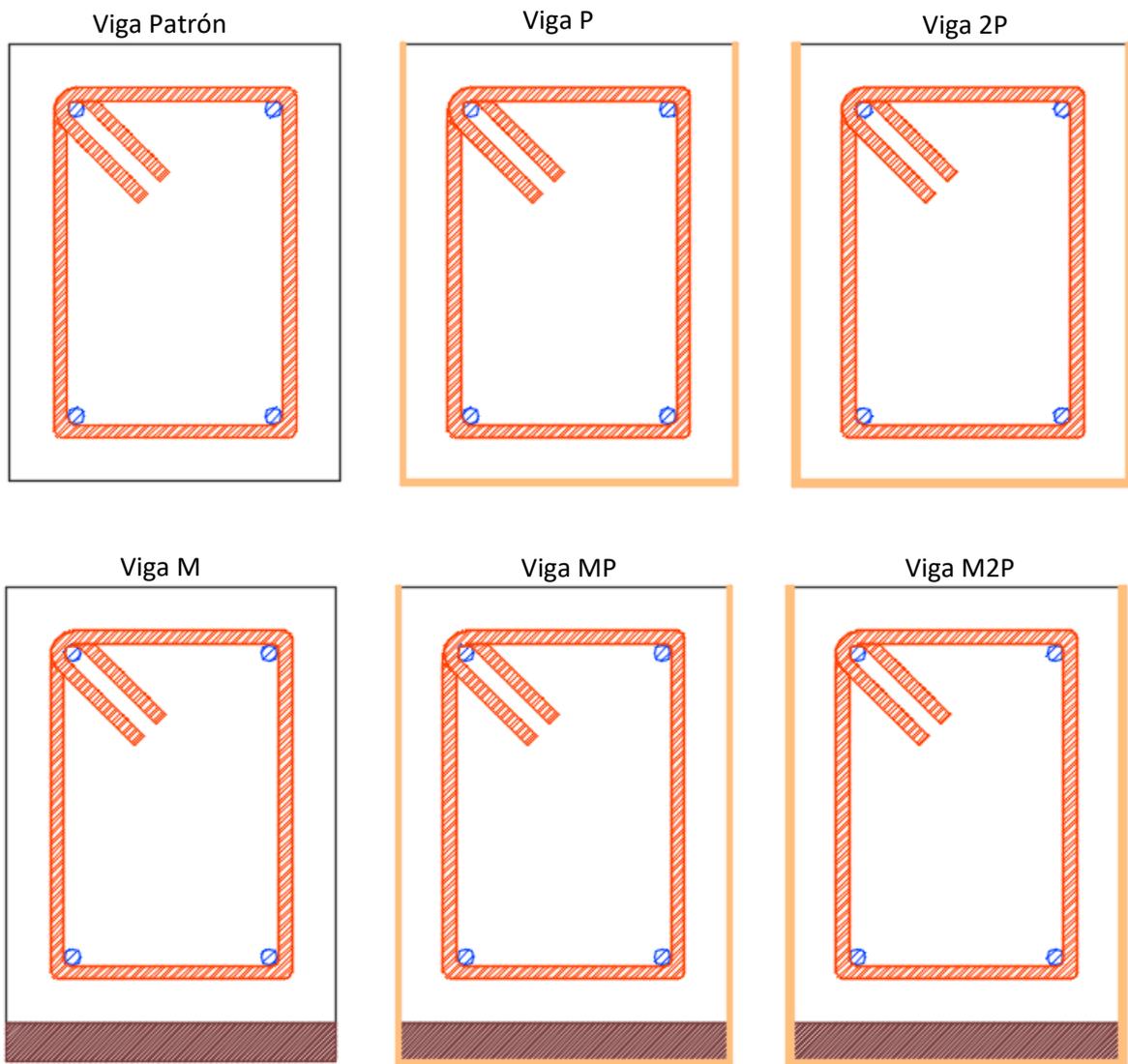


Figura 2. Sección de viga de los 6 grupos a ensayar.

Cálculo de vigas

Para el dimensionamiento de vigas se optó por elegir los diámetros de acero más delgados del mercado, siendo estos de 6 mm para estribos y 8 mm para el acero longitudinal. La sección de las vigas fue de 15 cm de ancho por 20 cm de peralte; esto se eligió por cuestiones de trabajabilidad y buscando la menor dimensión. La longitud fue de 130 cm; esto se hizo con la intención de conseguir una longitud adecuada que permitiera observar mejor las deflexiones durante los ensayos a flexión. El análisis de la viga de concreto armado Patrón se puede ver en el anexo 7, allí se detalla el momento máximo que resistirá la viga y se calcula la ductilidad teórica.

Materiales

A partir del diseño se realizó un metrado para conocer la cantidad de concreto, acero, madera y madera para encofrado. El concreto fue comprado en bolsa, marca UNICON con especificaciones de diseño 210 kg/cm², la cantidad de bolsas adquiridas fueron de 37; el acero para estribos que se requirió fue de 15 varillas, para el acero longitudinal se adquirió 12 varillas; se utilizó para el encofrado tablas de madera tornillo, clavos de 1", clavos de 2" y alambre N° 16.

Elaboración

Para el armado de vigas se colocaron estribos cada 10 cm para reducir la probabilidad de falla por cortante y se amarraron con alambre #16 utilizando el tórtolo. Se cortaron las piezas de acero con amoladora y se armaron los estribos en un banco de doblado. Una vez hechas las 18 armaduras, se procedió elaborar el encofrado, para eso se utilizó tablas de madera tornillo.

La elaboración de la mezcla de concreto se hizo siguiendo las indicaciones de UNICON en cuanto a cantidad de agua para el mezclado, no se utilizó ningún aditivo ni otro material que sea el que contenía la bolsa de concreto. Durante el vaciado se llenaron de concreto 2 moldes para probetas de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto, esto para realizar los ensayos a compresión del concreto. El curado se realizó

cubriendo las vigas con tela húmeda y una lámina de plástico, procurando que tenga humedad todos los días y el desencofrado se realizó dos semanas después, luego de eso se continuó curando las vigas.

Una vez pasados los 28 días se realizó el pegado de las tablas de madera pino radiata de 18 mm a la cara inferior de las vigas 4-M, 5-M, 6-M; para ello se utilizó pegamento epóxico cuyas especificaciones se adjuntan en el anexo 6. Luego se contactó con la empresa Nexus para coordinar el traslado de las vigas a sus instalaciones donde se realizó la aplicación de la poliurea, allí se cubrieron con poliurea en la cara inferior y laterales las vigas 7-P, 8-P, 9-P, 10-MP, 11-MP, 12-MP, 13-M2P, 14-M2P, 15-M2P, 16-2P, 17-2P y 18-2P.

Ensayos

Luego de terminar la aplicación del polímero se trasladaron las vigas al laboratorio donde fueron ensayadas a flexión. Allí se tomó manualmente los datos de carga y deflexión, la carga se observó en el panel digital de la máquina y las deflexiones se midieron a través de un deformímetro instalado en la máquina de ensayos.

Además, se realizaron ensayos de compresión de las dos probetas de concreto y ensayos a flexión de dos listones de madera siguiendo los procedimientos de la NTP 251.017, para encontrar su módulo de elasticidad.

Tabla 1. Tipos de ensayos realizados

Ensayo a flexión con cargas a los tercios del tramo				
	Tipo de refuerzo exterior	Sección (cm)	Longitud (cm)	Cantidad de ensayos
Vigas de concreto armado	Sin refuerzo exterior	15 x 20	130	3
	Refuerzo exterior de 1 capa de poliurea (P)	15 x 20	130	3
	Refuerzo exterior de 2 capas de poliurea (2P)	15 x 20	130	3
	Refuerzo exterior de madera (M)	15 x 20	130	3
	Refuerzo exterior de madera y 1 capa de poliurea (MP)	15x 20	130	3
	Refuerzo exterior de madera y 2 capa de poliurea (M2P)	15 x 20	130	3
Total de ensayos				18

Fuente: elaboración propia.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos recolectados en la ficha 1 se analizaron para calcular el momento máximo de resistencia en cada viga mediante la fórmula de $M = \frac{P*L}{6}$, donde “P” es la carga máxima que soportó la viga y “L” es la luz libre entre los apoyos de la viga. Luego se promediaron los resultados de cada grupo de vigas, de esta forma se obtendrá el momento promedio para cada tipo de diseño. La ductilidad se calculó utilizando un método definido por Naaman y Jeong (Ali 2018, p.5) que consiste en relacionar las áreas bajo las curvas de carga-deflexión mediante la fórmula $\mu = \frac{1}{2} * \left(\frac{E_{tol}}{E_{el}} + 1 \right)$, donde Eel es el área bajo la curva en la zona elástica y Etol es el área total bajo la curva hasta la falla. Se asumió el valor del esfuerzo máximo del acero tomando como referencia los resultados experimentales de la investigación llevada a cabo por Rosas (2018, p. 59).

Para encontrar el área bajo las gráficas se utilizó el programa Autocad versión estudiantil, en el cual se pudo introducir los valores de deflexiones en milímetros para las abscisas y las cargas en kilo Newton para el eje de ordenadas; de esta forma se tuvo valores de áreas en kilo Newton-milímetro y se reemplazó en la fórmula mencionada anteriormente.

3.7. Aspectos éticos

La presente tesis respetará la propiedad intelectual haciendo uso debido de las citas, durante los ensayos se buscará que los resultados sean lo más auténticos posibles y generen el menor impacto ambiental. Para las citas se utilizó el estilo ISO 690 tomando como referencia la adaptación publicada por el Fondo Editorial de la Universidad Cesar Vallejo (2017).

IV. RESULTADOS

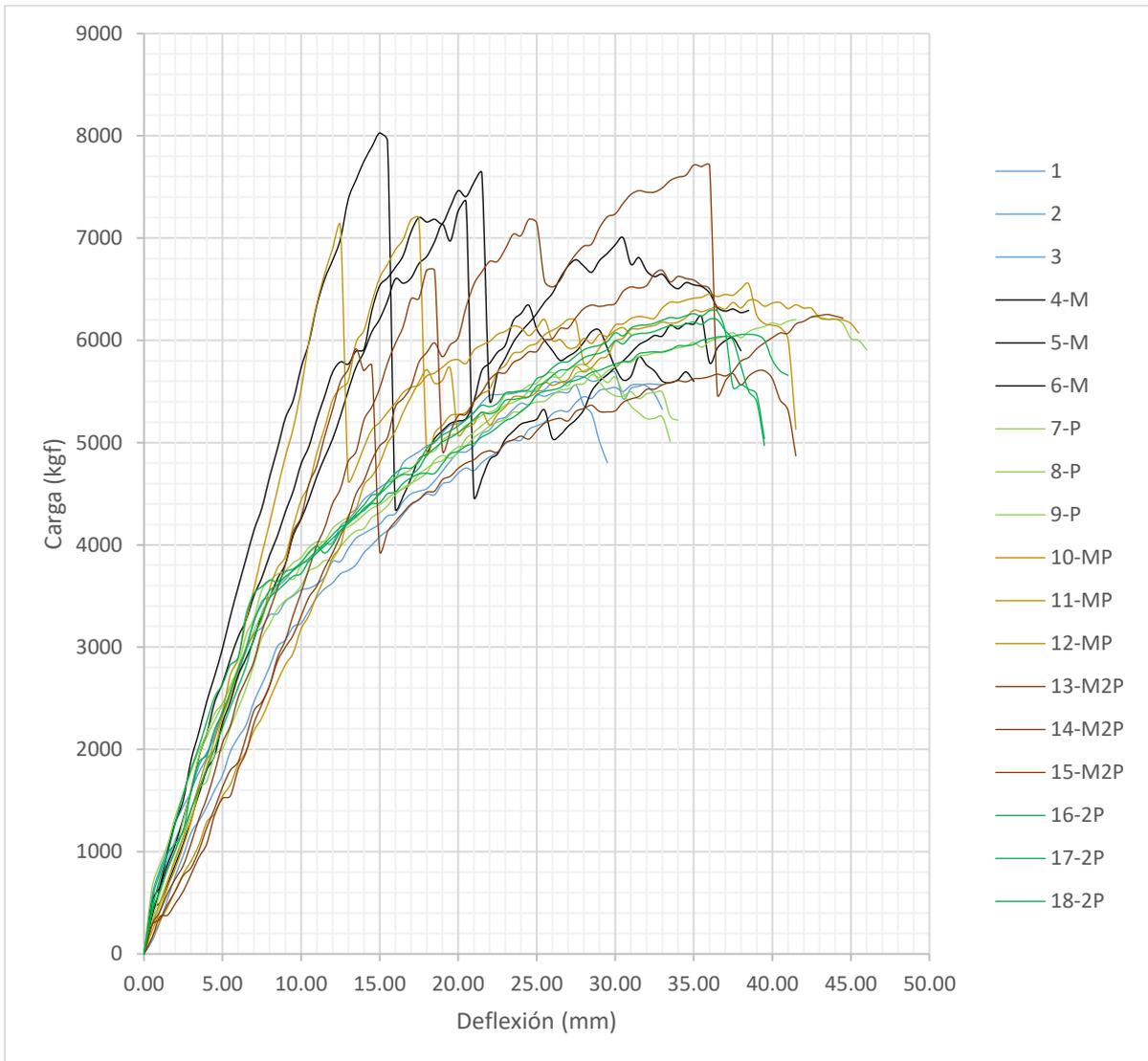


Figura 3. Curvas fuerza vs deflexión de las vigas de concreto armado según sus diferentes tipos de refuerzo

Se puede observar la diferencia entre las gráficas de las vigas patrón, vigas P y vigas 2P frente a las vigas con refuerzo de madera. Las primeras tienen un cambio de pendiente a alrededor de 3500 kgf, luego presentan una zona de endurecimiento llegando hasta su carga máxima. Las vigas M, MP y 2MP presentan una gran elasticidad inicial hasta la falla de la madera, luego de esto presentan un comportamiento definido por la presencia del acero.

a) Momento máximo

Tabla 2. Resultados de resistencia a flexión

VIGA	Carga máxima (kgf)	Momento Máximo (kgf.m)	Momento máximo Promedio (kgf.m)	Ratio Momento Máximo
01	5561	1112	1120.84	1.00
02	5684	1137		
03	5568	1114		
4-M	7355	1471	1534.69	1.37
5-M	8028	1606		
6-M	7637	1527		
7-P	5729	1146	1181.27	1.05
8-P	5762	1152		
9-P	6228	1246		
10-MP	7118	1424	1380.40	1.23
11-MP	7197	1439		
12-MP	6391	1278		
13-M2P	7714	1543	1354.47	1.21
14-M2P	5916	1183		
15-M2P	6687	1337		
16-2P	6288	1258	1236.82	1.10
17-2P	6058	1212		
18-2P	6206	1241		

Fuente: elaboración propia.

