

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**TESIS:**

“Influencia de los empalmes del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021”.

Presentado por:

**Bach. EDDISON, VILLARROEL HUILLCA**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Abancay – Apurímac – Perú**

**2022**

**Tesis:**

“Influencia de los empalmes del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021”.

**Línea de investigación:**

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible

**Asesor:**

Mg. Fredy Quispe Ferrel



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“INFLUENCIA DE LOS EMPALMES DEL ACERO DE REFUERZO EN LA  
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS, CIUDAD DE  
ABANCAY, 2021”.**

Presentado por Bach. **EDDISON VILLARROEL HUILLCA**, para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**.

Sustentado y aprobado el 23 de Diciembre del 2022, ante el jurado:

**Presidente:** Mg. Calixto Cañarí Otero.  
**Primer miembro:** Mg. Wilfredo Soto Palomino.  
**Segundo miembro:** MSc. Angel Maldonado Mendivil.  
**Asesor:** Mg. Fredy Quispe Ferrel.

## **Dedicatoria**

A mi padre y madre, como eterna muestra de gratitud y ser mi inspiración de superación.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional y consejos para llegar a mis objetivos.

## **Agradecimiento**

Al Mg Fredy Quispe Ferrel asesor de tesis, por el soporte continuo y disposición, a lo largo del desarrollo de la investigación.

A mis primos David, Milton y Carlos, por estar siempre presentes en los distintos proyectos emprendidos y su colaboración constante.

## Índice de contenido

Portada.....	ii
Post portada.....	ii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenido.....	vi
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras.....	xiv
Acrónimos y siglas.....	xvi
Resumen.....	xvii
Abstract.....	xviii
Introducción.....	xix
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Formulación de problemas.....	2
1.2.2 Problema general.....	3
1.2.3 Problemas específicos.....	3
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.4 Objetivos de la investigación.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4

1.5	Delimitación de la investigación .....	4
1.5.1	Espacial.....	4
1.5.2	Temporal.....	4
1.5.3	Social.....	4
1.5.4	Conceptual.....	5
1.6	Viabilidad de la investigación .....	5
1.6.1	Económica.....	5
1.6.2	Acceso a las muestras.....	5
1.6.3	Técnica.....	5
1.7	Limitaciones .....	6
1.7.1	Limitaciones tecnológicas .....	6
1.7.2	Limitaciones científicas.....	6
Capítulo II: Marco teórico .....		7
2.1	Antecedentes de investigación.....	7
2.1.1	A nivel internacional.....	7
2.1.2	A nivel nacional.....	9
2.1.3	A nivel regional y local.....	12
2.2	Bases teóricas.....	12
2.2.1	Acero de refuerzo .....	12
2.2.2	Varillas de refuerzo .....	12

2.2.3	Propiedades del acero de refuerzo .....	14
2.2.4	Relación esfuerzo – deformación del acero de refuerzo .....	14
2.2.5	Propiedades mecánicas de las barras ASTM A615 grado 60 .....	15
2.2.6	Adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo .....	15
2.2.7	Diseño de mezcla .....	15
2.2.8	Recubrimiento mínimo de acero en vigas .....	16
2.2.9	Ganchos estándar .....	16
2.2.10	Diseño en concreto armado.....	17
2.2.11	Predimensionamiento de vigas simplemente apoyadas.....	17
2.2.12	Diseño de acero de refuerzo longitudinal.....	19
2.2.13	Refuerzo transversal a corte.....	22
2.2.14	Empalme traslapado .....	23
2.2.15	Empalme soldado.....	24
2.2.16	Empalme mecánico roscado .....	33
2.2.17	Ensayo a flexión. ....	36
2.2.18	Fabricación de vigas simplemente apoyadas.....	38
2.2.19	comportamiento estructural a flexión de una viga simplemente apoyada.....	39
2.2.20	Fallas en sección sometida a flexión.....	41
2.3	Marco conceptual .....	42

Capítulo III: Metodología de investigación .....	45
3.1 Hipótesis .....	45
3.1.1 Hipótesis general.....	45
3.1.2 Hipótesis específica .....	45
3.2 Método .....	46
3.2.1 Método .....	46
3.2.2 Enfoque.....	46
3.2.3 Recolección de datos.....	46
3.3 Tipo de investigación.....	47
3.4 Nivel o alcance la investigación.....	47
3.5 diseño de la investigación .....	47
3.5.1 diseño.....	47
3.5.2 estudio del diseño.....	47
3.6 Operacionalización de variables.....	48
3.7 Población, muestra y muestreo .....	51
3.7.1 Población .....	51
3.7.2 Muestra .....	51
3.7.3 Muestreo .....	52
3.8 Técnicas e instrumentos .....	53
3.8.1 Instrumentos de recolección de datos .....	53

3.8.2	Validación de instrumentos.....	54
3.8.3	Confiabilidad.....	54
3.9	Consideraciones éticas .....	54
3.10	Procesamiento estadístico .....	54
Capítulo IV: Resultados y discusión .....		57
4.1	Resultados .....	57
4.1.1	Diseños preliminares para establecer la influencia de los aceros de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas .....	57
4.1.2	Resultados objetivo específico O <sub>1</sub> .....	62
4.1.3	Resultados objetivo específico O <sub>2</sub> .....	64
4.1.4	Resultados objetivo específico O <sub>3</sub> .....	67
4.1.5	Resultados objetivo general .....	69
4.2	Discusión de resultados .....	70
4.2.1	Discusión de resultados hipótesis específico H <sub>1</sub> .....	70
4.2.2	Discusión de resultados hipótesis específico H <sub>2</sub> .....	71
4.2.3	Discusión de resultados hipótesis específico H <sub>3</sub> .....	71
4.2.4	Discusión de resultados hipótesis general.....	72
4.3	Prueba de hipótesis.....	72
4.3.1	Prueba de hipótesis específica H <sub>1</sub> .....	73
4.3.2	Prueba de hipótesis específica H <sub>2</sub> .....	74

4.3.3 Prueba de hipótesis específica $H_3$ .....	76
4.3.4 Prueba de hipótesis general .....	77
Conclusiones.....	79
Recomendaciones.....	81
Bibliografía .....	82
Anexos .....	87

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Características de las varillas corrugadas</i> .....	13
<b>Tabla 2</b> <i>Diseño de mezcla en unidad peso</i> .....	16
<b>Tabla 3</b> <i>Diseño de mezcla unidad de volumen</i> .....	16
<b>Tabla 4</b> <i>Medidas de empalmes</i> .....	24
<b>Tabla 5</b> <i>Composición química acero ASTM 615 grado 60</i> .....	28
<b>Tabla 6</b> <i>Esfuerzos permisibles</i> .....	32
<b>Tabla 7</b> <i>Esfuerzos permisibles</i> .....	33
<b>Tabla 8</b> <i>Área de esfuerzo a tensión</i> .....	36
<b>Tabla 9</b> <i>Tabla de operacionalización de variables</i> .....	49
<b>Tabla 10</b> <i>Cantidad de Ensayos de Especímenes Correspondientes al Indicador por Flexión</i> .....	52
<b>Tabla 11</b> <i>Ubicación de Ficha Técnica</i> .....	53
<b>Tabla 12</b> <i>Resultado de Diseño de mezcla en peso</i> .....	57
<b>Tabla 13</b> <i>Resultado de diseño de mezcla en volumen</i> .....	58
<b>Tabla 14</b> <i>Dimensiones de viga simplemente apoyada</i> .....	58
<b>Tabla 15</b> <i>Resultados de cuantía de refuerzo y momento ultimo</i> .....	59
<b>Tabla 16</b> <i>Distribución de refuerzo transversal</i> .....	60
<b>Tabla 17</b> <i>Longitud de empalme traslapado</i> .....	60
<b>Tabla 18</b> <i>Fuerza cortante, esfuerzo a tensión y electrodo seleccionado</i> .....	61
<b>Tabla 19</b> <i>Resultados de diseño de empalme mecánico</i> .....	61
<b>Tabla 20</b> <i>Resultados de resistencia a la flexión en empalme tipo traslapado</i> .....	62

<b>Tabla 21</b> <i>Valores de puntos característicos de grafico momento ultimo vs. deformación de valor promedio de ensayos empalme traslapado</i> .....	63
<b>Tabla 22</b> <i>Resultados de resistencia a la flexión empalme tipo soldado</i> .....	65
<b>Tabla 23</b> <i>Valores de puntos característicos de grafico momento ultimo vs deformación de valor promedio de ensayos empalme soldado</i> .....	66
<b>Tabla 24</b> <i>Resultados de resistencia a la flexión empalme tipo mecánico</i> .....	67
<b>Tabla 25</b> <i>Valores de puntos característicos de grafico momento ultimo vs deformación de valor promedio de ensayos empalme mecánico</i> .....	68
<b>Tabla 26</b> <i>Resultado del promedio general</i> .....	70
<b>Tabla 27</b> <i>Resultados de prueba de hipótesis específica <math>H_1</math></i> .....	73
<b>Tabla 28</b> <i>Resultados de prueba de hipótesis específica <math>H_2</math></i> .....	75
<b>Tabla 29</b> <i>Resultados de prueba de hipótesis específica <math>H_3</math></i> .....	76
<b>Tabla 30</b> <i>Prueba de hipótesis general</i> .....	78

