UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA CUANTÍA REQUERIDA EN UNA VIGA DE MORTERO ARMADO ENSAYADA A FLEXIÓN PARA LLEGAR A UNA FALLA DÚCTIL EN LA REGIÓN UCAYALI.

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO CIVIL

ERICK MANUEL GÓMEZ TORRES

JOSE LUIS GUERRERO TRUJILLO

Pucallpa - Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 04-2025

GRADUANDO : GUERRERO TRUJILLO, JOSÉ LUIS
GOMEZ TORRES, ERICK MANUEL

TEMA : ***"EVALUACIÓN DE LA CUANTÍA REQUERIDA EN UNA VIGA DE MORTERO ARMADO ENSAYADA A FLEXIÓN PARA LLEGAR A UNA FALLA DÚCTIL EN LA REGIÓN UCAYALI"***

ASESOR : **Mg. DEVYN OMAR DONAYRE HERNANDEZ**

CRITERIOS	PUNTAJE			
	3	2	1	0
I- PRESENTACION				
* MOTIVACION	X			
* TONO DE VOZ	X			
* CALIDAD DE MATERIAL AUDIOVISUAL		X		
II- DESARROLLO DE CONTENIDO				
* SECUENCIA		X		
* DOMINIO DE VOZ		X		
* USO ADECUADO DEL MATERIAL		X		
* VALIDEZ DE LOS HALLAZGOS		X		
III- ABSOLUCION DE PREGUNTAS				
* RESPONDE A LAS PREGUNTAS FORMULADAS POR EL JURADO	X			
IV- APORTE CIENTIFICO Y TECNOLOGICO				
* AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD	X			
* A LA PROFESION	X			

EVALUACION

- EXCELENCIA 26 A 30 PUNTOS
- UNANIMIDAD 21 A 25 PUNTOS
- MAYORIA 16 A 20 PUNTOS
- DESAPROBADO 15 A MENOS

CALIFICACION FINAL:
PUNTAJE : 25 / 30

CONCLUSIONES:
APROBADO POR : **UNANIMIDAD**
DESAPROBADO POR :

JURADO EVALUADOR

Dr. FERNANDO RAFAEL LEAN
PRESIDENTE

Dr. WALTER GILBERTO ROMÁN CLAROS
MIEMBRO

Dr. DAVID ABEL GONZALEZ MANRIQUE DE LARA
MIEMBRO

M.SC. CLOTILDE RÍOS HIDALGO DE CERNA
SECRETARIA ACADÉMICA

PUCALLPA, 28 DE ENERO DEL 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

TESIS TITULADA:

"EVALUACIÓN DE LA CUANTÍA REQUERIDA EN UNA VIGA DE MORTERO ARMADO ENSAYADA A FLEXIÓN PARA LLEGAR A UNA FALLA DÚCTIL EN LA REGIÓN UCAYALI"

ELABORADO POR:

Bach. GUERRERO TRUJILLO, JOSÉ LUIS

Bach. GOMEZ TORRES, ERICK MANUEL

APROBADO POR:

Dr. FERNANDO RAFAEL LEAN
Presidente

Dr. WALTER GILBERTO ROMÁN CLAROS
Miembro

DR. DAVID ABEL GONZÁLEZ MANRIQUE DE LARA
Miembro

Mg. DEVYN OMAR DONAYRE HERNANDEZ
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0705-2024** .

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EVALUACIÓN DE LA CUANTÍA REQUERIDA EN UNA VIGA DE MORTERO ARMADO ENSAYADA A FLEXIÓN PARA LLEGAR A UNA FALLA DÚCTIL EN LA REGIÓN UCAYALI**"

Autor(es)	:	**GÓMEZ TORRES, ERICK MANUEL**
		GUERRERO TRUJILLO, JOSE LUIS
Facultad	:	**INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL**
Escuela	:	**ING. CIVIL**
Asesor(a)	:	**Mg. DONAYRE HERNANDEZ, DEVYN OMAR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 3%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 10/12/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, ERICK MANUEL GOMEZ TORRES

Autor de la tesis titulada : Evaluacion de la cuantia requerida en una Viga de mortero armado ensayada a flexion para llegar a una falla ductil en la region de Ucayali

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): Mg. Donayre Hernandez, Devyn Omar.

Facultad: Ingenieria de Sistemas e Ingenieria Civil.

Escuela Profesional: Ingenieria Civil

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 28 /01/ 2025

Email: gomeztorreserickmanuel@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 938474205 DNI: 73306321.

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Jose luis. Guerrero trujillo.

Autor de la tesis titulada : "Evaluación de la cuantia requerida en una viga de mortero armado ensayada a flexion para llegar a una falla dúctil en la region ucayali."

Sustentada el año 2025

Asesor(a): M.C. Donayre Hernandez, Devyn Omar.

Facultad: Facultad de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil.

Escuela Profesional: Ingeniería Civil

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 28 / 01 / 2025

Email: J.luis.guerrero.2799@gmail.com Firma:

Teléfono: 999-676-929 DNI: 70972161

DEDICATORIA

A mi madre, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su apoyo incondicional, sacrificios y enseñanzas, que me han guiado en cada paso de este camino. A mi familia, por creer en mí, motivarme y brindarme el amor necesario para superar los desafíos. A mis docentes, por inspirarme a crecer intelectual y personalmente, contribuyendo a mi formación académica. Y, especialmente, a todos aquellos que, con palabras de aliento, confianza y paciencia, iluminaron mi recorrido hacia este logro.

Erick Manuel

A Dios, a mis padres y a mi abuelo quienes fueron mi motivo de inspiración, y a mis hermanos por su apoyo constante y mis docentes que transmitieron sus enseñanzas; espero estén orgullosos.

Jose Luis

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la culminación de esta etapa académica y de la realización de esta tesis.

Doy gracias a Dios por ser mi guía y fortaleza en este camino.

Agradezco enormemente al Ing. Donayre Hernández Devyn Omar por su valiosa orientación, paciencia y conocimiento compartido, así como a todos mis profesores y colegas de la Universidad Nacional de Ucayali por su experiencia y compromiso.

Agradezco a mi familia por su apoyo constante, comprensión y estímulo, y a mis amigos por su compañía y valiosas aportaciones.

Agradezco a todas las personas y organizaciones que han contribuido directa o indirectamente al desarrollo de esta investigación. Cada uno de ustedes ha sido fundamental en la culminación de este proyecto, ¡gracias!

Los Autores

RESUMEN

El presente estudio realizado en la universidad de Ucayali, se planteó el objetivo de determinar cuál de las cuantías evaluadas al 12%, 25%, 50% y 75% en una viga de mortero armado ensayada a flexión, tendrá una falla dúctil, para ello empleo el tipo de investigación cuantitativo; de nivel experimental. Se elaboró 4 vigas de mortero armado para obtener la cuantía requerida óptima. Obteniendo los siguientes resultados según en el análisis de la de flexiones de la viga 1-1 evaluada al 12%, 25%, 50% y 75%, tomándose como punto de referencia el esfuerzo que resiste la viga 1-1 evaluada con 12% equivalente a -35.7700 Kn, se obtuvieron deflexiones máximas de 6.72 mm para la viga 1-1, 5.77 mm para la viga 2-2, 4.08 mm para la viga 3-3 y 3.07 para la viga 4-4 mm. Y en la determinación del momento flector máximo de las viga 1-1 (12%), viga 2-2 (25%), viga 3-3 (50%) y viga 4-4 (75%), se obtuvieron momentos flectores máximos tomándose como punto de evaluación la deformación máxima que pueden alcanzar la flecha de una viga, por reglamento es de L/250, las muestras de vigas tuvieron una un longitud de L=160.00 cm, por lo tanto, se tiene que la deformación máxima admisible es de 1600/250=6.40 mm, el momento flector máximo para una deformación de 6.4 mm en la viga 1-1 (12%) es 9.2 KN*m, viga 2-2 (25%) es 10.299 KN*m, viga 3-3 (50%) es 15.654 KN*m y viga 4-4 (75%) es 17.385 KN*m respectivamente. Y finalmente se determinó el porcentaje óptimo de la cuantía es de 25% por lograr el mejor desempeño en términos de ductilidad y resistencia en las vigas de mortero armado evaluadas en los ensayos de flexión, con la aplicación de una carga de 35.77 KN obteniéndose la deformación máxima de 5.77 mm, de acuerdo al RNE E 0.60, nos indica que la deformación máxima permitida para una viga de longitud 1.60 m es de 6.40 mm, según esto la cuantía optima es de 25% por tener una deformación máxima de 5.77 mm siendo esta menor que lo permitido según el reglamento, ahora el momento más óptimo es de 10.29 KN*m por ser la que menor acero se utiliza para cumplir con la funcionalidad de una viga. Entonces se puede concluir que un diseño adecuado con mortero armado sería factible en una viga en zonas donde escasea el agregado grueso.

Palabra claves: Mortero armado, Cuantía, Diseño teórico, Viga.

ABSTRACT

The present study carried out at the University of Ucayali, set the objective of determining which of the quantities evaluated at 12%, 25%, 50% and 75% in a reinforced mortar beam tested in bending, will have a ductile failure, for this purpose it uses the quantitative type of research; of experimental level. Four reinforced mortar beams were made to obtain the optimal required quantity. Obtaining the following results according to the analysis of the bending of beam 1-1 evaluated at 12%, 25%, 50% and 75%, taking as a reference point the stress resisted by beam 1-1 evaluated at 12% equivalent to -35.7700 Kn, maximum deflections of 6.72 mm were obtained for beam 1-1, 5.77 mm for beam 2-2, 4.08 mm for beam 3-3 and 3.07 for beam 4-4 mm. And in determining the maximum bending moment of beam 1-1 (12%), beam 2-2 (25%), beam 3-3 (50%) and beam 4-4 (75%), maximum bending moments were obtained taking as an evaluation point the maximum deformation that the arrow of a beam can reach, by regulation it is L / 250, the beam samples had a length of L = 160.00 cm, therefore, the maximum allowable deformation is 1600/250 = 6.40 mm, the maximum bending moment for a deformation of 6.4 mm in beam 1-1 (12%) is 9.2 KN * m, beam 2-2 (25%) is 10.299 KN * m, beam 3-3 (50%) is 15.654 KN * m and beam 4-4 (75%) is 17.385 KN * m respectively. And finally the optimal percentage of the amount was determined to be 25% for achieving the best performance in terms of ductility and strength in the reinforced mortar beams evaluated in the bending tests, with the application of a load of 35.77 KN obtaining the maximum deformation of 5.77 mm, according to the RNE E 0.60, indicates that the maximum deformation allowed for a beam length 1.60 m is 6.40 mm, according to this the optimal amount is 25% for having a maximum deformation of 5.77 mm being this less than that allowed by the regulation, now the most optimal moment is 10.29 KN * m because it is the one in which the least steel is used to comply with the functionality of a beam. Then it can be concluded that an adequate design with reinforced mortar would be feasible in a beam in areas where coarse aggregate is scarce.

Keywords: Reinforced mortar, Quantity, Theoretical design, Beam.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA vii

AGRADECIMIENTOS viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

ÍNDICE GENERAL xi

ÍNDICE DE TABLAS xiii

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

CAPÍTULO I 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1. Descripción y fundamentación del problema 1

1.2. Formulación del problema 2

1.2.1. Problema general 2

1.2.2. Problemas específicos 2

1.3. Objetivos de la investigación 3

1.3.1. Objetivo general 3

1.3.2. Objetivos específicos 3

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis 3

1.4.1. Hipótesis general 3

1.4.2. Hipótesis específicas 3

1.5. Justificación e importancia 4

1.6. Limitaciones y alcances 4

1.6.1. Limitaciones 5

1.6.2. Alcances 5

1.7. Sistema de variables, dimensiones e indicadores 6

1.8. Definición operacional de variables, dimensiones e indicadores 7

CAPÍTULO II 8

MARCO TEÓRICO 8

2.1. Antecedentes de la investigación 8

2.1.1. Antecedentes internacionales 8
2.1.2. Antecedentes nacionales 9
2.1.3. Antecedentes locales 10
2.2. Bases teóricas 12
CAPÍTULO III 22
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 22
3.1. Metodología y técnicas utilizadas 22
3.1.1. Tipo de investigación 22
3.1.2. Nivel de investigación 22
3.1.3. Diseño de investigación 22
3.2. Población y muestra 23
3.2.1. Población 23
3.2.2. Muestra 24
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 25
3.3.1. Técnicas 25
3.3.2. Instrumentos y materiales empleados 25
3.4. Procesamiento para recolección de datos 31
3.5. Tratamiento de datos 31
3.6. Descripción de los procedimientos para la elaboración de las muestras y recolección de los resultados 33
CAPÍTULO IV 40
RESULTADOS 40
CAPÍTULO V 58
DISCUSIÓN DE RESULTADOS 58
CONCLUSIONES 60
RECOMENDACIONES 63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64
ANEXOS 68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables, dimensiones e indicadores……..7

Tabla 2. Determinación de la población según los objetivos del estudio 23

Tabla 3. Metrado de acero para las muestras evaluadas con cuantías al 12%, 25%, 50% y 75%. 35

Tabla 4. Peso de cada material en kg usado en la dosificación de mortero resistencia f´c 210 kg/cm². 36

Tabla 5. Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 12%..... 40

Tabla 6. Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 25%..... 42

Tabla 7. Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 50%..... 44

Tabla 8. Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 75%..... 46

Tabla 9. Resumen de la deformación obtenida en el laboratorio y la deformación máxima admisible……48

Tabla 10. Interpolación para calcular la fuerza o Carga KN que resiste la viga de mortero armado con cuantía al 12% para una deformación de 6.4mm..... 49

Tabla 11. Interpolación para calcular la fuerza o Carga KN que resiste la viga de mortero armado con cuantía al 25% para una deformación de 6.4mm. 50

Tabla 12. Interpolación para calcular la fuerza o Carga KN que resiste la viga de mortero armado con cuantía al 50% para una deformación de 6.4mm. 51

Tabla 13. Interpolación para calcular la fuerza o Carga KN que resiste la viga de mortero armado con cuantía al 75% para una deformación de 6.4mm. 52

Tabla 14. Resumen de Momentos flectores en vigas evaluadas con cuantías al 12%, 25%, 50% y 75%, para una flexión máxima admisible de 6.4mm 53

Tabla 15. Determinación teórica de la cuantía de diseño. 53

Tabla 16. Resumen de resultados momentos máximos de vigas 54

Tabla 17. Tabla Resumen de deformación de centro de luz de la viga 55

Tabla 18.Tabla de Cuantía ideal para una deformación admisible según Norma E060. 56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva esfuerzo – deformación del concreto en compresión. 14

Figura 2. La curva esfuerzo deformación del acero 15

Figura 3. Viga simplemente apoyada sometidas a cargas concentradas 16

Figura 4. Variación de esfuerzos y deformaciones por el incremento de momento aplicada 17

Figura 5. Diagrama momento – curvatura de una sección. 18

Figura 6. Esfuerzos en una sección rectangular con refuerzo en tensión sometida a flexión 19

Figura 7. Esfuerzo y deformación en una sección rectangular con falla balanceada .. 20

Figura 8. Gráfico representativo del número de muestras realizadas para vigas de mortero armado ensayadas a flexión a los 28 días de vaciado 24

Figura 9. Grafico representativo de la cantidad de acero según el porcentaje de cuantía al 12%, 25%, 50% y 75%, utilizada para la elaboración de las 4 muestras, correspondiente con denominación de Viga 1-1, Viga 2-2, Viga 3-3 y Viga 4-4 de mortero armado. 24

Figura 10. Balanza digital 25

Figura 11. Cono de Abrams 26

Figura 12. Flexómetro 26

Figura 13. Martillo con cabeza de goma 26

Figura 14. Baldes, cuchara para concreto, palas, espátulas 27

Figura 15. Mezcladora de concreto 27

Figura 16. Vibrador de concreto 27

Figura 17. Acero de refuerzo corrugadas f'y=4200 kg/cm2 28

Figura 18. Moldes de vigas de mortero armado 28

Figura 19. Moldes cilíndricos 28

Figura 20. Cemento tipo I- APU 29

Figura 21. Maquina para ensayo de resistencia a compresión 29

Figura 22. Maquina para ensayo a Flexión 30

Figura 23. Ubicación de la cantera Rio Ucayali..... 30

Figura 24. Isométrico de acero requerido para la muestra con cuantía al 12% (lado izquierdo de la figura 24) y para la muestra con cuantía al 25% (lado derecho de la figura 24)..... 34

Figura 25. Isométrico de acero requerido para la muestra con cuantía al 50% (lado izquierdo de la figura 25) y para la muestra con cuantía al 75% (lado derecho de la figura 25)..... 34

Figura 26. Habilitado de acero para las muestras de vigas de mortero armado..... 35

Figura 27. Mezcla componente del mortero..... 36

Figura 28. Prueba de slump para diferentes especímenes 37

Figura 29. Vaciado del mortero en muestras de vigas con resistencia a la compresión de f`c=210 kg/cm² para ser ensaya a flexión a los 28 días de curado. 37

Figura 30. Vaciado del mortero en probetas como testigos para ser ensayas a compresión y verificar la resistencia a la compresión del mortero en las vigas..... 38

Figura 31. Características de rotura..... 38

Figura 32. Rotura a compresión de probetas cilíndricas a diferentes edades 39

Figura 33. Ensayo a flexión de las vigas de mortero armado a los 28 días de curado en el laboratorio de estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú..... 39

Figura 34. Grafica de la línea de deflexión al 12% de cuantía requerida..... 41

Figura 35. Grafica de la línea de deflexión al 25% de cuantía requerida..... 43

Figura 36. Grafica de la línea de deflexión al 50% de cuantía requerida..... 45

Figura 37. Grafica de la línea de deflexión al 75% de cuantía requerida..... 47

Figura 38. Resumen de la deformación obtenida en el laboratorio y la deformación máxima admisible……..48

Figura 39. Calculo del momento flector de la viga ensayada al 12% de cuantía requerida del mortero armando. 49

Figura 40. Calculo del momento flector de la viga ensayada al 25% de cuantía requerida del mortero armando. 50

Figura 41. Calculo del momento flector de la viga ensayada al 50% de cuantía requerida del mortero armando. 51

Figura 42. Calculo del momento flector de la viga ensayada al 75% de cuantía requerida del mortero armando. 52

Figura 43. Momentos máximos resistentes..... 54

Figura 44. Gráfico de deformación..... 55

Figura 45. Calculo de la cuantía ideal interpolando valores de cuantías al 12% y 25%..... 55

Figura 46.Gráfico de Cuantía ideal 56

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la ingeniería civil, el desarrollo de materiales alternativos y técnicas constructivas adaptadas a condiciones locales es esencial para enfrentar los desafíos de sostenibilidad, accesibilidad y optimización de recursos. En este contexto, el mortero armado, una combinación de cemento, arena y agua reforzada con acero, ha comenzado a captar la atención como posible material estructural en zonas donde el concreto tradicional resulta inviable debido a la falta de agregado grueso. Esta problemática es especialmente crítica en regiones como Ucayali, Perú, donde las condiciones geográficas, el tipo de suelo y la limitada infraestructura generan importantes restricciones logísticas y económicas en la obtención de materiales convencionales de construcción. Esta situación exige la búsqueda de alternativas prácticas y accesibles, como el empleo del mortero armado en elementos estructurales, específicamente en vigas sometidas a flexión.

El presente estudio tiene como objetivo analizar experimentalmente el comportamiento de vigas de mortero armado sometidas a flexión, determinando la cuantía de refuerzo necesaria para alcanzar una falla dúctil, condición esencial para garantizar la seguridad estructural. Para ello, se realizaron ensayos que permitieron evaluar su resistencia a la compresión y la flexión, contrastando los resultados obtenidos en laboratorio con cálculos teóricos y modelos analíticos. Este enfoque experimental y comparativo proporciona datos relevantes para el diseño y uso de vigas de mortero armado, sentando las bases para su implementación en contextos donde el acceso al agregado grueso es limitado.

En el Capítulo I, se presenta el planteamiento y la fundamentación del problema que motiva esta investigación. Asimismo, se definen los objetivos, se expone la justificación y relevancia del estudio, y se establecen las limitaciones y alcances. También se formulan las hipótesis y se identifican las variables que guían el desarrollo del trabajo.

En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico, donde se incluyen los antecedentes relevantes de la investigación en los contextos local, nacional e internacional. Además, se describen las características de los materiales empleados, los métodos de diseño, las propiedades de los elementos estructurales y los principios del diseño a flexión del concreto.

El Capítulo III detalla la metodología de la investigación. Se explican los tipos, niveles y diseño metodológico, los métodos utilizados para determinar la población y la muestra, así como las técnicas e instrumentos empleados para el procesamiento y análisis de los datos.

En el Capítulo IV, se describe el proceso de elaboración de las muestras y se explican los ensayos experimentales realizados.

El Capítulo V se enfoca en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos experimentales. Este análisis incluye la descripción del comportamiento del mortero armado bajo distintas condiciones de cuantía.

Finalmente, en el Capítulo VI, se exponen las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, vinculándolos con las hipótesis planteadas al inicio del estudio. En la sección final, se incluyen los anexos, que contienen los informes de los ensayos realizados en los diferentes laboratorios. Estos documentos fueron fundamentales para el desarrollo y validación del informe de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y fundamentación del problema

A nivel mundial, se ha venido utilizando el mortero para el asentamiento de ladrillos en las construcciones civiles, es así que en distintos países se han desarrollado tecnologías en este aspecto y que no ha variado mucho a nivel de cada región.

En Perú, también se está utilizando el mortero como la masa, que une ladrillo con vigas, columnas y entre ladrillos, este mortero se utiliza a nivel nacional y en muchas regiones siendo la combinación de arena fina con agua y cemento.

En la región Ucayali, siendo una zona de formación pluvial y por tener suelos arcillosos de origen aluviales, en las cuales no se encuentran el apreciado agregado grueso en ciertas zonas, la cual es un elemento fundamental para el concreto armado, sin este elemento los costos de construcción se elevan y es así que en ciertas zonas como cómo los distritos de Purús y Masisea, carecen del elemento esencial como el agregado grueso y el traslado de este material a los lugares de construcción es económicamente más costoso, ya que las canteras donde se obtiene el agregado grueso están alejadas y con poco acceso, por la falta de carreteras. Entonces se ha visto la necesidad de investigar el comportamiento de la utilización del mortero armado, y revisando la literatura, no se encuentra estudios de la aplicación del mortero armado en vigas.

Norma Técnica Peruana E.060 (2020), establece claramente que el concreto armado es un material estructural compuesto por concreto reforzado con acero, lo que lo hace apto para resistir tanto cargas a compresión como a tracción. Por otro lado, el mortero es una mezcla de cemento, arena y agua, utilizada principalmente como material de unión o acabado, no como material estructural.

En la actualidad para reemplazar el concreto armado por el mortero armado tiene que ser analizado y estudiado por los ingenieros, el tratamiento es muy distinto a un diseño de concreto armado presentados en la norma, entonces al no haber estudios sobre una viga de mortero armado y antecedentes específicos en este campo, para la determinación de la cuantía optima requerida, es necesario un análisis de este tipo de vigas con mortero armado según la norma vigente, y en la necesidad de realizar un estudio, mediante ensayos del comportamiento del mortero armado a esfuerzos de comprensión y resistencia a la flexión, para así realizar una comparación entre los resultados obtenidos en el laboratorio de experimentación y los diseños teóricos realizados en gabinete.

En este aspecto la presente investigación tuvo un planteamiento específicamente para proponer de qué manera se podría utilizar la cuantía requerida para una viga de mortero armado flexión y determinar la cuantía requerida máxima, por tanto, se compararán resultados de la resistencia de la viga a flexión de una forma analítica y objetivamente experimental, este estudio nos permitió obtener parámetros del comportamiento del mortero armado, para servir de base en las construcciones, donde se carece del agregado grueso y que solamente existe el agregado fino.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál de las cuantías evaluadas al 12%, 25%, 50% y 75% en una viga de mortero armado ensayada a flexión, tendrá una falla dúctil?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la deformación máxima que puede alcanzar una viga de mortero armado evaluada con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, sometidas a ensayo de flexión?

- ¿Cómo determinar la resistencia a la flexión máxima de una viga de mortero armado con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, cuando es ensayada a flexión?
- ¿Cuál será el porcentaje optimo en las vigas de mortero armado evaluadas con cuantías al 12%, 25%, 50% y 75%, sometidas a ensayo a flexión?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Determinar cuál de las cuantías evaluadas al 12%, 25%, 50% y 75% en una viga de mortero armado ensayada a flexión, tendrá una falla dúctil.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar la deformación máxima que pueden alcanzar las vigas de mortero armado con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, sometidas a ensayos de flexión.
- Analizar la resistencia a la flexión máxima de las vigas de mortero armado con diferentes cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, al someterlas a ensayos de flexión.
- Determinar el porcentaje óptimo de cuantía del 12%, 25%, 50% y 75%, para lograr el mejor desempeño en términos de ductilidad y resistencia en las vigas de mortero armado evaluadas en los ensayos de flexión.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- La cuantía entre el 12% y 25% en una viga de mortero armado ensayada a flexión presenta una falla dúctil.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La deformación máxima alcanzada por una viga de mortero armado bajo ensayo de flexión es mayor cuando se utiliza una cuantía óptima

entre el 25% y el 50%, en comparación con las cuantías más bajas o más altas.