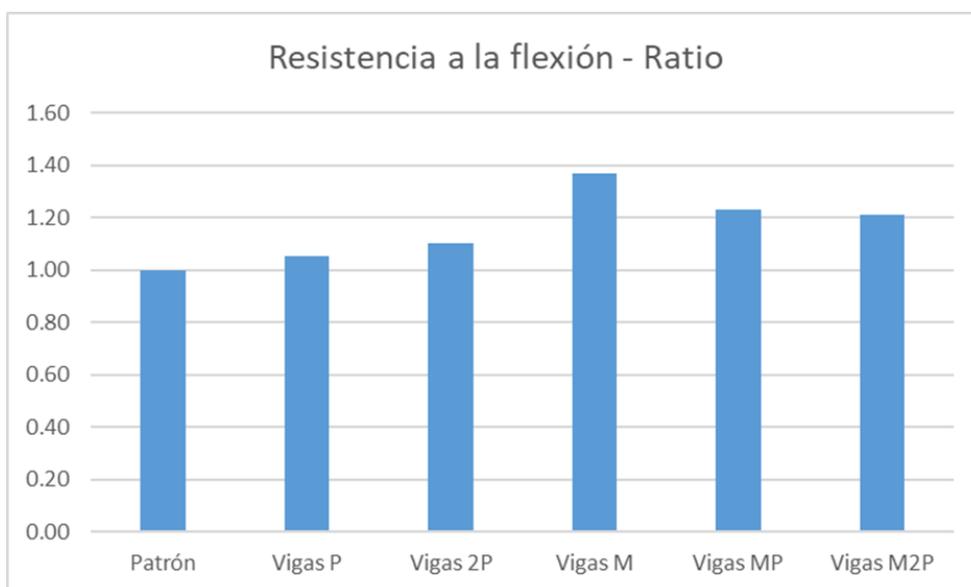


Figura 4. Resistencia a la flexión – ratio.

Se puede observar que las vigas de concreto armado reforzadas exteriormente con madera presentan una mejor resistencia, también se puede ver que las maderas

adheridas solo con poliurea resistieron menos a la flexión. Esto puede deberse a que también es determinante el estado de las fibras de la madera y las características particulares de cada tabla; además de que las vigas MP y M2P no tenían pegamento epoxi y durante los ensayos tuvieron un desprendimiento en el contacto madera concreto mucho antes que las vigas del grupo M.

b) Ductilidad

Tabla 3. Resultados de ductilidad

VIGA	Ductilidad u	Promedio	Ratio μ
01	5.11	5.36	1.00
02	5.58		
03	5.40		
4-M	1.57	1.67	0.31
5-M	1.88		
6-M	1.55		
7-P	5.56	5.73	1.07
8-P	5.71		
9-P	5.94		
10-MP	2.33	2.33	0.43
11-MP	2.07		
12-MP	2.58		
13-M2P	2.44	2.50	0.47
14-M2P	2.88		
15-M2P	2.18		
16-2P	7.02	7.03	1.31
17-2P	7.43		
18-2P	6.64		

Fuente: elaboración propia

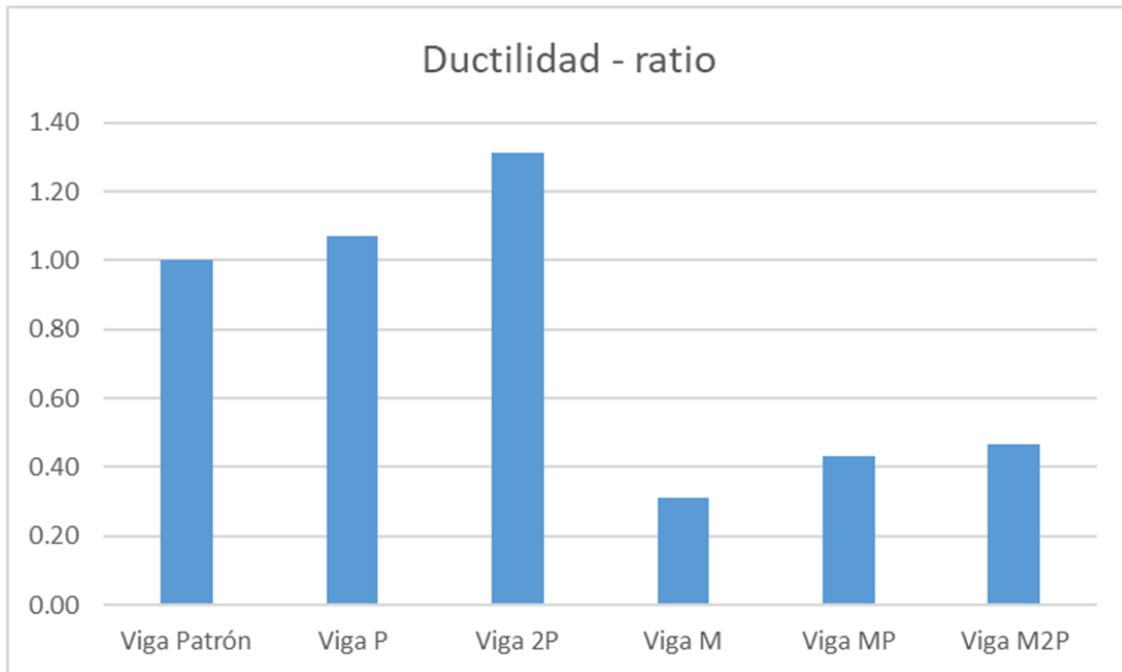


Figura 5. Ductilidad - ratio

Las vigas de concreto armado reforzadas exteriormente con madera mejoraban su ductilidad al añadirse una capa extra de poliurea, sin embargo, al compararla con el resto de vigas se puede observar que de todas formas el refuerzo exterior de madera le resta ductilidad al elemento de concreto armado.

Por otro lado, las vigas de concreto armado mejoran su comportamiento dúctil al añadirse una capa extra de poliurea; siendo más notoria en las vigas con 2 capas de poliurea.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación se limitó a analizar solo las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión y ductilidad de la viga de concreto armado con refuerzo exterior de madera y recubrimiento de poliurea. La investigación buscó precisar si la viga de concreto armado con refuerzo exterior de madera y recubrimiento de poliurea es un elemento con una buena resistencia a la flexión y una ductilidad mayor a las vigas de concreto armado. En este caso la madera otorgaría al elemento de una mayor capacidad de carga y que la poliurea mejorara su comportamiento haciéndolo más dúctil ya que estudios previos demostraron que la poliurea tiene la capacidad de mejorar la ductilidad de vigas de concreto simple; es por ello que a continuación se discuten los detalles más llamativos durante los ensayos de las vigas.

La viga patrón 01 comenzó a presentar fisuras a momentos cercanos a los 302 kgf.m y llegando a su punto de fluencia bajo un momento de 626,4 kgf.m. Además, llegó a soportar un momento máximo de 1112,2 kgf.m. Las grietas que se observaron previo a la falla fueron verticales y dentro del tercio central, no presentó fisuras por cortante ni falla en los apoyos.

La viga patrón 02 fue cargada hasta los 3448 kgf donde empezó a producirse la fluencia con un momento de 689 kgf.m, siguió deformándose hasta soportar una carga máxima de 5684 kgf. El tipo de fisuras que presentó fueron verticales, la mayoría de ellas dentro del tercio central y su falla final fue en la zona comprimida superior cercano al punto de aplicación de la carga.

La viga patrón 03 fue cargada hasta los 3009 kgf donde empezó a producirse la fluencia con un momento de 601,8 kgf.m, siguió deformándose hasta soportar una carga máxima de 5568 kgf. El tipo de fisuras que presentó fue una vertical cerca a uno de los puntos de aplicación de la carga y otra en diagonal fuera del tercio central; es conocido que las fisuras diagonales se deben a los esfuerzos de corte.

La viga 4-M fue cargada hasta los 7355 kgf donde se produjo la falla súbita de la madera, luego de eso la viga se continuó deformando, pero bajo cargas menores siendo 6229 kgf el segundo pico de carga. La fisuración de la viga comenzó poco antes de que la madera fallara con 2 fisuras verticales muy angostas y luego de que fallase la madera aparecieron casi de forma instantánea grietas verticales dentro del tercio central.

La viga 5-M fue cargada hasta los 8028 kgf, siendo la viga que ha resistido más carga antes de la falla. Una vez que se produjo la rotura de la madera el concreto empezó a agrietarse y el acero entró en fluencia, pero siguieron resistiendo más carga hasta un segundo pico de 6342 kgf produciendo un momento de 1268,3819 kgf.m. Antes de la falla se observó una pequeña fisura en diagonal fuera del tercio central que fue por donde se agrietó el concreto luego de la ruptura de la madera produciéndose con esto también una falla por cortante en el concreto.

La viga 6-M se cargó hasta los 7637 kgf luego de lo cual la madera falló, el concreto empezó a fisurarse y el acero entró en fluencia, se siguió cargando la viga hasta que alcanzó un nuevo pico de 7002 kgf. El tipo de fisuras que se produjeron en la viga fueron verticales y dentro del tercio central.

La viga 7-P es una viga de concreto armado revestida con una capa de poliurea en su cara inferior y los laterales, el recubrimiento suele tener un espesor de 1 mm por capa. Esta viga pudo soportar 5729 kgf, esto es menor que lo obtenido con el refuerzo de madera. Entre las vigas recubiertas con poliurea fue la que menor ductilidad tuvo, esto puede ser debido a que presentó grietas de adherencia en la fibra a compresión, disminuyendo su capacidad de resistir cargas.

La viga 8-P de concreto armado con revestimiento de poliurea resistió una carga máxima de 5762 kgf produciendo un momento de 1152,4 kgf.m y su fluencia comenzó con un momento de 645 kgf.m. Durante la carga se presentaron fisuras verticales en el concreto pero contenidas por el revestimiento lo que le permitió soportar un mayor momento a comparación con las vigas patrón. Al momento de llegar a la carga máxima la viga comenzó a tener grietas por adherencia, produciendo una menor capacidad de carga, pero aun así tuvo una ductilidad mejor de lo esperado gracias al recubrimiento.

La viga 9-P fue la que mayor capacidad de carga tuvo entre todas las vigas recubiertas con una capa de poliurea ya que soportó hasta 6228 kgf, esto debido seguramente a que no se formaron grietas cerca a los apoyos ni fisuraciones de corte; además tuvo un mejor comportamiento dúctil que el resto de vigas del grupo P.

La viga 10-MP es una viga con refuerzo de madera y recubierta por poliurea en su cara inferior y sus caras laterales, la viga soportó una carga máxima de 7118 kgf

produciéndose un momento de 1424 kgf.m en su tercio central. La viga tuvo buenos resultados soportando carga, pero su ductilidad fue baja.

La viga 11-MP es la que, entre todas de su grupo, mayor carga soportó llegando a 7197 kgf.m con un momento en su tercio central de 1439 kgf.m. La falla de la madera en esta viga se produjo en uno de sus apoyos, hubo separación entre el concreto y la madera cerca al apoyo debido a la falta de adhesivo epóxico ya que este último resultó ser mejor adherente que la poliurea; a pesar de ello la viga llegó a tener una buena capacidad de carga.

La viga 12-MP llegó a soportar una carga de 6391 kgf con un momento máximo de 1278 kgf.m, Se produjeron agrietamientos verticales en el tercio central y una fisura diagonal fuera del tercio, la madera falló en uno de los apoyos y hubo desprendimiento de está hasta el centro de la viga.

La viga 13-M2P es parte del grupo de vigas reforzadas con madera y con recubrimiento de 2 capas de poliurea en la cara inferior y una capa en los laterales. Soportó una carga máxima de 7714 kgf, luego de ello se continuó cargando la viga observándose fisuras en el concreto, pero sin que la poliurea se agriete dándole una mejor capacidad de carga. Dentro del grupo de vigas M-2P esta fue la viga que mayor carga soportó.