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Corrugaciones en la superficie del acero</i> .....	13
<b>Figura 2</b> <i>Curva esfuerzo – deformación y módulo de elasticidad del acero</i> .....	14
<b>Figura 3</b> <i>Diagrama de deformaciones para bloques equivalentes de concreto</i> .....	19
<b>Figura 4</b> <i>Distribución de esfuerzos en empalme traslapado</i> .....	23
<b>Figura 5</b> <i>Arco eléctrico manual con electrodo revestido</i> .....	26
<b>Figura 6</b> <i>Diagrama contenido de carbono vs carbono equivalente</i> .....	28
<b>Figura 7</b> <i>Zonas de Unión y Afectadas por la Temperatura</i> .....	30
<b>Figura 8</b> <i>Soldadura a Tope con Bisel</i> .....	30
<b>Figura 9</b> <i>Conector Mecánico Roscado Planteado</i> .....	34
<b>Figura 10</b> <i>Esquema para la Prueba de Flexión</i> .....	37
<b>Figura 11</b> <i>Grafica de momento ultimo a los tercios del tramo</i> .....	38
<b>Figura 12</b> <i>Diagrama de momento flector sometida a cargas a los tercios del tramo</i> ....	39
<b>Figura 13</b> <i>Cambio de los esfuerzos y deformaciones al incrementar la fuerza aplicada</i> .....	40
<b>Figura 14</b> <i>Diagrama momento ultimo vs. deflexión</i> .....	41
<b>figura 15</b> <i>Región crítica para hipótesis alternativa</i> .....	56
<b>Figura 16</b> <i>Detalle de distribución de acero de refuerzo</i> .....	59
<b>Figura 17</b> <i>Gráfico momento ultimo vs. deformación de valor promedio de ensayos empalme traslapado</i> .....	63
<b>Figura 18</b> <i>Fisuras presentes en viga luego del ensayo y verificación de daños en aceros de refuerzo traslapado</i> .....	64

<b>Figura 19</b> <i>Gráfico momento ultimo vs deformación de valor promedio de ensayos empalme soldado</i> .....	65
<b>Figura 20</b> <i>Fisuras presentes en viga luego del ensayo y verificación de daños en aceros de refuerzo soldado</i> .....	66
<b>Figura 21</b> <i>Gráfico momento ultimo vs. deformación de valor promedio de ensayos empalme mecánico</i> .....	68
<b>Figura 22</b> <i>Fisuras presentes en viga luego del ensayo y verificación de daños en aceros de refuerzo mecánico</i> .....	69
<b>Figura 23</b> <i>Regiones de aceptación y rechazo</i> .....	73
<b>Figura 24</b> <i>Ubicación del valor t de prueba hipótesis específica <math>H_1</math></i> .....	74
<b>Figura 25</b> <i>Ubicación del valor t de prueba hipótesis específica <math>H_2</math></i> .....	75
<b>Figura 26</b> <i>Ubicación de valor t de prueba hipótesis específica <math>H_3</math></i> .....	77
<b>Figura 27</b> <i>Ubicación de valor t de prueba hipótesis específica <math>H_3</math></i> .....	78

## **Acrónimos y siglas**

ACI	: American Concrete Institute.
ASTM	: American Society for Testing and Materials
AWS	: American Welding Society.
CAPECO	: Cámara Peruana de la Construcción.
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
NTC	: Norma Técnica Colombiana.
NTP	: Norma Técnica Peruana.
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
NSR	: Norma de Sismo Resistencia en Colombia
PUCP	: Pontificia Universidad Católica del Perú

## Resumen

En el presente estudio se determinó como objetivo general la influencia de los empalmes del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas; se utilizaron empalmes del tipo traslapado, soldado y mecánico autoconstruido, se utilizó como refuerzo al acero American Society for Testing and Materials (ASTM) 615 Grado 60.

La metodología utilizada en el estudio, se realizó bajo el enfoque cuantitativo, diseño experimental, se diseñaron y ensayaron 9 muestras en total, con medida de sección transversal de 0.25 x 0.30 m con una luz libre de 3 m, siendo 3 muestras del tipo de empalme traslapado, 3 del tipo de empalme soldado y 3 del tipo mecánico autoconstruido, las vigas fueron ensayadas con cargas puntuales a los tercios de su luz libre, se determinó la resistencia última a flexión, se registraron las deformaciones en las vigas al incrementar las cargas aplicadas en las vigas; para la contrastación de hipótesis se utilizó la distribución t student tomándose como nivel de confianza el 95%, comparando los resultados de los momentos de ensayo y el momento último de acero colocado.

Se concluye, de los ensayos a flexión sometidas a las vigas simplemente apoyadas de los empalmes planteados arrojaron un momento último a flexión promedio general superior en un porcentaje de 11.13% respecto al momento último de acero colocado, confirmando la influencia en la resistencia a flexión de los empalmes del acero de refuerzo en vigas simplemente apoyadas.

**Palabras clave:** empalmes de acero de refuerzo, empalme traslapado, empalme soldado, empalme mecánico, resistencia a la flexión.

## Abstract

In the present study, the influence of reinforcing steel splices on bending strength in simply supported beams was determined as a general objective; splices of the overlapping type, welded and self-built mechanic were used, it was used as reinforcement to Society for Testing and Materials (ASTM) 615 grade 60 steel.

The methodology used in the study, was carried out under the quantitative approach, experimental design, 9 samples were designed and tested in total, with cross-sectional measurement of 0.25 x 0.30 m with a clear span of 3 m, being 3 samples of the overlapping splice type, 3 of the welded splice type and 3 of the self-constructed mechanical type, the beams were tested with point loads at one-thirds of their free span, the ultimate bending strength was determined, the deformations in the beams were recorded when increasing the loads applied to the beams; For the hypothesis testing, the T Student distribution was used, taking 95% as the confidence level, comparing the results of the test moments and the last moment of steel placed.

It is concluded, from the bending tests subjected to the simply supported beams of the raised joints yielded a last moment at general average bending higher by a percentage of 11.13% with respect to the last moment of steel placed, confirming the influence on the bending strength of the splices of the reinforcing steel in simply supported beams.

**Keywords:** reinforcing steel splices, overlap splicing, welded splicing, mechanical splicing, flexural strength.

## Introducción

En los últimos años los empalmes del tipo mecánico y soldados, figuran como una alternativa a los empalmes del tipo traslapado, que actualmente es el tipo de empalme más utilizado debido a su bajo costo y fácil armado.

El uso de empalmes en las actividades de armado en uniones de los aceros en vigas, es indispensable debido a que en algún punto es preciso conectar barras de acero de refuerzo cuando se excede la longitud de fabricación de estas. La informalidad de las construcciones en nuestro medio, con lleva a un inadecuado control de armado de acero de refuerzo de los elementos estructurales, como las vigas componentes de las edificaciones, teniendo como consecuencia la presencia de gran cantidad de desperdicios y congestión de acero de refuerzo, al no realizar los empalmes en forma escalonada de acuerdo a las recomendaciones de la normas nacionales e internacionales.

Por tal motivo, el estudio presente denominada influencia de los empalmes del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, tiene como objetivo establecer los efectos que ocasionan los empalmes del tipo traslapado, soldado y mecánico en la capacidad de resistencia a la flexión de vigas simplemente apoyadas. El estudio se basó en realizar ensayos de flexión a las muestras de vigas sometiénolas a cargas puntuales a los tercios de su luz, con las magnitudes registradas en los ensayos, se determinó la resistencia promedio a flexión de los empalmes traslapado, soldado y mecánico, cuantificando la variación de estas respecto al momento de flexión de acero colocado en la viga.

El estudio presente comprende 4 capítulos; capítulo I donde, se desarrolló la realidad problemática relacionando los desperdicios y congestión de acero con la importancia de los tipos de empalmes acero de refuerzo, los objetivos planteados para establecer la influencia de los empalmes de acero de refuerzo y su resistencia a la flexión del acero colocado resultado del diseño estructural del acero de refuerzo; capítulo II donde, se presenta la teoría necesaria sustentando con el estado de arte de investigación, así como las bases de teorías en relación al planteamiento del problema y los conceptos fundamentales; capítulo III donde, se muestra, la metodología y contrastación de hipótesis, se realizó bajo el enfoque cuantitativo, diseño experimental, se diseñaron y ensayaron 9 muestras en total; capítulo IV donde, se desarrolló el procesamiento de los resultados obtenidos en los ensayos a flexión de las vigas, de acuerdo a los objetivos de investigación planteados, se realizó la discusión de resultados, contrastando con los resultados de los antecedentes de indagación y los obtenidos en el presente estudio, se presenta la prueba de hipótesis y su influencia de acuerdo a las hipótesis de investigación; posteriormente, se menciona las conclusiones específicas y generales, así como las recomendaciones de acuerdo a los objetivos de investigación planteados, se concluye que los empalmes del tipo traslapado, obtuvieron un incremento en un porcentaje 14.81% respecto al momento ultimo de acero colocado, presentando una mayor resistencia a flexión, respecto a los empalmes del tipo solado y mecánico.