- La resistencia a la flexión máxima de las vigas de mortero armado es mayor cuando se emplea una cuantía intermedia entre 25% y 50% en lugar de cuantías extremas 12% o 75%.
- La cuantía óptima que permite obtener un equilibrio entre ductilidad y resistencia a la flexión en vigas de mortero armado se encuentra en un rango entre el 25% y el 50%, evaluadas en condiciones de ensayo de flexión.

1.5. Justificación e importancia

1.5.1. Justificación práctica

Servirá como el inicio de un nuevo diseño de mortero armado, con una cuantía optima a flexión de acero y que se utilizará en los diferentes proyectos de construcción y beneficiará a todas las obras civiles relacionadas.

1.5.2. Justificación teórica

La naturaleza de la investigación permitirá generar un análisis y debate sobre las propiedades de la cuantía de acero de mortero armado, para obras civiles en regiones donde no existe agregado grueso.

1.5.3. Justificación metodológica

Metodológicamente se utilización de parámetros ya establecidos para la ejecución de los ensayos del laboratorio y por la utilización del método científico.

1.5.4. Importancia de la investigación

El estudio tiene importancia ya que se busca analizar el mortero armado con una cuantía a flexión adecuada, para atender la carencia del agregado grueso en zonas de la selva peruana donde no existen canteras

de agregado grueso. Y es por ello que se busca determinas su efectividad mediante los ensayos del laboratorio para evaluar la cuantía óptima.

1.6. Limitaciones y alcances

1.6.1. Limitaciones

a) **Limitaciones de tiempo:** En el proceso de fraguado del mortero armando con la cuantía de acero a flexión, y así poder obtener resultado de la cuantía optima a flexión, según la norma.

b) **Limitaciones de espacio:** el estudio está limitada a todo tipo de construcción en la ciudad de Pucallpa, donde no existe el agregado grueso y que su costo de traslado de otros lugares es muy costoso.

c) **Limitaciones de recursos:** El estudio necesita recursos económicos, y es justamente la debilidad de los estudiantes de ingeniería, pero es posible por el esfuerzo de financiamiento para la elaboración de las muestras viguetas de mortero armado y del análisis de los ensayos.

1.6.2. Alcances

La investigación tiene los siguientes alcances:

a) La arena fina se extrajo de las riberas del rio Ucayali.

b) En el agregado fino se tomó de estudio completaría a la tesis de Perez (2023) la granulometría (NTP 400.012), el análisis de humedad (NTP 339.185), peso unitario (NTP 400.017) pesos específicos y absorciones (NTP 400.022)

c) El cemento utilizado fue de la marca APU.

d) El diseño de mezcla del mortero de compresión a los 28 días de f'c=210 kgf/cm^2. utilizadas en estructuras de vigas de mortero armado. El análisis se basado en método del Comité ACI 211.

e) Las muestras de las vigas fueron reforzadas con barra longitudinal de 8mm, 1/2" y 3/8" y barra transversal de 6mm.

f) Para analizar el progreso de la resistencia a la compresión, se realizaron roturas de probetas a los 7 días, 14 y 28 días de fabricado las probetas.

g) Para analizar el ensayo de resistencia a la flexión en el laboratorio, esta debe estar en su resistencia del 100% obtenida a los 28 días de realizar el vaciado de las vigas.

h) Los ensayos a flexión de vigas fueron en total 4**,** corresponde a las muestras de vigas de mortero armado, dichas vigas tienen una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm^2, y en ambos casos el ensayo se realizó a los 28 días.

i) En la resistencia a la flexión de la viga se estableció según la norma técnica peruana NTP 339.078 (Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo).

1.7. Sistema de variables, dimensiones e indicadores

1.7.1 Variable Dependiente

Diseño de viga de mortero armado

1.7.2 Variable Independiente

Cuantía de acero

1.8. Definición operacional de variables, dimensiones e indicadores

Tabla 1

Operacionalización de variables, dimensiones e indicadores

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	ESCALA	INSTRUMENTO
VI: Cuantía de acero	Porcentaje de acero.	12% 25% 50% 75%	porcentaje	%	Normativa y planos
	Deformación máxima	Longitud	Milímetro	mm	
VD: Diseño de viga de mortero armado	Resistencia a la flexión	Momento	N.m	N.m	Máquina Automática De Prueba a flexión
	Porcentaje óptimo de cuantía	porcentaje	%	%	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Mondragon (2021). Su objetivo fue realizar una caracterización Físico mecánica del mortero que sería utilizado como estructura para ello se elaboró con distintos agregados finos. La metodología empleada fue experimental y ya que buscó analizar el comportamiento de este tipo de vigas. Para ello realizó una dosificación de 48 proporciones siendo esencialmente la arena. Lo asustado los resultados mostraron que la mezcla del mortero en estado endurecido le realizó el ensayo a la comprensión, Todas las muestras cumplieron con la resistencia mínima a la presión que se establece en la norma vigente Es por ello que el mortero estructural es factible utilizarlos en la construcción de vigas

Arriola Donis (2009), en su investigación titulada “Diseño de morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería” presentada en la Universidad de San Carlos de Guatemala para optar el título de Ingeniero Civil, concluye lo siguiente; Las proporciones diseñadas en morteros que contienen cal, obtienen mejores resultados respecto a la retención de agua, comparados con aquellos que no contienen adiciones de este material, retrasando el inicio de su fraguado y aumentando su tiempo en estado plástico. La utilización de cal en los morteros, disminuye la adherencia entre este y la unidad de mampostería, esto se debe a la incidencia del contenido de humedad que presente la unidad de mampostería al momento de elaborar el muro. (p.107).

Sarwary, M., Yildirim, G., AL-DAHAWI, A., Anil, Ö., Khiavi, K., Toklu, K., & Şahmaran, M. (2019), en su investigación titulada “Autodetección de daños por flexión en vigas de mortero” publicada por Revista de Materiales de ACI, llegaron a las siguientes conclusiones; De acuerdo con los estudios experimentales completados, se concluyó que incluso cuando se usaron refuerzos de cortante inadecuados y altos, las vigas con soporte CF fallaron por flexión con comportamiento dúctil. Sin embargo, la falla por corte fue más pronunciada para los especímenes que contenían CNT, que se encontró que tenían mayor fragilidad, Cuando el grado de daño impartido (desplazamiento medio) fue bajo, los haces incorporados con CF y CNT tuvieron éxito en términos de auto detección, aunque este comportamiento fue más evidente para las muestras con CF. Sin embargo, después de alcanzar un cierto punto del nivel de desplazamiento de la mitad del tramo (especialmente dentro de la región plástica donde comenzó la fluencia en los refuerzos de tracción y los anchos de las grietas de corte y flexión aumentaron considerablemente), la correlación con la capacidad de detección y la ocurrencia del daño comenzaron a ser menos concordantes entre sí. (p. 219)

2.1.2. Antecedentes nacionales

Arcana (2023). Su objetivo fue modificar la rigidez lateral de un edificio de concreto armado por la presencia de tabiques con revestimiento de mortero. El estudio comprendió una investigación experimental y analítico la cual buscó garantizar la estabilidad en la edificación que debe tener una adecuada rigidez lateral y mediante un análisis sísmico elástico y lineal se logra dicha rigidez lateral de una vivienda de cuatro niveles y una azotea, Por lo que se realizó un análisis de la rigidez lateral contemplando incluir la tabiquería con revestimiento de mortero en la edificación en el sistema pórtico de concreto armado, Se

pudo evidenciar el incremento producto del tabique considerada de la rigidez al modelo de pórtico de concreto armado se verificó que la rigidez lateral de dirección de X e Y, y una densidad de muro de 00142 y 0.0432, correspondientemente, También identificó que el modelo con puntal en X de 2,14 veces y en de 4,58 veces más rígido que el pórtico Modelo Por otro lado el muro revertido en 2,65 y 6.24 Resultó más rígido que el pórtico modelo.

Medina (2020). Este trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar el comportamiento estructural de una vieja de concretos sometida a flexión las cuales fueron reforzadas con fibra de carbono y planchas de acero adheridas con Epóxido para esto utilizó el método experimental cuantitativo descriptivo. Inicialmente las vigas fueron ensayadas a flexión Las cuales fueron dañadas y reparadas aplicando a la viga dañada en 3 capas, inicialmente se recuperó la geometría la segunda fue la inyección de apoxi en las partes agrietadas y posteriormente se reemplaza el concreto original triturado con Groutin. El estudio consistió en el análisis de 6 vías 3 reforzadas con fibra de carbón y 3 con planchas de acero. Los resultados fueron que las técnicas reparativas de la estructura son factibles según estos resultados experimentales la plancha de acero demostró ser y elastoplástico, La cual se notó que la viga incrementó su flexión en 46% en comparación con su diseño original. Por lo que se concluye que la reparación de una viga flexión con plancha de acero es más efectiva que utilizando las fibras de carbón.

2.1.3. Antecedentes locales

Perez (2023). Su objetivo de esta investigación fue evaluar el mortero armado en un diseño flexión. La metodología empleada fue el tipo aplicado, cuantitativo, descriptivo, experimental y exploratorio. Para

lograr sus objetivos Elaboró cuatro vigas para ser ensayadas en el laboratorio. Para la construcción de las vías utilizó la arena clasificado como mal graduada y de un peso específico de 2,29 g/cm3. Su peso específico de 1456,5 kg/cm3. Y de peso unitario compactado puede 1 548,23 Kgf/m3. Para ello se realizó una prueba a la compresión a los 28 días del concreto 210 kfg/cm2. Posteriormente se realizaron los ensayos obteniéndose resistencias prometidas de 228.23 kgf/cm2. En los resultados se realizó una comparación de los ensayos o flexión de la viga de mortero y de concreto armado de sección de 125x200 mm, de f'c= 210 kg/cm2. Para calcular el módulo de la electricidad del mortero armado se logró el mejor ajuste con la ecuación: $E_c=10{,}043\sqrt{f'c}+24{,}941$ de Peña Tolentino (2023), en reemplazo de la comúnmente conocida: $E_c=15{,}000\ \sqrt{f'c}$ que nos establece la norma E.060, donde los valores de la ecuación sufren reducciones entre 20% al 35% con respecto al módulo de elasticidad que nos establece la norma E.060 el análisis de la curva de esfuerzos de la deformación del mortero se utilizó el modelo matemático de Hognestad para concreto no confinado, considerando que la curva alcanza el máximo esfuerzo a la compresión cuando la deformación del mortero es de $\varepsilon_o=0.0029$ y falla cuando se alcanza una deformación de $\varepsilon_{cu}=0.0033$. Es así que se concluye que este modelo nos muestra una aproximación al resultado de la experimentación y puede ser utilizado para predecir analíticamente el comportamiento del mortero e implementarlo en programas numéricos. Y basado en esta definición se pudo caracterizar el comportamiento a flexión de la viga de mortero armado a través del diagrama momento-curvatura, y se concluye que la viga de mortero armado tiene un similar modo de respuesta y de falla a comparación que la viga de concreto armado, sin embargo, empieza a

agrietarse antes que la viga del concreto armado, cuando es sometida a cargas, pero coinciden en el inicio de la fluencia del acero y en la capacidad de máxima de carga, teniendo casi la misma medida de ductilidad.

2.2. Bases teóricas

- **Mortero**

Es un concreto qué es elaborado como agregados finos pétreos, Está conformado por cemento, agua, aire y agregado fin mediante una dosificación óptima y en bajas adquiere una resistencia especifica según el diseño. Este concreto tiene una buena resistencia a la compresión, pero a la atracción tiene baja resistencia, es por ello que el refuerzo con fierro corrugado, formaría el mortero armado.

- **Fierro corrugado**

La mezcla se adhiere al fierro corrugado, formado así el concreto armado, así se obtiene un trabajo en conjunto el concreto brinda rigidez al acero, en cambio el acero brinda tenacidad al concreto, es así que el acero por ser dúctil, mejora las propiedades del concreto, en una estructura de concreto armado. El acero que predomina en el mercado es el de grado 60 (ASTM A615). Teniendo una fluencia (fy) de más de 420 MPa (4200 kg/cm2).

- **Métodos del diseño**

Para el diseño de concreto armado, existe el diseño elástico o por cargas de servicio y el diseño a la rotura o por resistencia ultima. El diseño elástico se basa en la hipótesis de que es posible predecir la distribución del concreto y el esfuerzo en el refuerzo de acero cuando son sometidos a cargas de servicio. Se asume que el comportamiento de ambos materiales son elásticos. Para el diseño, se debe conseguir que los esfuerzos no excedan los esfuerzos admisibles, que es

una fracción de la resistencia a compresión del concreto y del esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.

El método elástico no considera el tipo de falla y la carga que ocasiona la rotura del elemento, por consecuencia, el factor de seguridad no es conocido.

El diseño por rotura o carga ultima está fundamentada en la predicción de la carga que genera la falla del elemento estudiado y lo analiza para determinar el modo de colapso del mismo. En este método, se toma en consideración el comportamiento inelástico del acero y el concreto, en consecuencia, se estima de mejor forma la capacidad de carga del elemento estudiado.

- **Método de diseño propuesto por el código ACI**

La metodología ACI, del 2019, nos plantea dos métodos de diseños, con énfasis al diseño por rotura y el diseño elástico. Las cargas de servicio se determinan basado en los reglamentos y el análisis estructural se analiza bajo la hipótesis de un comportamiento elástico de la estructura.

El código ACI nos proporciona que la reducción de la resistencia teórica de los elementos estructurales de concreto armado sea un medio para incrementar el factor de seguridad en el diseño. La resistencia nominal o también llamado resistencia teórica es determinada haciendo usos de los principios que son presentados en la misma norma. El proceso constructivo y la naturaleza del concreto armado forjan que la resistencia calculada teóricamente, no sea similar a lo real.

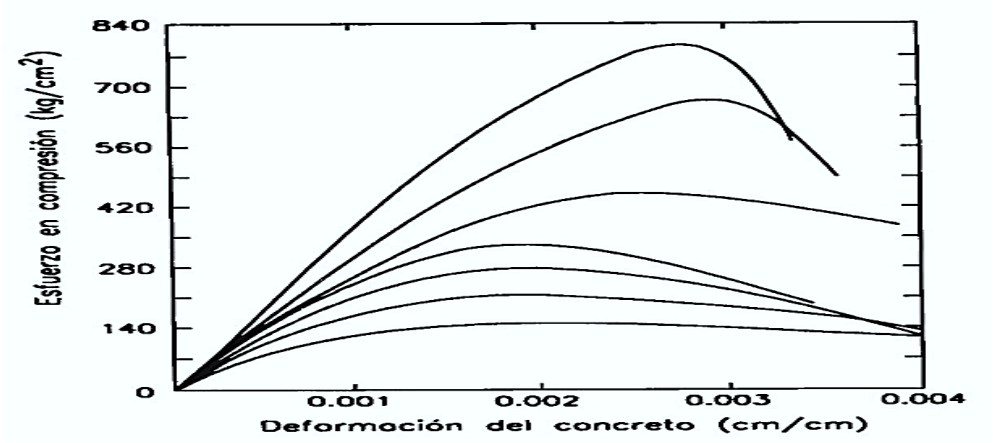
- **Propiedades mecánicas del concreto**

Relación esfuerzo – deformación del concreto a compresión

En la figura se muestra la curva esfuerzo – deformación del concreto para diversas resistencias a la compresión, tiene una forma inicial casi lineal y se extiende hasta 1/3 del f’c aproximadamente, seguidamente de adapta a la forma de una parábola invertida cuyo vértice da a lugar al máximo esfuerzo en compresión.

Figura 1

Curva esfuerzo – deformación del concreto en compresión



Fuente: Harmsen (2002)

El módulo de elasticidad de un material es un parámetro que nos permite medir la deformación en el rango elástico, y está a función del ángulo de la línea esfuerzo deformación. Este parámetro mide la rigidez o resistencia a la deformación del material y es calculada a través del modelo secante y modelo tangente.

El comité ACI emplea el módulo de elasticidad secante del concreto y propone:

$$E_C = 0.14 w^{1.5} \sqrt{f'c}$$

Donde:

Ec: Módulo de elasticidad del concreto

w: Peso unitario del concreto en kg/m3 (para valores entre 1440 y 2480 kg/m3)

f'c: Resistencia a la compresión del concreto

El módulo de elasticidad para concreto normales, con pesos unitarios de 2300 kg/m3 aproximadamente se utiliza la siguiente formula:

$$E_C = 15100 \sqrt{f'c}$$

Para la norma E.060 en el capítulo 8, propone que el módulo de elasticidad del concreto para pesos unitarios normales se debe considerar la siguiente expresión:

$$E_C = 15000\sqrt{f'c}$$

- **Propiedades mecánicas del acero**

✓ **Relación esfuerzo – deformación del acero**

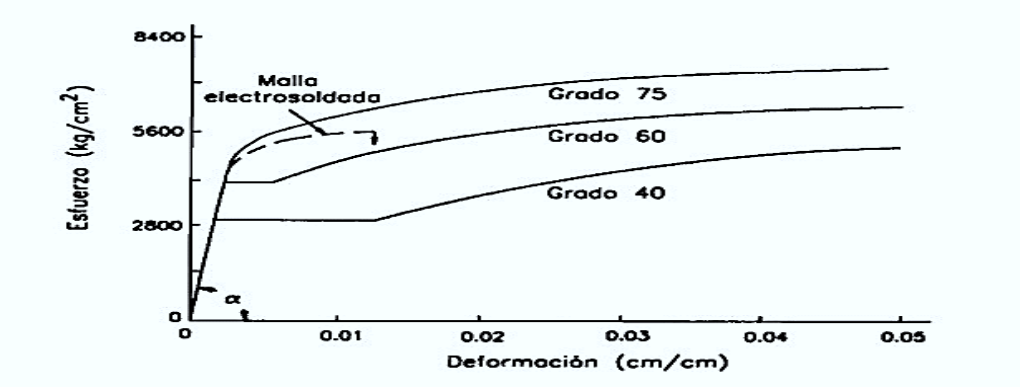
Las principales características para determinar los rangos de una barra de acero son el punto de fluencia fy y el módulo de elasticidad Es.

Se pudo comprobar tanto en lo teórico como en lo experimental la influencia que tiene el acero en la ductilidad de secciones de concreto armado. Otrazzi y Muñoz investigaron sobre la influencia de la plataforma de fluencia y el endurecimiento del acero, donde lograron demostrar que los diagramas de momento – curvatura para cuantías moderada de acero, logran tener la misma forma que los diagramas de esfuerzo deformación del acero. En esa investigación también concluyeron que los aceros que tienen grandes plataformas de fluencia y sin endurecimiento, proveen gran ductilidad de la curvatura.

La curva esfuerzo deformación del acero para diversos grados se puede apreciar en la figura 5. Como se observa en la fase elásticas, los aceros se comportan idénticamente y en la fase inelástica, las curvas se dispersan.

Figura 2

La curva esfuerzo deformación del acero



Fuente: Harmsen (2002)

El código ACI indica que el esfuerzo a fluencia fy debe representarse como el esfuerzo que corresponde a una deformación de 0.0035 pulg/pulg.

Para determina que el módulo de elasticidad de la barra de acero es de:

E_S = 200000 MPa

- **Diseño por flexión**

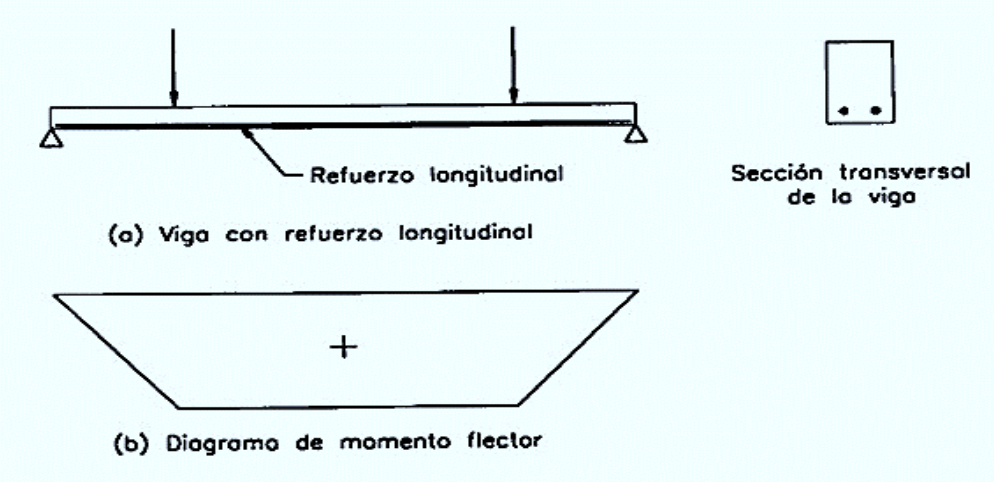
El análisis implica fundamentalmente la determinación del momento resistente de una sección completamente definida. El diseño es el proceso contrario: dimensionar una sección capaz de resistir el momento aplicado. Si bien es cierto ambos usan los mismos criterios, los procedimientos a seguir son diferentes y serán expuestos por separado. (Harmsen, 2002, p. 77)

- **Comportamiento de una viga de concreto armado sometido a flexión**

Una viga de sección rectangular, simplemente apoyada y esta reforzada en la zona inferior. La viga se encuentra sometida a la acción de dos cargas concretas iguales, eso genera que el diagrama de momento flector, en la parte inferior, donde se interpreta que la fibra superior esta comprimida y la inferior, fraccionada.

Figura 3

Viga simplemente apoyada sometidas a cargas concentradas



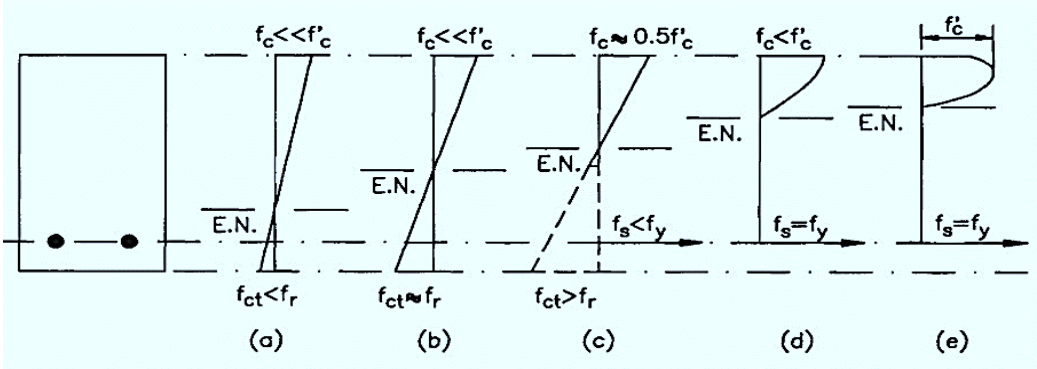
Fuente: Harmsen (2002)

Si se incrementan las cargas hasta que falle por flexión, la sección central de viga, donde la fuerza cortante es nula, empieza a experimentar las siguientes etapas:

Primera etapa: La carga extrema es pequeña: En esta etapa los esfuerzos de compresión y tracción no logran superar la resistencia del concreto, en consecuencia, no se presentan rajaduras, En la figura 7(a) se muestra la distribución de esfuerzo de la sección.

Figura 4

Variación de esfuerzos y deformaciones por el incremento de momento aplicada



Fuente: Harmsen (2002)

Segunda etapa: En esta etapa la tensión en el concreto esta por alcanzar su resistencia a tracción. Aquí el concreto absorbe el esfuerzo ocasionado por su deformación. Aun no se presenta rajaduras, y el acero con el concreto se deforman igual por la adherencia que existen entre ellos, estos materiales están relacionado a través de la relación modular n, donde fs es el esfuerzo en el acero y ft el esfuerzo del concreto.

$$f_s = n\, f_t$$

La sección de la viga experimenta un comportamiento elástico, en la figura 7(b) se muestra la distribución de esfuerzo.

Tercera etapa: En esta etapa la sección alcanza el momento crítico Mcr, donde empiezan a desarrollarse las primeras rajaduras en la zona central de la viga. El eje neutro asciendo conforme aumenta la carga. En la figura 7(c) se muestra la distribución de esfuerzo. El concreto se agrieta por el motivo que no resiste a esfuerzos de tracción y es absorbido por el acero de refuerzo. La distribución de esfuerzo del concreto es casi lineal.