La viga 14-M2P resistió una carga máxima de 5916 kgf, luego de lo cual se continuó deformando y aplicando carga llegando a un nuevo máximo de 5699 kgf. La falla de la madera se dio en uno de los tercios de la luz libre produciéndose también la desunión de esta con el concreto, esta falla se debe a la existencia de un nudo en esa zona y se sabe por literatura que estos nudos degradan las propiedades mecánicas de la madera (Manloulk y Zaniewski, 2009, p.428), razón por la cual se tuvo una menor resistencia a la flexión.

La viga 15-M2P resistió una carga máxima de 6687 kgf hasta producirse la rotura en uno de los apoyos, también hubo un desprendimiento parcial de la madera en una parte de la viga debido a una menor adherencia de la poliurea respecto al pegamento epoxi. Al igual que la viga 13-M2P la madera no falló en la zona central donde se producen los mayores momentos, sino que solo en uno de los apoyos, esta es una de las principales razones por las que soportaron más carga que la viga 14-M2P.

La viga 16-2P pertenece al grupo de vigas que fueron recubiertas por dos capas de poliurea en la cara inferior y una capa en los laterales. De todas las vigas de su grupo

está soportó una mayor carga la cual fue de 6282 kgf con un momento de 1257,6 kgf.m, su fluencia empezó cuando se superó el momento de 684 kgf.m. Las fisuras que se produjeron fueron verticales, el recubrimiento de poliurea no falló tempranamente por lo que le permitió tener mayor capacidad de carga.

La viga 17-2P es la viga que resistió menor carga de su grupo alcanzando solo los 6058 kgf con un momento de 1212 kgf.m. Durante el ensayo se pudo observar que la poliurea empezó a fisurarse un poco antes de lo previsto por lo que esta puede haber sido la razón de tener menos capacidad de carga que el resto de vigas del grupo 2P.

La viga 18-2P soportó una carga de 6206 kgf con un momento de 1241 kgf.m. La fisura del concreto que se presentó durante el ensayo fue vertical en la posición casi central de la viga, también se produjeron fisuras en los puntos de carga por lo que se tuvo que agregar en el resto de ensayos unas platinas para aumentar un poco el área de contacto y así disminuir el esfuerzo sobre el concreto en esa zona. Esta viga es la que presentó la menor ductilidad entre su grupo.

Los valores que arrojaron los ensayos demuestran que con refuerzo de madera se puede obtener un aumento de hasta 37% en la resistencia a la flexión, esto se pudo observar en las vigas del grupo M, MP y M2P. Las vigas MP y M2P a las que se les adhirió la madera con poliurea, obtuvieron menores valores de resistencia a la flexión en comparación con las vigas M, a las cuales se les adhirió la madera con pegamento epoxi.

Para el cálculo de la ductilidad se utilizó un método que relacionaba el área bajo la curva total con el área bajo la zona elástica de la curva, este método fue utilizado por Ali (2018) para el cálculo de ductilidad en vigas compuestas, quien además indica que el método fue definido por Naaman y Jeong. Como resultado de la experimentación se encontró que las vigas del grupo 2P fueron las que tuvieron más altos valores de ductilidad, esto coincide con investigaciones previas que indican que a mayor recubrimiento de poliurea en vigas de concreto se tendrá una mayor ductilidad. En cuanto a los resultados obtenidos con las vigas MP y M2P; si bien tuvieron una ductilidad mayor a las del grupo M, no se puede decir que hayan mejorado su ductilidad respecto a las vigas patrón, sino que, por el contrario, la adición de madera rigidizó al elemento.

VI. CONCLUSIONES

1. El refuerzo con madera y recubrimiento de poliurea mejoró la resistencia a la flexión de la viga de concreto armado. Además, al adherir la madera al concreto mediante un pegamento epoxi se obtienen una mejor resistencia a la flexión. En general, se concluye que el aumento de la resistencia a la flexión en la viga de concreto armado con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea está directamente relacionado con la cantidad de capas de poliurea sobre el elemento, la buena adherencia del refuerzo de madera con el concreto y el buen estado la madera.
2. El refuerzo con madera y recubrimiento de poliurea no mejoró la ductilidad de la viga de concreto armado; sin embargo, las vigas a las cuales se le añadieron únicamente como refuerzo dos capas de recubrimiento de poliurea aumentaron su ductilidad significativamente y son las que mejor comportamiento dúctil presentaron. Por lo que se concluye que la mejora de ductilidad está directamente relacionada con el número de capas de poliurea que se aplica sobre el elemento ya sea viga de concreto simple, concreto armado o concreto armado reforzado con madera.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras investigaciones relacionadas al tema, colocar en la viga de concreto armado el refuerzo de madera procurando que la poliurea recubra la unión madera-concreto totalmente para así evitar que alguna zona quede débil durante el ensayo; además realizar la adherencia concreto-madera con un pegamento epoxi como el utilizado para las vigas del grupo M.

El cálculo teórico de ductilidad se hizo de acuerdo a la definición y asumiendo según recomendación de autores un valor de deformación última de concreto de 0.003; se comparó con los resultados del método por áreas y se obtuvo resultados muy cercanos por lo que se puede recomendar el método de Naaman y Jeong para este tipo de ensayos en vigas compuestas.

Debido a lo hallado en la investigación se puede recomendar el uso del recubrimiento de dos capas de poliurea como refuerzo para las vigas de concreto armado, de esta forma se aprovecharía sus propiedades mecánicas para aumentar la capacidad de carga de la viga y su ductilidad.

Se recomienda continuar realizando investigaciones con madera y poliurea debido a que las vigas del grupo M2P tuvieron más ductilidad que las del grupo M y MP por lo que es posible que exista un número mayor y adecuado de capas de poliurea que me permitan tener a la vez una mejor resistencia a la flexión y una ductilidad mayor a la de las vigas patrón.

REFERENCIAS

- ALEGRE GAGO, G., 2017. Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado. S.I.: Pontifica Universidad Católica Del Perú.
- ALFERJANI, M.B.S., SAMAD, A.A. Bin, ELRAWAFF, B.S., MOHAMAD, N.B. y AHMAD, M.H. Bin, 2014. Shear Strengthening of Reinforced Concrete Beams Using Carbon Fiber Reinforced Polymer Laminate: A Review. American Journal of Civil Engineering, vol. 2, no. 1, pp. 7. ISSN 2330-8729. DOI 10.11648/j.ajce.20140201.11.
- ALI, Y.A.Z., 2018. Flexural behavior of FRP strengthened concrete-wood composite beams. Ain Shams Engineering Journal [en línea], vol. 9, no. 4, pp. 3419-3424. ISSN 20904479. DOI 10.1016/j.asej.2018.06.003. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2018.06.003>.
- ARUNKUMAR, T. y RAMACHANDRAN, S., 2015. Investigation of Morphological and Mechanical Features of Polyurea. Applied Mechanics and Materials, vol. 766-767, pp. 606-611. DOI 10.4028/www.scientific.net/amm.766-767.606.
- ASTM C78/C78M-18, Standar Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Thrid-Point Loading), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, www.astm.org.
- AUGEARD, E., MICHEL, L. y FERRIER, E., 2018. Experimental and analytical study of the mechanical behavior of heterogeneous glulam–concrete beams and panels assembled by a specific treatment of wood. Construction and Building Materials [en línea], vol. 191, pp. 812-825. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2018.10.038. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.038>.
- BORGES, M.F., ANTUNES, F. V., PRATES, P.A., BRANCO, R. y VOJTEK, T., 2020. Effect of Young's modulus on fatigue crack growth. International Journal of Fatigue [en línea], vol. 132, pp. 105375. ISSN 01421123. DOI 10.1016/j.ijfatigue.2019.105375. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.105375>.

- BROWN, T., LEMAY, E., BURSTEN, B. y BURDGE, J., 2004. Química. La ciencia central. 9. Naucalpan De Juárez: s.n. ISBN 970-26-0468-0.
- CAREY, N.L. y MYERS, J.J., 2011. Discrete fiber reinforced polymer systems for repair of concrete structures: Polyurea-fiber characterization results. American Concrete Institute, ACI Special Publication, vol. 1, no. 275 SP, pp. 275-288. ISSN 01932527.
- CHEN, M., YE, L., LI, H., WANG, G., CHEN, Q., FANG, C., DAI, C. y FEI, B., 2020. Flexural strength and ductility of moso bamboo. Construction and Building Materials [en línea], vol. 246, pp. 118418. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.118418. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118418>.
- COTRINA GARAY, N.L., 2016. Uso de concreto reforzado con fibras de acero para mejorar la ductilidad en vigas rectangulares. S.I.: UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN.
- EMPRESA EDITORA MACRO, 2013. Reglamento Nacional de Edificaciones. 5. Lima: s.n. ISBN 978-612-304-111-3.
- FU, Q., YAN, L., NING, T., WANG, B. y KASAL, B., 2020. Interfacial bond behavior between wood chip concrete and engineered timber glued by various adhesives. Construction and Building Materials [en línea], vol. 238, pp. 117743. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.117743. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117743>.
- GOMEZ DE LA PEÑA, E. Refuerzo y reparación con FRP de vigas de madera aserradas sometidas a flexión. Tesis (Máster en Tecnología en Edificación). Madrid. Universidad Politécnica de Madrid, 2017.
- GRAZIDE, C., FERRIER, E. y MICHEL, L., 2020. Rehabilitation of reinforced concrete structures using FRP and wood. Construction and Building Materials [en línea], vol. 234, pp. 117716. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.117716. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117716>.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P.,

2014. Metodología de la investigación. 6. México D.F.: s.n. ISBN 9781456223960.
- INACAL, 2017. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. [en línea]. Lima, Perú: R.D. N° 047-2017-INACAL/DN. Disponible en: www.inacal.gob.pe.
- INACAL, 2019. MADERA. Método para determinar la flexión estática. [en línea]. Lima, Perú: R.D. N° 011-2019-INACAL/DN. Disponible en: www.inacal.gob.pe
- INDECI, 2017. Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8Mw. [en línea], pp. 54. Disponible en: <https://www.indeci.gob.pe/objetos/secciones/Mg==/MzQ0/lista/OTk3/201711231521471.pdf>.
- INEE, GFDRR, WORLD BANK y IASC, 2009. Guidance Notes on Safer School Construction. Education [en línea]. New York: Disponible en: www.ineesite.org.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, 2018. Encuesta nacional de programas presupuestales 2011 - 2017. . S.l.:
- IQBAL, N., SHARMA, P.K., KUMAR, D. y ROY, P.K., 2018. Protective polyurea coatings for enhanced blast survivability of concrete. Construction and Building Materials [en línea], vol. 175, pp. 682-690. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2018.04.204. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.204>.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1984. Manual de diseño para maderas del grupo andino. 6. Lima: Junta del Acuerdo de Cartagena.
- JUROWSKI, K. y GRZESZCZYK, S., 2015. The influence of concrete composition on Young's modulus. Procedia Engineering [en línea], vol. 108, pp. 584-591. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2015.06.181. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.181>.
- MANLOUK, M. y ZANIEWSKI, J., 2009. Materiales para ingeniería civil. 2. Madrid: s.n. ISBN 978-84-8322-510-3.

- MARAWAN, A.E., DEBAIKY, A.S. y KHALIL, N.N., 2015. Shear and Flexural Behavior of R.C. Beams Strengthened With Polyurea Spray. *International Journal of Advanced Research in Science and Engineering*, vol. 4, no. 11, pp. 12-26.
- MASUELLI, M.A., 2013. Introduction of Fibre-Reinforced Polymers – Polymers and Composites: Concepts, Properties and Processes. *Fiber Reinforced Polymers - The Technology Applied for Concrete Repair*, pp. 3-40. DOI 10.5772/54629.
- MEILLE, S., 2020. Methods of Determination of Young's Modulus and Tensile, Flexural & Compressive Strength. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, pp. 1-17. DOI 10.1016/b978-0-12-803581-8.12135-6.
- MELI PIRALLA, R., 2014. *Diseño estructural. 2.* México DF: s.n. ISBN 9789681853914.
- MIRANDA, E., APONTE, L., ARCHBOLD, J., DU, A., GUNAY, S., HASSAN, W., HERESI, P., LAMELA, A.C., MESSINA, A., NAVARRO, J.M., PADGETT, J., POULOS, A., SCAGLIOTTI, G., TSAI, A., KIJEWSKI-CORREA, T., MOSALAM, K.M., PREVATT, D.O., ROBERTSON, I. y ROUECHE, D., 2020. Preliminary virtual reconnaissance report (pvrr). . Alexandria, Virginia:
- MOHOTTI, D., ALI, M., NGO, T., LU, J. y MENDIS, P., 2014. Strain rate dependent constitutive model for predicting the material behaviour of polyurea under high strain rate tensile loading. *Materials and Design [en línea]*, vol. 53, pp. 830-837. ISSN 18734197. DOI 10.1016/j.matdes.2013.07.020. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2013.07.020>.
- NASA, 2019. Earthquakes. NASA Earth Science Disasters Program [en línea]. [Consulta: 27 mayo 2020]. Disponible en: <https://disasters.nasa.gov/earthquakes>.
- NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION, 2015. CIP 16 - flexural Strength Concrete. En: NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION (ed.), *Concrete in practice [en línea]*, pp. 2. Disponible en: <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/>.
- PARK, R. y PAULAY, T. *Estructuras de concreto reforzado. 4.* México DF: Limusa,

1988. ISBN 9681801008.
- RAMAN, S.N., NGO, T., LU, J. y MENDIS, P., 2013. Experimental investigation on the tensile behavior of polyurea at high strain rates. *Materials and Design*, vol. 50, pp. 124-129. ISSN 18734197. DOI 10.1016/j.matdes.2013.02.063.
- ROSAS MAYHUIRE, A., 2018. Evaluación de las uniones soldadas en las estructuras metálicas y de las propiedades mecánicas del acero estructural y acero para hormigón usadas en la construcción de edificios Aspersud – Arequipa. S.I.: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN.
- RÖSEMANN, N., FIEDLER, T., SINNING, H.-R. y BÄKER, M., 2019. Determining Young's modulus of coatings in vibrating reed experiments using irregularly shaped specimens. *Results in Materials*, vol. 2, no. August, pp. 100022. ISSN 2590048X. DOI 10.1016/j.rinma.2019.100022.
- SIMÓN BLANCAS, J.L., 2017. Variación de la resistencia del concreto endurecido utilizando el polímero NexSpray como reforzamiento estructural. S.I.: Universidad Continental.
- SONG, J.H., LEE, E.T. y EUN, H.C., 2019. A Study on the Improvement of Structural Performance by Glass Fiber-Reinforced Polyurea (GFRPU) Reinforcement. *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019. ISSN 16878094. DOI 10.1155/2019/2818219.
- SONG, J.H., LEE, E.T., EUN, H.C. y APOSTOLOPOULOS, C., 2020. A Study on the Strengthening Performance of Concrete Beam by Fiber-Reinforced Polyurea (FRPU) Reinforcement. *Advances in Civil Engineering*, vol. 2020. ISSN 16878094. DOI 10.1155/2020/6967845.
- TACILLO YAULI, E.F., 2016. Metodología de la investigación científica. *Metodología de la investigación científica [en línea]*. [Consulta: 20 mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.bausate.edu.pe/handle/bausate/36>.
- TAVERA, H., 2017. Actualización del escenario por sismo, tsunamis y exposición en la región central del Perú. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [en línea]. Lima: Disponible en: <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2017/4>. Riesgo

Sísmico_Ing. Hernando Tavera.pdf.