## **Capítulo I: Planteamiento del problema**

### **1.1 Realidad problemática**

En el mundo el empalme del tipo traslapado utilizado en vigas, en la actualidad es el método de empalme más empleado, siendo imprescindible su uso ya que en algún lugar de los elementos es necesario empalmar los acero de refuerzo cuando exceden la longitud de fabricación de estas, según se señale en el diseño de la estructura, sin embargo, estudios realizados en el control de consumo de acero de refuerzo en obras de edificaciones de edificios determinaron un 20% de desperdicio en acero, incrementando el costo total de la obra en un 4.31% (Galarza, 2011). Las longitudes del empalme traslapado van incrementándose en virtud de los diámetros de los aceros de refuerzo ocasionándose congestión en estas zonas, al realizar los empalmes en una sola zona, pudiéndose producir fallas frágiles, debido a una mala distribución de empalmes. Por otro lado, se encuentran los empalmes del tipo mecánico y soldado, los cuales son una alternativa de uso en estructuras de concreto armado pudiéndose reducir en forma significativa la congestión de zonas de empalme, y los desperdicios en forma significativa (González y Cuevas, 2018). Asimismo,

señala que, debido a la ausencia de información técnica, la utilización de empalmes mecánicos se limita a proyectos de gran envergadura o en el caso de los empalmes soldados la norma American Concrete Institute (ACI) 318 limita el uso de estas.

En el PERÚ, se realizó estimaciones de las cantidades de desperdicios de barras de refuerzo en la construcción de 02 edificio, determinándose un 15% de desperdicios, ocasionando un incremento del 3.5% del costo total (Galarza, 2011). De acuerdo a la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), en el territorio nacional el 80% de las viviendas son edificaciones informales, incluso esta cifra alcanza el 90% en zonas periféricas de las ciudades (cifras del año 2021), no teniéndose un adecuado seguimiento técnico, por lo que puede producir zonas de alta congestión de aceros con llevando a fallas frágiles en las estructuras.

Las edificaciones de viviendas, en la ciudad de Abancay, son de mayor porcentaje de carácter informal, por lo que no se cuenta con un adecuado control técnico profesional, a causa de esta mala práctica constructiva, los empalmes no son armados en forma escalonada de acuerdo a lo establecido en la norma E.060 produciéndose congestión de acero en estas zonas, así como el inadecuado control de desperdicios, por esta razón se busca tener mayor conocimiento de los tipos de empalmes de acero de refuerzo y su influencia en la resistencia a flexión, en el diseño de vigas.

## **1.2 Planteamiento del problema**

### ***1.2.1 Formulación de problemas***

Según Hernández R. y otros (2014) indica: la formulación del problema debe direccionar al investigador para encontrar las respuestas adecuadas, organizan y delimitan la investigación.

### **1.2.2 Problema general**

¿Cuál es la Influencia de los empalmes del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021?

### **1.2.3 Problemas específicos**

**P1.** ¿Cuál es la influencia del empalme tipo traslapado del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021?

**P2.** ¿Cuál es la influencia del empalme tipo soldado del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021?

**P3.** ¿Cuál es la influencia del empalme tipo mecánico del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021?

## **1.3 Justificación de la investigación**

La presente investigación brinda un aporte sobre el conocimiento de los tipos de empalmes que se utilizan en el armado y habilitación del acero de refuerzo, así como su influencia en la capacidad de resistencia a flexión en la construcción de vigas simplemente apoyadas, mediante ensayos de flexión.

Mediante la investigación de los tipos de empalmes de los aceros de refuerzo y su influencia respecto a la capacidad de resistencia a flexión en vigas simplemente apoyadas, se planteó la reducción de congestión de acero producidas en las zonas de empalmes de acero de refuerzo y desperdicios producidos por el corte de acero.

Es de vital relevancia el presente estudio, ya que se busca la reducción de los desperdicios producidos en los empalmes de barras de refuerzo traslapado, de esta manera contribuir en el ahorro en los costos del acero de refuerzo.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Determinar la influencia de los empalmes del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

**O1.** Determinar la influencia del empalme tipo traslapado del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021.

**O2.** Determinar la influencia del empalme tipo soldado del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021.

**O3.** Determinar la influencia del empalme tipo mecánico del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021.

## **1.5 Delimitación de la investigación**

### ***1.5.1 Espacial***

Se desarrollo el presente estudio, en la ciudad de Abancay, departamento de Apurímac, Perú, todos los insumos, armado y habilitación de acero, equipos, así como ensayos necesarios fueron realizados en esta ciudad.

### ***1.5.2 Temporal***

El presente estudio se ejecutó entre los meses comprendidos entre enero a junio del 2022, siendo un tiempo de 6 meses, comprendiendo las labores de diseño estructural, fabricación de vigas, procesamiento de resultados de ensayo y redacción de informe final de tesis.

### ***1.5.3 Social***

No corresponde para la ejecución de esta investigación.

#### **1.5.4 Conceptual**

Se estudiaron los tipos de empalmes de las barras de acero en función a la capacidad de carga máxima, y su influencia en la resistencia a la flexión en vigas, según los resultados registrados en los instrumentos de recolección de datos y procesados en los ensayos de flexión, se utilizó una capacidad a compresión del concreto  $f_c=20.59$  MPa, la barra de refuerzo será fabricado bajo la ASTM A615 Grado 60 con un  $f_y=411.88$  MPa, se fabricarán empalmes del tipo traslapado, soldado y mecánico con materiales de fácil acceso en la ciudad de Abancay.

### **1.6 Viabilidad de la investigación**

#### **1.6.1 Económica**

los medios de financiamiento fueron cubiertos por el estudiante investigador del presente estudio en su totalidad, no requiriendo apoyo adicional alguno.

#### **1.6.2 Acceso a las muestras**

se tuvo libre acceso a las vigas simplemente apoyadas siendo un total de 9 muestras, para el registro de los datos de los ensayos a flexión realizados, necesarios para la realización del estudio.

#### **1.6.3 Técnica**

se contó con instrumentos y equipos necesarios para el registro y análisis de datos necesarios durante los ensayos de flexión realizados en las vigas, se utilizaron fichas de registro de datos validados, así como la confiabilidad de estas fichas.

## **1.7 Limitaciones**

### ***1.7.1 Limitaciones tecnológicas***

Durante la elaboración del presente estudio se presenta limitaciones tecnológicas al no contarse con un equipo de ensayo especializado para el monitoreo mediante un software de las fuerzas aplicadas y deformaciones en las muestras de vigas simplemente apoyadas.

### ***1.7.2 Limitaciones científicas***

No se cuenta con una bibliografía e investigaciones especializadas sobre tipos de empalmes y comportamiento a flexión en vigas simplemente apoyadas dificultando el correcto estudio.

## **Capítulo II: Marco teórico**

### **2.1 Antecedentes de investigación**

#### **2.1.1 *A nivel internacional***

Hernández (2018), el objetivo fue establecer un tipo de empalme soldado para barras de acero de refuerzo, elaborado dentro de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 2289, con un diámetro de 1/2 pulg, para ser usados como refuerzo de concreto armado. La muestra fue de 53 probetas, con longitudes variables y diámetros de 1/2 pulg y 3/4 pulg, se tomó el diseño de investigación experimental. Se concluyó en la investigación que los empalmes soldados tuvieron capacidad de carga mayor a 1.25 veces el esfuerzo de fluencia del acero. Adicionalmente en los ensayos se observaron fallas por fluencia ubicada a una longitud promedio de 7.8 veces el diámetro de acero, medida desde la zona adyacente al empalme.

Gonzalez y Cueva (2018), el objetivo principal fue estudiar la viabilidad económica de los empalmes del tipo traslapado en contraste con los empalmes mecánicos, así como estimar el desempeño que presentan estos y cual presenta mayor resistencia. El tamaño de muestra para los ensayos fueron de 1 probeta de 1 pulg de diámetro, ensayado a tracción con 28.22 t de carga de

rotura, así como 1 probeta de 3/4 pulg sometido a pruebas de tracción de 17.01 t de carga de rotura, se utilizó el diseño experimental, método cuantitativo, con un alcance explicativo-descriptivo, se concluye en la investigación que a diámetros mayores los costos de los empalmes por traslape son similares a los costos de empalmes mecánicos, los empalmes mecánicos presentan una resistencia a tracción en un rango del 125% al 150% superior al empalme por traslape.

Mora y Ortega (2021), el objetivo general de la investigación fue contrastar los costos y la resistencia a tracción del empalmes traslapado con los empalmes del tipo mecánico, se tuvieron como muestra 8 probetas de diámetros 1/2 pulg, 5/8 pulg y 3/4 pulg , con conectores de tipo tornillo y roscado, adicionalmente se realizaron los ensayos de tracción de 3 barras de acero corrugado de diámetros 1/2 pulg, 5/8 pulg y 3/4 pulg, se utilizó el diseño experimental, enfoque cuantitativo, nivel de alcance comparativo, se concluye que los ensayos de tracción a empalmes mecánicos planteados en el estudio cumplieron con la norma American Concrete Institute (ACI) 318, correspondiente a resistir como mínimo 1.25 veces el esfuerzo de fluencia de las barras de acero de refuerzo, siendo esta capacidad mayor a la resistencia de los empalmes traslapados.

Romero y Rodríguez (2018), tuvo como objetivo principal determinar experimentalmente el comportamiento pseudoestático de un tipo de empalme soldado a tope con refuerzo de encamisado para barras de acero longitudinal corrugado NTC 2289 de diámetro N°6 en elementos estructurales solicitados a flexión, La muestra conto con 5 probetas tipo viga ensayado en las instalaciones de la Pontificia Universidad Javeriana, se utilizó el diseño experimental, enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo-descriptivo, las conclusiones del estudio indican que el empalme soldado fabricado con camisas perimetrales de refuerzo y electrodo 9018, es capaz de desarrollar una resistencia de 1.25 veces el esfuerzo de fluencia requerido por el reglamento NSR-10 y por la NTC 2289, por lo cual no limita su uso en zonas de presencia de alta sismicidad.