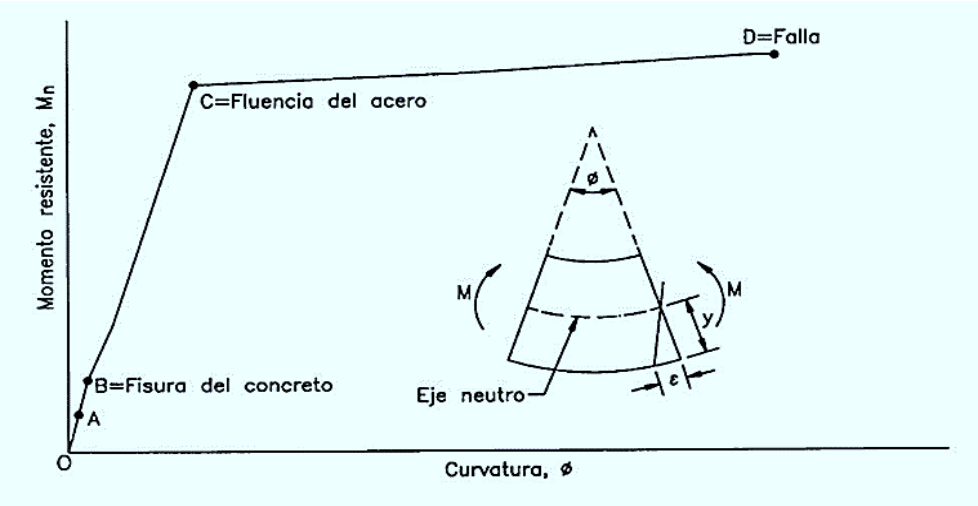
Los esfuerzos del concreto alcanzan hasta 0.5 f'c. Conforme se aumenta la carga, las fisuras van ensanchando y se dirigen hacia el je neutro. Si la carga es retirada, las rajaduras se cerrarán, pero si nuevamente se carga, estas reaparecerán inmediatamente.

Cuarta etapa: En esta etapa el acero de refuerzo alcanza la fluencia, aunque el concreto no alcanza su máxima resistencia. En la figura 7(d) se muestran los esfuerzos en el concreto adoptan una distribución parabólica. La deflexión se incrementa ligeramente y las fisuras se ensanchan. Conforme aumentan la carga, el acero de refuerzo entra a la fase de endeudamiento por deformación, donde finalmente la concreta falla por aplastamiento.

Los cuatros fases descritas se puede ver diferenciadas en el diagrama momento curvatura mostrada en la figura 8.

Figura 5

Diagrama momento – curvatura de una sección.



Fuente: Harmsen (2002)

La curvatura se define con la siguiente ecuación:

$$ø = \frac{\varepsilon}{y}$$

Donde:

ε: Deformación unitaria de la sección a una distancia del eje neutro.

Se asume que la distribución de las deformaciones es lineal, donde ε e y son directamente proporcionales, por lo tanto, la curvatura (ø) es constante para cada momento resistente.

- **Análisis de elementos de sección rectangular con refuerzo en tracción sometidos a flexión**

Para poder determinar el momento resistente de una sección, lo primero que se debe verificar es que si el refuerzo de acero alcanzo o no el esfuerzo la fluencia. Los elementos que son sometidos a esfuerzos de flexión son diseñados para fallar por tensión, ya que es un tipo de colapso más conveniente. De esa manera se presente el procedimiento de análisis para este tipo de caso.

- **Análisis de una sección rectangular con comportamiento dúctil**

De acuerdo a la distribución de esfuerzos mostrado en la figura 12, se puede establecer la siguiente condición de equilibrio:

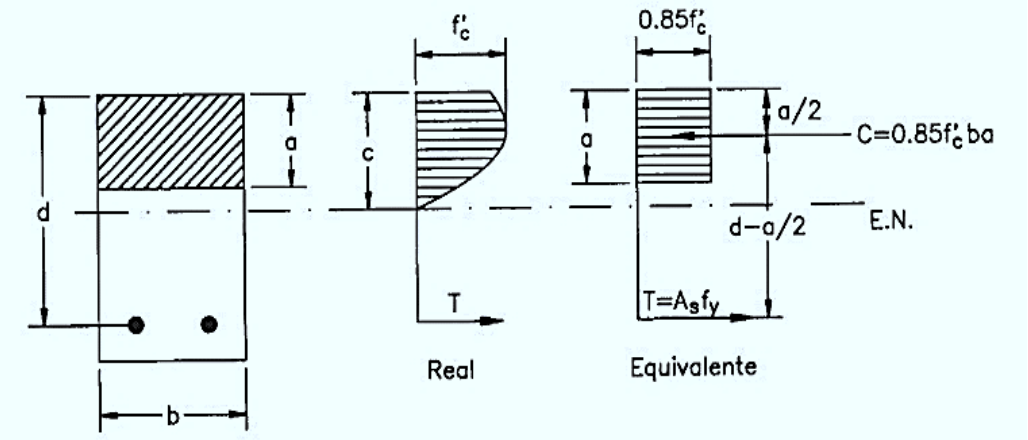
$$(0.85f'c)b * a = A_s * f_y$$

Despejando el valor de “a” se obtiene:

$$a = \frac{\text{As} * \text{fy}}{(0.85\text{f}'\text{c})\text{b}}$$

Figura 6

Esfuerzos en una sección rectangular con refuerzo en tensión sometida a flexión



Fuente: Harmsen (2002)

En el grafico se obtiene el momento último, que es producto del momento resistente con un factor de reducción de resistencia, para el caso de diseño a flexión se considera un valor de 0.90.

$$M_u = \phi M_n = \phi A_s * fy(d - \frac{a}{2})$$

Con las dos últimas ecuaciones se puede determinar la cantidad de acero de refuerzo que va a requerir la viga en un primer proceso iterativo. Existen otras ecuaciones donde nos permite calcular directamente el área de acero.

$$As = \frac{2 * Mu}{\phi f\ y * (d + \sqrt{d^2 + g})}$$

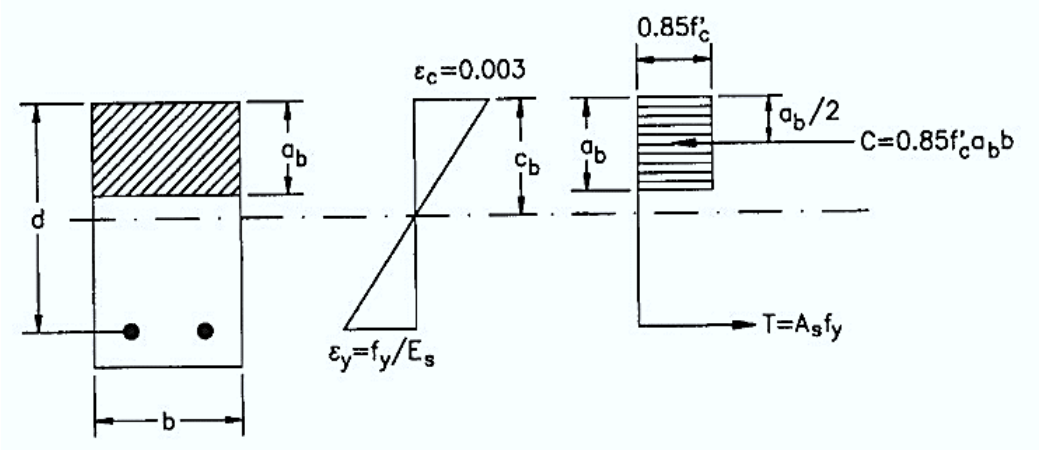
$$g = \frac{2 * Mu}{0.85\ \phi \mathrm{f\ 'c} * b}$$

- **Determinación de la cuantía balanceada**

Las características de una sección rectangular con falla balanceada. En el diagrama de deformaciones, se puede plantear por semejanza de triángulos la siguiente relación:

Figura 7

Esfuerzo y deformación en una sección rectangular con falla balanceada



$$\frac{0.003}{c} = \frac{\varepsilon y}{d+c} = \frac{fy/Es}{d-c}$$

Se despejando “c” y se reemplaza Es=2000000 kg/cm2

$$c = \frac{0.003dEs}{fy+0.003Es} = \frac{6300d}{fy+6300}$$

Se conoce que a= β, por lo tanto, se obtiene:

$$a = \frac{As*fy}{(0.85f'c)b} * \frac{d}{d} = \frac{As}{bd} * \frac{fyd}{0.85f'c} = (\rho b)\frac{fyd}{(0.85f'c)}$$

Despejando el valor de la cuantía balanceada y reemplazando el valor de “c” en la última ecuación se obtiene la siguiente formula:

$$\rho b = \frac{(0.85f'c)\beta c}{fyd} = \frac{(0.85f'c)\beta}{fyd} * \frac{6300d}{fy+6300} = \frac{(0.85f'c)}{fy} * \frac{6300}{fy+6300}$$

La sección de viga con la cuantía balanceada económicamente no es factible por los costos altos, en la práctica se utiliza la cuantía menor a $0.5\rho_b$.

- **Cuantía mínima de refuerzo**

La cuantía mínima de refuerzo en columnas de concreto es un aspecto crucial para garantizar la resistencia y la ductilidad de las estructuras. Las cuantías para el refuerzo de acero disminuyen, y la falla se presenta por superar el momento crítico, y ocurre una falla frágil. La norma E.060 nos indica la expresión para el cálculo del área de acero mínimo en tracción para vigas de secciones rectangulares con la siguiente ecuación:

$$As\min = \frac{0.7\sqrt{f'c}}{fy} b.d$$

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología y técnicas utilizadas

3.1.1 Tipo de investigación

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo, debido a que en el presente estudio se desarrolló distintos procedimientos basados en la medición, fundamentándose en datos numéricos que se obtuvo mediante ensayos a flexión en el laboratorio.

3.1.2 Nivel de investigación

En la conceptualización de Arias (2006), el nivel de investigación se requiere al grado de profundidad con la que se analizó el objetivo de estudio la cual es de nivel experimental.

3.1.3 Diseño de investigación

El diseño planteado en esta investigación es de carácter experimental, ya que se trabajó con variables independientes como la cuantía de acero, la curva fuerza-deformación de la viga de mortero armado y la resistencia a la flexión simple. Estas variables han sido seleccionadas dentro del alcance del estudio para analizar el comportamiento de una variable dependiente: la viga de mortero armado. Con el objetivo de establecer una comparación, se examinó el comportamiento de las vigas de mortero armado evaluadas con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, manteniendo las mismas dimensiones.

Esquema de diseño:

M
- M1 ======➔X1 (12%) =====➔R1
- M2 ======➔X2 (25%) =====➔R2
- M3 ======➔X3 (50%) =====➔R3
- M4 ======➔X4 (75%) =====➔R4

Donde:

M= Muestra de las 4 vigas de mortero armado.

M1= Muestra 1 (VIGA 1-1)

M2= Muestra 2 (VIGA 2-2)

M3= Muestra 3 (VIGA 3-3)

M4= Muestra 4 (VIGA 4-4)

R1= resistencia a flexión 1

R2= resistencia a flexión 2

R3= resistencia a flexión 3

R4= resistencia a flexión 4

X1= porcentaje de cuantía al 12%

X2= porcentaje de cuantía al 25%

X3= porcentaje de cuantía al 50%

X4= porcentaje de cuantía al 75%

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Para Arias (2006), define como; “La población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”.

La población estuvo conformada por 4 elementos estructurales horizontales (vigas) de dimensiones 20.00 x 12.50 x 160.00 cm con porcentajes de cuantías de 12%, 25%, 50% y 75%.

Distribución de la población de estudio

Tabla 2

Determinación de la población según los objetivos del estudio

Población	N° de Muestra	Porcentaje (%)
VIGA 1-1	01	12%
VIGA 2-2	01	25%
VIGA 3-3	01	50%
VIGA 4-4	01	75%

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Muestra

La muestra es de 4 vigas de mortero armado evaluadas con distintos porcentajes de cuantías al 12%, 25%, 50% y 75%.

Figura 8

Gráfico representativo del número de muestras realizadas para vigas de mortero armado ensayadas a flexión a los 28 días de vaciado.

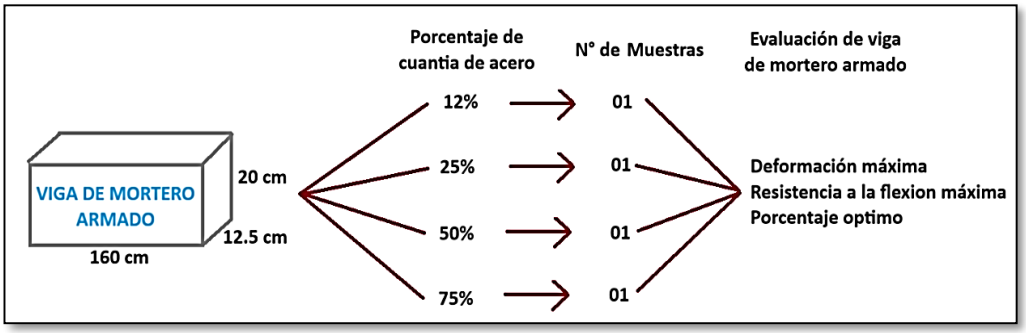
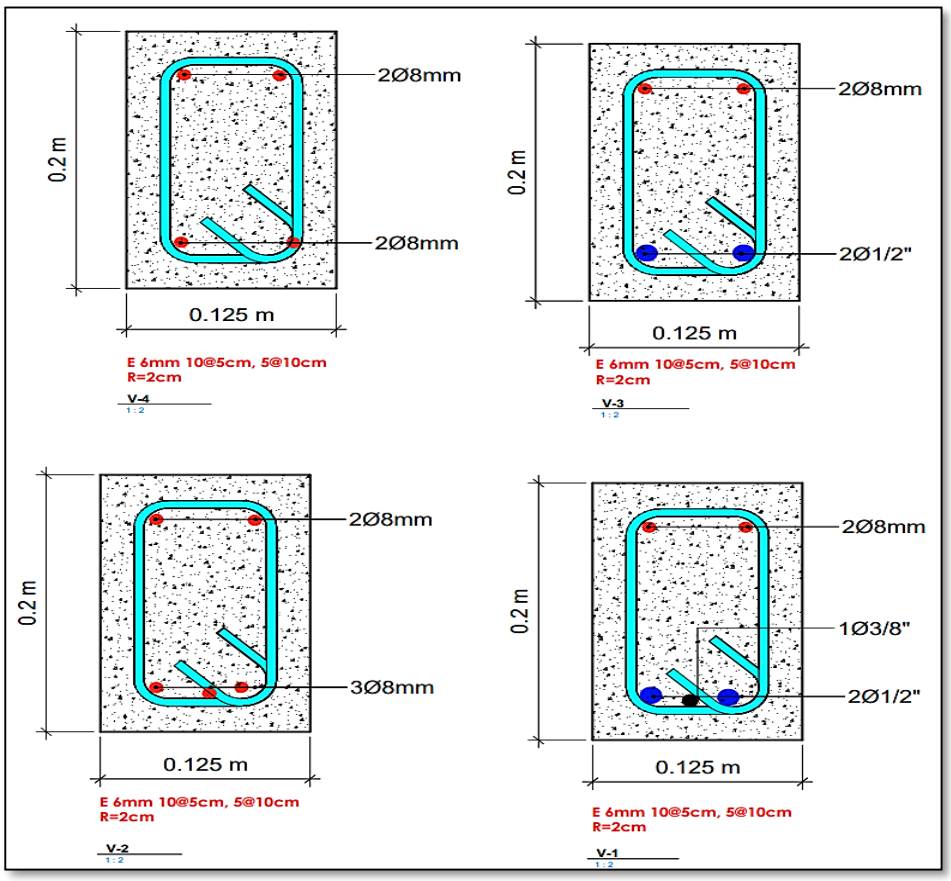


Figura 9

Grafico representativo de la cantidad de acero según el porcentaje de cuantía al 12%, 25%, 50% y 75%, utilizada para la elaboración de las 4 muestras, correspondiente con denominación de Viga 1-1, Viga 2-2, Viga 3-3 y Viga 4-4 de mortero armado.



3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas

Fuentes primarias

Las fuentes primarias son los ensayos realizados por el Laboratorio de Estructura Antisísmicas en la Pontificia Universidad Católica del Perú, a cargo como jefe del Laboratorio al Ing. Daniel Torrealva Dávila. De acuerdo con las siguientes normas:

- Resistencia a la flexión NTP 339.033 y 339.079, para determinar la resistencia a la flexión del mortero armado en vigas simplemente apoyadas con una carga puntal repartida en dos puntos ubicados a 1/3 de cada extremo de la muestra.

Fuentes secundarias

Se Recopiló información de estudios realizados por otros estudiantes y profesionales tales como revisiones bibliografías, tesis doctorales, tesis magistrales, normas técnicas peruanas, reglamento nacional de edificaciones y demás bibliografía relevante.

3.3.2 Instrumentos y materiales empleados

Los aparatos, equipos, herramientas e instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron los siguientes:

Figura 10

Balanza digital



Nota. Este instrumento sirvió para medir los pesos de los diferentes componentes del mortero antes de ser mezclados. Fuente elaboración propia.

Figura 11

Cono de Abrams



Nota. Instrumento que sirvió para medir el asentamiento del mortero antes de ser depositado en los moldes de la viga de medidas 20.00 x 12.50 x 160.00 cm, de esta manera se podría conocer y controlar el slump para la resistencia requerida y/o diseñada. Fuente elaboración propia.

Figura 12

Flexómetro



Nota. Instrumento que sirvió para medir el asentamiento del mortero, asi como la altura y longitud del vaciado de los moldes de vigas de medidas 20.00 x 12.50 x 160.00 cm, también sirvió para medir las capas de vaciado se realice cada 7.50 cm de las mismas, de acuerdo a lo estipulado en las normas correspondientes. Fuente elaboración propia.

Figura 13

Martillo con cabeza de goma



Nota. Instrumento que sirvió para realizar los golpes en los moldes cilíndricos y asimismo para los moldes de vigas de mortero armado, con la finalidad de liberar las burbujas de aire que se forman al vaciar el mortero. Fuente elaboración propia.

Figura 14

Baldes, cuchara para concreto, palas, espátulas



Nota. Estas herramientas sirvieron para la elaboración y traslado de la arena y cemento, el mortero hasta el molde de las vigas. Fuente elaboración propia.

Figura 15

Mezcladora de concreto



Nota: este equipo sirvió para mezclar los componentes del mortero.
Fuente elaboración propia.

Figura 16

Vibrador de concreto



Nota. Este equipo sirvió para eliminar las burbujas de aire atrapadas y el exceso de agua en el mortero recién vertido. Fuente elaboración propia.

Figura 17

Acero de refuerzo corrugadas f'y=4200 kg/cm2



Nota. Para la elaboración de las vigas de mortero armado, se habilitaron los aceros de 6mm, 8mm, 3/8" y 1/2", según los planos donde se detallan los aceros longitudinales. Fuente: elaboración propia

Figura 18

Moldes de vigas de mortero armado



Nota. Se realizó el encofrado de las 4 vigas, cuidando el recubrimiento de 2.00 cm, para el correcto vaciado del mortero. Fuente. Elaboración propia

Figura 19

Moldes cilíndricos



Nota. Este instrumento sirvió para colocar el mortero utilizado en las vigas, y verificar su resistencia a compresión, cumpla con lo diseñado a 210.00 kg/cm^2. Fuente: Elaboración propia.

Figura 20

Cemento tipo I- APU



Nota. El cemento a utilizado para el proyecto es cemento APU TIPO 1. Fuente: elaboración propia

Figura 21

Máquina para ensayo de resistencia a compresión



Nota. Se puede observar la máquina de ensayo el cual nos brindara la carga máxima que puede soportar el elemento ensayado a compresión, de acuerdo con la NTP 399.034. Fuente: elaboración propia

Figura 22

Máquina para ensayo a Flexión



Nota. En la figura se puede apreciar la máquina para ensayo a flexión del laboratorio de estructuras de la PUCP, el cual es una prensa hidráulica que someterá a la viga de mortero armado a distintas cargas. Fuente: elaboración propia.

Figura 23

Ubicación de la cantera Rio Ucayali



Nota. La cantera Rio Ucayali se encuentra ubicada en las coordenadas GPS, latitud 8° 21’ 39.6” S y de longitud 74° 31’ 09.2” W. Fuente: Google Earth.

3.4 Procesamiento para recolección de datos

- Para el desarrollo de la investigación se recolectó revisiones bibliografías, tesis doctorales, tesis magistrales, normas técnicas y demás bibliografía relevante.
- Se tomaron los ensayos realizados del Tesista Danny Pérez, para obtener un diseño de mezcla de mortero de resistencia a la compresión de 210 kgf/cm2 con respecto a las normas NTP 400.037, NTP 400.012, NTP 339.185, NTP 400.017, NTP 400.022.
- Se ejecutó los ensayos a la compresión en base a los establecido en la norma técnica peruana NPT 339.034, para luego registrar la información necesaria.
- Se determinó el diagrama esfuerzo deformación de especímenes de mortero a los 28 días de curado siguiendo los procedimientos de la norma ASTM C-469.
- Los ensayos a flexión se realizaron con un sistema de carga controlada. Las muestras fueron simplemente apoyadas y sometidas a cargas monotónica de dos puntos, de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 339.078.

3.5 Tratamiento de datos

Análisis:

Elaboración de tablas comparativas:

Se construyó tablas que recojan los valores medidos y calculados en cada ensayo.

Estas tablas incluyeron datos como:

- Las deformaciones máximas alcanzadas por cada viga según su cuantía (12%, 25%, 50% y 75%).
- La resistencia máxima a flexión observada en cada viga.
- Comparación entre valores experimentales y los valores teóricos

Representación gráfica:

Diagramas Fuerza- deformación:

- Estos gráficos muestran la relación entre la fuerza aplicada y la deformación de la viga, el cual nos ayudó a identificar el comportamiento de las vigas en

términos de elasticidad, analizar en qué punto la viga comienza a experimentar deformaciones significativas (pérdida de rigidez), determinar si las vigas con diferentes cuantías tienen un comportamiento dúctil antes de la falla.

Comparación de resultados:

Contraste entre valores teóricos y experimentales:

- Consistió en comparar los resultados obtenidos en los ensayos con los valores previstos por modelos matemáticos o normas técnicas (como las especificaciones del ACI o el Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú). El cual nos permitió validar los datos experimentales e identificar discrepancias

Análisis comparativo entre las diferentes cuantías:

- Implicó una evaluación cruzada de los resultados de las vigas con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%. Los factores clave en el análisis incluyeron variaciones en las deformaciones máximas, diferencias en la resistencia máxima alcanzada, identificación de patrones que indiquen cuál cuantía tiene el mejor desempeño en términos de ductilidad y resistencia.

Determinación del porcentaje óptimo de cuantía:

- A partir del análisis anterior, se seleccionó la cuantía que brinda una mayor resistencia a la flexión, el comportamiento más dúctil antes de la falla y deformación máxima.

Validación:

Verificación del cumplimiento de las normas técnicas:

- Se compararon los resultados obtenidos con los requerimientos establecidos en normas nacionales, asegurando que las vigas cumplan con los criterios de diseño estructural seguros.

Análisis de la falla dúctil:

- Este análisis se centró en determinar si las vigas cumplen con los indicadores de una falla dúctil, como, deformaciones significativas antes del colapso.

- Absorción progresiva de energía sin una ruptura súbita, mantenimiento de la capacidad estructural por un rango de deformación considerable.

3.6 Descripción de los procedimientos para la elaboración de las muestras y recolección de los resultados

Se realizó la investigación bibliográfica sobre estructuras de mortero armado, específicamente en la elaboración de vigas de mortero armado y la cuantía adecuada para que esta pueda llegar a una falla dúctil.

Se llevó a cabo ensayos en el laboratorio, en primer lugar, para verificar que nuestras muestras de vigas de mortero armado tengan una resistencia a la compresión de f'c=210 kg/cm² y, en segundo lugar, la resistencia a flexión para determinar de qué manera se diferencias las deformaciones y resistencias a momentos en las vigas de diferentes cuantías al 12%, 25%, 50% y 75%. Para nuestras se utilizó arena fina de la cantera Rio Ucayali y el cemento portland APU tipo I. Todo ello según los siguientes pasos:

1) Se aseguró que los moldes de las vigas de mortero armado cumplan con las medidas que se estableció en la investigación, procediendo a colocar clavos para una mayor sujeción, seguidamente se constató que la superficie interior se encuentre limpia, y posteriormente se aplicó una capa de petróleo para desmoldar las muestras de vigas con facilidad.
2) Se realizó el armado del acero corrugado de resistencia a la fluencia f´y= 4200 kg/cm² según los distintos tipos de porcentajes al 12%, 25%,50% y 75% para las muestras de vigas de mortero armado. En la muestra evaluada al 12% de cuantía de acero se utilizó varillas longitudinales 4Ø8mm y estribos de 6mm (10@5cm, 5@10cm), para la muestra evaluada al 25% de cuantía de acero se utilizó varillas longitudinales 5Ø8mm y estribos de 6mm (10@5cm, 5@10cm), para la muestra evaluada al 50% de cuantía de acero se utilizó varillas longitudinales 2Ø8mm y 2Ø1/2" con estribos de 6mm (10@5cm, 5@10cm) y para la muestra evaluada al 75% de cuantía de acero

se utilizó varillas longitudinales 2Ø8mm, 2Ø1/2” y 1Ø3/8” con estribos de 6mm (10@5cm, 5@10cm).