TECNOPOL, 2018. Tecnocoat P-2049. MEMBRANA DE POLIUREA 100% PURA PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN Y LA PROTECCIÓN [en línea]. [Consulta: 21 mayo 2020]. Disponible en: <https://tecnopol.es/gama-tecnocoat>.

TOUTANJI, H.A., CHOI, H., WONG, D., GILBERT, J.A. y ALLDREDGE, D.J., 2013. Applying a polyurea coating to high-performance organic cementitious materials. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 38, pp. 1170-1179. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2012.09.041. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.041>.

WU, F., LIU, C., DIAO, Z., FENG, B., SUN, W., LI, X. y ZHAO, S., 2018. Improvement of Mechanical Properties in Polypropylene- and Glass-Fibre-Reinforced Peach Shell Lightweight Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2018, pp. 1-11. ISSN 1687-8434. DOI 10.1155/2018/6250941.

ANEXOS

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores)

DECLATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR

Yo, Fernando Sáenz Rodríguez, egresado de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Filial Lima, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación titulado: "Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados." es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes, de la Universidad César Vallejo.

Lima, 16 de diciembre de 2020

Sáenz Rodríguez, Fernando	
DNI: 44798249	
Orcid: 0000-0002-7757-4649	

Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CORONADO ZULOETA OMAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA VIGA CON REFUERZO DE MADERA Y RECUBRIMIENTO DE POLIUREA PARA SISTEMAS APORTICADOS", del (los) autor (autores) SAENZ RODRIGUEZ FERNANDO, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones,

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo,

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo,

Lima, 4 de mayo de 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CORONADO ZULOETA OMAR DNI: 16802184 ORCID 0000-0002-7757-4649	Firmado digitalmente por: OMARCORONADO el 21 May 2021 09:53:30

Código documento Trilce: 115977

Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables

Matriz operacional:

VARIABLES DE ESTUDIO		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea	Material que permite a un elemento soportar mayores cargas externas.	El refuerzo de madera irá adherido al concreto por medio de pegamento epoxi o un recubrimiento de poliurea de 1 y 2 capas.	Diseño del refuerzo exterior para la viga de concreto armado.	Espesor de madera	Ordinal
					Capas de poliurea	Ordinal
					Tipo de adherencia	Nominal
DEPENDIENTE	Comportamiento mecánico de una viga	Respuesta de un material frente a la acción de cargas externas (Manlouk, Zaniewski, 2009, p. 3).	El comportamiento mecánico se analizará a través del ensayo de la Norma Técnica Peruana 339.078	Resistencia a la flexión	Momento máximo	Razón
				Ductilidad	Curvatura y área bajo la gráfica.	razón

Matriz de consistencia:

	PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES DE ESTUDIO		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
GENERAL	¿El refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea mejora el comportamiento mecánico de una viga de concreto armado?	El comportamiento mecánico de la viga de concreto armado mejorará al utilizar un refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea.	Analizar si el refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea mejora el comportamiento mecánico de una viga de concreto armado.	INDEPENDIENTE	Refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea.	Material que permite a un elemento soportar mayores cargas externas.	El refuerzo de madera irá adherido al concreto por medio de pegamento epoxi o un recubrimiento de poliurea de 1 y 2 capas.	Diseño del refuerzo exterior para la viga de concreto armado.	Espesor de madera	Ordinal
									Capas de poliurea	Ordinal
									Tipo de adherencia	Nominal
ESPECÍFICOS	¿El refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea aumenta la resistencia a la flexión de una viga de concreto armado?	La resistencia a la flexión de la viga de concreto armado aumentará al utilizar un refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea.	Estimar la resistencia a flexión de una viga de concreto armado con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea sometida a flexión.	DEPENDIENTE	Comportamiento mecánico de una viga.	Respuesta de un material frente a la acción de cargas externas (Manlouk, Zaniewski, 2009, p. 3).	El comportamiento mecánico se analizará a través del ensayo NTP 339.078	Resistencia a la flexión.	Momento máximo	Razón
	¿El refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea mejora la ductilidad de una viga de concreto armado?	La ductilidad de la viga de concreto armado mejorará al utilizar un refuerzo de madera con recubrimiento de poliurea.	Analizar la ductilidad de una viga de concreto armado con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea sometida a flexión.						Ductilidad	Curvatura y área bajo la gráfica.	Razón

Anexo 5. Fotografías

Armado de vigas



Encofrado



Mezclado



Vaciado



curado



Desenfofrado



Aplicación de poliurea



Ensayos



Compresión del concreto



Ensayo a flexión de madera



Anexo 6. Fichas técnicas

Concreto: Ficha técnica

FT0718

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
RESISTENCIA (kg/cm ²)	210	175	175	175
HUSO/TAMAÑO DE PIEDRA (Pulgadas)	67 / 3/4"		7 u 8 / 1/2"	
SLUMP/ASENTAMIENTO (Pulgadas)	3 a 4			8 a 10
AGUA (litros por bolsa)	4.0 a 4.5	4.0 a 4.5	4.5 a 5.0	5.3 a 5.8
CANTIDAD DE BOLSAS POR m ³	52	52	51	49

RENDIMIENTO REFERENCIAL					
PISOS Y VEREDAS					
ÁREA A CUBRIR (m ²)	1				
ESPESOR DEL PISO (cm)	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0
CANTIDAD DE BOLSAS	3.0	4.5	6.0	8.5	11.0
COLUMNAS Y COLUMNETAS					
DIMENSIONES	0.25 m x 0.25 m x 2.5 m	0.30 m x 0.30 m x 2.5 m	0.15 m x 0.25 m x 2 m		
CANTIDAD DE BOLSAS	8.5	12.5	4.5		

RECOMENDACIONES Y PRECAUCIONES	
CONSISTENCIA	Es importante utilizar la cantidad de agua indicada para garantizar una mezcla correcta. El exceso de agua en la mezcla disminuye las propiedades mecánicas y la calidad del producto. No modificar la mezcla original: no añadir arena, aditivos ni cemento.
USOS	No aplicar con temperaturas exteriores extremas (<5° ó >35° Centígrados) o condiciones de fuertes vientos, heladas o lluvias.
ALMACENAJE Y MANIPULACIÓN	Almacenar en un lugar seco y techado. No dejar en contacto con la humedad del suelo ni dejar bolsas abiertas. Evitar tiempos de almacenamiento prolongados.
SEGURIDAD	Evitar el contacto con la piel. En caso de contacto con los ojos, enjuagar inmediatamente con abundante agua y acudir al médico.



(511) 215 4600



(511) 217 2700

DATOS TÉCNICOS RELEVANTES (SEGÚN ETE 11/0357 Y BBA 16/5340)

PROPIEDADES	VALOR
Densidad a 23 °C ISO 1675	1.100 kg/m ³
Alargamiento a la rotura a 23 °C ISO 527-3	>350%
Resistencia a la tracción a 23 °C ISO 527-3	>20 MPa
Dureza Shore A a 23°C DIN 53.505	>90
Dureza Shore D a 23°C DIN 53.505	>50
Vida útil del sistema (certificado EOTA y BBA)	W3: 25 años a 1,4 mm de grosor mínimo
Zona climática	S (severa)
Temperaturas de soporte	-20 °C ~ 90 °C
Resistencia a la difusión del vapor de agua EN 1931	$\mu=2.279$
Transmisión del vapor de agua ISO 7783	14 g/ (m ² /día)
Carga de uso	P4 (cubierta ajardinada, altamente protegida)
Pendiente elemento constructivo	S1~S4, aplicable en pendiente cero
Comportamiento a fuego exterior EN 13501-5:2005 Conforme CTE DB-SI2	Clasificación Broof t1)+(t4)+(t2)
Reacción al fuego	Euroclass E
Resistencia al movimiento de fatiga EOTA TR-008	apto en 1.000 ciclos
Tiempo de secado inicial	± 5 segundos
Rango de repintado	10 segundos ~ 48 horas
Componentes orgánicos volátiles (COV)	0 (contenido en sólidos:100%)
Certificado anti raíces EN 13948:2008	SI
Resistencia química general	Resistente a diversos productos y elementos químicos (consultar departamento técnico)
Resistencia térmica	Se comporta de forma constante (-40 °C ~ +140 °C)

DATOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES (SEGÚN ETE 11/ 0357)

PROPIEDADES	COMPONENTE A	COMPONENTE B
Peso específico ISO 1675	1,11 ± 5% g/cm ³	1,09-1,12 ± 5% g/cm ³ *
Viscosidad a 23°C (S63, 30 rpm) ISO 2555	600±50 cps	650±50 cps *
Ratio de mezcla – por peso	100	102
Ratio de mezcla – por volumen	100	100

* datos tomados en base neutra; en otras coloraciones este dato puede variar, consultar COA



Hoja Técnica

CHEMA EPOX ANCLAJE 31

Adhesivo epóxico de alta viscosidad para fijar anclajes y pegar todo tipo de materiales de construcción. Calidad Premium.

VERSION: 01
FECHA: 24/03/2017

Calidad que Construye

DESCRIPCIÓN

El CHEMA EPOX ANCLAJE 31, es un sistema epóxico de 2 componentes 100% sólidos de calidad Premium. Posee alta viscosidad, excelente adherencia y resistencia mecánica llegando hasta 900kg/cm² a los 7 días. Recomendado para fijar anclajes de fierros, pernos, soportes, tirantes, maquinarias y pegar todo tipo de elementos de construcción. Cumple con la norma ASTM C-881 Estándar Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete.

VENTAJAS

- Excelente adherencia a diversos materiales, inclusive en superficies húmedas.
- Altas resistencias mecánicas a la abrasión, y al impacto.
- Excelente resistencia química: resiste agua, aceite, gasolina, soluciones salinas, ácidos y álcalis diluidos, así como aguas servidas.
- Por su consistencia de masilla permite unir elementos irregulares, y trabajar en superficies verticales o sobre cabeza sin que se chorree.
- No causa efectos nocivos sobre los materiales con los cuales entra en contacto.
- Libre de solventes y componentes volátiles (VOC).
- Fácil de dosificar (relación de sus componentes en volumen A: B = 1: 1).

USOS

- Unión y fijación de diversos materiales (concreto, acero, fierro, aluminio, cerámica, mármol, piedra, madera, vidrio, asbesto-cemento, fibrocemento y otros).
- Anclaje de fierros, pernos, soportes, cables y maquinarias.
- Reparación de concreto.
- Refuerzo de elementos estructurales.

DATOS TÉCNICOS

Propiedades	Valores	
Color	Parte "A"	Blanco
	Parte "B"	Negro
	Mezcla	Gris
Proporción de Mezcla en Volumen	"A"	1
	"B"	1
Densidad de la mezcla	kg/L	1.70 – 1.80
Consistencia de la mezcla	---	Masilla
Pot life	horas	45min *
Resistencia a la compresión (Kg/Cm2)	6 h	400*
	12h	700*
	1 día	800*
	7 días	900*
Contenido de VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles)	Kg/L	0

* Valores a 25°/60%HR, estos pueden variar con las condiciones ambientales.