López (2019), el objetivo general fue generar referencias que permita estudiar la utilización de soldadura en armaduras de refuerzo, prefabricadas en concreto armado, la muestra fueron 4 probetas soldadas de 16 mm de diámetro y 4 probetas de 22 mm, se usó el diseño experimental, alcance descriptivo – explicativo, enfoque cuantitativo, se concluyó de los ensayos a tracción que las barras de 16 mm presentan una menor resistencia que las de 22 mm, las deformaciones registradas en las barras de 22 mm (disminución de hasta un 13.6%) son mayores que en barras las de 16 mm. Como conclusión principal se señala que el efecto de la soldadura en las barras ensayadas no altera de manera significativa las propiedades mecánicas en las barras de refuerzo estudiadas.

Alvis y Guerra (2020), tiene como objetivo principal estudiar las propiedades mecánicas de las barras de refuerzo al ser sometida a ensayos de tracción, los costos y comportamiento práctico de los empalmes del tipo mecánico roscado, que se utilizan en la construcción de edificaciones, la muestra de ensayo consto de 30 probetas de diámetro de acero de 1/2 pulg, 5/8 pulg y 1 pulg respectivamente, se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, diseño del tipo experimental, se concluye en que la desviación de las probetas de ensayo tuvieron una variación del 3% respecto al rango de diámetros estudiados, la resistencia a la fluencia fue de aproximadamente el 23% superior siendo este rango aceptable, teniéndose una conclusión general que es seguro el uso de los empalmes mecánicos roscados en construcciones de edificaciones.

### **2.1.2 A nivel nacional.**

Migone (2018), tuvo como principal objetivo el estudio de la resistencia a tracción en barras corrugadas con un diámetro de 1 pulg utilizando empalmes del tipo mecánico, se contó con un total de 9 muestras teniéndose 3 muestras por cada tipo de empalme mecánico a estudiar teniéndose un diámetro de 1 pulg para cada muestra a ensayar, se empleó un diseño cuasi

experimental, alcance descriptivo, enfoque cuantitativo, se aceptaron las hipótesis de estudio planteadas concluyéndose que el uso de empalmes mecánicos ensayados a tracción son mayores a 1.5 veces el esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo cumpliendo con lo indicado en la norma ACI 318.

Curi y Magro (2020), el objetivo general de la investigación fue analizar la resistencia mecánica de los empalmes de las barras de acero American Society for Testing y Materials (ASTM) 615 Grado 60 con empalmes mecánicos a presión tipo 2, la muestra contó con un total de 12 probetas teniendo 3 conectores de rosca con rotación y 3 sin rotación con un diámetro de 1 pulg y 3/4 pulg respectivamente, se usó el enfoque, con un diseño cuasi experimental y un alcance descriptivo, se obtuvo un valor promedio correspondiente al 1.61 del esfuerzo a fluencia, comprobándose que los conectores mecánicos del tipo 2 influyen en forma positiva en la resistencia a tracción en los empalmes, siendo mayor hasta en un 9% lo establecido en la norma E 060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Zúñiga y Nina (2019), el objetivo general de la investigación fue contrastar la capacidad de resistencia a tracción de los empalmes traslapados y los empalmes mecánicos en acero corrugado de refuerzo con diámetros comprendidos 3/8 pulg, 1/2 pulg y 5/8 pulg, se contaron con 21 vigas de concreto armado con empalmes de acero distribuidos en las zonas de refuerzo, se dispusieron con 3 vigas con empalme mecánico, 3 vigas con empalme traslapado y una viga con acero continuo como patrón de comparación del estudio para cada diámetro propuesto, se usó método de investigación cuantitativo, nivel de alcance descriptivo - comparativo, diseño de la investigación experimental, el resultado obtenido se concluye que los empalmes mecánicos poseen una mayor resistencia a esfuerzos de tracción que los empalmes por traslape y cumplen con ser

mayores a 1.25 fy para el tipo 2 según como lo indica la Norma ACI 318 para aceros fabricados según norma ASTM 615.

Rivera y Romero (2016), el objetivo de la investigación es evaluar el grado de dificultad al proceso de unión por soldadura las barras de acero corrugado ASTM 615 Grado 60 fabricado bajo la Norma Técnica Peruana (NTP) 341.031 teniendo un diámetro de 5/8 pulg, con una unión soldada a tope y traslapada, en concreto armado. El tamaño de muestra fue de 35 probetas de ensayo, considerándose 15 probetas a tope, 10 con junta traslapada y finalmente 10 muestras de control de acero continuo, se empleó un diseño experimental, nivel de alcance comparativo, enfoque cuantitativo, se concluye que el comportamiento mecánico de las juntas traslapadas presenta una menor resistencia mecánica en comparación a las juntas a tope que presenta una mejor soldabilidad.

Sánchez (2019), tuvo como objetivo fundamental establecer el desempeño estructural en los empalmes mecánicos, el tamaño de muestra fue de 2 probetas con un diámetro de 1/2 pulg, 1 del tipo traslapado y 1 del tipo mecánico con rosca tipo 2 estas 2 muestras son cubiertas en concreto para los ensayos propuestos, se empleó el diseño cuasi experimental, con un alcance comparativo descriptivo, utilizando una orientación cuantitativa, se concluye de los ensayos que el empalme mecánico es mayor en un 5.43% respecto al empalme mecánico respecto al esfuerzo máximo en tracción y la ductilidad mayor de acuerdo a lo observado, el empalme traslapado presento una resistencia a flexión superior en 41.20% que el empalme mecánico.

Gonzalez (2019), el objetivo general fue establecer la variación presente al aplicar varillas de basalto en reemplazo de varillas de acero corrugado las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado, la muestra estuvo compuesta de 4 vigas con una longitud de 5 m y 0.50 x 0.30m como sección transversal, se realizaron los ensayos aplicando cargas a los tercios de su luz libre,

se utilizó un nivel explicativo, diseño del tipo experimental, estudio aplicado, se concluye que al reemplazar el acero de refuerzo longitudinal con un refuerzo de basalto es mayor en un 59.25% la capacidad a flexión, no teniendo un comportamiento aceptable respecto a la deflexión máxima y ductilidad.

### **2.1.3 A nivel regional y local**

No se encontraron registro de estudios similares.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Acero de refuerzo**

El concreto al poseer una resistencia mínima a tracción, es necesario de elementos de refuerzo para poder incrementar esta limitada resistencia. El acero corrugado es el encargado de incrementar esta resistencia en el concreto armado (Harmsen, 2002).

El acero es una mezcla de metales entre los más importantes tenemos: carbono, silicio, manganeso, cromo, níquel y vanadio. El carbono es el elemento más importante y el que establece las propiedades mecánicas del acero. A mayor porcentaje de carbono, la resistencia a la tracción, la ductilidad y la dureza del acero se incrementa, en el Perú es fabricado bajo lo la norma ASTM 615 y ASTM 706 (Harmsen, 2002).

### **2.2.2 Varillas de refuerzo**

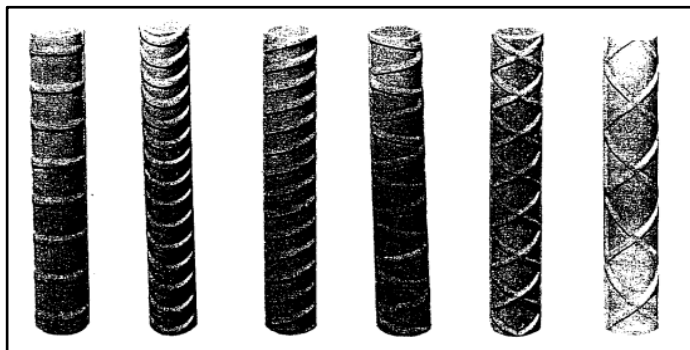
Las varillas de acero de refuerzo tienen sección circular, tienen una superficie corrugada para favorecer la adherencia con el concreto q lo rodea. Estas corrugaciones deben satisfacer requisitos mínimos para ser tomadas en cuenta en el diseño. Existen tres calidades distintas de acero corrugado: grado 40, grado 60 y grado 75 aunque en nuestro medio sólo se usa el Segundo (Harmsen, 2002).

Los principales tipos de corrugaciones de los aceros de refuerzo se muestra en la figura 1, el acero que se utiliza en el Perú, tiene corrugaciones análogas a los de la tercera columna de la figura descrita (Ottazzi, 2015).

En la tabla 1 se resume las principales características geométricas y peso por unidad de longitud de los aceros más comerciales en la producción nacional, la longitud comercial es de 9.00 m, fabricándose hasta longitudes de 12.00 m.

**Figura 1**

*Corrugaciones en la superficie del acero*



*Nota:* Elaborado según información de (Ottazzi, 2015).

**Tabla 1**

*Características de las varillas corrugadas*

Designación	Diámetro (in)	Diámetro (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg/m)
2	1/4	6.4	0.32	0.250
3	3/8	9.5	0.71	0.560
4	1/2	12.7	1.29	0.994
5	5/8	15.9	1.99	1.552
6	3/4	19.1	2.84	2.235
8	1	25.4	5.10	3.973
11	1 3/8	35.8	10.06	7.907

*Nota:* Elaborado según información de (Ottazzi, 2015).