Figura 24

Isométrico de acero requerido para la muestra con cuantía al 12% (lado izquierdo de la figura 24) y para la muestra con cuantía al 25% (lado derecho de la figura 24).

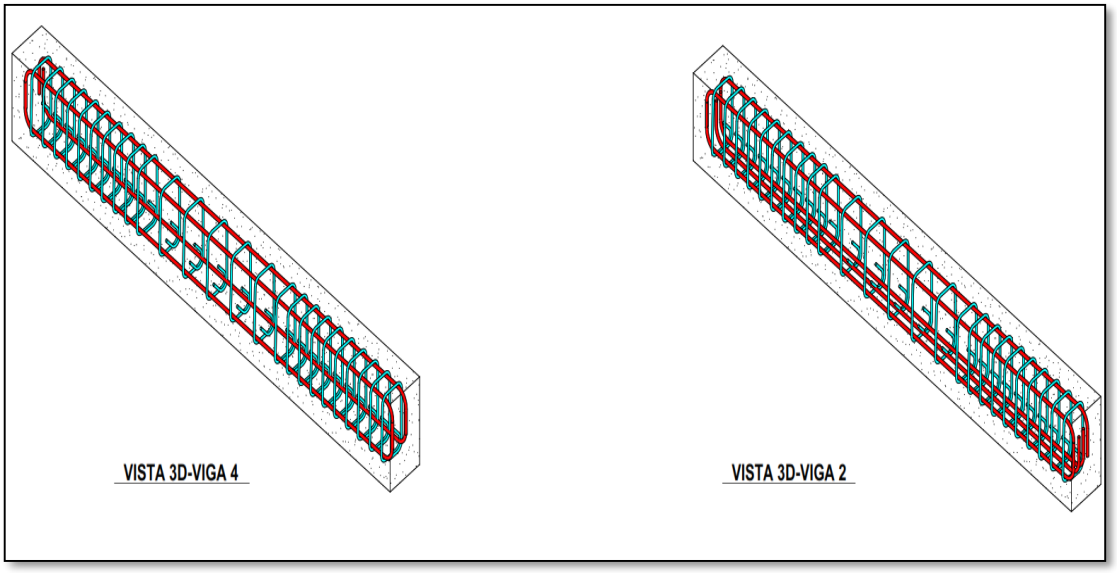


Figura 25

Isométrico de acero requerido para la muestra con cuantía al 50% (lado izquierdo de la figura 25) y para la muestra con cuantía al 75% (lado derecho de la figura 25)

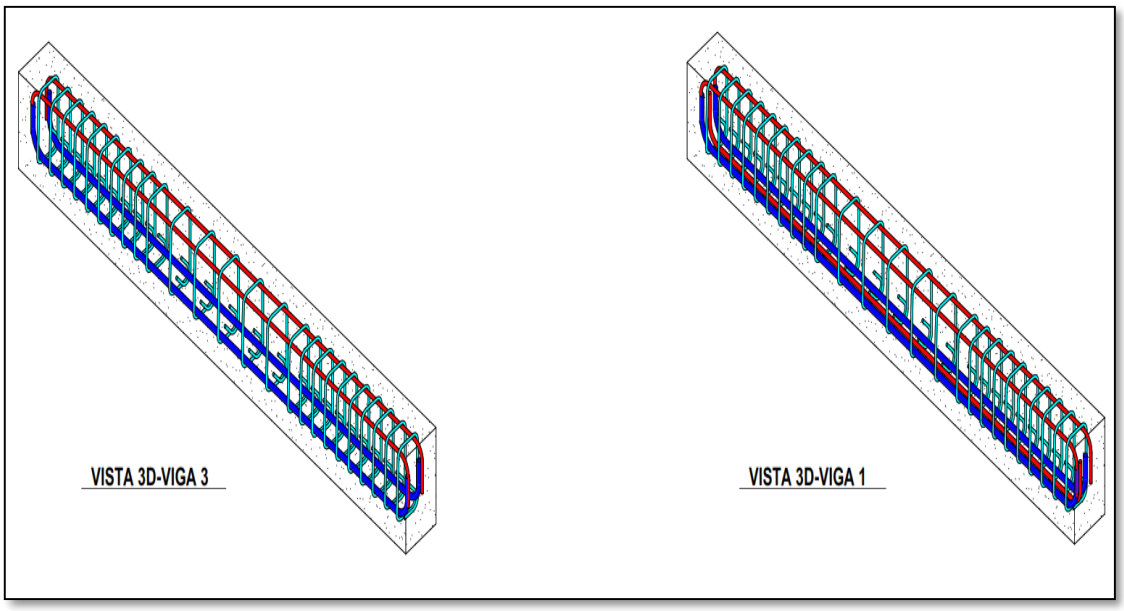


Figura 26

Habilitado de acero para las muestras de vigas de mortero armado



Nota. Habilitado de acero para el armado de nuestras vigas, según figura 24 y figura 25. Fuente elaboración propia.

Tabla 3

Metrado de acero para las muestras evaluadas con cuantías al 12%, 25%, 50% y 75%

Metrado de Acero						
Diámetro	**Longitud de varilla (m)**	**Cantidad**	**Recuento**	**Longitud total de varilla (m)**	**Peso nominal**	**Peso de varilla (kg)**
acero de 1/2"	1.67	1	1	1.67	0.99 kg/m	1.66
acero de 1/2"	1.68	1	1	1.68	0.99 kg/m	1.67
acero de 1/2"	1.69	1	2	3.39	0.99 kg/m	3.37
acero de 3/8"	1.69	1	1	1.69	0.56 kg/m	0.95
acero de 6 mm	0.56	5	4	11.26	0.22 kg/m	2.46
acero de 6 mm	0.55	10	8	43.93	0.22 kg/m	9.60
acero de 8 mm	1.69	1	1	1.69	0.40 kg/m	0.67
acero de 8 mm	1.70	1	1	1.70	0.40 kg/m	0.68
acero de 8 mm	1.70	1	1	1.70	0.40 kg/m	0.68
acero de 8 mm	1.70	1	1	1.70	0.40 kg/m	0.68
acero de 8 mm	1.70	1	1	1.70	0.40 kg/m	0.68
acero de 8 mm	1.71	1	8	13.72	0.40 kg/m	5.46

3) Se pesaron los materiales de los componentes del mortero armado de acuerdo al diseño de mezcla establecido en la tesis local usada como antecedente, puesto que se empleó los mismos materiales componentes del mortero armado (agregado fino de de la cantera “Rio Ucayali”, el cemento APU tipo I y resistencia de diseño f´c 210 kg/cm²

Tabla 4

Peso de cada material en kg usado en la dosificación de mortero resistencia f´c 210 kg/cm²

Mortero (m3)	Cemento (kg)	Arena fina (kg)	Agua (lt)
1	1	2.90	14.1

Nota. Se han redondeado los pesos para un mayor control al momento de pesar en la balanza

4) Se procedió a la mezcla del material

Figura 27

Mezcla componente del mortero



5) Luego que todos los componentes se hayan homogenizado, se realizó el ensayo de control del asentamiento del mortero de acuerdo al diseño de mezcla, que se indica que debe ser de 3” a 4” de slump. Por ello, mostramos algunas fotografías.

Figura 28

Prueba de slump para diferentes especímenes

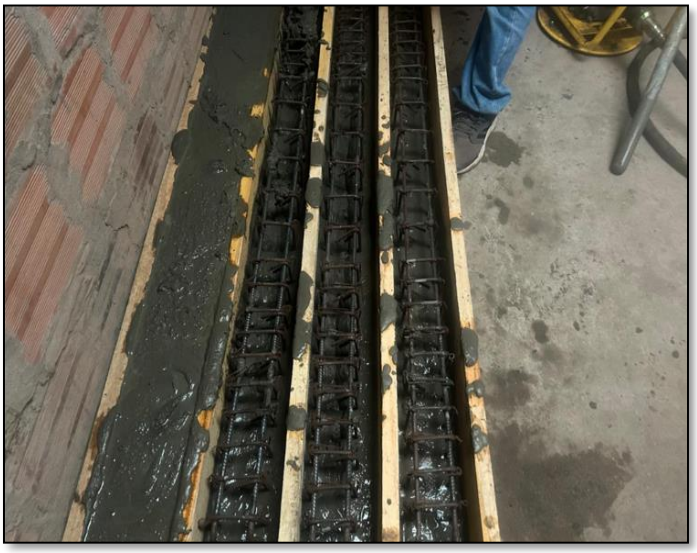


Nota. Se alcanzó el nivel de slump de 4” para cada tanda realizada, con lo cual se garantiza que se ha seguido todos los parámetros de diseño de mezcla de acuerdo a la NTP 339.035.

6) Luego de verificar que el mortero este dentro de 4” de asentamiento, se colocó los aceros de refuerzo según las cuantías evaluadas al 12%,25%, 50% y 75% para posteriormente colocar el mortero.

Figura 29

Vaciado del mortero en muestras de vigas con resistencia a la compresión de f`c=210 kg/cm² para ser ensaya a flexión a los 28 días de curado.



Nota. El proceso de vaciado del mortero se realizó en capa de 7.5 cm de altura cada uno, cabe señalar que la mezcla fue hecha en tres tandas, seguidamente se realizó la compactación a través de una vibradora para liberar los vacíos, de acuerdo a la NTP 339.183.

Figura 30

Vaciado del mortero en probetas como testigos para ser ensayas a compresión y verificar la resistencia a la compresión del mortero en las vigas.



Fuente elaboración propia

7) Una vez culminado el vaciado del concreto, en los días posteriores se procedió a realizar el desencofrado y el curado respectivo de las 4 muestras de vigas de mortero armado.

8) Cuando llego el día de la rotura de los elementos a 7, 14 y 28 días después del último vaciado, se limpió las probetas, para lo cual todas cumplieron respecto a lo indicado en la resistencia correspondiente a los 7, 14 y 28 días.

Figura 31

Características de rotura

N°	F´C (Kg/cm2)	ESTRUCTURA / UBICACIÓN	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA OBTENIDA KG/CM2	COEFICIENTE OBTENIDO A LA RESISTENCIA (%)	SEGÚN LA EDAD Y COEFICIENTE A LA RESISTENCIA POR EL "ACI"	ESTADO
1	210	V-1 A 12% DE CUANTÍA	1/06/2024	8/06/2024	7	188	90	7 DIAS A 66%	CUMPLE
2		V-2 A 25% DE CUANTÍA.	1/06/2024	8/06/2024	7	183	87	7 DIAS A 66%	CUMPLE
3		V-3 A 50% DE CUANTÍA	1/06/2024	8/06/2024	7	187	89	7 DIAS A 66%	CUMPLE
4		V-4 A 75% DE CUANTÍA	1/06/2024	8/06/2024	7	226	108	7 DIAS A 66%	CUMPLE
5		V-1 A 12% DE CUANTÍA	8/06/2024	22/06/2024	14	234	111	14 DIAS A 85%	CUMPLE
6		V-2 A 25% DE CUANTÍA	8/06/2024	22/06/2024	14	225	107	14 DIAS A 85%	CUMPLE
7		V-3 A 50% DE CUANTÍA	8/06/2024	22/06/2024	14	217	103	14 DIAS A 85%	CUMPLE
8		V-4 A 75% DE CUANTÍA	8/06/2024	22/06/2024	14	254	121	14 DIAS A 85%	CUMPLE
9		V-1 A 12% DE CUANTÍA	8/06/2024	6/07/2024	28	234	112	28 DIA A 100%	CUMPLE
10		V-2 A 25% DE CUANTÍA	8/06/2024	6/07/2024	28	249	119	28 DIA A 100%	CUMPLE
11		V-3 A 50% DE CUANTÍA	8/06/2024	6/07/2024	28	237	113	28 DIA A 100%	CUMPLE
12		V-4 A 75% DE CUANTÍA	8/06/2024	6/07/2024	28	272	130	28 DIA A 100%	CUMPLE

Fuente elaboración propia

Figura 32

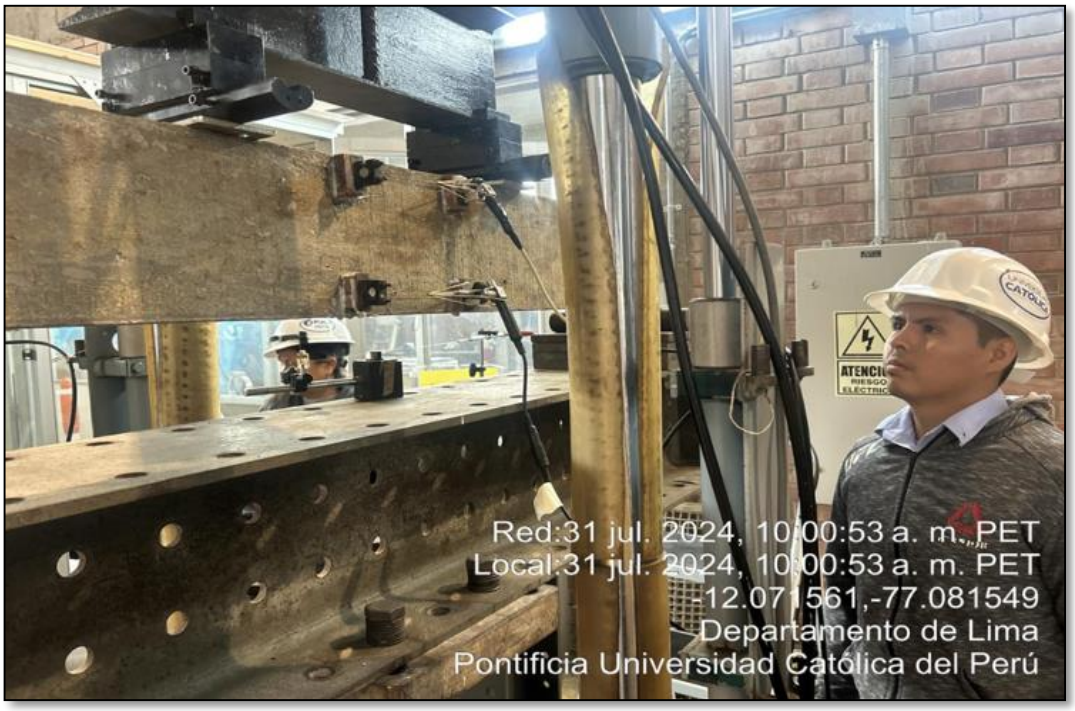
Rotura a compresión de probetas cilíndricas a diferentes edades



Fuente elaboración propia

Figura 33

Ensayo a flexión de las vigas de mortero armado a los 28 días de curado en el laboratorio de estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados de los ensayos de laboratorio por objetivos

- **Resultados de los ensayos de laboratorio por objetivos 1**

1. Identificar la deformación máxima que pueden alcanzar las vigas de mortero armado con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, sometidas a ensayos de flexión.

Según el reglamento nos indica que la deformación máxima para una viga es de L/250, para el caso de las vigas de L=160.00 cm se tiene que la deformación máxima es de 1600/250=6.40mm.

Tabla 5

Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 12%

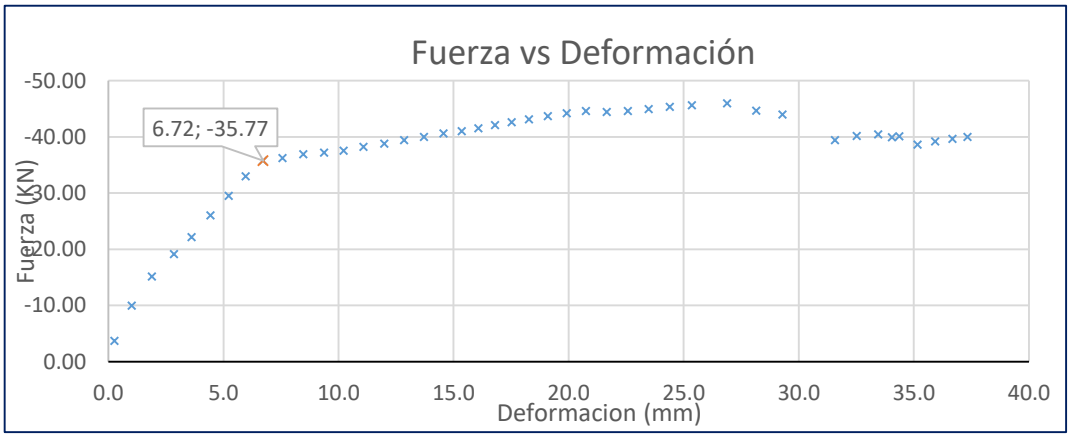
Nº	CARGA KN	DEFLEXIÓN
1	-3.69565	0.25921
2	-9.96713	1.00756
3	-15.16344	1.88740
4	-19.13030	2.84607
5	-22.15812	3.61497
6	-26.00561	4.42930
7	-29.53344	5.22508
8	-32.99288	5.95945
interpolación	-35.77000	6.72000
9	-35.77215	6.72331
10	**-36.25749**	**7.56598**
11	-36.88800	8.46666
12	**-37.18279**	**9.37679**
13	-37.55681	10.21654
14	-38.20656	11.08863
15	-38.82121	11.98369
16	-39.44793	12.84797
17	-40.01358	13.71825
18	-40.59200	14.55978
19	-41.01754	15.35350
20	-41.53599	16.07452
21	-42.11892	16.79998
22	-42.62740	17.53167
23	-43.11761	18.27336
24	-43.67189	19.09198
25	-44.22558	19.91316
26	-44.59623	20.74718
27	-44.45695	21.65474
28	-44.58381	22.57196
29	-44.92192	23.48316
30	-45.34190	24.40049
31	-45.64998	25.36288

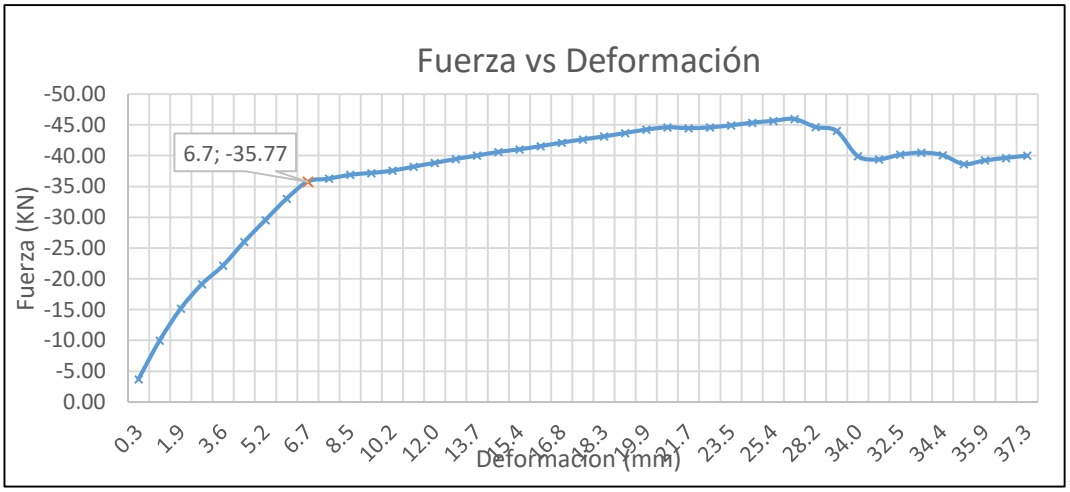
32	-45.94849	26.88113
33	-44.64661	28.15349
34	-44.00686	29.29062
35	-39.92215	34.04926
36	-39.39745	31.57448
37	-40.15310	32.52492
38	-40.47501	33.45040
39	-40.09409	34.36401
40	-38.62865	35.16044
41	-39.21842	35.92518
42	-39.62968	36.67806
43	-39.99525	37.32744

Interpretación: En la tabla podemos observar la deflexión máxima a una cuantía requerida del 12% con una fuerza de 35.77 KN, se obtuvo una deflexión máxima de 6.72 mm.

Figura 34

Gráfica de la línea de deflexión al 12% de cuantía requerida





Interpretación: En la gráfica se puede observar la tendencia de la línea de deflexión máxima a una cuantía requerida del 12% con una fuerza de 35.77 KN, se obtuvo una deflexión máxima de 6.72 mm.

Tabla 6

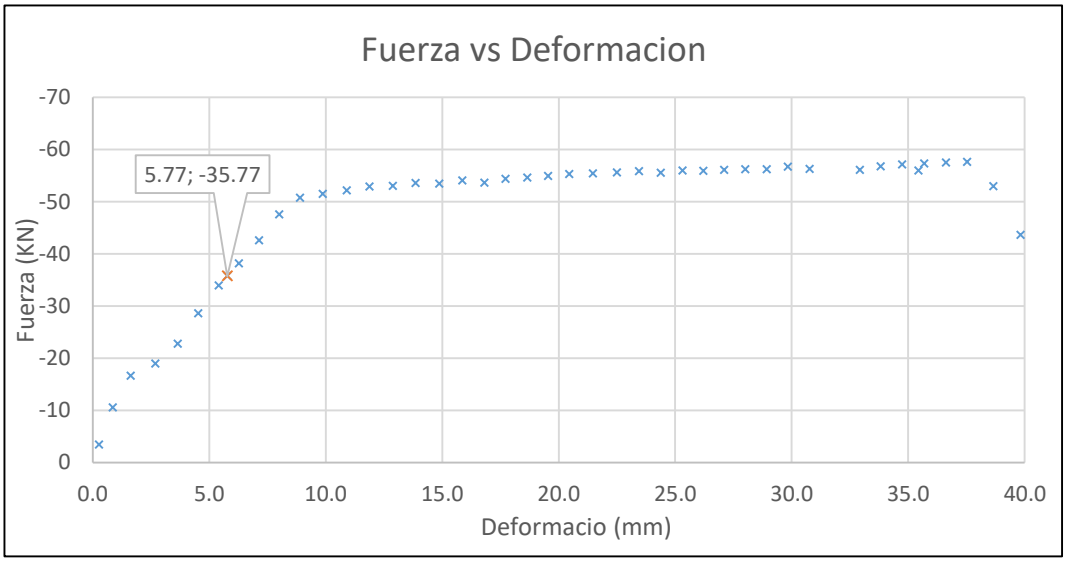
Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 25%

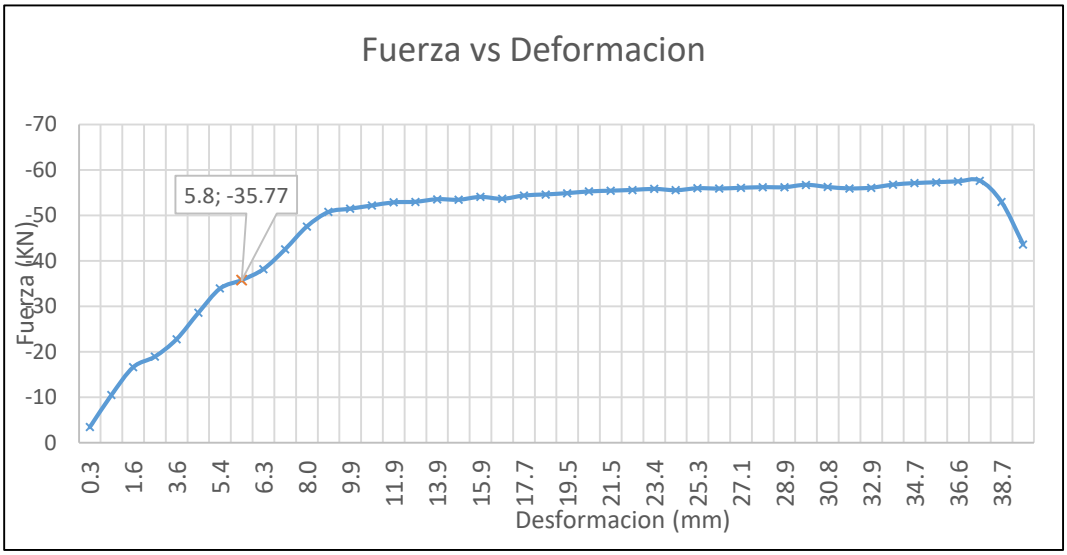
Nº	CARGA KN	DEFLEXIÓN (mm)
1	-3.43001	0.25944
2	-10.52348	0.85190
3	-16.62715	1.62348
4	-18.95015	2.68218
5	-22.78073	3.63804
6	-28.56376	4.52633
7	-33.91724	5.39536
interpolación	-35.77000	5.77000
8	-38.18781	6.26498
9	-42.55481	7.13800
10	-47.55282	8.00395
11	-50.74448	8.89358
12	-51.46217	9.86958
13	-52.17704	10.90361
14	-52.85848	11.87844
15	-52.98895	12.86945
16	-53.54336	13.85053
17	-53.44527	14.86263
18	-54.06242	15.85841
19	-53.63802	16.80811
20	-54.36680	17.70944
21	-54.59615	18.64101
22	-54.88399	19.54331
23	-55.26461	20.44573
24	-55.42780	21.45859
25	-55.58787	22.49363
26	-55.81772	23.43757
27	-55.53321	24.38064
28	-55.95695	25.30902
29	-55.89583	26.20137
30	-56.06375	27.09982
31	-56.19274	28.00111
32	-56.19621	28.91896
33	-56.71871	29.82654
34	-56.23611	30.76648
35	-55.92540	35.43200
36	-56.08639	32.92651
37	-56.75159	33.81077
38	-57.09787	34.73681
39	-57.28051	35.67976
40	-57.47792	36.61270
41	-57.64022	37.52916
42	-52.95839	38.65719
43	-43.62225	39.81572

Interpretación: En la tabla podemos observar la deflexión máxima a una cuantía requerida del 25% con una fuerza de 35.77 KN, se obtuvo una deflexión máxima de 5.77 mm.