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 1 de 3

Anexo 7. Cálculos

Análisis de la sección de concreto armado

Datos:

$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$	$b = 15 \text{ cm}$
$f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$	$h = 20 \text{ cm}$
$E_c = 15100 \cdot (f'c)^{0.5} = 218819.79 \text{ kgf/cm}^2$	$f_r = 2 \cdot (f'c)^{0.5} = 28.983$
$E_s = 2000000 \text{ kgf/cm}^2$	$A_s = 1.005 \text{ cm}^2$
$n = E_s/E_c = 9$	$A'_s = 1.005 \text{ cm}^2$
$d = 17 \text{ cm}$	$d' = 3 \text{ cm}$

Sección no agrietada

Área transformada:

$$A_{tr} = bh + (n - 1) \cdot (A'_s + A_s) \quad A_{tr} = 316.37 \text{ cm}^2$$

Eje neutro:

$$A_{tr} \cdot C = bh \cdot \frac{h}{2} + (n - 1) \cdot A_s \cdot d + (n - 1) \cdot A'_s \cdot d' \quad C = 10 \text{ cm}$$

Inercia transformada:

$$I_{tr} = 10458.26 \text{ cm}^4$$

$$M_{cr} = 30310.9 \text{ kgf.cm} = 303.11 \text{ kgf.m}$$

$$f_c = 28.98 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_s = 185.43 \text{ kgf/cm}^2$$

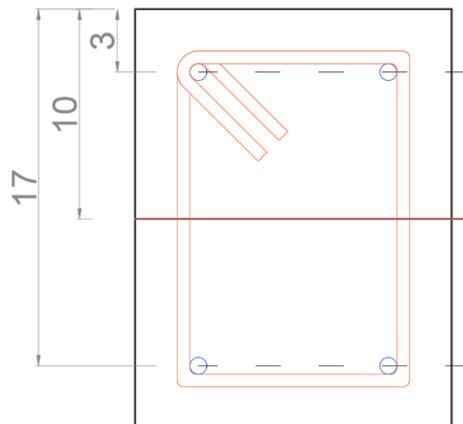
$$f'_s = 185.43 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\varepsilon_c = 0.00013245$$

$$\varphi_{cr} = \varepsilon_c / C = 0.0013245 \text{ 1/m}$$

Alternativamente:

$$\varphi_{cr} = M_{cr} / (E_c \cdot I_{tr}) = 0.0013245 \text{ 1/m}$$



Sección agrietada con acero en fluencia:

$$\rho_s = 0.00394239$$

$$\rho'_s = 0.00394239$$

$$k = 0.227896255$$

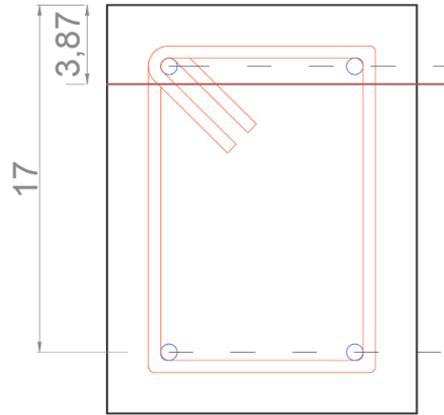
$$C = k * d = 3.87 \text{ cm}$$

$$I_{cr} = 1880.05 \text{ cm}^4$$

Por compatibilidad:

$$\frac{\varepsilon_y}{d - c'} = \frac{\varepsilon'_s}{c - d'} \rightarrow f'_s = f_y * \frac{c - d'}{d - c}$$

$$f'_s = \frac{f_y * (c - d')}{d - c} \rightarrow f'_s = 279.74 \text{ kgf/cm}^2$$



Por equilibrio:

$$Cc + A'_s * f'_s = \frac{f_c * C * b}{2} + A'_s * f'_s = A_s * f_y \rightarrow f_c = 2 * \frac{(A_s * f_y - A'_s * f'_s)}{C * b}$$

$$f_c = 135.63 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\varepsilon_y = 0.0021$$

$$\varepsilon_c = 0.00061984$$

$$C_s = 281.22 \text{ kgf}$$

$$C_c = 3941.07 \text{ kgf}$$

$$F_s = 4222.30 \text{ kgf}$$

Sumatoria de momentos:
$$M_y = F_s * (d - C) + F'_s * (C - d') + C_c * \frac{2 * C}{3}$$

$$M_y = 65845.88 \text{ kgf.cm} = 658.46 \text{ kgf.m}$$

Curvatura:

$$\varphi_y = \frac{\varepsilon_s}{(d - C)} = 0.01599907 \text{ 1/m}$$

También:

$$\varphi_{cr} = \frac{M_y}{(E_c * I_{cr})} = 0.01600561 \frac{1}{m}$$

Sección con momento Máximo

i) Cálculo del eje neutro:

Tomando: $f_{smax} = 7550 \text{ kgf/cm}^2$ $\epsilon_{cu} = 0.003$ $\beta_1 = 0.85$

De equilibrio: $f_{cu} * b * a + A'_s * f'_s = A_s * f_{smax}$ $a = 0.85 * C$

$f_{cu} = 0.85 * f'_c = 178.5 \text{ kgf/cm}^2$

$$f_{cu} * b * 0.85 * c + A'_s * \frac{\epsilon_{cu} * (c - d')}{c} * E_s = A_s * f_{smax}$$

→ $C = 3.18 \text{ cm}$ $a = 2.7 \text{ cm}$

ii) Momento máximo

De sumatoria de momentos

$$M_{max} = f_{cu} * b * a * (d' - a/2) + A'_s * f'_s * (d - d')$$

→ $M_{max} = 118193.78 \text{ kgf.mm} = 1181.94 \text{ kgf.m}$

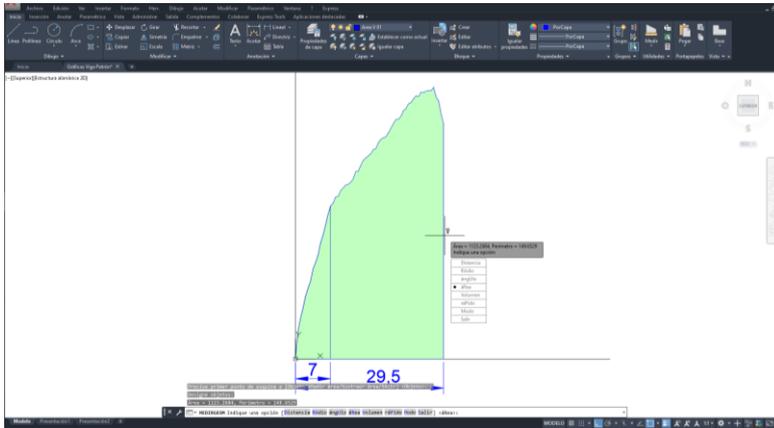
$$\varphi_{max} = \epsilon_{cu1}/c = 0.094256621 \text{ 1/m}$$

Resumen:

Mcr= 303.11 kgf.m	$\varphi_{cr} = 0.001324503 \text{ 1/m}$
My= 658.46 kgf.m	
Mmax= 1181.94 kgf.m	
Ductilidad= $\mu_\varphi = 5.891381565$	$\varphi_y = 0.01599907 \text{ 1/m}$ $\varphi_{max} = 0.094256621 \text{ 1/m}$

Análisis de áreas de la curva carga-deflexión para calcular la ductilidad

Para viga patrón 1



Área total: $E_{tot} = 1123.27 \text{ kN.mm}$

Área zona elástica: $E_{el} = 121.8 \text{ kN.mm}$

Ductilidad: $\mu = \frac{1}{2} * \left(\frac{E_{tot}}{E_{el}} + 1 \right) = \frac{1}{2} * \left(\frac{1123.27}{121.8} + 1 \right) = 5.11$

Resto de vigas:

VIGA	Etol (kN.mm)	Eel (kN.mm)	Ductilidad μ
01	1123.27	121.80	5.11
02	1371.88	135.16	5.58
03	1235.96	126.18	5.40
4-M	1798.56	842.00	1.57
5-M	1751.89	635.45	1.88
6-M	2061.29	981.88	1.55
7-P	1393.65	137.69	5.56
8-P	1370.45	131.55	5.71
9-P	2135.53	196.45	5.94
10-MP	1482.20	404.39	2.33
11-MP	2073.91	662.18	2.07
12-MP	2102.90	504.90	2.58
13-M2P	2253.16	579.49	2.44
14-M2P	1802.33	378.89	2.88
15-M2P	1666.52	495.01	2.18
16-2P	1780.45	136.63	7.02
17-2P	1840.12	132.69	7.43
18-2P	1753.72	142.74	6.64

Anexo 8. Informes de laboratorio

Ensayos a flexión

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

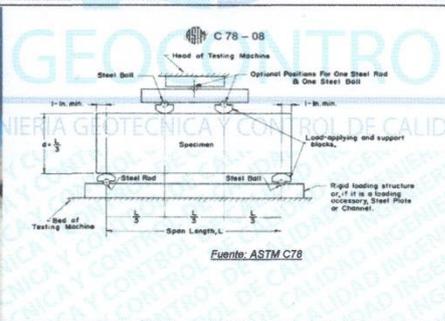
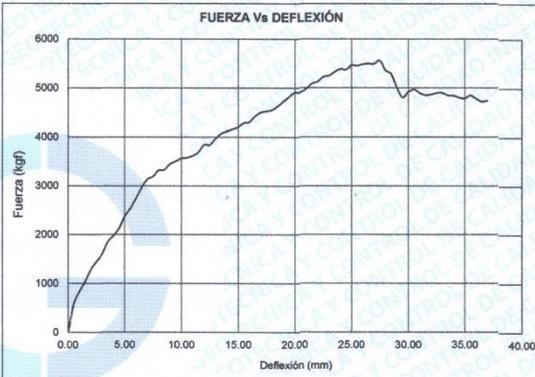
PROYECTO	: Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados	REGISTRO N°:	IGC20-LEM-409-01
SOLICITANTE	: Fernando Saenz Rodríguez	REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO :	20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN	: ---	TURNO :	Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
 Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
 F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado PATRON 01	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		5561		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	825	18.00	4549	35.00	4800
2.00	1277	19.00	4722	36.00	4845
3.00	1591	20.00	4901		
4.00	1970	21.00	4969		
5.00	2374	22.00	5124		
6.00	2740	23.00	5248		
7.00	3132	24.00	5386		
8.00	3316	25.00	5464		
9.00	3446	26.00	5481		
10.00	3560	27.00	5489		
11.00	3615	28.00	5361		
12.00	3838	29.00	5009		
13.00	3963	30.00	4912		
14.00	4112	31.00	4910		
15.00	4202	32.00	4850		
16.00	4304	33.00	4895		
17.00	4498	34.00	4842		



MR (máximo) = 111.2 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

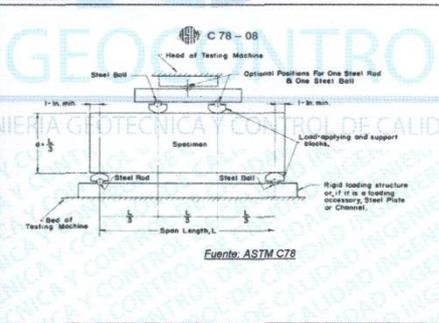
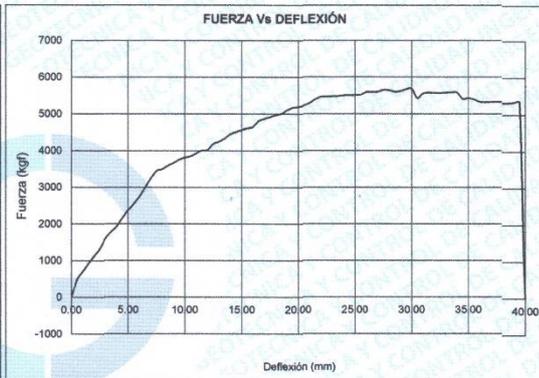
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de polirea para sistemas aporticados **REGISTRO N°:** IGC20-LEM-409-02
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez **REALIZADO POR** : R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO : --- **REVISADO POR** : J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima **FECHA DE ENSAYO** : 20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN : --- **TURNO** : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado PATRON 02	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		5684		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	688	18.00	4968	35.00	5407
2.00	1118	19.00	5095	36.00	5395
3.00	1594	20.00	5187	37.00	5320
4.00	1925	21.00	5292	38.00	5330
5.00	2371	22.00	5461	39.00	5320
6.00	2742	23.00	5474	40.00	5338
7.00	3243	24.00	5499		
8.00	3490	25.00	5502		
9.00	3661	26.00	5589		
10.00	3815	27.00	5597		
11.00	3921	28.00	5641		
12.00	4022	29.00	5614		
13.00	4249	30.00	5684		
14.00	4445	31.00	5529		
15.00	4560	32.00	5573		
16.00	4646	33.00	5565		
17.00	4664	34.00	5580		



MR (máximo) = 113.7 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

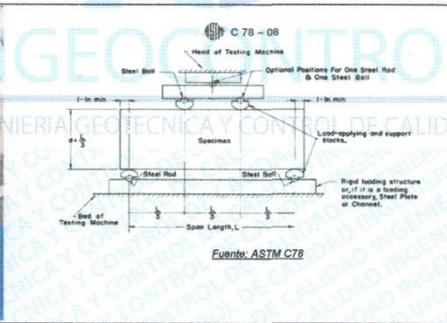
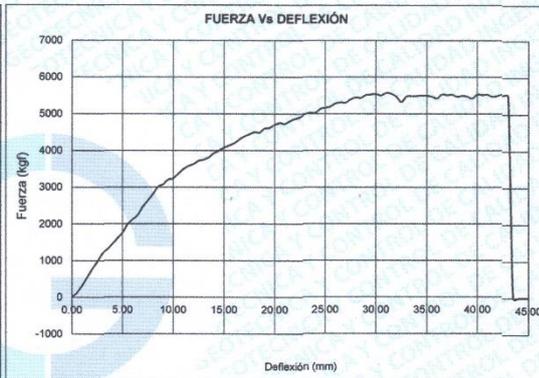
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-03
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
CÓDIGO DE PROYECTO : --- REALIZADO POR : R. Leyva
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima REVISADO POR : J. Gutiérrez
FECHA DE EMISIÓN : --- FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F'c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado PATRON 03	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		5568		TERCIO CENTRAL