### 2.2.3 Propiedades del acero de refuerzo

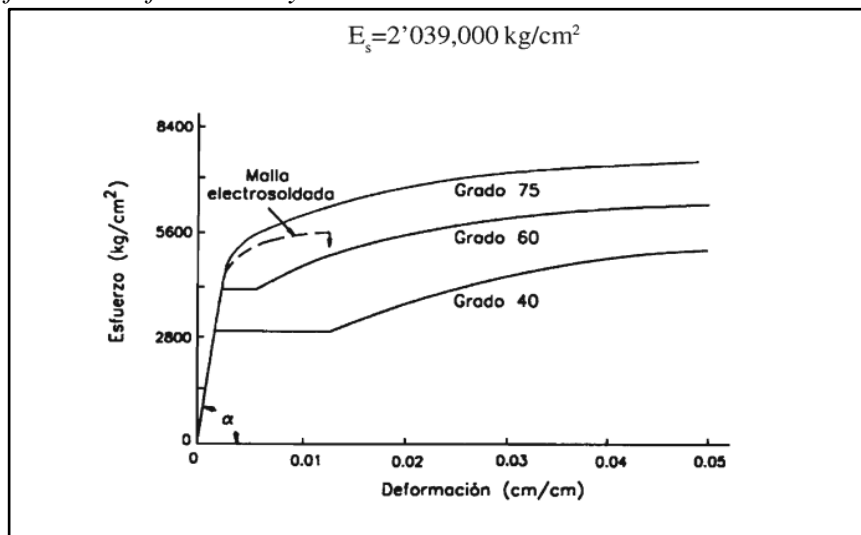
### 2.2.4 Relación esfuerzo – deformación del acero de refuerzo

Ottazzi (2015) indica: en la figura 3 se muestra la curva esfuerzo deformación de diferentes grados del acero de refuerzo sometido a tracción, la línea de elasticidad de los distintos grados son similares teniéndose un comportamiento similar, los esfuerzos de tensión van variando de acuerdo a las calidades del acero así como las deformaciones de estas,

se puede apreciar una porción de la curva esfuerzo – deformación para aceros de diversos grados. Como se observa, en la fase elástica, los aceros de distintas calidades tienen un comportamiento idéntico y las curvas se confunden. El módulo de elasticidad es la relación entre el esfuerzo de tracción y la deformación, por lo que es independiente al grado del acero.

### Figura 2

Curva esfuerzo – deformación y módulo de elasticidad del acero



Nota: Elaborado según información de (Ottazzi, 2015).

Según Harmsen (2002) indica: el acero presenta similar comportamiento tanto en tracción como en compresión, a causa de esto se asume que la curva característica esfuerzo deformación es válida tanto para compresión y tracción

### **2.2.5 Propiedades mecánicas de las barras ASTM A615 grado 60**

Ottazzi (2015) señala: las principales propiedades mecánicas del acero son los siguientes:

- $f_u = 6300 \text{ kg/cm}^2$  (tracción).
- $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  (valor mínimo).
- Relación punto de fluencia  $\epsilon_y = 0.021$
- $E_s = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$  (módulo de elasticidad).

### **2.2.6 Adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo**

Harmsen (2002) indica: teóricamente se asume que el acero y el concreto presentan la misma deformación, así como el acero puede desarrollar su fluencia, estas hipótesis pueden ser validas siempre y cuando se tenga una adherencia garantizada entre ambos elementos

Para garantizar una adecuada adherencia entre el concreto y el acero se debe tener en cuentas los siguientes mecanismos:

- Efecto de la fricción entre el acero y concreto.
- aplastamiento del concreto sobre el acero de refuerzo producto de las corrugaciones.
- Adherencia química.

### **2.2.7 Diseño de mezcla**

Para el presente estudio se tomó como referencia para el diseño de mezcla el método ACI 211, se realizó en el laboratorio GEOLEF laboratorio de suelos y concretos E.I.R.L los ensayos correspondientes al diseño de mezcla, con un  $f'_c = 20.59 \text{ MPa}$  de resistencia a la compresión.

Se deberá precisar las proporciones de agregados a utilizar en unidades de volumen por  $1 \text{ m}^3$  y peso por  $1 \text{ m}^3$ ; la presentación de las proporciones será de acuerdo a las siguientes tablas:

**Tabla 2***Diseño de mezcla en unidad peso*

Cemento	Ag. fino	Ag. grueso	Agua
-	-	-	-

**Tabla 3***Diseño de mezcla unidad de volumen*

Cemento	Ag. fino	Ag. grueso	Agua
-	-	-	-

### 2.2.8 *Recubrimiento mínimo de acero en vigas*

Harmsen (2002) indica: para el recubrimiento mínimo de acero en vigas, se debe tener control sobre estas medidas para evitar una mala adherencia y asegurar una distribución correcta de los aceros en el armado de estos en los elementos estructurales, el recubrimiento protege al acero del efecto corrosivo del ambiente, así como los efectos de la abrasión, fuego y otros agentes. El recubrimiento mínimo para concreto vaciado en obra debe tener un valor mínimo de 4 cm, así como un espaciamiento entre acero de refuerzo mayor o igual al diámetro de barra, mayor o igual a 2.5 cm y mayor o igual 1.33 veces el tamaño máximo del agregado.

### 2.2.9 *Ganchos estándar*

Los ganchos son utilizados en varillas que soporten esfuerzos a tracción, zonas de compresión no tienen mayor utilidad, se emplean los anclajes en puntos donde extremo sin continuidad como son los extremos de vigas simplemente apoyados o volados, Los ganchos sirven de anclajes solo a varillas que se encuentran en tracción siendo inútiles para acero en compresión,

se utiliza anclajes para anclar el refuerzo en extremos discontinuos, como volados o extremos de vigas simplemente apoyados, los ganchos deberán tener una longitud mayor a 12 veces el diámetro de la barra de refuerzo y 15cm como longitud mínima (Harmsen, 2002).

### **2.2.10 Diseño en concreto armado**

Fernández (2019) indica:

El diseño por resistencia es el método que se fundamenta en el estado limite, entregando al elemento a diseñar la resistencia solicitada por las cargas presentes. También debe cumplir con las solicitaciones de servicio.

Se deberá diseñar los elementos estructurales con una resistencia superior a la solicitada por las cargas a soportar, deberá cumplir con la siguiente relación:

$$\phi M_n \geq M_u$$

Donde:

$M_u$  = Momento ultimo.

$M_n$  = Momento nominal.

$\phi$  = Factor de reducción de resistencia (0.90 para flexión)

La resistencia requerida de fuerzas verticales se calcula con la amplificación de cargas de acuerdo a la combinación de cargas siguiente:

$$U = 1.4C_M + 1.7C_V \quad (2-1)$$

### **2.2.11 Predimensionamiento de vigas simplemente apoyadas**

#### **Peralte mínimo de vigas simplemente apoyadas**

El RNE E-060 (2020) señala: se tendrá un peralte mínimo de vigas no preesforzadas, para vigas simplemente apoyadas se calcula mediante la siguiente relación:

$$\text{peralte} = \frac{l}{16}$$

Blanco (1994) indica: por lo general se predimensionan las vigas tomando como consideración un peralte entre los valores de 1/10 a 1/12 de la luz libre, adicionalmente se debe considerar un ancho mínimo de 25cm, para evitar problemas de congestión de las barras de refuerzo y segregación de concreto.

Se considero en el presente estudio un valor de 1/10 de la luz libre, así como un valor de 25 cm como ancho de la viga a ensayar.

### **Medrado de cargas**

Se tomará en consideración las cargas de acuerdo a la norma E-020 (2020), que indica los pesos unitarios para los siguientes materiales a considerar como cargas muertas:

- Concreto armado: 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Aligerado e=20cm: 300 kg/m<sup>2</sup>
- Piso terminado: 100 kg/m<sup>2</sup>

La carga viva a considerar de acuerdo a la norma E.020 (2020) será de:

- Sobre carga: 250 kg/m<sup>2</sup>

### **Momento ultimo.**

Se calculará la carga ultima presente en la viga simplemente apoyada con carga repartida mediante la combinación de cargas (2-1) para luego realizar el cálculo del momento ultimo con la siguiente expresión:

$$M_u = \frac{U_x L^2}{8} \quad (2-2)$$

Donde:  $M_u$  = momento ultimo

$L$  = longitud de libre de viga simplemente apoyada.

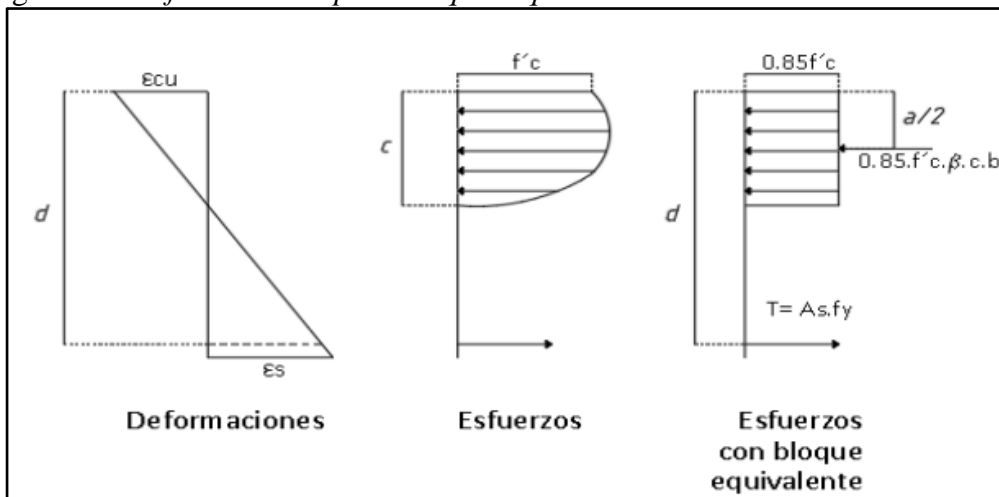
$U$  = carga ultima

### 2.2.12 Diseño de acero de refuerzo longitudinal

Fernández (2019) indica: para el diseño del acero de refuerzo se idealiza un bloque de compresiones con un esfuerzo de compresión con un valor de  $0.85f'_c$  equivalente al esfuerzo de compresión presente en la sección transversal de una viga, de acuerdo a la figura 3:

**Figura 3**

Diagrama de deformaciones para bloques equivalentes de concreto



Nota: Elaborado según información de (Fernández, 2019).