Figura 35

Gráfica de la línea de deflexión al 25% de cuantía requerida





Interpretación: En la gráfica de puede observar la tendencia de la línea de deflexión máxima a una cuantía requerida del 25% con una fuerza de 35.77 KN, se obtuvo una deflexión máxima de 5.77 mm

Tabla 7

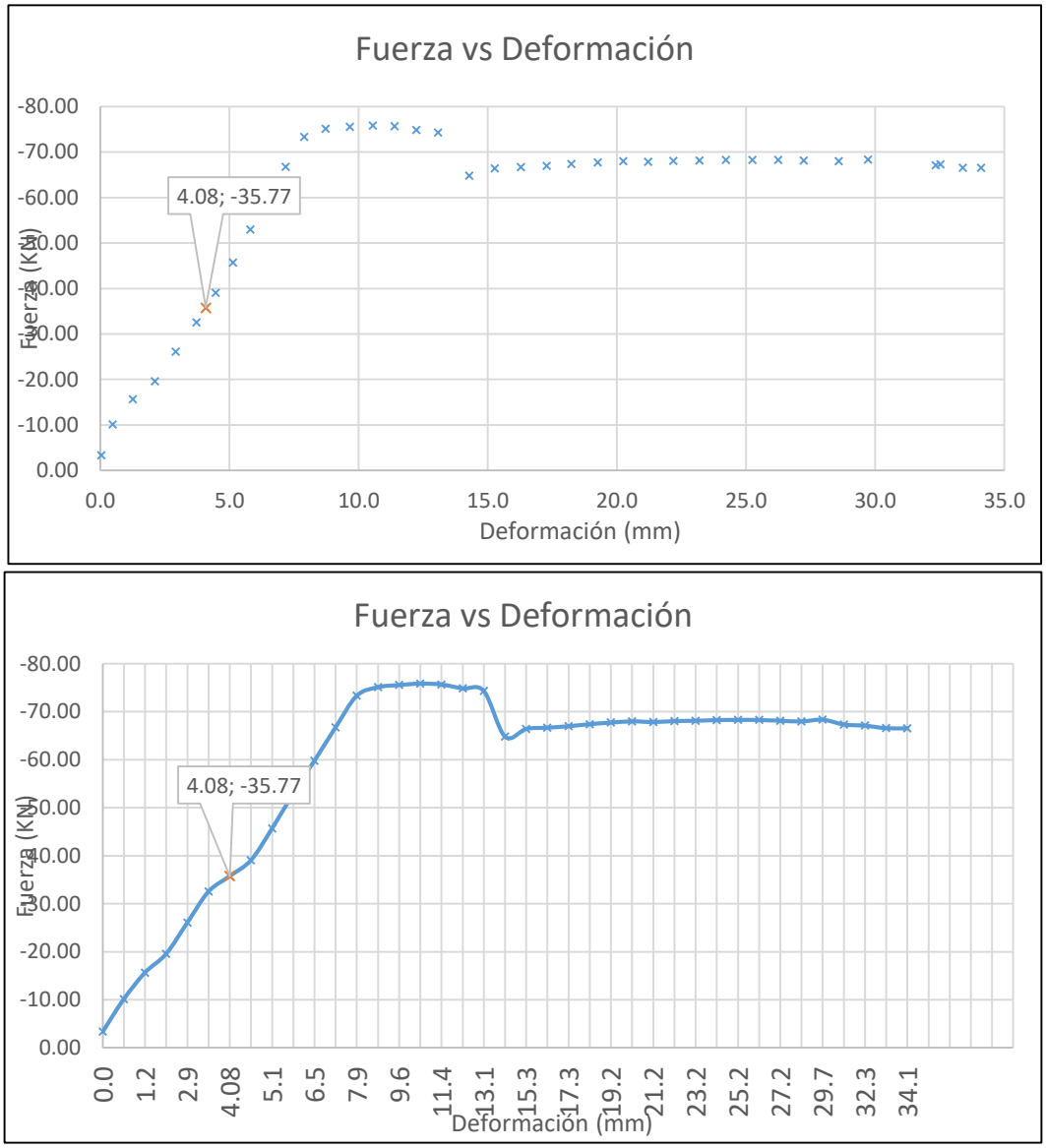
Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 50%

N	CARGA KN	DEFLEXION
1	-3.35756	0.03670
2	-10.15340	0.46933
3	-15.67281	1.24876
4	-19.59218	2.10964
5	-26.09306	2.90591
6	-32.55645	3.70878
Interpolación	-35.77000	4.08000
7	-39.07940	4.45694
8	-45.69774	5.12830
9	-52.99248	5.79971
10	-59.80640	6.47256
11	-66.75993	7.16680
12	-73.34646	7.87930
13	-75.12708	8.71356
14	-75.57093	9.64800
15	-75.87489	10.54617
16	-75.67784	11.39101
17	-74.86802	12.23259
18	-74.31458	13.06346
19	-64.82482	14.27604
20	-66.43337	15.25862
21	-66.69235	16.27528
22	-66.99725	17.27257
23	-67.42470	18.22810
24	-67.75821	19.24831
25	-68.00881	20.24211
26	-67.87250	21.20292
27	-68.06966	22.17602
28	-68.13973	23.18700
29	-68.27219	24.21338
30	-68.31443	25.24523
31	-68.28853	26.24533
32	-68.13856	27.23363
33	-67.99508	28.58111
34	-68.35336	29.71376
35	-67.35627	32.51710
36	-67.10307	32.33607
37	-66.58649	33.39047
38	-66.56407	34.09844

Interpretación: En el cuadro podemos observar la deflexión máxima a una cuantía requerida del 50% con una fuerza de 35.77 KN, se obtuvo una deflexión máxima de 4.08 mm.

Figura 36

Gráfica de la línea de deflexión al 50% de cuantía requerida



Interpretación: En la gráfica de puede observar la tendencia de la línea de deflexión máxima a una cuantía requerida del 50% con una fuerza de 35.77 KN, se obtuvo una deflexión máxima de 4.08 mm.

Tabla 8

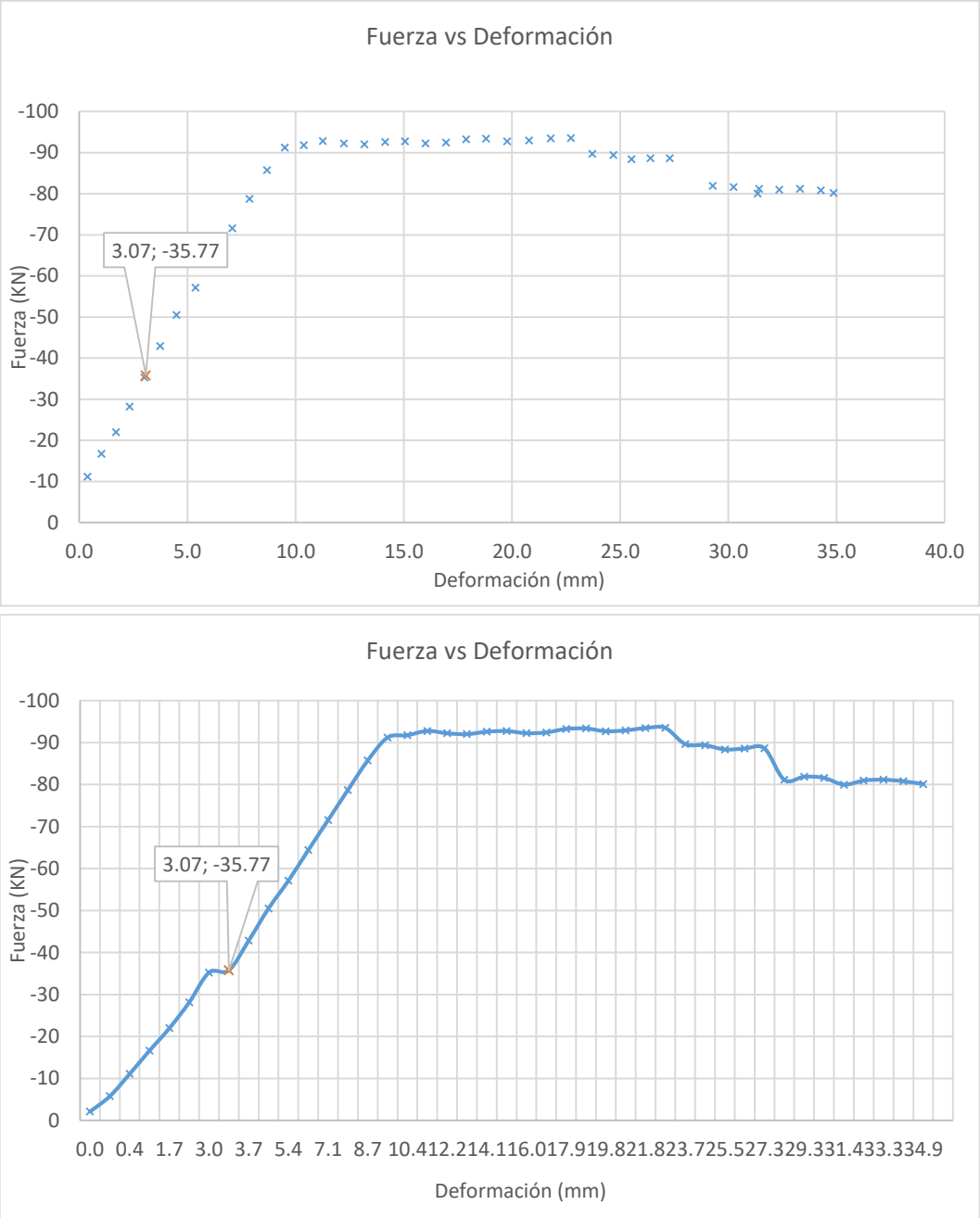
Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 75%

N	CARGA KN	DEFLEXION
1	-2.12115	-0.04246
2	-5.79228	-0.04638
3	-11.10458	0.37510
4	-16.65573	1.01881
5	-21.98574	1.70295
6	-28.13791	2.33160
7	-35.23741	3.01955
interpolación	-35.77000	3.07000
8	-42.86137	3.74379
9	-50.51148	4.49155
10	-57.11279	5.37373
11	-64.37577	6.26039
12	-71.52978	7.07485
13	-78.71264	7.87082
14	-85.73200	8.67619
15	-91.19082	9.49812
16	-91.75259	10.37709
17	-92.78153	11.26428
18	-92.22365	12.22738
19	-92.00678	13.17844
20	-92.59008	14.13256
21	-92.74280	15.06423
22	-92.23902	16.00923
23	-92.42492	16.94865
24	-93.25728	17.88726
25	-93.36370	18.80660
26	-92.70398	19.77063
27	-92.90876	20.78993
28	-93.46338	21.79844
29	-93.49194	22.72616
30	-89.66698	23.71746
31	-89.38773	24.68671
32	-88.36582	25.52960
33	-88.57185	26.40236
34	-88.62624	27.29097
35	-81.13542	31.41972
36	-81.87061	29.28694
37	-81.61134	30.24303
38	-79.98521	31.35748
39	-80.96004	32.35435
40	-81.16458	33.31011
41	-80.80098	34.27255
42	-80.12109	34.86811

Interpretación: En el cuadro podemos observar la deflexión máxima a una cuantía requerida del 75% con una fuerza de 35.77 KN, se obtuvo una deflexión máxima de 3.07.

Figura 37

Gráfica de la línea de deflexión al 75% de cuantía requerida



Interpretación: En la gráfica de puede observar la tendencia de la línea de deflexión máxima a una cuantía requerida del 75% con una fuerza de 35.77 KN, se obtuvo una deflexión máxima de 3.07mm.

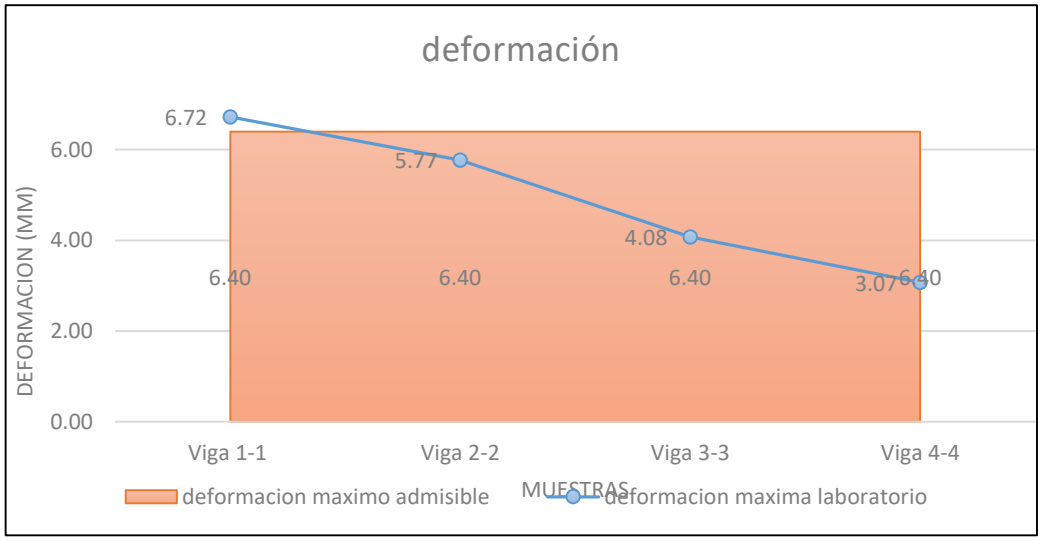
Tabla 9

Resumen de la deformación obtenida en el laboratorio y la deformación máxima admisible

muestra	porcentaje (%)	deformación laboratorio (mm)	deformación máxima admisible (mm)
Viga 1-1	12%	6.72	6.40
Viga 2-2	25%	5.77	6.40
Viga 3-3	50%	4.08	6.40
Viga 4-4	75%	3.07	6.40

Figura 38

Resumen de la deformación obtenida en el laboratorio y la deformación máxima admisible



Según los resultados obtenidos, se observa que la viga 1-1 con cuantía de 12%, deformación de 6.72mm es mayor de lo admisible 6.40mm.

Según los resultados obtenidos, se observa que la viga 2-2 con cuantía de 25%, deformación de 5.77mm es menor de lo admisible 6.40mm.

Según los resultados obtenidos, se observa que la viga 3-3 con cuantía de 50%, deformación de 4.08mm es menor de lo admisible 6.40mm.

Según los resultados obtenidos, se observa que la viga 4-4 con cuantía de 75%, deformación de 3.07mm es menor de lo admisible 6.40mm.

2. Analizar la resistencia a la flexión máxima de las vigas de mortero armado con diferentes cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, al someterlas a ensayos de flexión. Se realizó la comparación respecto a la flecha o deformación máxima admisible según lo indicado en el reglamento. Siendo L/250, L=longitud de las muestras de viga de mortero armado, reemplazando se tiene: $\frac{1600mm}{250}$= 6.4mm

Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 12% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una falla dúctil, se ubicó en la tabla Nº02: Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 12% valores cercanos a la deformación máxima admisible=6.4mm.

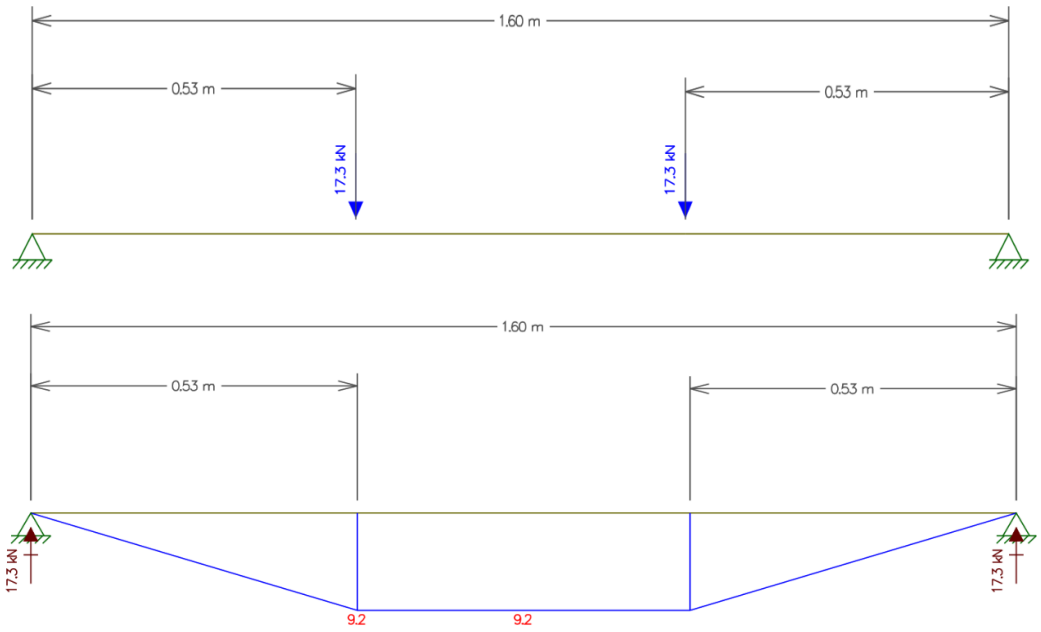
Tabla 10

Interpolación para calcular la fuerza o Carga KN que resiste la viga de mortero armado con cuantía al 12% para una deformación de 6.4mm

Nº	Carga (KN)	Deflexión (mm)
8	-32.99288	5.95945
Interpolar	-34.59580	6.40000
9	-35.77215	6.72331

Figura 39

Calculo del momento flector de la viga ensayada al 12% de cuantía requerida del mortero armando



Interpretación: La viga ensayada a flexión de una viga de la cuantía requerida al 12% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una flexión máxima admisible de 6.4mm soporto un esfuerzo de -34.5958 KN, la cual en el análisis mediante el software Ftools nos arroja un momento flector de 9.2 KNxm

Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 25% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una falla dúctil, se ubicó en la tabla Nº03: Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 25%, valores cercanos a la deformación máxima admisible=6.4mm

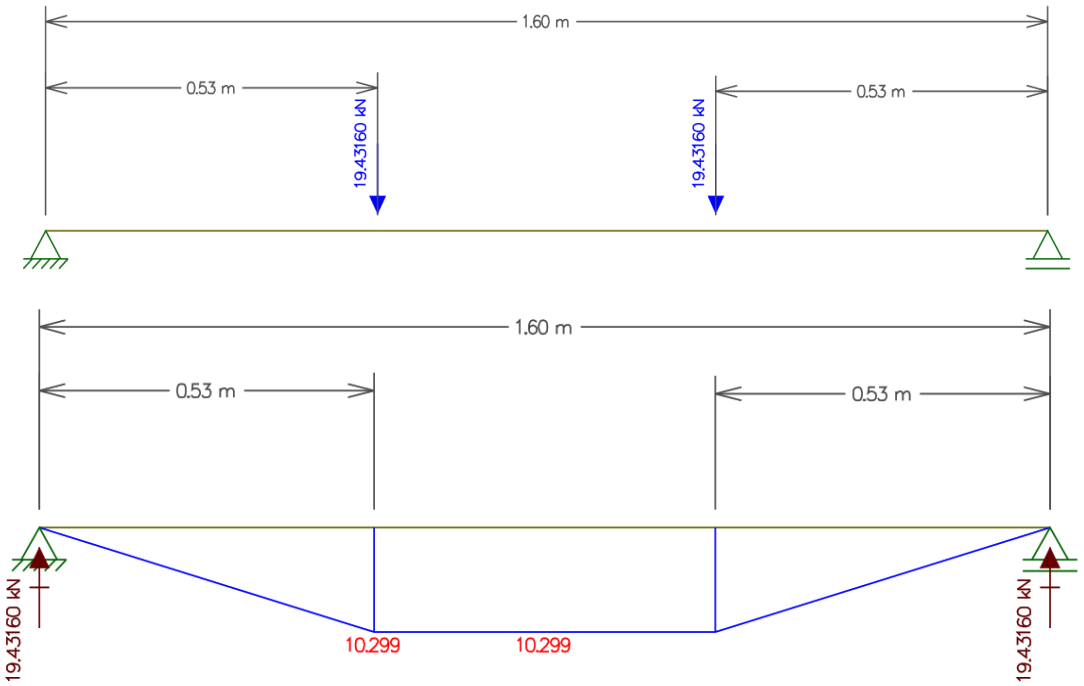
Tabla 11

Interpolación para calcular la fuerza o Carga KN que resiste la viga de mortero armado con cuantía al 25% para una deformación de 6.4mm.

Nº	Carga KN	Deflexión mm
8	-38.18781	6.26498
Interpolar	-38.86320	6.40000
9	-42.55481	7.138

Figura 40

Calculo del momento flector de la viga ensayada al 25% de cuantía requerida del mortero armando



Interpretación: La viga ensayada a flexión de una viga de la cuantía requerida al 25% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una flexión máxima admisible de 6.4mm soporto un esfuerzo de -38.86320KN, la cual en el análisis mediante el software Ftools nos arroja un momento flector de 10.299 KNxm

Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 50% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una falla dúctil, se ubicó en la tabla Nº04: Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 50%, valores cercanos a la deformación máxima admisible=6.4mm

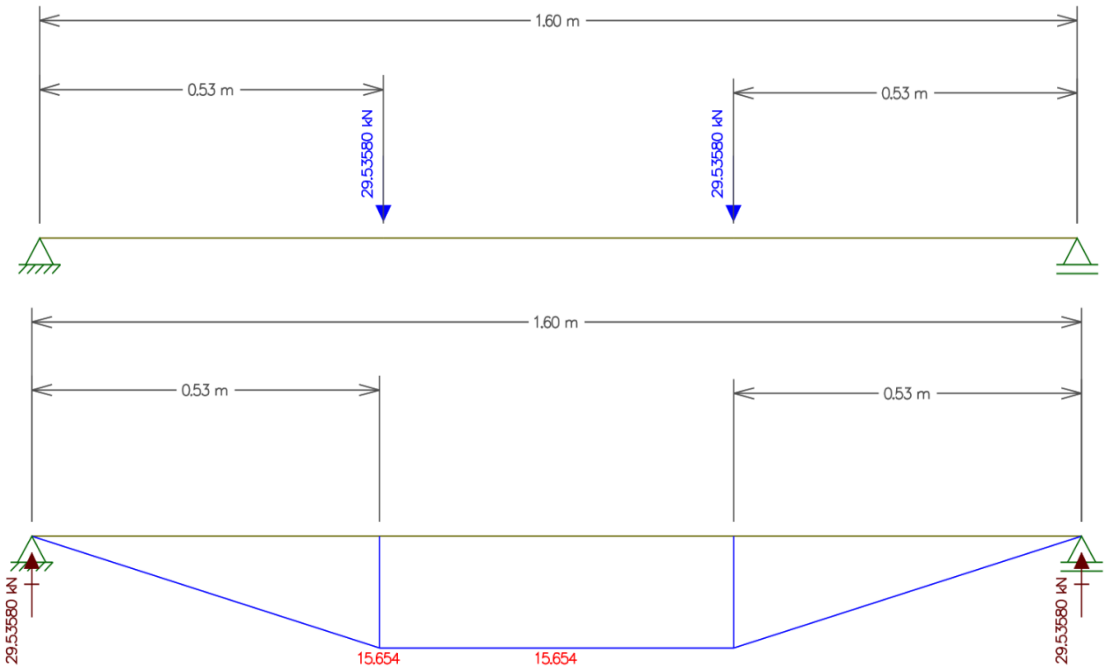
Tabla 12

Interpolación para calcular la fuerza o Carga KN que resiste la viga de mortero armado con cuantía al 50% para una deformación de 6.4mm.

Nº	Carga KN	Deflexión mm
9	-52.99248	5.79971
Interpolar	-59.07159	6.40000
10	-59.8064	6.47256

Figura 41

Calculo del momento flector de la viga ensayada al 50% de cuantía requerida del mortero armando.