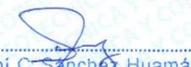
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	307	18.00	4499	35.00	5499
2.00	768	19.00	4597	36.00	5474
3.00	1188	20.00	4701	37.00	5533
4.00	1440	21.00	4725	38.00	5521
5.00	1749	22.00	4860	39.00	5492
6.00	2119	23.00	4990	40.00	5418
7.00	2466	24.00	5024	41.00	5511
8.00	2811	25.00	5164	42.00	5467
9.00	3068	26.00	5282	43.00	5524
10.00	3233	27.00	5305		
11.00	3485	28.00	5449		
12.00	3627	29.00	5510		
13.00	3750	30.00	5539		
14.00	3923	31.00	5560		
15.00	4081	32.00	5551		
16.00	4197	33.00	5325		
17.00	4388	34.00	5483		



MR (máximo) = 111.4 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

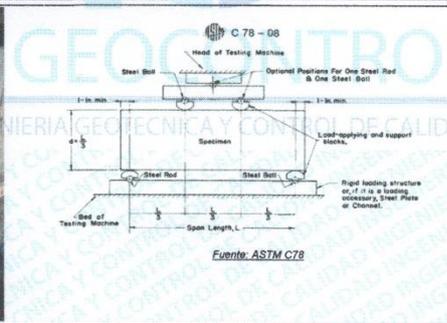
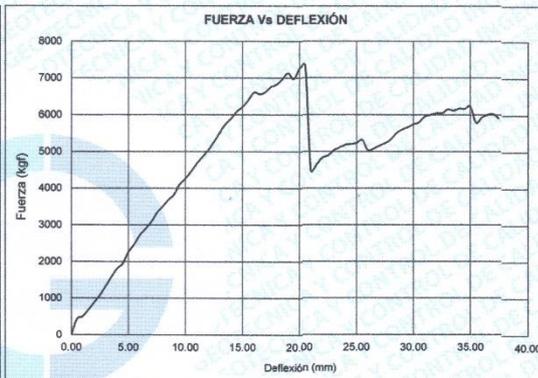
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-04
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
CÓDIGO DE PROYECTO : --- REALIZADO POR : R. Leyva
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima REVISADO POR : J. Gutiérrez
FECHA DE EMISIÓN : --- FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 4M	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		7355		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	498	18.00	6820	35.00	6158
2.00	890	19.00	7136	36.00	5782
3.00	1326	20.00	7265	37.00	5996
4.00	1800	21.00	4472	38.00	5899
5.00	2258	22.00	4831		
6.00	2721	23.00	5032		
7.00	3080	24.00	5161		
8.00	3489	25.00	5229		
9.00	3816	26.00	5040		
10.00	4254	27.00	5159		
11.00	4669	28.00	5322		
12.00	5034	29.00	5599		
13.00	5509	30.00	5737		
14.00	5886	31.00	5876		
15.00	6207	32.00	5997		
16.00	6600	33.00	6042		
17.00	6609	34.00	6112		



$MR_{(máximo)} = 147.1 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CGC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abando GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

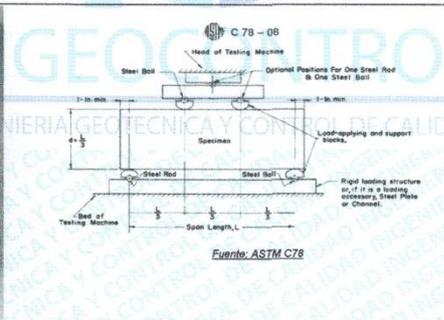
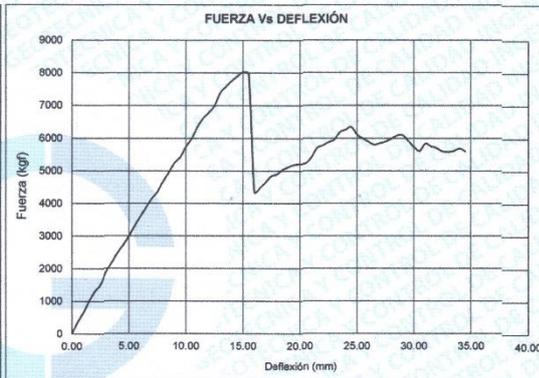
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-05
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez REALIZADO POR : R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO : — REVISADO POR : J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN : — TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F^c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 5M	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		8028		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	641	18.00	4894	35.00	5599
2.00	1293	19.00	5118		
3.00	1898	20.00	5211		
4.00	2471	21.00	5404		
5.00	2990	22.00	5776		
6.00	3590	23.00	5953		
7.00	4143	24.00	6261		
8.00	4666	25.00	6110		
9.00	5240	26.00	5899		
10.00	5733	27.00	5843		
11.00	6341	28.00	5982		
12.00	6781	29.00	6097		
13.00	7378	30.00	5733		
14.00	7751	31.00	5649		
15.00	8028	32.00	5757		
16.00	4352	33.00	5800		
17.00	4651	34.00	5615		



MR (máximo) = 160.6 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

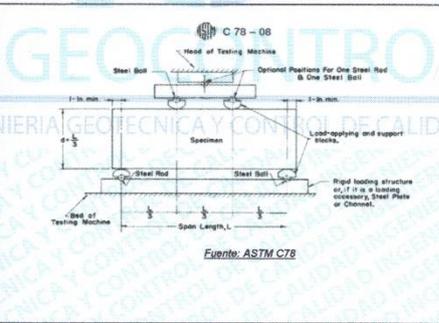
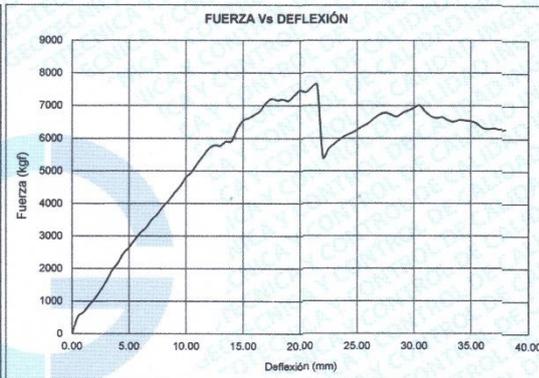
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-06
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
CÓDIGO DE PROYECTO : -- REALIZADO POR : R. Leyva
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima REVISADO POR : J. Gutiérrez
FECHA DE EMISIÓN : -- FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F'c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 6M	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		7637		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	652	18.00	7157	35.00	6541
2.00	1074	19.00	7144	36.00	6463
3.00	1599	20.00	7463	37.00	6285
4.00	2155	21.00	7542	38.00	6270
5.00	2647	22.00	5421		
6.00	3102	23.00	5827		
7.00	3504	24.00	6085		
8.00	3901	25.00	6261		
9.00	4323	26.00	6460		
10.00	4792	27.00	6726		
11.00	5227	28.00	6725		
12.00	5686	29.00	6781		
13.00	5768	30.00	6934		
14.00	5913	31.00	6743		
15.00	6532	32.00	6678		
16.00	6713	33.00	6846		
17.00	7060	34.00	6505		



MR (máximo) = 152.7 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí G. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

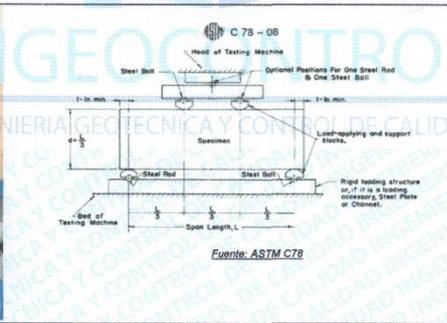
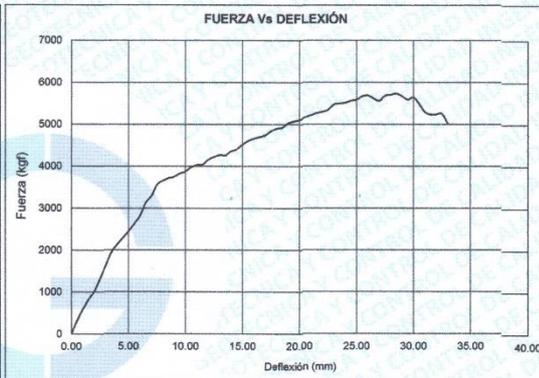
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-07
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
CÓDIGO DE PROYECTO : — REALIZADO POR : R. Leyva
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima REVISADO POR : J. Gutiérrez
FECHA DE EMISIÓN : — FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F_c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 7P	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		5729		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	585	18.00	4897		
2.00	1014	19.00	5024		
3.00	1620	20.00	5098		
4.00	2124	21.00	5213		
5.00	2444	22.00	5297		
6.00	2810	23.00	5468		
7.00	3285	24.00	5509		
8.00	3651	25.00	5582		
9.00	3749	26.00	5684		
10.00	3876	27.00	5557		
11.00	4030	28.00	5699		
12.00	4160	29.00	5662		
13.00	4268	30.00	5641		
14.00	4358	31.00	5357		
15.00	4515	32.00	5233		
16.00	4662	33.00	5250		
17.00	4738				



MR (máximo) = 114.6 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENCOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENCOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

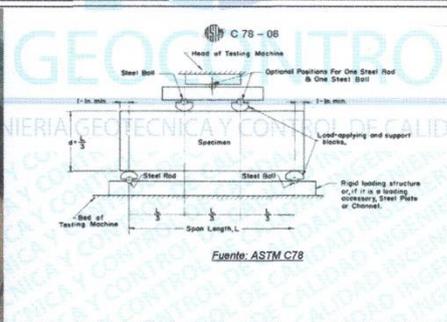
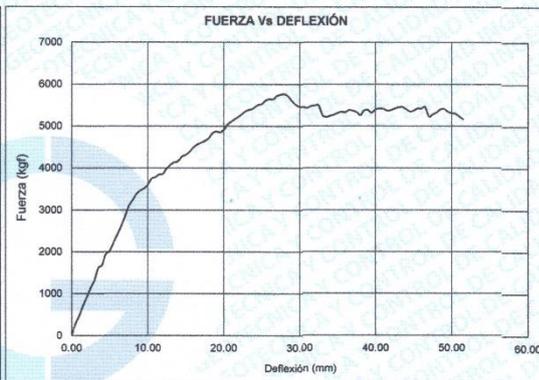
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-08
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez REALIZADO POR : R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO : --- REVISADO POR : J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN : --- TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 8P	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		5762		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	469	18.00	4707	35.00	5273
2.00	914	19.00	4874	36.00	5339
3.00	1321	20.00	4911	37.00	5381
4.00	1690	21.00	5100	38.00	5328
5.00	2005	22.00	5227	39.00	5375
6.00	2405	23.00	5365	40.00	5316
7.00	2831	24.00	5430	41.00	5418
8.00	3225	25.00	5522	42.00	5366
9.00	3456	26.00	5642	43.00	5417
10.00	3600	27.00	5713	44.00	5457
11.00	3781	28.00	5762	45.00	5348
12.00	3857	29.00	5591	46.00	5417
13.00	4073	30.00	5457	47.00	5457
14.00	4160	31.00	5496	48.00	5275
15.00	4314	32.00	5477	49.00	5396
16.00	4488	33.00	5491	50.00	5338
17.00	4604	34.00	5218	51.00	5292



MR (máximo) = 115.2 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

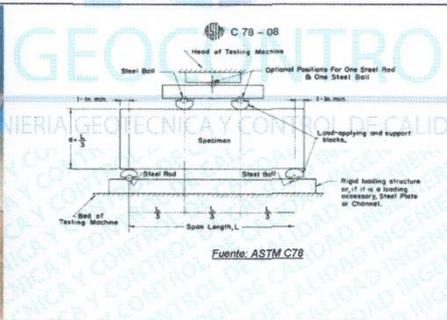
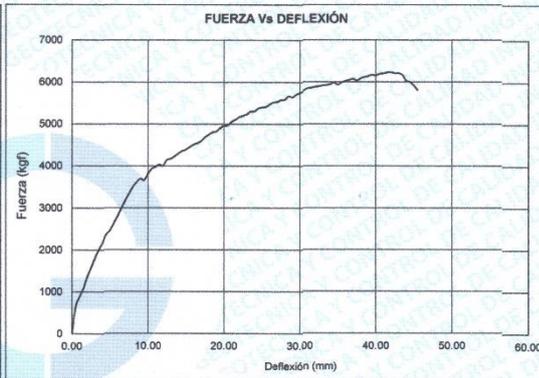
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-09
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
CÓDIGO DE PROYECTO : — REALIZADO POR : R. Leyva
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima REVISADO POR : J. Gutiérrez
FECHA DE EMISIÓN : — FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F_c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 9P	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		6201		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	876	18.00	4748	35.00	5979
2.00	1349	19.00	4824	36.00	5991
3.00	1791	20.00	4956	37.00	6043
4.00	2159	21.00	5050	38.00	6024
5.00	2451	22.00	5162	39.00	6116
6.00	2794	23.00	5232	40.00	6170
7.00	3163	24.00	5299	41.00	6188
8.00	3493	25.00	5397	42.00	6222
9.00	3694	26.00	5464	43.00	6207
10.00	3807	27.00	5525	44.00	6162
11.00	3979	28.00	5577	45.00	5999
12.00	4001	29.00	5636	46.00	5807
13.00	4174	30.00	5740	47.00	0
14.00	4296	31.00	5785	48.00	0
15.00	4393	32.00	5856	49.00	0
16.00	4512	33.00	5889	50.00	0
17.00	4595	34.00	5926	51.00	0



MR (máximo) = 124.0 kg/cm²

OBSERVACIONES:

0
0
0
* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL.