Donde:

$a$  = Longitud del bloque equivalente.

$d$  = Peralte efectivo.

$c$  = Distancia al eje neutro.

$A_s$  = Área de acero de refuerzo.

$f_y$  = resistencia a la fluencia.

$f'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto.

$\beta$  = Factor igual a 0.85 para resistencias de concreto de hasta 280 kg/cm<sup>2</sup>.

$\epsilon_s$  = Deformación última del acero.

$\epsilon_{cu}$  = Deformación última del concreto en compresión.

El diseño del acero de refuerzo longitudinal se realizará con las siguientes ecuaciones a partir del del diagrama de bloque equivalente:

### **Bloque equivalente de compresiones:**

Ottazzi (2015) indica: el calculo de bloque equivalente se realizará bajo la siguiente formula:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2|M_u|}{\phi * 0.85 * f'_c * b}} \quad (2-3)$$

donde:

- d: peralte efectivo de viga.
- $M_u$ : momento ultimo.
- b: base de viga.

### **Acero de refuerzo requerido**

Ottazi (2015) indica: el calculo de acero de refuerzo necesario se requerido bajo la siguiente formula:

$$A_s = \frac{|M_u|}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad (2-4)$$

### **Área de acero negativo.**

Se tomará el área de acero mínima por no haber momento negativo en vigas simplemente apoyadas, para fines de armado de acero en corte de acuerdo a la formula siguiente (Ottazi, 2015):

$$A_{S_{min.(-)}} = \frac{0.7 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d \quad (2-5)$$

### **Acero máximo.**

El acero máximo requerido no deberá ser mayor al valor obtenido de la siguiente ecuación (Ottazzi, 2015):

$$A_{max} = 0.016 * b * d \quad (2-6)$$

### **Momento nominal en tracción y momento ultimo.**

Se realizará el cálculo de momento nominal de acero colocado acuerdo a la siguiente expresión (Harmsen, 2002):

$$T = A_s * f_y$$

$$T = C_c \implies T = 0.85 * f'c * a * b$$

$$M_n = A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (2-7)$$

Donde:

$A_s$  = área de acero colocado.

$$\phi * M_n \geq M_u \quad (2-8)$$

### **Desarrollo y corte de refuerzo longitudinal.**

Se calculará de acuerdo a la formula siguiente expresión (Harmsen, 2002):

$$l_d \leq \frac{M_n}{V_u} + l_a \quad (2-9)$$

donde:

$V_u$  = fuerza cortante ultimo.

$l_a$  = longitud varilla embebida (valor mayor,  $d$  y  $12d_b$ ).

### 2.2.13 Refuerzo transversal a corte

Una sección transversal tiene una resistencia nominal a corte, esta viene conformada por la resistencia a corte del acero y la resistencia a corte del concreto según el espaciamiento máximo será igual a  $d/2$  o menor igual a 60 cm (Harmsen, 2002):

$$V_u(\text{cara}) = \phi(V_c + V_s) \quad (2-10)$$

Donde:  $V_u(\text{cara})$  = resistencia ultima a corte.

$V_s$  = resistencia a corte del acero.

$V_c$  = resistencia a corte del concreto.

La resistencia de una sección de concreto a corte para elementos sujetos a flexión y cortante según (Harmsen, 2002):

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d \quad (2-11)$$

Si se cumple que  $V_u(\text{cara}) \leq \phi V_c$  entonces se utilizará estribos mínimos, el aporte en el refuerzo a corte del acero cuando se utiliza estribos armados verticalmente a lo largo del eje de la viga se obtendrá de la siguiente ecuación como acero mínimo (Harmsen, 2002):

$$s = \frac{A_v * f_y}{3.5 * b} \quad (2-12)$$

Donde:

$S$ = espaciamiento de refuerzo transversal.

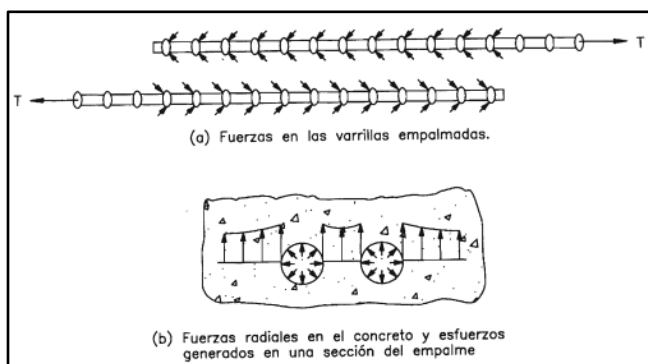
$A_v$ = área de acero transversal.

### 2.2.14 Empalme traslapado

Harmsen (2002) Señala lo siguiente: el empalme del tipo traslapado consiste en la unión de 2 aceros de refuerzo mediante la superposición de uno en seguida de otro, con una longitud de traslape variable de acuerdo a la dimensión del diámetro de la varilla, la transferencia de los esfuerzos en las barras presentes en el empalme se dan a través del concreto que los rodea, en la figura 4 se presenta la disposición de los esfuerzos en el empalme traslapado, la efectividad del empalme está supeditada a la adherencia del concreto sobre la superficie de las varillas a lo largo de esta y la capacidad de transferencia de cargas del concreto. En algunos casos se presentan grietas localizadas en los empalmes siendo estas una desventaja potencial.

#### Figura 4

##### *Distribución de esfuerzos en empalme traslapado*



*Nota:* Elaborado según información de (Harmsen, 2002).

Se recomienda el armado de empalme a contacto directo de varillas unidas mediante alambres obteniéndose una alineación considerable, sino se tiene un contacto directo la distancia entre aceros no deberá ser mayor a 15 cm, puesto que si se excede esta distancia se generan una sección sin refuerzo produciéndose grietas en estas (Harmsen, 2002).

## Empalmes traslapados en vigas

Blanco (1994) indica: las vigas que soportan esfuerzos de flexión de considerable magnitud, se recomienda realizar los empalmes en zonas donde los momentos de flexión sean menores, para realizar la elección de la zona de empalme se debe contar con el diagrama de momentos donde se pueda apreciar los máximos momentos presentes.

En la tabla 4 se muestra las principales longitudes de empalmes traslapados de acuerdo al diámetro de la varilla y su ubicación superior e inferior, los empalmes en ningún caso deberán ser menores a 0.30 m (Blanco,1994).

**Tabla 4**

### *Medidas de empalmes*

	Refuerzo inferior	Refuerzo superior	
	H cualquiera	$H \leq 0.30$ m	$H > 0.30$ m
3/8"	0.40 m	0.40 m	0.45 m
1/2"	0.40 m	0.40 m	0.50 m
5/8"	0.40 m	0.45 m	0.60 m
3/4"	0.40 m	0.55 m	0.75 m

*Nota:* Elaborado según información de (blanco, 1994).

Se ubicaron los empalmes traslapados en la zona central de la luz de la viga con fines de observar la resistencia a flexión máxima en los ensayos a las vigas en el presente estudio planteado.

### **2.2.15 Empalme soldado**

Ottazzi (2015) indica: Son aquellos empalmes donde se procede a la unión entre los aceros de refuerzo mediante proceso de soldadura teniendo en cuenta la continuidad y alineamiento de la

barra de refuerzo. Aquellos materiales que presenten como carbono equivalente un porcentaje mayor al 0.50% presentan una soldabilidad baja, siendo este el caso de las varillas corrugadas ASTM 615 grado 60, para poder realizar los empalmes soldados deberá ser necesario tomar ciertas precauciones para poder garantizar una adecuada unión, siendo las más importantes, el precalentamiento de las varillas, velocidad de enfriamiento controlado, el uso de electrodo E 7018 o E-8018, así como un adecuado monitoreo del proceso de soldadura.

### **Soldadura:**

Es la unión de un material mediante la utilización del proceso de soldadura, cuya fusión se obtiene por medio de temperaturas altas producidas por el amperaje de trabajo en la formación del arco eléctrico, que se produce entre el material base (varillas corrugadas) y el electrodo (material fundente), que al ser consumidos por las altas temperaturas forman un charco entre el material base y al solidificarse forman la unión o cordón de soldadura (Díaz Peregrino, 2014).