Interpretación: La viga ensayada a flexión de una viga de la cuantía requerida al 50% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una flexión máxima admisible de 6.4mm soporto un esfuerzo de -59.07159KN, la cual en el análisis mediante el software Ftools nos arroja un momento flector de 15.654 KNxm

Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 75% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una falla dúctil, se ubicó en la tabla Nº05: Resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 75%, valores cercanos a la deformación máxima admisible=6.4mm

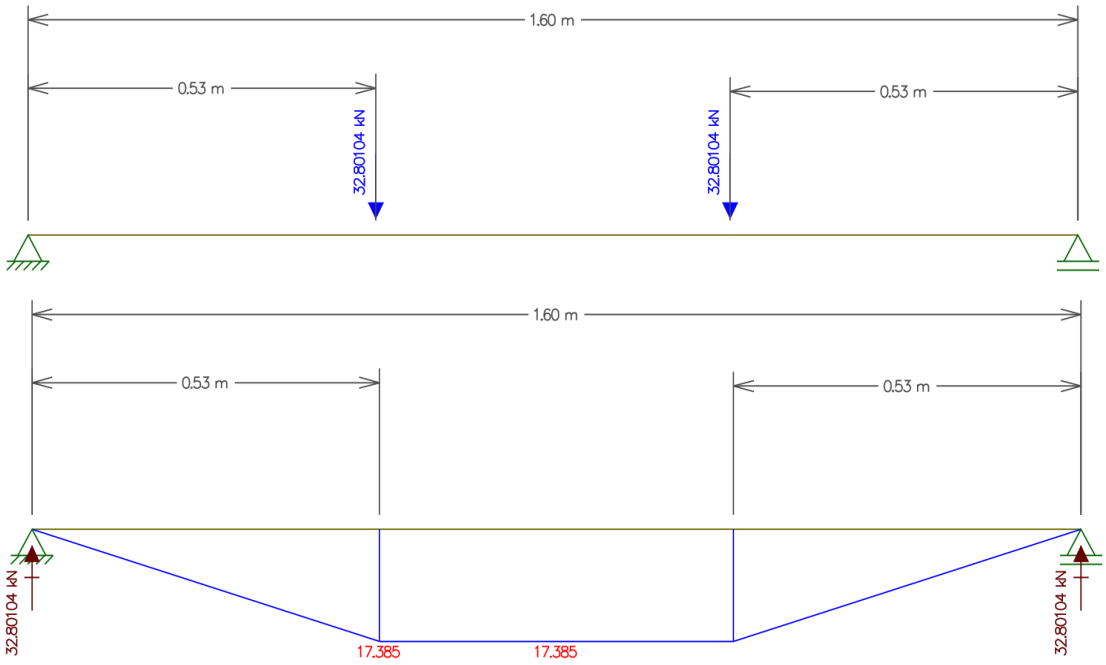
Tabla 13

Interpolación para calcular la fuerza o Carga KN que resiste la viga de mortero armado con cuantía al 75% para una deformación de 6.4mm.

Nº	Carga KN	Deflexión mm
11	-64.37577	6.26039
Interpolar	-65.60207	6.40000
12	-71.52978	7.07485

Figura 42

Calculo del momento flector de la viga ensayada al 75% de cuantía requerida del mortero armando.



Interpretación: La viga ensayada a flexión de una viga de la cuantía requerida al 75% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una flexión máxima admisible de 6.4mm soporto un esfuerzo de -65.60207KN, la cual en el análisis mediante el software Ftools nos arroja un momento flector de 17.385 KNxm

Tabla 14

Resumen de Momentos flectores en vigas evaluadas con cuantías al 12%, 25%, 50% y 75%, para una flexión máxima admisible de 6.4mm

Nombre	Nº de Muestras	% de Cuantía	Deflexión (mm)	Esfuerzo (KN)	Momento Flector
Viga de Mortero Armado (20x12.5x160cm)	1	12%	6.4mm	-34.5958 KN	9.2 KNxm
Viga de Mortero Armado (20x12.5x160cm)	1	25%	6.4mm	-38.8632 KN	10.299 KNxm
Viga de Mortero Armado (20x12.5x160cm)	1	50%	6.4mm	-59.07159 KN	15.654 KNxm
Viga de Mortero Armado (20x12.5x160cm)	1	75%	6.4mm	-65.60207 KN	17.385 KNxm

3. Determinar el porcentaje óptimo de cuantía del 12%, 25%, 50% y 75%, para lograr el mejor desempeño en términos de ductilidad y resistencia en las vigas de mortero armado evaluadas en los ensayos de flexión.

Tabla 15

Determinación teórica de la cuantía de diseño

Parámetros básicos de diseño					
d*b=	212.50	cm2			
und	pmin	pb*0.25	pb*0.5	pb*0.75=pmax	pb
%	0.002415	0.005313	0.010625	0.015938	0.021250
Planteamiento de diseño de cuantía					
as-imaginario(cm2)	0.51	1.13	2.26	3.39	4.52
Momento-idealizado	0.32	0.68	1.27	1.77	
cuantía idealizada	12%	25%	50%	75%	
Viga	V-4	V-2	V-3	V-1	
diseño de cuantía					
diseño	2Ø8 mm	3Ø8 mm	2Ø1/2"	2Ø1/2"+1Ø3/8"	
As-real(cm2)	1	1.5	2.58	3.29	
momento-diseño	0.61	0.89	1.42	1.73	
Cuantía diseño	22%	33%	57%	73%	
Viga	V-4	V-2	V-3	V-1	

Tabla 16

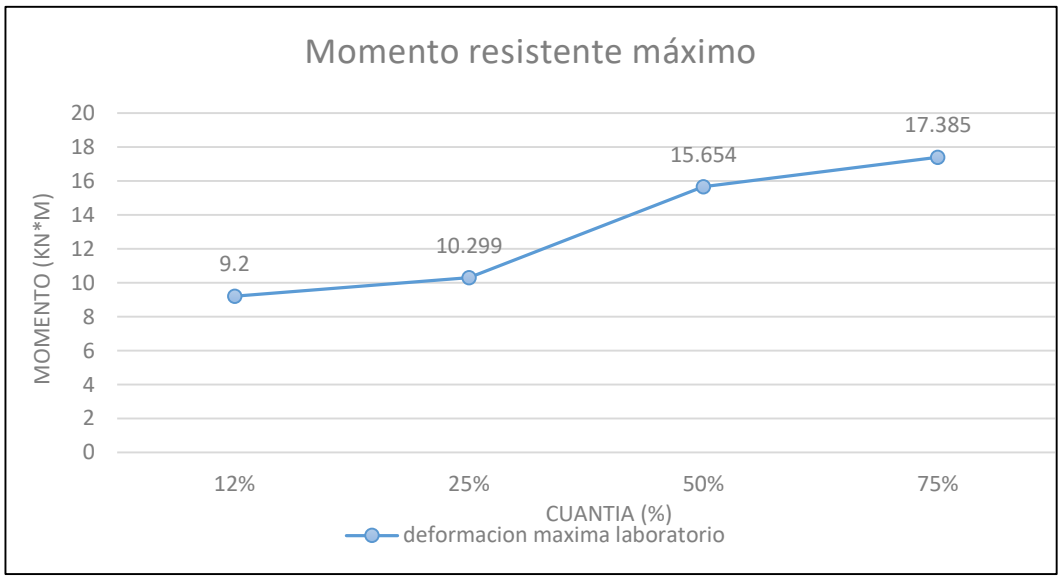
Resumen de resultados momentos máximos de vigas

Resumen de resultados momentos máximos de vigas				
Descripción	**Cuantía (%)**	**Deformación admisible (mm)**	**Fuerza máxima (KN)**	**Momento máximo (KN*m)**
V 1-1	12%	6.4mm	-34.5958 KN	9.20 KNxm
V 2-2	25%	6.4mm	-38.8632 KN	10.299 KNxm
V 3-3	50%	6.4mm	-59.07159 KN	15.654 KNxm
V 4-4	75%	6.4mm	-65.60207 KN	17.385 KNxm

Fuente: Elaboración propia

Figura 43

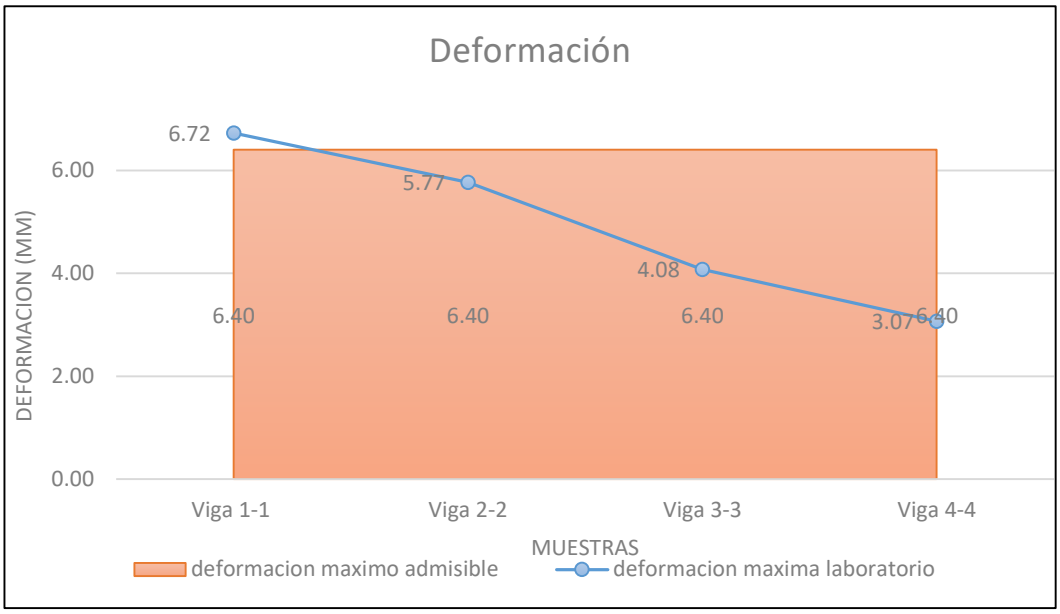
Momentos máximos resistentes



Interpretación: En la tabla podemos observar que los momentos de diseño figura 43, se tiene que con una cuantía de 12% se tiene un momento máximo de 9.2 KN*m, con una cuantía de 25% se tiene un momento máximo de 10.299 KN*m, con una cuantía de 50% se tiene un momento máximo de 15.654 KN*m y con una cuantía de 75% se tiene un momento máximo de 17.385 KN*m.

Figura 44

Gráfico de deformación



Interpretación: En el cuadro de la figura 44, se observa que la viga 2-2 con cuantía de 25%, una deformación de 5.77 mm, está muy cerca de la deformación máxima permitida de 6.40mm.

Tabla 17

Tabla Resumen de deformación de centro de luz de la viga

muestra	porcentaje (%)	deformación laboratorio (mm)	deformación máxima admisible (mm)
Viga 1-1	12%	6.72	6.40
Viga 2-2	25%	5.77	6.40
Viga 3-3	50%	4.08	6.40
Viga 4-4	75%	3.07	6.40

Figura 45

Cálculo de la cuantía ideal interpolando valores de cuantías al 12% y 25%

MUESTRA	CUANTIA %	Deflexion mm
1	12	6.72
Interpolar	16.37895	6.40000
2	25	5.77

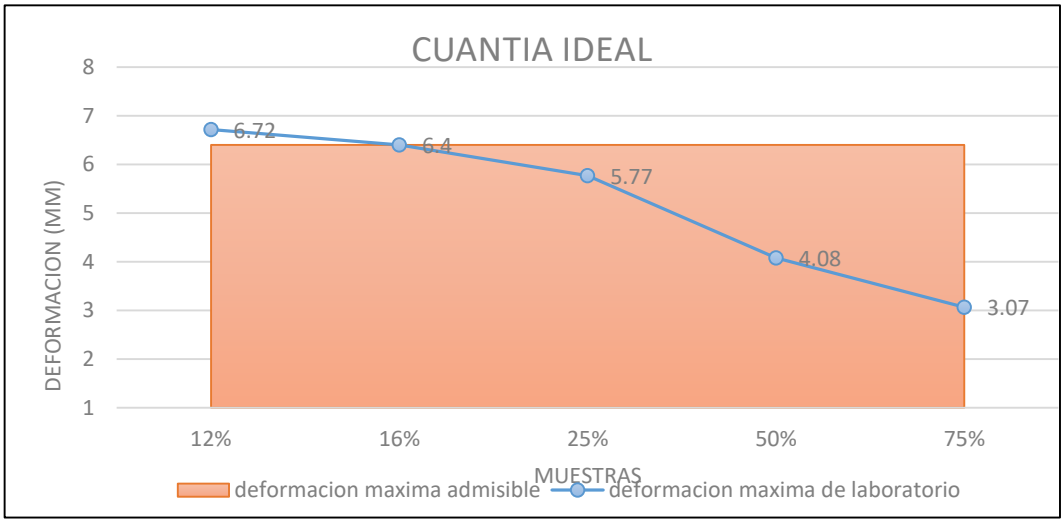
Tabla 18

Tabla de Cuantía ideal para una deformación admisible según Norma E060.

Deformación laboratorio (mm)	porcentaje (%)
6.72	12%
6.40	16%
5.77	25%
4.08	50%
3.07	75%

Figura 46

Gráfico de Cuantía ideal



Interpretación: En el cuadro de la figura 46, se observa que la cuantía ideal según la interpolación es de 16%, con una deformación máxima de 6.44 mm. Según los resultados el óptimo es:

Según los resultados obtenidos, se observa que la viga 1-1 con cuantía de 12%, deformación de 6.72mm es mayor de lo admisible 6.40mm, y complementado con los resultados de momentos resistentes máximo se tiene como valor de 9.20 KN*m es el menor valor de las demás vigas con 10.299 KN*m, 15.654 KN*m y 17.385 KN*m, por esto se concluye que no cumple con la deformación máxima y el máximo momento. (no cumple- optima)

Según los resultados obtenidos, se observa que la viga 2-2 con cuantía de 25%, deformación de 5.77mm es menor de lo admisible 6.40mm, y

complementado con los resultados de momentos resistentes máximo se tiene como valor de 10.299 KN*m, siendo mayor que 9.20 KN*m (cuantía 12%), y menor que 15.654 KN*m (cuantía 50%) y 17.385 KN*m (cuantía 75%), por esto se concluye que cumple con la deformación máxima. (cumple- optima)

Según los resultados obtenidos, se observa que la viga 3-3 con cuantía de 50%, deformación de 4.08mm es menor de lo admisible 6.40mm, y complementado con los resultados de momentos resistentes máximo se tiene como valor de 15.654 KN*m, siendo mayor que 9.20 KN*m (cuantía 12%), 10.299 KN*m (cuantía 25%), y menor que y 17.385 KN*m (cuantía 75%), por esto se concluye que cumple con la deformación máxima pero no es óptima debido a la cantidad de acero utilizado (cumple- no optima)

Según los resultados obtenidos, se observa que la viga 4-4 con cuantía de 75%, deformación de 3.07mm es menor de lo admisible 6.40mm, y complementado con los resultados de momentos resistentes máximo se tiene como valor de 17.385 KN*m es el mayor valor de las demás vigas con 9.20 KN*m (cuantía 12%), 10.299 KN*m (cuantía 25%) y 15.654KN*m (cuantía 50%), por esto se concluye que cumple con la deformación máxima pero no es óptima debido a la cantidad de acero utilizado. (cumple- no optima)

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se determinó la deformación máxima de una viga de la cuantía requerida al 12 %, 25%, 50% y 75% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una falla dúctil. Nuestros resultados obtenidos como deformación máxima son de la cuantía de 25%, con 5.77 mm siendo menor de lo máximo permitido por el Reglamento Nacional de Edificaciones, similarmente el estudio de Mondragon (2021), quien se trazó el objetivo para realizar una caracterización Físico mecánica del mortero que sería utilizado como estructura para ello se elaboró con distintos agregados finos, para ellos aplico el método experimental en la cual analizo el comportamiento de este tipo de vigas. Mostrando resultados óptimos del mortero en los ensayos de la comprensión y en la deformación máxima de las vigas, Todas las muestras cumplieron con la resistencia mínima a la presión que se establece en la norma vigente, lo cual concluye con resultados similares a nuestra investigación, en que la utilización del mortero estructural es factible para la construcción de vigas estructurales. Similarmente el estudio de (Perez, 2023), quien evaluó el mortero armado en un diseño flexión. Para ello empleo el mismo método que nuestra investigación la metodología experimental, para fabrico 4 vigas para ser ensayadas en el laboratorio, similar a nuestro estudio. Realizando los ensayos a los 28 días de fabricación del concreto 210 kfg/cm2. En los ensayos se lograron resistencias de 228.23 kgf/cm2. En los resultados se realizó una comparación de los ensayos o flexión de la viga de mortero y de concreto armado de sección de 125x200mm, de f'c= 210 kg/cm2, el análisis De la curva de esfuerzos de la deformación del mortero alcanza el máximo esfuerzo a la compresión cuando la deformación del mortero es de ε_o=0.0029 y falla cuando se alcanza una deformación de ε_{cu}=0.0033. caracterizándose el comportamiento a flexión de la viga de mortero armado a través del diagrama momento-curvatura, y se concluye que la viga de mortero armado tiene un similar modo de respuesta y de falla a comparación que la viga de concreto

armado, sin embargo, empieza a agrietarse antes que la viga del concreto armado, cuando es sometida a cargas, pero coinciden en el inicio de la fluencia del acero y en la capacidad de máxima de carga, teniendo casi la misma medida de ductilidad, similarmente a nuestra investigación.

Nuestra investigación determinar la resistencia a la flexión de una viga de la cuantía requerida al 12 %, 25%, 50% y 75% en una viga de mortero armado ensayada a flexión para llegar a una falla dúctil. También se determinaron los resultados como el más óptimo es de la cuantía de 25%, por usar menor cantidad de acero a comparación de 50% y 75% de cuantía, ensayada a flexión para llegar a una falla dúctil. Como es estudio de Sarwary et al. (2019), en su investigación titulada “Auto detección de daños por flexión en vigas de mortero” publicada por Revista de Materiales de ACI, según su estudio experimental concluyó que incluso cuando se usaron refuerzos de cortante inadecuados y altos, las vigas con soporte fallaron por flexión con comportamiento dúctil. Sin embargo, encontrándose que tenían mayor fragilidad, este análisis no se realizó en nuestro estudio la cual con lleva a estudios más profundo sobre el punto del nivel de desplazamiento de la mitad del tramo especialmente dentro de la región plástica donde comenzó la fluencia en los refuerzos de tracción y los anchos de las grietas de corte y flexión.

CONCLUSIONES

- Se concluyó al Identificar la deformación máxima que pueden alcanzar las vigas de mortero armado con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, sometidas a ensayos de flexión; Para el análisis de la deflexión se ha realizados el análisis según la cuantía requerida de 12%, 25%, 50% y 75%. Las cuales fueron analizadas individualmente por ser casos específicos las cuales se concluyen de la siguiente forma: En el análisis de la deflexión máxima a una cuantía requerida del 12% con una fuerza de -35.77 KN0 y se obtuvo una deflexión máxima de 6.72 mm, para la deflexión máxima a una cuantía requerida del 25% con una fuerza de -35.77 KN y se obtuvo una deflexión máxima de 5.77 mm, para la deflexión máxima a una cuantía requerida del 50% con una fuerza de -35.77 KN y se obtuvo una deflexión máxima de 4.08 mm y para la deflexión máxima a una cuantía requerida del 75% con una fuerza de -35.77 KN y se obtuvo una deflexión máxima de 3.07 mm. De acuerdo con el RNE la E 0.60, la deformación máxima permitida según la longitud de nuestra viga de 1.60 m, se tiene como valor máximo de deformación 6.40 mm en el centro de luz, siendo la cuantía de 25% la deformación máxima. Que se rechaza la hipótesis, la deformación máxima alcanzada por una viga de mortero armado bajo ensayo de flexión es mayor cuando se utiliza una cuantía óptima entre el 25% y el 50%, en comparación con las cuantías más bajas o altas, siendo en realidad la más óptima la viga de mortero armado con cuantía de 25%.

- Se concluye que al analizar la resistencia a la flexión máxima de las vigas de mortero armado con diferentes cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, al someterlas a ensayos de flexión. Las cuales fueron analizadas individualmente por ser casos específicos lo que se concluyen de la siguiente forma: En la viga ensayada a flexión con cuantía al 12%, con la aplicación de una carga de 35.77 KN obteniéndose la deformación máxima de 6.72 mm, la cual en los ensayos nos arroja un momento flector de 9.20 KN*m, para la viga al 25%, con la aplicación de una carga de 35.77

KN obteniéndose la deformación máxima de 5.77 mm, la cual en los ensayos nos arroja un momento flector de 10.29 KN*m, para la viga al 50%, con la aplicación de una carga de 35.77 KN obteniéndose la deformación máxima de 4.08 mm, la cual en los ensayos nos arroja un momento flector de 15.65 KN*m y para la viga al 75%, con la aplicación de una carga de 35.77 KN, obteniéndose la deformación máxima de 3.07 mm de deflexión, la cual en los ensayos nos arroja un momento flector de 17.39 KN*m.

- Al determinar el porcentaje óptimo de cuantía del 12%, 25%, 50% y 75%, para lograr el mejor desempeño en términos de ductilidad y resistencia en las vigas de mortero armado evaluadas en los ensayos de flexión, Se concluye que la viga ensayada a flexión con cuantía al 12%, con la aplicación de una carga de 35.77 KN obteniéndose la deformación máxima de 6.72 mm, la cual en los ensayos nos arroja un momento flector de 9.20 KN*m, para la viga al 25%, con la aplicación de una carga de 35.77 KN obteniéndose la deformación máxima de 5.77 mm, la cual en los ensayos nos arroja un momento flector de 10.29 KN*m, para la viga al 50%, con la aplicación de una carga de 35.77 KN obteniéndose la deformación máxima de 4.08 mm, la cual en los ensayos nos arroja un momento flector de 15.65 KN*m y para la viga al 75%, con la aplicación de una carga de 35.77 KN, obteniéndose la deformación máxima de 3.07 mm de deflexión, la cual en los ensayos nos arroja un momento flector de 17.39 KN*m. De acuerdo al RNE E 0.60, nos indica que la deformación máxima permitida para la viga de longitud 1.60 m es de 6.40 mm, según esto la cuantia optima es de 25% por tener una deformación máxima de 5.77 mm siendo esta menor que lo permitido según el reglamento, ahora el momento más óptimo es de 10.29 KN*m por ser la que menor acero se utiliza para cumplir con la funcionalidad de una viga.

- En conclusión, el análisis de las vigas de mortero armado con diferentes cuantías (12%, 25%, 50% y 75%) sometidas a ensayos de flexión ha permitido obtener resultados clave en cuanto a deformación, resistencia a la flexión y desempeño general de las vigas. En primer lugar, se comprobó que las vigas con una cantidad del 25% presentan la deformación máxima más cercana al límite permitido según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), con una deflexión de 5.77 mm, lo que la convierte en la opción óptima, para cumplir con los requisitos normativos, en comparación con las demás cantidades. A su vez, se evidencia que la resistencia a la flexión es mayor en las vigas con cantidades intermedias, entre el 25% y el 50%, con una resistencia máxima alcanzada en la viga de 75% de cuantia. Sin embargo, la cantidad del 25% mostró una mayor relación entre ductilidad y resistencia, con un momento flector de 10.29 KN*m, el cual es adecuado para garantizar la funcionalidad de la viga sin recurrir a una cantidad excesiva de acero. En términos generales, se rechaza la hipótesis inicial de que las vigas con cantidades mayores presentan las mejores características de desempeño, concluyendo que una cantidad del 25% es la más equilibrada en cuanto a resistencia y deformación. Y la cuantía que más se acerca a la deformación máxima de 6.40 mm permitida por el Reglamento Nacional de Edificaciones es de 16% siendo esta la cuantía ideal.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, para el estudio de la deformación máxima de una viga con cuantía requerida a diferentes porcentajes, se debe realizar en el laboratorio de ensayos especializados, en la cual nos arrojan datos por cada instante del esfuerzo, la cual nos lleva a tener resultados óptimos y más exactos.

- Se recomienda realizar más estudios sobre la resistencia a la flexión de una viga de mortero armado enseñados a flexionar para llegar a una falla dúctil, y así consolidar nuestro estudio y proponer su aplicación en las construcciones donde se carece del agregado grueso como es en toda la selva baja del Perú.

- Se recomienda realizar más estudios con vigas de diferentes porcentajes de cuantía para poder tener más información y poder hacer una mejor interpretación, para consolidar nuestro estudio y proponer su aplicación en las construcciones donde se carece del agregado grueso como es en toda la selva baja del Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI Comité 318. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete. Miami: American Concrete Institute, Farmington Hills.

Arcana, R. (2023). Modificación de la rigidez lateral en un edificio de concreto armado por la presencia de tabiquería con revestimiento de mortero de cemento. Lima.