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

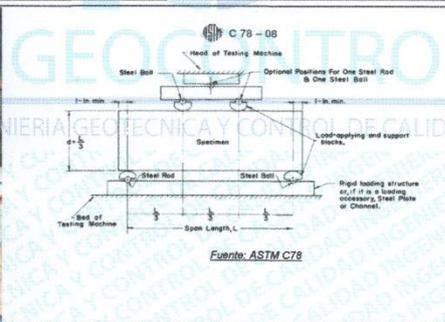
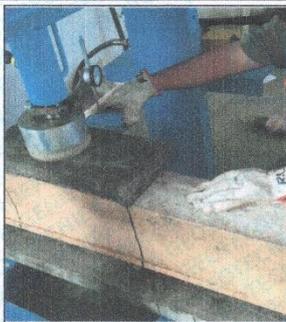
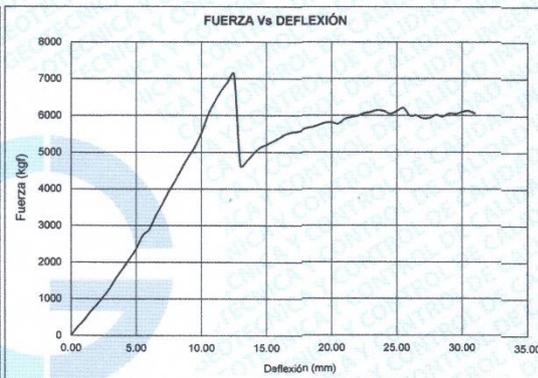
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-10
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
CÓDIGO DE PROYECTO : -- REALIZADO POR : R. Leyva
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima REVISADO POR : J. Gutiérrez
FECHA DE EMISIÓN : -- FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F'c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 10MP	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		7118		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	414	18.00	5652		
2.00	837	19.00	5737		
3.00	1294	20.00	5811		
4.00	1831	21.00	5904		
5.00	2365	22.00	5990		
6.00	2891	23.00	6087		
7.00	3570	24.00	6121		
8.00	4217	25.00	6118		
9.00	4866	26.00	6000		
10.00	5520	27.00	5925		
11.00	6358	28.00	6018		
12.00	6893	29.00	6058		
13.00	4629	30.00	6096		
14.00	4955	31.00	6053		
15.00	5198				
16.00	5386				
17.00	5540				



MR (máximo) = 142.4 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

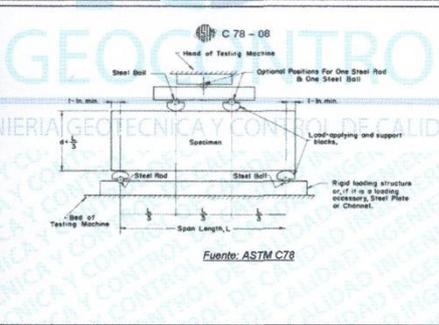
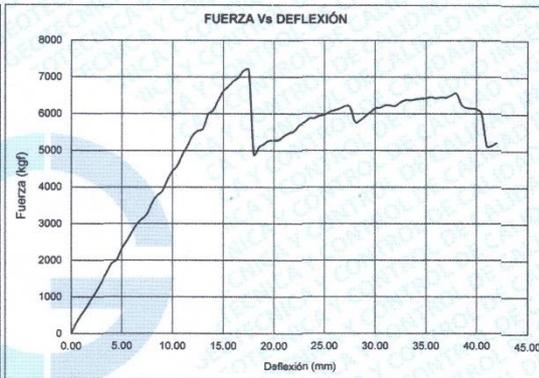
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-11
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez REALIZADO POR : R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO : --- REVISADO POR : J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN : --- TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F_c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 11MP	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		7197		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	500	18.00	4899	35.00	6412
2.00	939	19.00	5171	36.00	6454
3.00	1407	20.00	5276	37.00	6449
4.00	1902	21.00	5397	38.00	6503
5.00	2314	22.00	5524	39.00	6249
6.00	2772	23.00	5756	40.00	6147
7.00	3127	24.00	5885	41.00	6012
8.00	3575	25.00	5970	42.00	5128
9.00	3885	26.00	6098	43.00	0
10.00	4437	27.00	6204		
11.00	4898	28.00	5777		
12.00	5416	29.00	5928		
13.00	5600	30.00	6148		
14.00	6097	31.00	6213		
15.00	6611	32.00	6223		
16.00	6886	33.00	6316		
17.00	7181	34.00	6370		



MR (máximo) = 143.9 kg/cm²

- OBSERVACIONES:**
- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
 - * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL
 - * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA/CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

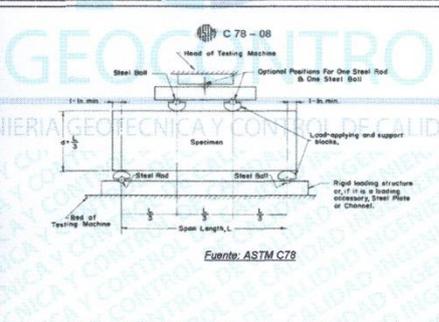
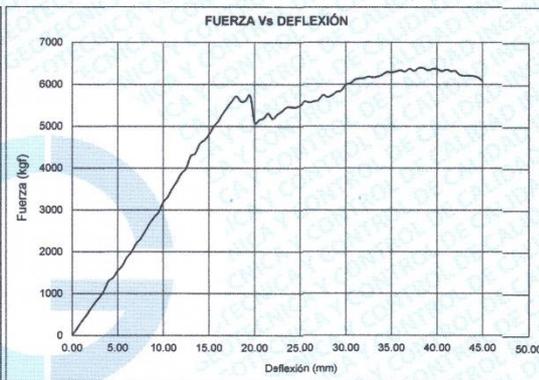
	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados
REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-12
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
REALIZADO POR : R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO : --
REVISADO POR : J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima
FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN : --
TURNO : Diurno
Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 12MP	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		6391		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	318	18.00	5713	35.00	6295
2.00	622	19.00	5608	36.00	6304
3.00	909	20.00	5077	37.00	6304
4.00	1291	21.00	5185	38.00	6317
5.00	1543	22.00	5172	39.00	6389
6.00	1856	23.00	5349	40.00	6364
7.00	2185	24.00	5451	41.00	6311
8.00	2490	25.00	5495	42.00	6315
9.00	2828	26.00	5560	43.00	6221
10.00	3179	27.00	5619	44.00	6207
11.00	3510	28.00	5690	45.00	6165
12.00	3876	29.00	5819		
13.00	4283	30.00	5991		
14.00	4584	31.00	6106		
15.00	4799	32.00	6131		
16.00	5114	33.00	6178		
17.00	5446	34.00	6178		



MR (máximo) = 127.8 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

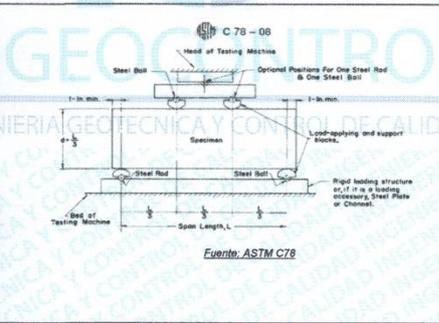
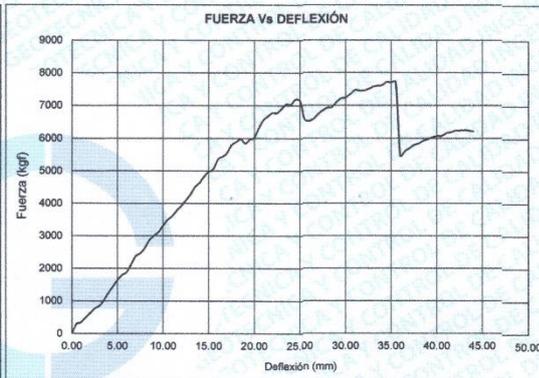
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-13
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
CÓDIGO DE PROYECTO : — REALIZADO POR : R. Leyva
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima REVISADO POR : J. Gutiérrez
FECHA DE EMISIÓN : — FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F_c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 13 M2P	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0				TERCIO CENTRAL

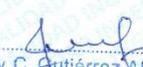
DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	338	18.00	5881	35.00	7714
2.00	617	19.00	5940	36.00	7711
3.00	844	20.00	6025	37.00	5602
4.00	1236	21.00	6549	38.00	5796
5.00	1631	22.00	6771	39.00	5917
6.00	1880	23.00	6895	40.00	6026
7.00	2378	24.00	7025	41.00	6069
8.00	2628	25.00	7145	42.00	6186
9.00	2999	26.00	6522	43.00	6242
10.00	3305	27.00	6735	44.00	6236
11.00	3597	28.00	6922		
12.00	3919	29.00	7101		
13.00	4264	30.00	7236		
14.00	4629	31.00	7427		
15.00	4968	32.00	7449		
16.00	5350	33.00	7491		
17.00	5549	34.00	7596		



MR (máximo) = 154.3 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

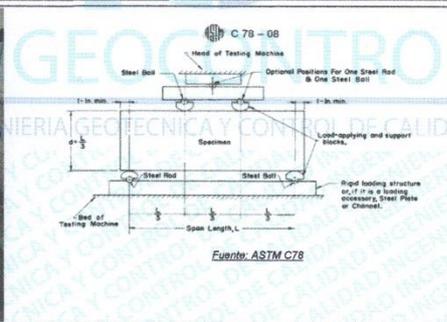
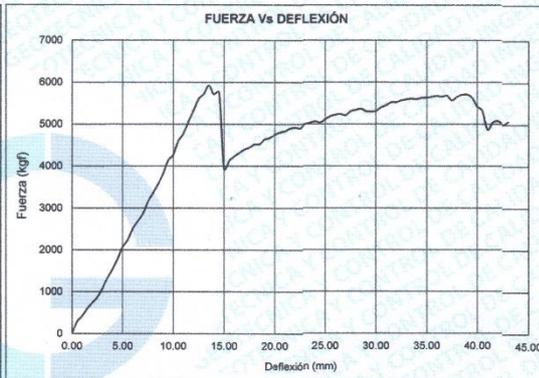
	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados
REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-14
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
REALIZADO POR : R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO : --
REVISADO POR : J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima
FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN : --
TURNO : Diurno
Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 14 M2P	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		5916		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	412	18.00	4516	35.00	5624
2.00	736	19.00	4638	36.00	5645
3.00	1082	20.00	4748	37.00	5651
4.00	1526	21.00	4832	38.00	5564
5.00	2064	22.00	4920	39.00	5699
6.00	2511	23.00	4999	40.00	5625
7.00	2863	24.00	5063	41.00	5316
8.00	3360	25.00	5115	42.00	5034
9.00	3807	26.00	5222	43.00	5009
10.00	4273	27.00	5212		
11.00	4773	28.00	5333		
12.00	5324	29.00	5304		
13.00	5717	30.00	5311		
14.00	5702	31.00	5427		
15.00	3941	32.00	5520		
16.00	4228	33.00	5564		
17.00	4399	34.00	5805		



$MR \text{ (máximo)} = 118.3 \text{ kg/cm}^2$

- OBSERVACIONES:**
- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
 - * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
 - * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abadio GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

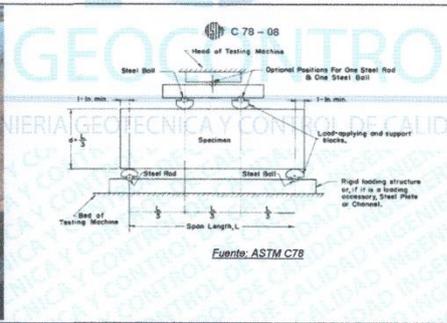
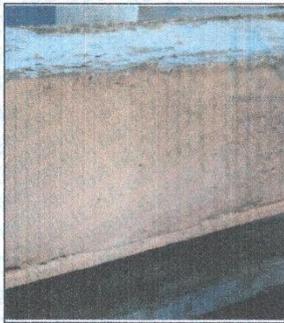
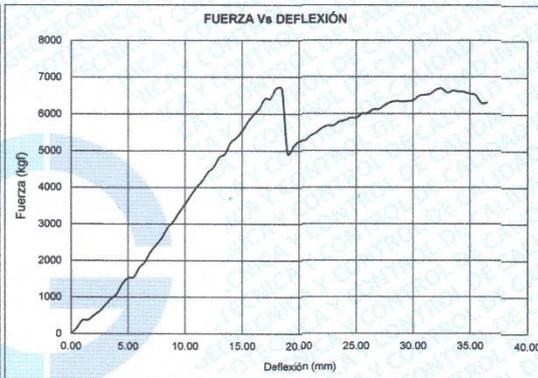
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de polirea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-15
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez REALIZADO POR : R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO : -- REVISADO POR : J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN : -- TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F_c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 15 M2P	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		6687		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	364	18.00	6687	35.00	6588
2.00	495	19.00	4923	36.00	6503
3.00	779	20.00	5263	37.00	6306
4.00	1079	21.00	5404		
5.00	1521	22.00	5616		
6.00	1809	23.00	5682		
7.00	2255	24.00	5821		
8.00	2626	25.00	5891		
9.00	3069	26.00	6015		
10.00	3534	27.00	6119		
11.00	3995	28.00	6310		
12.00	4404	29.00	6331		
13.00	4816	30.00	6360		
14.00	5220	31.00	6522		
15.00	5530	32.00	6536		
16.00	5967	33.00	6683		
17.00	6404	34.00	6625		