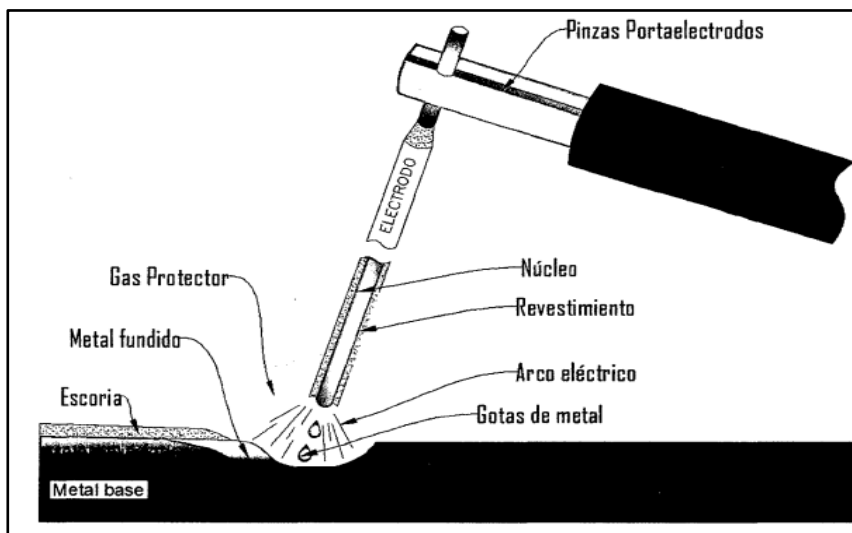
### **Arco eléctrico manual:**

Díaz Peregrino (2014) indica: este proceso de soldadura se origina por la unión del material de aporte en este caso el electrodo y el material base o piezas a unir de acuerdo a la figura 5, esta fusión es producida por la temperatura producida gracias al arco eléctrico producido en el electrodo y el material base. Se produce además el desprendimiento de una zona gaseosa que sirve de protección al cordón de soldadura de agentes corrosivos e incrustaciones producidas por el hidrogeno y otros.

El amperaje con el cual se realiza el proceso de soldeo está supeditado al tipo de electrodo que a utilizar y el espesor de material base, por lo general se utiliza un rango entre 80 a 130 amperios.

**Figura 5**

*Arco eléctrico manual con electrodo revestido*



*Nota:* Elaborado según información de (Díaz Peregrino, 2014).

### **Material de aporte (electrodos):**

Díaz Peregrino (2014) indica: Un electrodo revestido es una varilla metálica con una composición similar a la del material base, esta revestida y la composición varía de acuerdo al tipo de material a utilizar, al encenderse el arco eléctrico, producto de la interacción de polos positivo y negativo provocan una luz incandescente y temperaturas altas que dan como resultado el cordón de soldadura al solidificarse, el revestimiento del electrodo depende del tipo de material base con el cual se va a trabajar siendo los más comerciales el hierro en polvo, óxidos de hierro, celulosa, silicatos y otros.

La importancia del revestimiento del electrodo es muy significativa, siendo los más importantes los siguientes:

- ✓ agentes limpiadores y desoxidantes.
- ✓ Libera gases inertes para proteger del cordón de soldadura.

- ✓ Formación de escoria para limitar la velocidad de enfriamiento.
- ✓ Aumentar la velocidad de aporte del electrodo.

El electrodo que se utilizó para la unión de empalmes soldados fue el E-7018 siendo sus principales características las siguientes de acuerdo a su codificación correspondiente:

- ✓ 70: Resistencia a la tracción 70 ksi o 482.63 MPa.
- ✓ 1: Posiciones de soldeo todas las posiciones.
- ✓ 8: Revestimiento con polvo de hierro, corriente continua, teniendo una penetración completa al material base

Contenido de carbono y carbono equivalente:

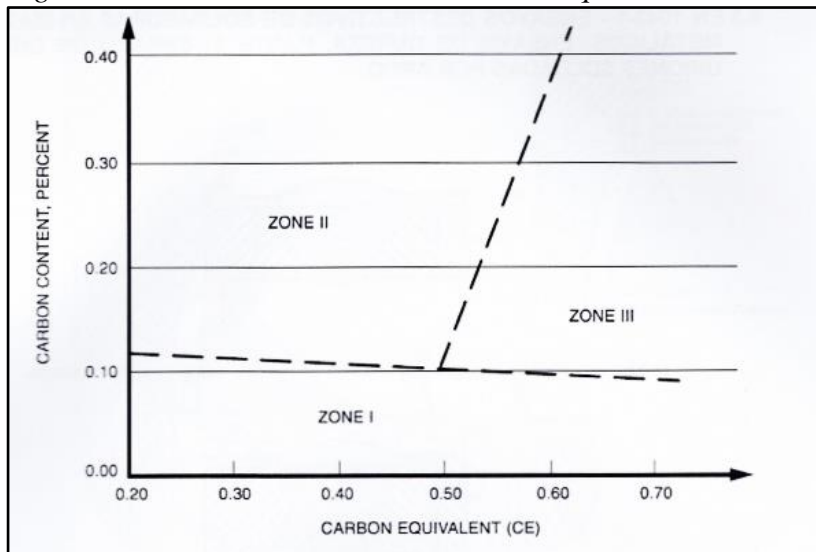
La soldabilidad es la capacidad que posee un acero u otro material para ser unido mediante un proceso de soldadura, esta característica es ligada al porcentaje de carbono y la composición química presente en su aleación, el carbono equivalente (CE) se evalúa mediante el siguiente método como una guía de selección ya sea para el método de dureza de acuerdo a la composición material base (Rozas y otros, 2013):

$$CE = C + \frac{(Mn+Si)}{6} + \frac{(Cr+Mo+V)}{5} + \frac{(Ni+Cu)}{15} \quad (2-13)$$

en la figura 6 se muestra el diagrama de contenido de carbono equivalente y porcentaje de carbono delimitándose las zonas de soldabilidad de acuerdo variando la complejidad de soldeo de acuerdo a la composición química del material base, en la tabla 5 se muestra la composición del acero de refuerzo utilizado en el estudio presente.

**Figura 6**

Diagrama contenido de carbono vs carbono equivalente.



Nota: Elaborado según información de (Rozas y otros, 2013).

Se describe las zonas de soldabilidad de la figura 6:

Zona I: en esta zona se encuentran los aceros con una soldabilidad optima, con aceros con porcentaje de carbono bajos

Zona II: son los aceros de buena a regular soldabilidad.

Zona III: aceros de baja soldabilidad.

**Tabla 5**

Composición química acero ASTM 615 grado 60

Composición química (%)											
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Sn	V	Nb
0.44	0.98	0.23	0.014	0.036	0.11	0.07	0.01	0.24	0.36	0.002	0.001

Nota: Elaborado según información de (Esquicha, 2018) cita a (Aceros Arequipa, 2018).

Se realizó el cálculo del contenido de carbono equivalente, así como la determinación de soldabilidad de acuerdo a la zona producto de la intersección del carbono equivalente vs el porcentaje de carbono, se utilizó el acero ASTM 615 Grado 60, de fabricación de Aceros Arequipa.

### **Temperatura de precalentamiento:**

Esquicha (2018) indica: una de las formas de prevenir el endurecimiento de los aceros es el precalentamiento, permitiendo de esta manera el control del enfriamiento del cordón de soldadura, se utiliza el método de Seferian, el cual se detalla con las siguientes ecuaciones a utilizar:

$$C_q = C + \frac{(Mn+Cr)}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7*Mo}{90} \quad (2-14)$$

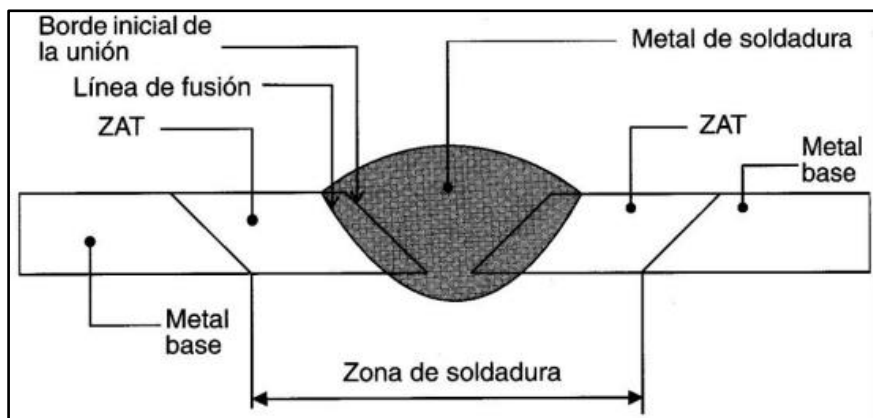
$$C_T = C_q (1+0.005e) \quad (2-15)$$

$$T_p = 350 * \sqrt{C_T - 0.25} \quad (2-16)$$

### **Zona afectada por la temperatura:**

Son zonas adyacentes al cordón de soldadura se encuentra en el material base, estas zonas son afectadas por la temperatura en el proceso de soldeo, se debe de tomar precauciones especiales en el control de estas zonas para prevenir una disminución en la ductilidad del material base, en algunos casos pueden llegar a registrarse fisuras en la superficie (Rozas y otros,2013).

**Figura 7**  
*Zonas de Unión y Afectadas por la Temperatura*



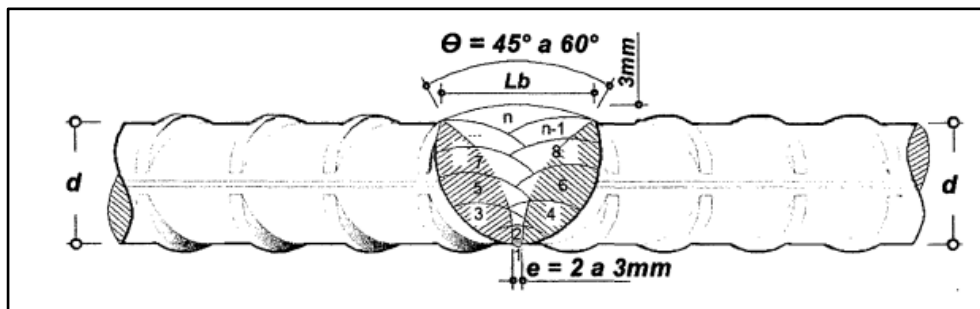
*Nota:* Elaborado según información de (Rozas y otros, 2013).