Arias, F. (2006). Mitos y errores en la elaboración de Tesis y Proyectos de Investigación.

Arias. (Julio - Diciembre de 2006). El Proyecto de investigación. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, 1(25), 277-297. Perú. Recuperado el 10 de mayo del 2021, de https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf

Briones, G. (2002). Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales. Editorial ARFO Editores e Impresores Ltda. Bogotá, Colombia. Obtenido de: https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/metodologia-de-la-investigacionguillermo-briones.pdf

Carranza Rivas, C. A. (2010). Ferrocemento: Estudio del mortero reforzado con malla de alambre y sus aplicaciones. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Obtenido de: https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/3164

Casas Tuanama, V. V. (2015). El módulo de la elasticidad en morteros de cemento con arenas de las canteras de la ciudad de Iquitos. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Obtenido de: https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/4414 122

Donis, J. M. (2009). Diseño de morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Obtenido de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3077_C.pdf

Gómez Con, S. G. (2006). Caracterización físico mecánica de morteros utilizando agregado del municipio de san Cristóbal, Alta Verapaz. [Tesis de pregrado,

Universidad de San Carlos de Guatemala]. Obtenido de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2620_C.pdf

Gutiérrez de López, L. (2003). El Concreto y otros materiales para la construcción. 2da. Edición, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Obtenido de: https://www.academia.edu/28633263/El_Concreto_y_Otro_Materiales_Para_la_Construccion

Harmsen, T. (2002). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. 3ra. Edición, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Hernandez, R. (2018). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: DE LA INVESTIGACIÓN: DE LA INVESTIGACIÓN: Ciudad de México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana Reg. No. 736.

INDECOPI (2001). AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. (NTP 400.010). Lima, Perú.

INDECOPI (2008). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). (NTP 400.011). Lima, Perú.

INDECOPI (2011). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. (NTP 400.017). Lima, Perú.

INDECOPI (2013). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. (NTP 400.012). Lima, Perú.

INDECOPI (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. (NTP 339.185). Lima, Perú.

INDECOPI (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. (NTP 400.022). Lima, Perú.

INDECOPI (2014). CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. (NTP 339.088). Lima, Perú. 121

INDECOPI (2015). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. (NTP 339.034). Lima, Perú.

INDECOPI (2018). AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. (NTP 400.037). Lima, Perú.

INDECOPI. (2013). CEMENTOS. Cementos Portland Requisitos. (NTP 334.009). Lima, Perú.

Medina, D. (2020). Evaluación estructural de sistemas de reforzamiento en vigas de concreto armado con fibras de carbono y planchas de acero sometidas a flexión. Arequipa - Perú.

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. (2020). NORMA TECNICA DE EDIFICACIONES E060 CONCRETO ARMADO. LIMA. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2ylU5Kz/view

Mondragon, S. (2021). Caracterización físico mecánica de mortero de estructural con agregado pétreo del Estado de Michoacán. Michoacan.

Mora Nuñez, D. J., & Da Silva Del Aguila, V. O. (2012). Estudio comparativo del concreto cemento - arena simple y reforzado con fibras de acero y polipropileno empleando cemento argos tipo I Co Plus +. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú]. Obtenido de: http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/2350

Niño Hernández, J. R. (2010). Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas. 3ra Edición. Bogotá, Colombia.

Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado. (2009). Concreto Armado. Lima

Ñaupa Tello, W. D. (2017). Evaluación del comportamiento a la flexión de vigas de concreto reforzados con mortero sin contracción. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Obtenido de http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1537

Pasquel Carbajal, E. (1993). Tópicos de Tecnología de Concreto en el Perú. 2da Edición, Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional. Lima, Perú. Peña Tolentino, R. I. (2003). Evaluación semi experimental del módulo de elasticidad del concreto elaborado con arenas finas de la Selva Baja. Conferencia EM-49, Iquitos, Perú. b) Referencias bibliográficas electrónicas: Arriola

Pérez Zumaeta, E. A., & Ochoa Ramírez, J. A. (2021). Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un mortero adicionado con ceniza de cáscara de arroz con respecto a un mortero patrón de calidad f'c=175 kg/cm2. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Obtenido de: http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4819

Perez, D. (2023). Propuesta metodológica de diseño de vigas de mortero armado en el departamento de Ucayali. Pucallpa, Perú.

Sarwary, M., Yildirim, G., AL-DAHAWI, A., Anil, Ö., Khiavi, K., Toklu, K., & Şahmaran, M. (2019). Self-Sensing of Flexural Damage in Large-Scale Steel-Reinforced Mortar Beams. [Revista cientifica, Aci Materials Journal, 116, 209-221]. Obtenido de: https://doi.org/10.14359/51715581 123

Tamayo, M. (2007). Metodología de la Investigación. México: Limusa.

Tenorio Chung, J. L., & Acosta Huayllahua, S. A. (2020). Estudio comparativo de las propiedades del concreto (cemento arena): Con arena de cantera fluvial-Comunidad Astoria y con arena de cantera cuarzosa-Comunidad Varillal en la ciudad de Iquitos. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú]. Obtenido de http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1755

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO "EVALUACIÓN DE LA CUANTIA REQUERIDA EN UNA VIGA DE MORTERO ARMADO ENSAYADA A FLEXION PARA LLEGAR A UNA FALLA DUCTIL EN LA REGION UCAYALI"

PROBLEMAS	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE DE ESTUDIO	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál de las cuantías evaluadas al 12%, 25%, 50% y 75% en una viga de mortero armado ensayada a flexión, tendrá una falla dúctil? **PROBLEMAS ESPECÍFICO** 1. ¿Cuál es la deformación máxima que puede alcanzar una viga de mortero armado evaluada con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, sometidas a ensayo de flexión? 2. ¿Cómo determinar la resistencia a la flexión máxima de una viga de mortero armado con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, cuando es ensayada a flexión? 3. ¿Cuál será el porcentaje optimo en las vigas de mortero armado evaluadas con cuantías al 12%, 25%, 50% y 75%, sometidas a ensayo a flexión?	**OBJETIVO GENERAL** Determinar cuál de las cuantías evaluadas al 12%, 25%, 50% y 75% en una viga de mortero armado ensayada a flexión, tendrá una falla dúctil. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS** 4. Identificar la deformación máxima que pueden alcanzar las vigas de mortero armado con cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, sometidas a ensayos de flexión. 5. Analizar la resistencia a la flexión máxima de las vigas de mortero armado con diferentes cuantías del 12%, 25%, 50% y 75%, al someterlas a ensayos de flexión. 6. Determinar el porcentaje óptimo de cuantía del 12%, 25%, 50% y 75%, para lograr el mejor desempeño en términos de ductilidad y resistencia en las vigas de mortero armado evaluadas en los ensayos de flexión.	**HIPÓTESIS GENERAL** La cuantía entre el 12% y 25% en una viga de mortero armado ensayada a flexión presenta una falla dúctil. **HIPÓTESIS ESPECÍFICOS** 1. La deformación máxima alcanzada por una viga de mortero armado bajo ensayo de flexión es mayor cuando se utiliza una cuantía óptima entre el 25% y el 50%, en comparación con las cuantías más bajas o más altas. 2. La resistencia a la flexión máxima de las vigas de mortero armado es mayor cuando se emplea una cuantía intermedia entre 25% y 50% en lugar de cuantías extremas 12% o 75%. 3. La cuantía óptima que permite obtener un equilibrio entre ductilidad y resistencia a la flexión en vigas de mortero armado se encuentra en un rango entre el 25% y el 50%, evaluadas en condiciones de ensayo de flexión.	Cuantía requerida Diseño viga de mortero armado ensayada a flexión	Porcentajes de cuantía balanceada de acero 12 % 25% 50% 75% Deformación máxima Resistencia a la flexión Porcentaje optima de cuantía	**Método** Cuantitativo. **Nivel de investigación** Experimental. **Técnicas para la recolección de datos.** Ficha técnica Ficha de observación **Instrumento para la recolección de datos.** **Análisis e interpretación de datos**. Tabulación. Codificación.

ANEXO 2. CONSTANCIA DEL LABORATORIO DE ENSAYOS PUCP

Laboratorio de Estructuras Antisísmicas - LEDI

PUCP

A QUIEN CORRESPONDA:

Por el presente documento, se deja constancia que, en las instalaciones del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, se han realizado ensayos de Flexión Pura en cuatro (4) vigas de concreto armado, el 31 de julio de 2024, siguiendo procedimientos de ensayo estándar, según referencia la norma ASTM C-78.

Los especímenes de ensayo (Vigas de 0.125 x 0.20 x 1.60m, con diferentes cuantías de refuerzo), han sido elaboradas por los interesados (Sr. Erick Manuel Gómez Torres) en su lugar de origen (Pucallpa- Ucayali), según su información y es como consta en la Orden de Servicio INF-LE N° 189-24.

Lima, 2 de octubre de 2024.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

Ing. Daniel Torrealva Dávila
Jefe del Laboratorio

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Av. Universitaria 1801, San Miguel
T: 51-1 626-2000 anexo 4640
ledi@pucp.pe
www.pucp.edu.pe

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE PERÚ - LABORATORIO DE ESTRUCTURAS ANTISÍSMICAS

Formato para Determinar Módulo de Rotura por Flexión (y Tenacidad) LEDI-Lab-4.07 Revisión N° 11

ENSAYO: FLEXIÓN (TENACIDAD)

Norma de Ensayo: ASTM C78 y C293 (ASTM C 1018-97: withdrawn)
ASTM C1609 Flexural Performance FRC-Beam
EN 14651 - 2005

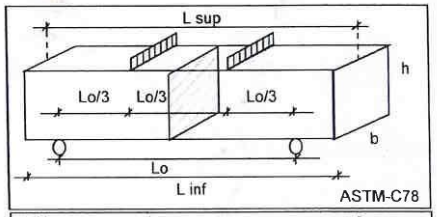
Velocidad de Ensayo			
General:	{0,9 a 1,2 MPa / min} < > [{9,17 a 12,23} (kg/cm²) / min]		
C 78	Grandes	{6,8 a 9,0} kN / min	[{680 a 900} kg / min]
	Pequeñas	{3,0 a 4,0} kN / min	[{300 a 400} kg / min]
C 1609	Grandes	0,035 a 0,1 hasta Lo/150, luego 0,05 a 0,30 mm/min	
	Pequeñas	0,025 a 0,075 hasta Lo/150, luego 0,05 a 0,20 mm/min	
EN 14651	Grandes	0.043mm/min hasta que CMOD=0.1mm, luego a 0.17mm/min.	

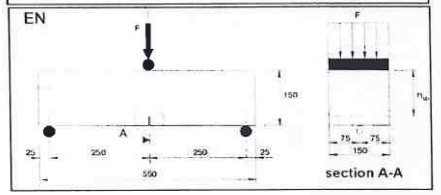
INF-LE No.: 189-24
Fecha Ensayo: 31/07/24
Muestra: Vigas Prismáticas
Material: Concreto / Shotcrete
Preparación: Moldeada / Cortada

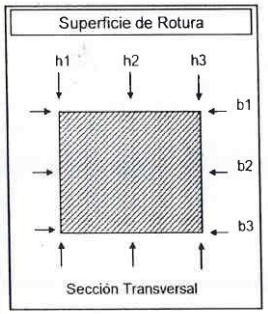
Pre Carga		
Grandes	{0,9 a 1,2} kN ó [{90 a 120} kg]	
Pequeñas	{0,4 a 0,5} kN ó [{40 a 50} kg]	

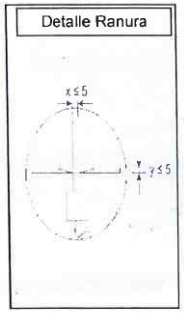
S.S.S. Húmedo Seco
Rotado Natural
T (°C): ____ H.R.(%): ____

VIGA No.	Verificación brechas: Antes de ensayo Gap 0.1mm ≤ 25 mm (SÍ / NO)	Verificación brechas: Luego de precarga Gap 0.1mm ≤ 25 mm (SÍ / NO)	Antes del Ensayo: Peralte "h"	Antes del Ensayo: Long. "L"	Después del Ensayo: Ancho "b"	Después del Ensayo: Peralte "h"	(Sólo para Tenacidad): Peralte h_{sp}	(Sólo para Tenacidad): Ranura	P (kN) Máxima	FALLA dentro de Lo / 3 ? (Si ó No)	Distancia entre Superficie de Falla y Apoyo mas cercano
			h_1	L sup	b_1	h_1	hs_1	Distancia x			
			h_3	L inf	b_2	h_2	hs_2				
				Lo	b_3	h_3	hs_3	Distancia y			
1			202	1601	125				94.27		
V01			203	1602	130						
				1500	126						
2			203	1600	127				57.73		
V02			201	1600	128						
				1500	126						
3			204	1600	127				76.14		
V03			204	1600	126						
				1500	126						
4			206	1600	130				46.05		
V04			207	1600	132						
				1500	126						









EQUIPO EMPLEADO: C.C. No.: CCMU
LVDT: W10#1 C.C. No.:
W20#2 LVDT: W100#3
Operador: MB/SLL-JC **Responsable:**

Posición Vigas:	**Vigas Cortadas**: Apoyarlas en su base (cara de asiento) o cara superior, referidas a como fueron construidas
	Vigas Moldeadas: Apoyarlas en una de sus caras laterales (Girar 90° el eje longitudinal), respecto a la posición de moldeado
Mediciones:	"h" y "L": se miden (2 veces, como buena práctica del Laboratorio) en la mitad de las caras correspondientes, *Antes del Ensayo*
	"b" y "h": se miden (3 veces) en la zona de rotura, *Después del Ensayo*

INFORME DE VERIFICACIÓN

N° 2024-1 MU250

Máquina Universal - Celda carga: 661.23A Capacidad: 250 kN
FlexTest40 Digital Controller Rango: 0-225kN
Ubicación: Laboratorio de Estructuras Antisísmicas - LEDI
Modo de Verificación: Compresión
Celda patrón: HBM #serie: 3007 Capacidad: 200 kN
Incertidumbre = 0.024 kN
Amplificador usado: MGCplus 3 ch2 pos 3
Celda patrón calibrada por Hottinger Brüel & Kjaer GmbH
Según Certificado de Calibración 116924 2023-08
Celda patrón: HBM #serie: G80084 Capacidad: 1000 kN
Incertidumbre = 0.11 kN
Amplificador usado: MGCplus 3 ch1 pos 4
Celda patrón calibrada por Hottinger Brüel & Kjaer GmbH
Según Certificado de Calibración 117347 2023-09
Ejecutores: M. Bernardo L. - S. Llanos.

Temperatura (°C) = 18.6
Norma usada: ASTM E4-20 Método C
Fecha verificación: 2024-07-25
Fecha emisión reporte: 2024-07-25

NOTAS SOBRE LA VERIFICACIÓN:

1) Se aplicó carga hasta, aproximadamente el 90 % de la capacidad Nominal.

2) La verificación está referida a 23 °C

3) En cada descarga se obtuvo cero como lectura de retorno a cero .

4) La incertidumbre según E4 es 0.13 kN usando un factor de cobertura de 2.

Lectura Máquina Universal (kN)		Lectura Patrón (kN)			Error (kN)			Error (%)			Repetibilidad (%)
20.02	20.02	20.02	19.97	19.93	19.93	0.0	0.1	0.1	0.2	0.5	0.5	0.0
40.05	40.04	40.04	39.87	39.85	39.86	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	0.0
60.07	60.07	60.06	59.80	59.79	59.80	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.0
80.10	80.09	80.09	79.75	79.74	79.74	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.0
100.11	100.11	100.12	99.74	99.83	99.55	0.4	0.3	0.6	0.4	0.3	0.6	0.0
120.13	120.14	120.14	119.71	119.82	119.52	0.4	0.3	0.6	0.4	0.3	0.5	0.0
140.15	140.16	140.17	139.70	139.80	139.51	0.5	0.4	0.7	0.3	0.3	0.5	0.0
160.18	160.18	160.19	159.71	159.83	159.48	0.5	0.4	0.7	0.3	0.2	0.4	0.0
180.20	180.20	180.21	179.74	179.86	179.53	0.5	0.3	0.7	0.3	0.2	0.4	0.0
200.22	200.23	200.24	199.77	199.94	199.55	0.4	0.3	0.7	0.2	0.1	0.3	0.0
225.25	225.26	225.27	224.83	225.01	224.61	0.4	0.2	0.7	0.2	0.1	0.3	0.0

Ing. Jefe Laboratorio de Estructuras

PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ
Av. Universitaria 1801, San Miguel
T: 51-1 626-2000 anexo 4640
ledi@pucp.pe
www.pucp.edu.pe

ANEXO 3. INFORME DE RESULTADO DE ROTURA DE PROBETAS DE MORTERO

GEOSEL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Y VENTA DE EQUIPOS DE INGENIERÍA
MÓVIL:961-518-324 / RUC N°20606667141 / JR. IQUITOS MZ. 17 LOTE 10 - YARINACOCHA
CORREO: geoselvapuc@gmail.com

"Año del bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Pucallpa, 08 de Julio del 2024

CARTA N°049-2024/GEOSEL

Atención : Luis Guerrero

Asunto : INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DEL MORTERO DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE DISEÑO DE F´C 210 KG/CM2

De mi consideración:

Me dirijo a usted para saludarlo y a la vez, hacerle llegar el informe de los resultados obtenidos en el laboratorio, producto del ensayo a la compresión del concreto de probetas cilíndricas, dichas pruebas fueron realizadas bajo las normas vigentes.

La cantidad total de los ensayos registrados es de 12 testigos, para la cual se adjunta el certificado correspondiente al final de esta misiva.

Agradeciendo por la confianza brindada, me suscribo de usted, no antes reiterarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente

LABORATORIO "GEOSEL" E.I.R.L

GEYSON RAUL FLORES PULCHA
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP.Nº233886

GEOSEL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO Y VENTA DE EQUIPOS DE INGENIERÍA
MÓVIL:979-708-196 / RUC N°20606667141 / JR. IQUITOS MZ. 17 LOTE 10 - YARINACOCHA
CORREO: geoselvapuc@gmail.com

TIPO DE ENSAYO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO

VERSION : N°1

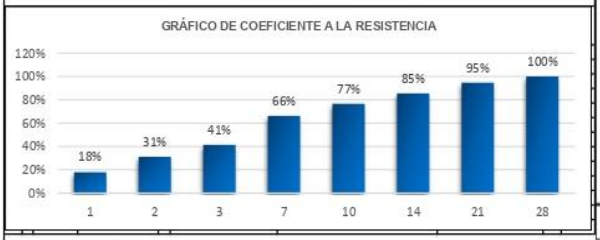
SOLICITA : LUIS GUERRERO
PROYECTO : ----------
CARTA N° : 049
FECHA DE ENSAYO : ----------
EQUIPO UTILIZADO : PRENSA SEMIAUTOMATICA
RESISTENCIA : Fc 210 kg/cm2
ENSAYO REALIZADO POR : ING.GEYSON RAUL FLORES PULCHA

LA VERSIÓN IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA FIRMA DEL INGENIERO RESPONSABLE

N°	ITEM	ESTRUCTURA / UBICACIÓN	CÓDIGO	Diseño F'c	Fecha de muestreo	Propiedades físicas		Características de Rotura					
						Diámetro (mm)	Área (cm^2)	Fecha	Edad (días)	Carga Aplicada (Kg)	f'c (kg/cm^2)	Tipo de falla	Resistencia a la edad (%)
1	-----	V-1 A 12% DE CUANTÍA	001	210	01/06/24	150	176.71	08/06/24	7	33,310	188	4	90
2	-----	V-2 A 25% DE CUANTÍA	002	210	01/06/24	150	176.71	08/06/24	7	32,350	183	4	87
3	-----	V-3 A 50% DE CUANTÍA	003	210	01/06/24	150	176.71	08/06/24	7	33,020	187	4	89
4	-----	V-4 A 75% DE CUANTÍA	004	210	01/06/24	150	176.71	08/06/24	7	40,000	226	4	108
5	-----	V-1 A 12% DE CUANTÍA	005	210	08/06/24	150	176.71	22/06/24	14	41,370	234	3	111
6	-----	V-2 A 25% DE CUANTÍA	006	210	08/06/24	150	176.71	22/06/24	14	39,840	225	5	107
7	-----	V-3 A 50% DE CUANTÍA	007	210	08/06/24	150	176.71	22/06/24	14	38,330	217	4	103
8	-----	V-4 A 75% DE CUANTÍA	008	210	08/06/24	150	176.71	22/06/24	14	44,920	254	4	121
9	-----	V-1 A 12% DE CUANTÍA	009	210	08/06/24	150	176.71	06/07/24	28	41,380	234	5	112
10	-----	V-2 A 25% DE CUANTÍA	010	210	08/06/24	150	176.71	06/07/24	28	44,050	249	3	119
11	-----	V-3 A 50% DE CUANTÍA	011	210	08/06/24	150	176.71	06/07/24	28	41,950	237	3	113
12	-----	V-4 A 75% DE CUANTÍA	012	210	08/06/24	150	176.71	06/07/24	28	48,110	272	3	130

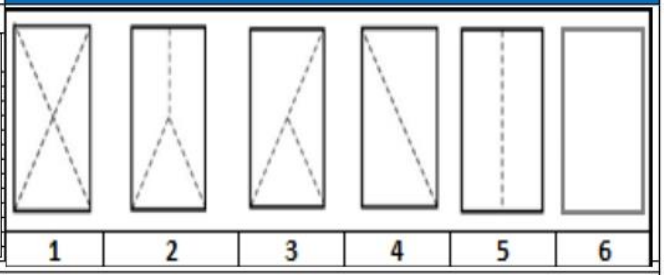
CUADRO DE MADUREZ DEL CONCRETO	
EDAD	COEFICIENTE A LA RESISTENCIA
1	18%
2	31%
3	41%
7	66%
10	77%
14	85%
21	95%
28	100%

Fórmula X(J) = J/(4.76 + 0.83 * J) * 100 = % (La letra "J" son los días)



DESCRIPCION	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA (%)
N° DE DATOS (ESPECÍMENES)	12	12
SUMATORIA	2,708	1,290
DESVIACION STANDARD	25.74	12.25
MINIMO	183	87
MAXIMO	272	130
PROMEDIO	226	107

TIPO DE FALLA DE ROTURAS DE PROBETAS



DETALLES DE LA MÁQUINA DE ENSAYO:
EQUIPO : PRENSA SEMIAUTOMATICA DE CONCRETO
CAPACIDAD : 1100 KN
MODELO : TCP - 341
SERIE N° : 746
AÑO FAB. : 2020

LABORATORIO "GEOSEL" E.I.R.L

GEYSON RAUL FLORES PULCHA
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP.N°233886

Según los resultados de ensayos a las probetas de concreto, las que cumplen de acuerdo a la madurez de edad a su resistencia conforme al ACI, se presenta a continuación:

N°	F'C (Kg/cm2)	ESTRUCTURA / UBICACIÓN	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA OBTENIDA KG/CM2	COEFICIENTE OBTENIDO A LA RESISTENCIA (%)	SEGÚN LA EDAD Y COEFICIENTE A LA RESISTENCIA POR EL "ACI"	ESTADO
1	210	V-1 A 12% DE CUANTÍA	1/06/2024	8/06/2024	7	188	90	7 DIAS A 66%	CUMPLE
2		V-2 A 25% DE CUANTÍA.	1/06/2024	8/06/2024	7	183	87	7 DIAS A 66%	CUMPLE
3		V-3 A 50% DE CUANTÍA	1/06/2024	8/06/2024	7	187	89	7 DIAS A 66%	CUMPLE
4		V-4 A 75% DE CUANTÍA	1/06/2024	8/06/2024	7	226	108	7 DIAS A 66%	CUMPLE
5		V-1 A 12% DE CUANTÍA	8/06/2024	22/06/2024	14	234	111	14 DIAS A 85%	CUMPLE
6		V-2 A 25% DE CUANTÍA	8/06/2024	22/06/2024	14	225	107	14 DIAS A 85%	CUMPLE
7		V-3 A 50% DE CUANTÍA	8/06/2024	22/06/2024	14	217	103	14 DIAS A 85%	CUMPLE
8		V-4 A 75% DE CUANTÍA	8/06/2024	22/06/2024	14	254	121	14 DIAS A 85%	CUMPLE
9		V-1 A 12% DE CUANTÍA	8/06/2024	6/07/2024	28	234	112	28 DIA A 100%	CUMPLE
10		V-2 A 25% DE CUANTÍA	8/06/2024	6/07/2024	28	249	119	28 DIA A 100%	CUMPLE
11		V-3 A 50% DE CUANTÍA	8/06/2024	6/07/2024	28	237	113	28 DIA A 100%	CUMPLE
12		V-4 A 75% DE CUANTÍA	8/06/2024	6/07/2024	28	272	130	28 DIA A 100%	CUMPLE