MR (módulo) = 133.7 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

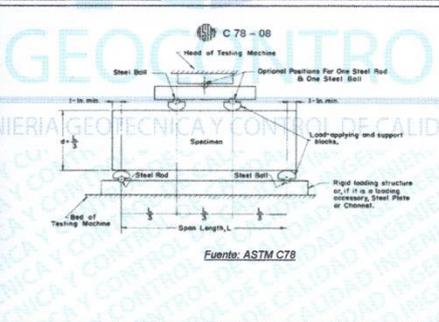
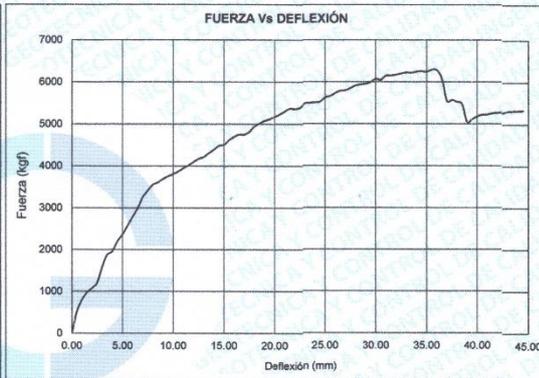
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-16
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez REALIZADO POR : R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO : — REVISADO POR : J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN : — TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F_c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 16 2P	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		6288		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	789	18.00	4942	35.00	6260
2.00	1082	19.00	5073	36.00	6288
3.00	1598	20.00	5164	37.00	6090
4.00	1949	21.00	5296	38.00	5567
5.00	2356	22.00	5351	39.00	5472
6.00	2789	23.00	5484	40.00	5111
7.00	3259	24.00	5506	41.00	5217
8.00	3554	25.00	5624	42.00	5249
9.00	3689	26.00	5730	43.00	5277
10.00	3809	27.00	5791	44.00	5315
11.00	3947	28.00	5907	45.00	5331
12.00	4098	29.00	5951		
13.00	4218	30.00	6074		
14.00	4390	31.00	6120		
15.00	4506	32.00	6150		
16.00	4701	33.00	6198		
17.00	4751	34.00	6216		



MR (máximo) = 125.8 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM Nombre y firma: 	JEFE LEM Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	CQC - LEM Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FD-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

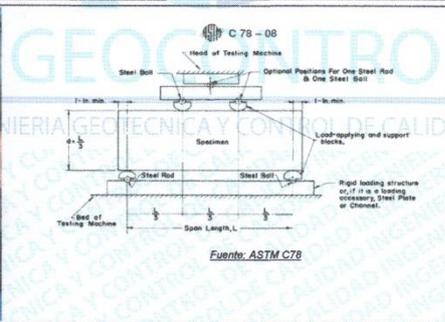
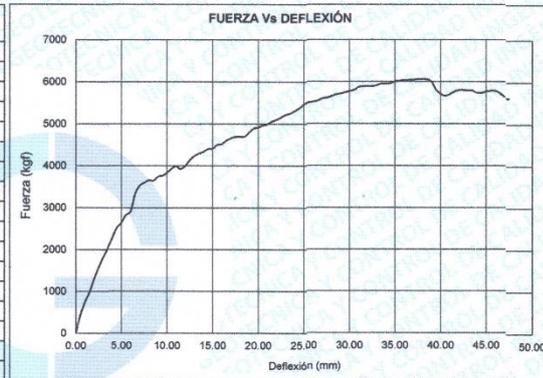
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-17
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
CÓDIGO DE PROYECTO : — REALIZADO POR : R. Leyva
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima REVISADO POR : J. Gutiérrez
FECHA DE EMISIÓN : — FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F_c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 17 2P	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		6058		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	734	18.00	4700	35.00	5990
2.00	1286	19.00	4794	36.00	6015
3.00	1812	20.00	4915	37.00	6037
4.00	2274	21.00	4993	38.00	6056
5.00	2638	22.00	5094	39.00	6050
6.00	2900	23.00	5213	40.00	5907
7.00	3523	24.00	5307	41.00	5658
8.00	3654	25.00	5466	42.00	5760
9.00	3737	26.00	5515	43.00	5793
10.00	3890	27.00	5590	44.00	5780
11.00	3989	28.00	5642	45.00	5728
12.00	3998	29.00	5707	46.00	5775
13.00	4231	30.00	5768	47.00	5724
14.00	4337	31.00	5799	48.00	5619
15.00	4411	32.00	5881		
16.00	4518	33.00	5884		
17.00	4657	34.00	5946		



MR (máximo) = 121.2 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERIA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL REFORZADO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

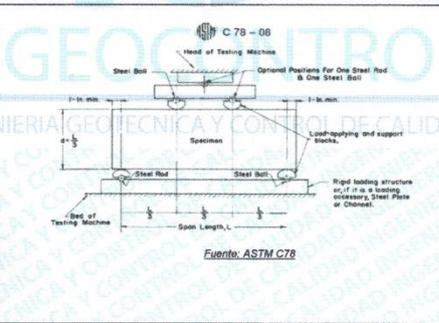
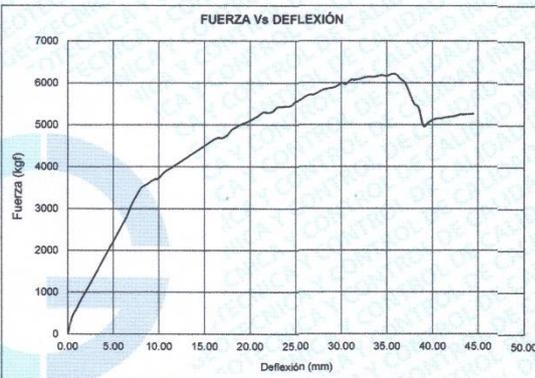
PROYECTO : Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados REGISTRO N°: IGC20-LEM-409-18
SOLICITANTE : Fernando Saenz Rodríguez
CÓDIGO DE PROYECTO : — REALIZADO POR : R. Leyva
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima REVISADO POR : J. Gutiérrez
FECHA DE EMISIÓN : — FECHA DE ENSAYO : 20/11/2020
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Viga de 0.15 x 0.20 x 1.30 m
F'c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (REF. ASTM C78)

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	ALTURA cm	LUZ LIBRE cm	FUERZA HASTA LA PRIMERA FISURA (kgf)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	DEFLEXIÓN A LA PRIMERA FISURA (mm)	UBICACIÓN DE FALLA
Viga de concreto armado 18 2P	3/10/2020	20/11/2020	20.0	120.0		6206		TERCIO CENTRAL

DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)	DEFLEXIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	613	18.00	4878	35.00	6179
2.00	1015	19.00	5007	36.00	6206
3.00	1415	20.00	5097	37.00	6095
4.00	1813	21.00	5227	38.00	5750
5.00	2212	22.00	5281	39.00	5401
6.00	2611	23.00	5413	40.00	5045
7.00	3093	24.00	5434	41.00	5149
8.00	3480	25.00	5551	42.00	5181
9.00	3625	26.00	5656	43.00	5208
10.00	3720	27.00	5716	44.00	5246
11.00	3924	28.00	5830	45.00	5262
12.00	4064	29.00	5874		
13.00	4208	30.00	5995		
14.00	4353	31.00	6040		
15.00	4497	32.00	6070		
16.00	4647	33.00	6117		
17.00	4689	34.00	6135		



MR (máximo) = 124.1 kg/cm²

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el SOLICITANTE
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

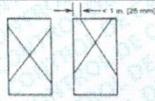
Compresión del concreto

	INFORME	Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	01
		Fecha	19-04-2020
		Página	1 de 1

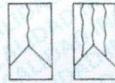
PROYECTO	: Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y recubrimiento de poliurea para sistemas aporticados	REGISTRO N°:	IGC20-LEM-408-21
SOLICITANTE	: Fernando Saenz Rodriguez	REALIZADO POR	: R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: --	REVISADO POR	: --
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima	FECHA DE ENSAYO	: 20/11/2020
FECHA DE EMISIÓN	: 9/12/2020	TURNO	: Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos 6" x 12"		
F/c de diseño	: Indicada en la identificación		

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

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	ÁREA (mm ²)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (KN)	ESFUERZO Mpa
Concreto 210 kg/cm ²	3/10/2020	20/11/2020	48	152.25	304.1	492.4	4	2.00	492.4	27.0
Concreto 210 kg/cm ²	3/10/2020	20/11/2020	48	151.20	301.0	496.2	4	1.99	496.2	27.6



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



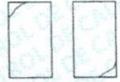
Tipo 2
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definidos en el otro extremo



Tipo 3
Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos no bien formados



Tipo 4
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5
Fracturas en los lados en las partes superior e inferior (ocurre consistentemente con cabezales no adheridos)



Tipo 6
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths	
	2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm]		
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm]		
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %
		10.6 %

Fuente: ASTM C39

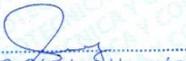
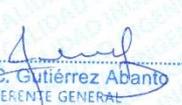
FIG. 2 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony E. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Flexión de la madera

INGEOCONTROL		INFORME		Código:	AE-FO-144
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA SOMETIDA A FLEXIÓN		Orden:	01	Ventil:	01
		Fecha:	21/02/2020	Página:	1 de 1
PROYECTO: Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y resaca/entablado		REALIZADO POR:	INGEONOR 488-18		
SOLICITANTE: Fincas Vicos Rodriguez		REVISADO POR:	E. Leiva		
CÓDIGO DE PROYECTO: ---		REVISADO POR:	J. Guzmán		
UBICACIÓN DE PROYECTO: Lima		FECHA DE EMISIÓN:	21/02/2020		
FECHA DE EMISIÓN: ---		TURNO:	Diurno		
Tipo de muestra: Muestra 001		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA NTP 201-017			
Presentación: Ladrón de madera de 70 cm de longitud		Procedencia: ---			

IDENTIFICACIÓN	ALTURA en	ANCHO en	FUERZA HASTA EL LÍMITE PROPORCIONAL (kgf)	DEFORMACIÓN AL LÍMITE PROPORCIONAL (mm)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL (kgf/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kgf/cm ²)	MÓDULO DE RESISTENCIA (kgf/cm ²)
Muestra Pro 1	4.2	5.1	183.0	7.0	386	281.2	465.8	654.8

DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	21
2.00	40
3.00	76
4.00	104
5.00	133
6.00	160
7.00	188
8.00	214
9.00	240
10.00	263
11.00	285
12.00	307
13.00	327
14.00	341
15.00	358
16.00	378
17.00	394
18.00	401

INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD

OBSERVACIONES:

- Marque con un asterisco y señale por el SOLICITANTE
- Para más información consulte el manual de procedimientos de INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD.

INGEOCONTROL SAC		
TERMINACIÓN	EFECTUADA	C.C. - LEM
 Noemi Guzmán Huamán INGENIERA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD SAC	 Noemi Guzmán Huamán INGENIERA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD SAC	 Jony Guzmán Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD SAC

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

INGEOCONTROL		INFORME		Código:	AE-FO-144
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA SOMETIDA A FLEXIÓN		Orden:	01	Ventil:	01
		Fecha:	21/02/2020	Página:	1 de 1
PROYECTO: Análisis del comportamiento mecánico de una viga con refuerzo de madera y resaca/entablado		REALIZADO POR:	INGEONOR 488-18		
SOLICITANTE: Fincas Vicos Rodriguez		REVISADO POR:	E. Leiva		
CÓDIGO DE PROYECTO: ---		REVISADO POR:	J. Guzmán		
UBICACIÓN DE PROYECTO: Lima		FECHA DE EMISIÓN:	21/02/2020		
FECHA DE EMISIÓN: ---		TURNO:	Diurno		
Tipo de muestra: Muestra 002		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA NTP 201-017			
Presentación: Ladrón de madera de 70 cm de longitud		Procedencia: ---			

IDENTIFICACIÓN	ALTURA en	ANCHO en	FUERZA HASTA EL LÍMITE PROPORCIONAL (kgf)	DEFORMACIÓN AL LÍMITE PROPORCIONAL (mm)	FUERZA MÁXIMA (kgf)	ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL (kgf/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kgf/cm ²)	MÓDULO DE RESISTENCIA (kgf/cm ²)
Muestra Pro 2	4.2	5.1	220.0	4.1	416	278.1	525.2	729.7

DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (kgf)
1.00	20
2.00	40
3.00	96
4.00	128
5.00	160
6.00	180
7.00	220
8.00	250
9.00	280
10.00	300
11.00	320
12.00	350
13.00	367
14.00	380
15.00	394
16.00	404
17.00	410
18.00	416

INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD

OBSERVACIONES:

- Marque con un asterisco y señale por el SOLICITANTE
- Para más información consulte el manual de procedimientos de INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD.

INGEOCONTROL SAC		
TERMINACIÓN	EFECTUADA	C.C. - LEM
 Noemi Guzmán Huamán INGENIERA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD SAC	 Noemi Guzmán Huamán INGENIERA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD SAC	 Jony Guzmán Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD SAC

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
 www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com