CONCLUSIÓN

De acuerdo al ensayo a la compresión de las doce (12) probetas de concreto y el resultado obtenido en el laboratorio, se concluye lo siguiente:

1. Que, las doce (12) probetas ensayadas cumplen y superan el coeficiente porcentual de la resistencia **desde los 7 días hasta los 28 días** estipulado en los parámetros ACI, dando un resultado **ACEPTABLE**

LABORATORIO "GEOSEL" E.I.R.L

GEYSON RAUL FLORES PULCHA
INGENIERO CIVIL - Reg. CIP.Nº233886

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE LABORATORIO

Certificado

INACAL
Instituto Nacional de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

CALIBRATEC S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Av. Chillón Lote 50 B Urb. Chacracerro, distrito de Comas, provincia de Lima y departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 26 de mayo de 2023
Fecha de Vencimiento: 25 de mayo de 2026

Firmado digitalmente por AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU 20600283015 soft
Fecha: 2023-06-21 17:08:44
Motivo: Soy el Autor del Documento

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ
Directora (d.t.). Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 159-2023-INACAL/DA
Contrato N°: : 029-2023/INACAL-DA
Registro N° : LC - 071

Fecha de emisión: 19 de junio de 2023

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL, es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0131-2023

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

1.	**Expediente**	0001
2.	**Solicitante**	LABORATORIO GEOSEL E.I.R.L.
3.	**Dirección**	JR. IQUITOS MZA. 17 LOTE. 10 UCAYALI - CORONEL PORTILLO - YARINACOCHA
4.	**Instrumento calibrado**	**MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO)**
	Marca	TECNICAS CP
	Modelo	TCP341
	N° de serie	746
	Identificación	No indica
	Procedencia	Perú
	Intervalo de indicación	0 kgf a 100000 kgf
	Resolución	10 kgf
	Clase de exactitud	No indica
	Modo de fuerza	Compresión
	Indicador Digital	
	Marca	WEIGHT INDICATOR
	Serie	No indica
	Modelo	X8
	Resolución	10 kgf
	Transductor de Presión	
	Marca	No indica
	Serie	No indica
	Modelo	No indica
5.	**Fecha de calibración**	2024-11-25

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2024-11-28

FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por: ASTETE SORIANO LUCIO FIR 42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14/11/2023 12:06:04-0500

CALIBRATEC S.A.C. LABORATORIO PERU

Jefe de Laboratorio

977 997 385 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624

Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventascalibratec@gmail.com
CALIBRATEC SAC

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Suelo de LABORATORIO GEOSEL E.I.R.L. ubicado en Jr. Iquitos Mza. 17 Lote. 10 Ucayali - Coronel Portillo - Yarinacocha

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	29,4 °C	29,5 °C
Humedad relativa	71 %	72 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 271 kg	INF-LE N° 093-23 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para maquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

977 997 385 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624
Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventascalibratec@gmail.com
CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-F-0131-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón						Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios	Promedio	
		Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Ascenso		
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
10	10000	9977	9982	9977	--	--	9978	22
20	20000	19949	19954	19949	--	--	19950	50
30	30000	29945	29950	29945	--	--	29947	53
40	40000	39946	39946	39946	--	--	39946	54
50	50000	49961	49966	49961	--	--	49963	37
60	60000	59951	59951	59961	--	--	59954	46
70	70000	69955	69975	69950	--	--	69960	40
80	80000	79993	79993	79998	--	--	79995	5
90	90000	89986	89986	89996	--	--	89990	10
100	100000	100033	100043	100038	--	--	100038	-38

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q	b	v	a		
%	kgf	%	%	%	%	%	%
10	10000	0,22	0,05	--	0,10	--	0,95
20	20000	0,25	0,03	--	0,05	--	0,53
30	30000	0,18	0,02	--	0,03	--	0,41
40	40000	0,13	0,00	--	0,03	--	0,36
50	50000	0,07	0,01	--	0,02	--	0,33
60	60000	0,08	0,02	--	0,02	--	0,32
70	70000	0,06	0,04	--	0,01	--	0,31
80	80000	0,01	0,01	--	0,01	--	0,30
90	90000	0,01	0,01	--	0,01	--	0,30
100	100000	-0,04	0,01	--	0,01	--	0,30

Clase de la escala de la maquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero
	q	b	v	a	f0
	%	%	%	%	%
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %

977 997 385 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624
Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventascalibratec@gmail.com
CALIBRATEC SAC

12. Incertidumbre

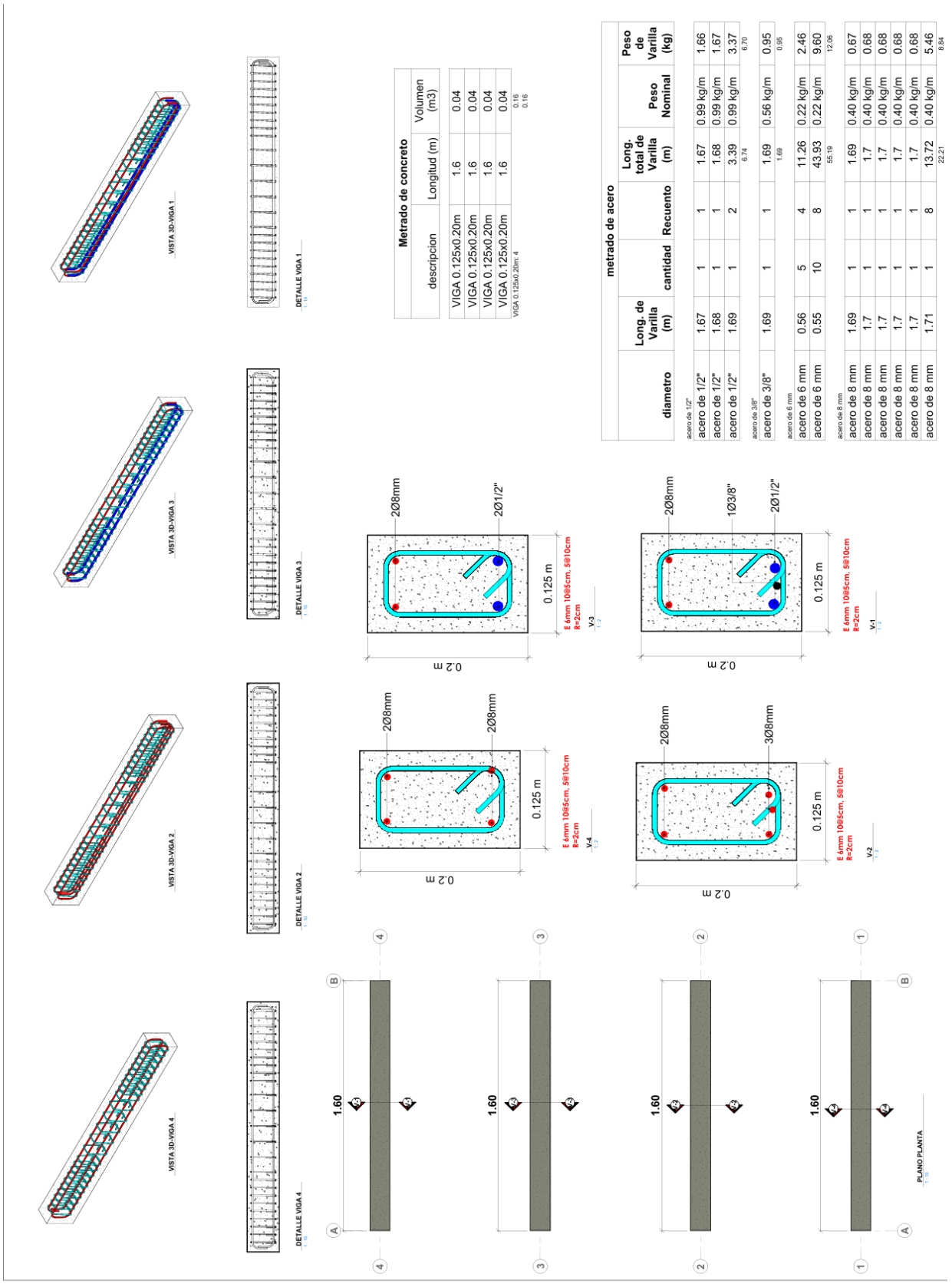
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

977 997 385 - 913 028 622
913 028 623 - 913 028 624
Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
ventascalibratec@gmail.com
CALIBRATEC SAC

ANEXO 4. PLANOS DETALLE DE ACERO



Metrado de concreto

descripcion	Longitud (m)	Volumen (m3)
VIGA 0.125x0.20m	1.6	0.04
VIGA 0.125x0.20m	1.6	0.04
VIGA 0.125x0.20m	1.6	0.04
VIGA 0.125x0.20m	1.6	0.04
VIGA 0.125x0.20m: 4		0.16
		0.16

metrado de acero

	diametro	Long. de Varilla (m)	cantidad	Recuento	Long. total de Varilla (m)	Peso Nominal	Peso de Varilla (kg)
acero de 1/2"							
	acero de 1/2"	1.67	1	1	1.67	0.99 kg/m	1.66
	acero de 1/2"	1.68	1	1	1.68	0.99 kg/m	1.67
	acero de 1/2"	1.69	1	2	3.39	0.99 kg/m	3.37
					6.74		6.70
acero de 3/8"							
	acero de 3/8"	1.69	1	1	1.69	0.56 kg/m	0.95
					1.69		0.95
acero de 6 mm							
	acero de 6 mm	0.56	5	4	11.26	0.22 kg/m	2.46
	acero de 6 mm	0.55	10	8	43.93	0.22 kg/m	9.60
					55.19		12.06
acero de 8 mm							
	acero de 8 mm	1.69	1	1	1.69	0.40 kg/m	0.67
	acero de 8 mm	1.7	1	1	1.7	0.40 kg/m	0.68
	acero de 8 mm	1.7	1	1	1.7	0.40 kg/m	0.68
	acero de 8 mm	1.7	1	1	1.7	0.40 kg/m	0.68
	acero de 8 mm	1.7	1	1	1.7	0.40 kg/m	0.68
	acero de 8 mm	1.71	1	8	13.72	0.40 kg/m	5.46
					22.21		8.84

ANEXO 5. PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 01: *Alquiler de probetas para la realización de testigos, para el ensayo de compresión del mortero armado de resistencia 210 kg/cm2.*



Fotografía 02: *Foto con los moldes de probetas, el cono de Abrams para medir la consistencia y fluidez del mortero de 210 kg/cm2 de resistencia*



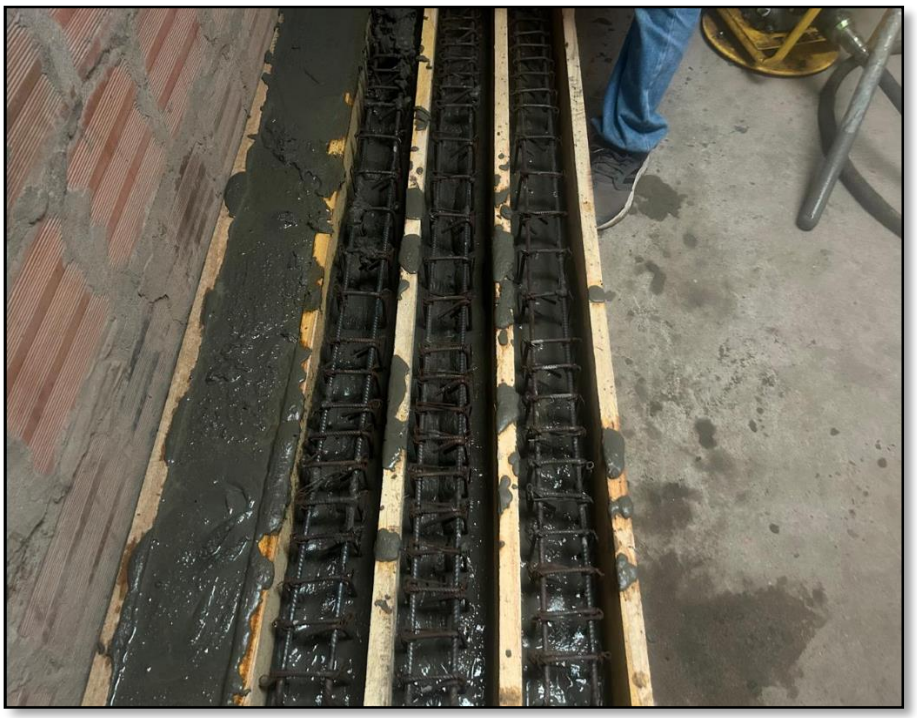
Fotografía 03: *Cantidad de materiales a utilizar según el diseño de mezcla del mortero, arena, cemento y mezcladora.*



Fotografía 04: *Encofrado de las vigas y armado del acero corrugado, previo al vaciado de mortero de resistencia 210 kg/cm2*



Fotografía 05: *Vaciado del mortero de resistencia 210 kg/cm2 en vigas de medidas 0.125x 0.20x 1.60 metros.*



Fotografía 06: *Realización del cono de Abrams para conocer la fluidez y consistencia del mortero de resistencia 210 kg/cm2.*



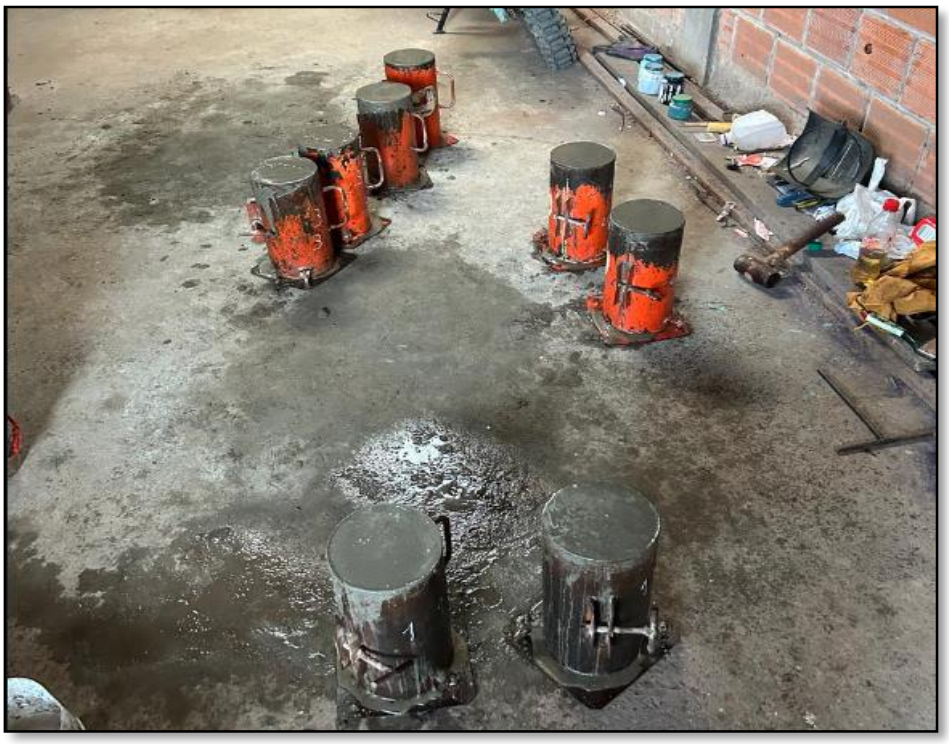
Fotografía 07: *Medida tomada en el ensayo de cono de Abrams del mortero de resistencia de 210 kg/cm2, dio como resultado un asentamiento de 4".*



Fotografía 08: *Colocación del concreto de mortero armado de resistencia 210 kg/cm2 en los moldes de probetas, realizando el chuzado y los golpes con el martillo de goma para quitar los vacíos en el concreto*



Fotografía 09: *Testigos de mortero armado listos para su fraguado, para ser ensayadas a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días.*



Fotografía 10: *Ensayo a compresión de los testigos de mortero tomadas del vaciado de vigas de mortero armado.*



Fotografía 11: *Resultados de los testigos de mortero ensayadas a compresión*



Fotografía 12: *Embalaje de las vigas de mortero armado de medidas 0.125x 0.20 metros, para ser enviadas a la ciudad de lima, a la Pontificia Universidad Católica del Perú.*



Fotografía 13: *Laboratorio antisísmica de la Pontificia Universidad Católica del Perú*



Fotografía 14: *Colocación de las vigas de mortero armado en Pallets de madera para su transporte hacia las maquinas del laboratorio antisísmicas de la PUCP, para la realización de los ensayos respectivos a flexión.*



Fotografía 15: *Colocación de los apoyos en el centro y eje de las vigas de mortero armado, para ser ensayadas a flexión.*



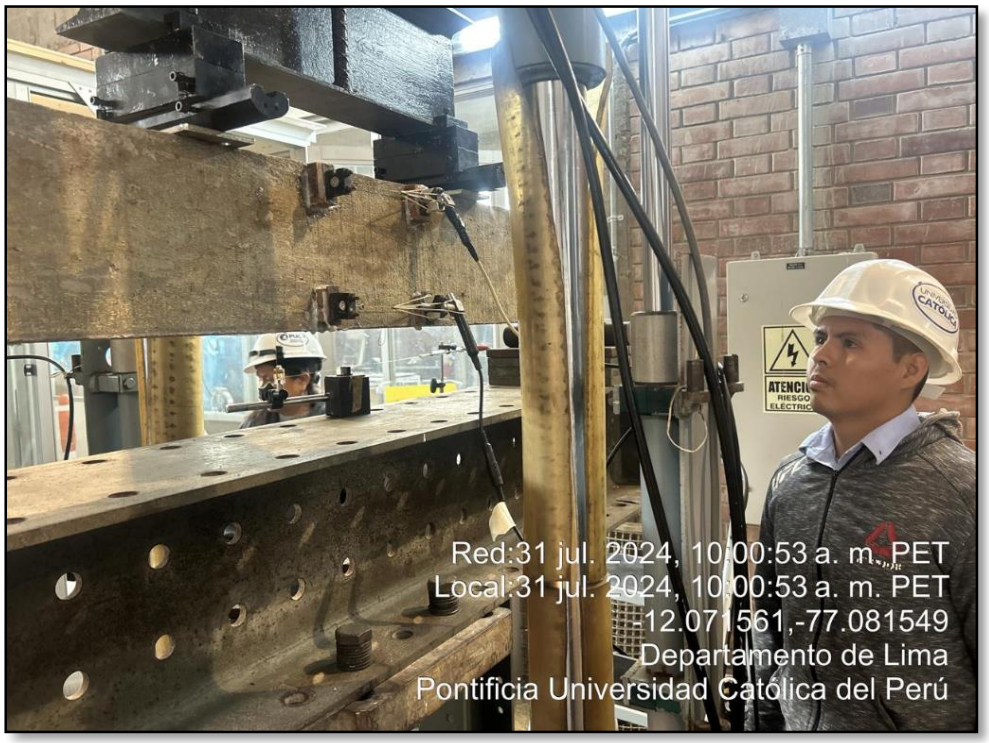
Fotografía 16: *Colocación de los apoyos en el centro y eje de las vigas de mortero armado, para la medición de las deflexiones que tomaran las vigas al ser aplicadas a una fuerza.*



Fotografía 17: *Ensayo a flexión de la viga N° 01, aplicación de una carga dividida en dos puntos ubicados a 1/3 de la longitud de la viga.*



Fotografía 18: *Sensores colocados para determinar las deflexiones producto de la carga aplicada a la viga de mortero armado.*



Fotografía 19: *Datos mostrados producto del ensayo a flexión de la viga de mortero armado*



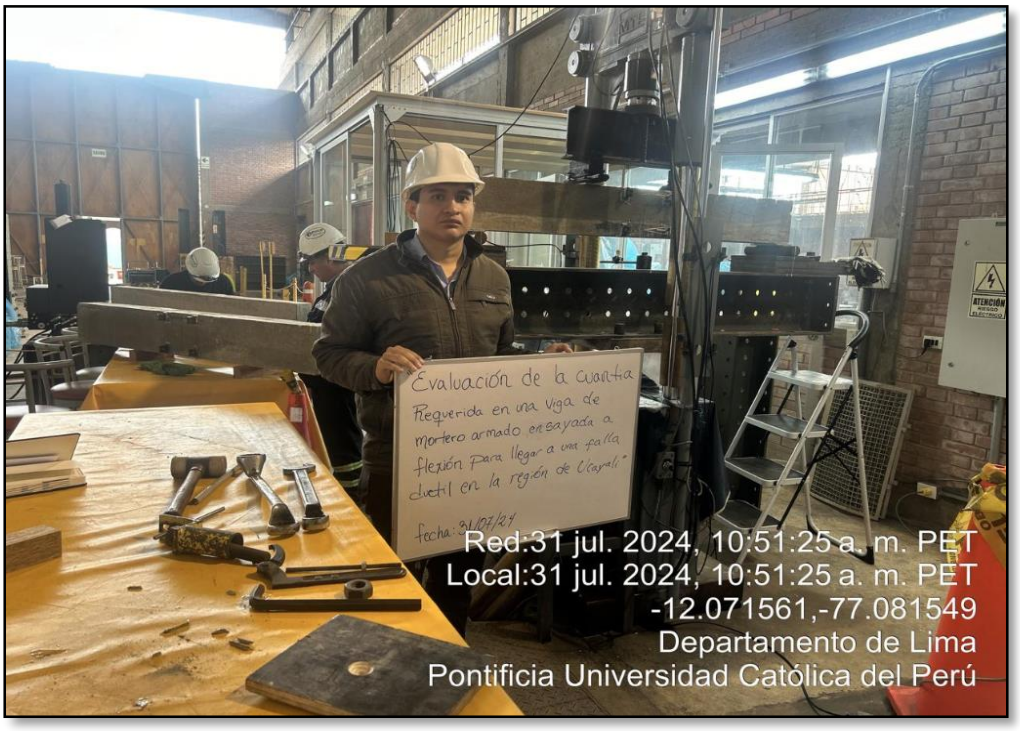
Fotografía 20: *Datos mostrados producto del ensayo a flexión de la viga de mortero armado*



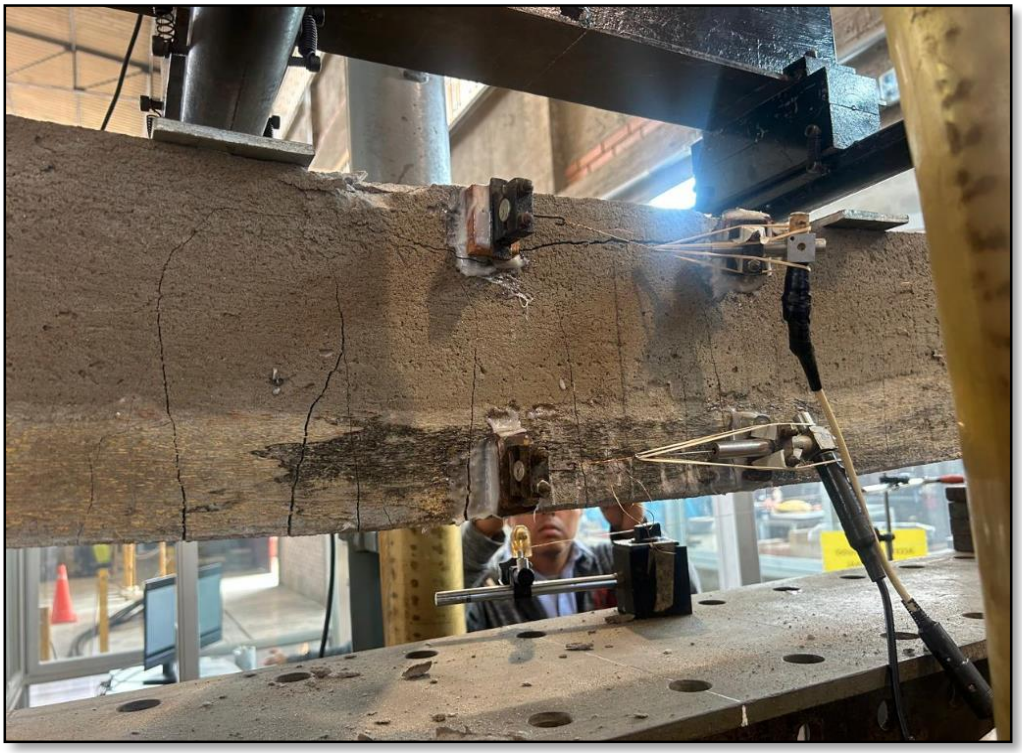
Fotografía 21: *Estado final de la viga una vez aplicada la carga hasta que esta falle, donde se puede apreciar las fisuras provocadas por la carga aplicada.*



Fotografía 22: *Ensayo a flexión de la viga N° 02, aplicación de una carga dividida en dos puntos ubicados a 1/3 de la longitud de la viga.*



Fotografía 23: *Estado final de la viga una vez aplicada la carga hasta que esta falle, donde se puede apreciar las fisuras provocadas por la carga aplicada.*



Fotografía 24: *Transporte mediante una grúa de la viga una vez terminado el ensayo a flexión.*