Junta a tope:

Consiste en unir 2 elementos que se encuentren en el mismo plano sin desviaciones horizontales o verticales, se efectuará un bisel o chaflán con ángulos que oscilan entre  $45^\circ$  a  $60^\circ$  previo al proceso de soldeo, con el objetivo de conseguir una mayor penetración del cordón de soldadura, se deberá tener una separación entre el elemento base de 2mm como mínimo, el número de pasadas se realizara de acuerdo al espesor del material base (Díaz Peregrino, 2014.)

**Figura 8**

*Soldadura a Tope con Bisel*



*Nota:* Elaborado según información de (Díaz Peregrino, 2014).

### **Consideraciones para realizar soldadura de aceros de baja soldabilidad**

Se dispuso de las siguientes consideraciones en el proceso de soldeo de las barras de refuerzo ASTM 615 grado 60 para lograr una soldadura aceptable y que pueda soportar las cargas de diseño:

- los aceros de baja soldabilidad aquellas que se encuentran en las zonas II y III (figura 6), deben de ser precalentados antes iniciar el proceso de soldadura.
- Debe de realizarse la soldadura con personal capacitado y homologado.
- Se debe de controlar la velocidad de enfriamiento para prevenir la presencia de fisuras en el cordón de soldadura.
- Culminado el cordón de soldadura se debe realizar el proceso de tratamiento técnico para poder darle una ductilidad adecuada en las zonas afectadas por la temperatura.

Diseño de soldadura

Fuerza de tracción en acero de diseño colocado para cada barra (Harmsen ,2002):

$$T = \frac{As*fy}{4} \quad (2-17)$$

#### **Resistencia del metal de aporte:**

Shigley (2011) indica: se deberá utilizar los valores de esfuerzo permisible para el material de aporte, de acuerdo a la siguiente tabla 6:

**Tabla 6***Esfuerzos permisibles*

Electrodo	60xx	70xx	80xx	90xx
$\tau$ (ksi)	18.0	21.0	24.0	27

*Nota:* Elaborado según información de (Shigley, 2011).

**Área de soldadura y esfuerzo a corte de cordón de soldadura:**

Shigley (2011) indica: se deberá utilizar la siguiente expresión para determinar el área de soldadura para una unión de superficie circular:

$$A = 1.414 * \pi * h * r \quad (2-18)$$

Donde:

$h$  = altura de cordón

$r$  = radio de barra de refuerzo

$$\tau = \frac{f}{A} \quad (2-19)$$

$f$  = fuerza cortante en soldadura

Fuerza cortante de soldadura  $\geq$  fuerza cortante de viga

**Esfuerzo de tensión:**

Shigley (2011) indica: se deberá calcular el esfuerzo de tensión en la soldadura y comparar con el esfuerzo permisible del material base a utilizar de acuerdo a lo siguiente:

$$\sigma = \frac{T}{A} \quad (2-20)$$

**Tabla 7***Esfuerzos permisibles*

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible
tensión	A tope	0.6 Sy

*Nota:* Elaborado según información de (Shigley, 2011).

Donde: Sy= esfuerzo de fluencia de material base.

Deberá satisfacer la siguiente expresión:

$$\sigma \geq \sigma_{permisible}$$

**2.2.16 Empalme mecánico roscado**

Para poder realizar el empalme mecánico se debe de realizar roscas a las puntas de las varillas a unir las longitudes de las roscas dependen del diámetro de la varilla, se debe evitar disminuir en lo posible en diámetro de la barra en el proceso de fabricación de roscas, la unión de las varillas se logra por medio de un cilindro hueco de acero, con una rosca interna que servirá como elemento de sujeción de las varillas, la geometría del cilindro estará diseñada de acuerdo a las solicitaciones de diseño, el empalme mecánico con rosca tiene como ventaja la transmisión en forma directa entre las barras de los esfuerzos presentes, también se tiene una continuidad y alineamiento entre barras (Mora y Ortega, 2021).

**Conector mecánico roscado autofabricado.**

En la presente investigación se realizó la fabricación de conectores mecánicos con materiales y maquinas-herramientas disponibles en forma amplia y de fácil acceso en la ciudad de Abancay, por lo cual se opta fabricar el conector mecánico roscado con acero corrugado ASTM

615 Grado 60, el conector propuesto, constara de un cilindro roscado de acero ASTM 615 Grado 60, unidos a los aceros de refuerzo longitudinal mediante roscas en las puntas de los aceros de acuerdo a la figura 9.

## Figura 9

### Conector Mecánico Roscado Planteado



Se realizo el proceso de fabricación de la forma siguiente:

- Taladrado: es el proceso destinado a realizar agujeros redondos por medio del giro de la herramienta denominada broca, estos trabajos se realizarán en el acero corrugado propuesto como conector mecánico.
- Proceso de torneado: proceso destinado a formar los hilos internos del conector, así como las puntas de los aceros de refuerzo, este proceso se realiza en arrancar viruta por medio de una cuchilla diamantado.

### Diseño de empalme mecánico.

#### Longitud total de rosca

Shigley (2011) indica: se calculará la longitud de rosca de acuerdo al diámetro nominal del elemento a diseñar, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L_t = 2d_b + \frac{1}{2} \text{ pulg.} \quad (2-21)$$

Donde:  $d_b$ =diámetro de barra.

### **Resistencia esfuerzo de carga de servicio en unión mecánica**

Shigley (2011) indica: Se deberá determinar los esfuerzos de servicio que será sometido la unión mecánica, así como el apriete necesario para la unión y el cilindro roscado, el acabado de las roscas será en negro y sin recubrimiento ( $K=0.30$ ), asimismo se considerara un esfuerzo de servicio igual a la carga de tensión mínima para el acero ASTM-615 grado 60 (620 MPa):

$$\sigma_{serv.} = \frac{Crg * p + fi}{A_t} \quad (2-22)$$

Donde:  $Crg$ = constante de rigidez (tendrá un valor igual a 1, al ser de mismo material)

$p$  = carga de servicio

$A_t$  = área de esfuerzo a tensión.

$fi$  = fuerza de precarga.

$$Ta = k * fi * d \quad (2-23)$$

Donde:  $Ta$  = torque de apriete

$k$  = constante de acabado de elemento roscado.

**Tabla 8***Área de esfuerzo a tensión*

diámetro	Diámetro mayor (pulg <sup>2</sup> )	Roscas por pulgada	Área de esfuerzo a tensión (pulg <sup>2</sup> )	Área del diámetro mayor (pulg <sup>2</sup> )
1/2 pulg	0.50	13	24.0	27

*Nota:* Elaborado con información de (Shigley, 2011)

**Esfuerzo en cilindro roscado de acople**

$$\sigma_{cilin.} = \frac{p}{A_c} \quad (2-24)$$

$A_c$  = área de cilindro de acople

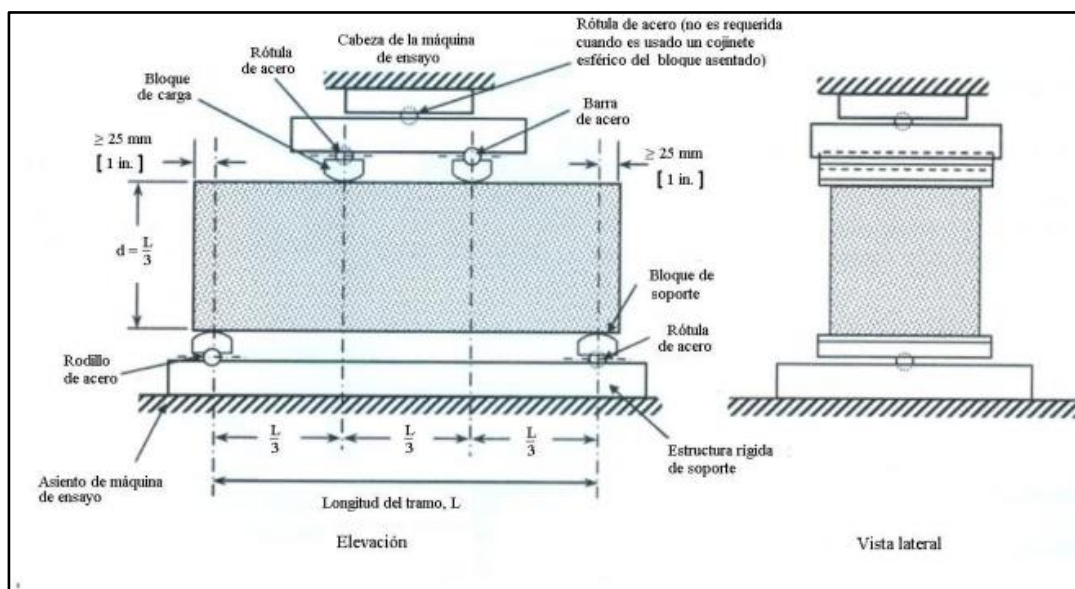
Deberá cumplir con la siguiente relación de esfuerzos:

$$f_y \geq \sigma_{cilin.}$$

**2.2.17 Ensayo a flexión.**

Para los ensayos se utilizó el método de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.078 edición del año 2012, ensayo para estimar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo.

Se realizó la fabricación de las vigas a ensayar con los aceros de refuerzo de acuerdo al cálculo de acero requerido, se planteó los traslapes de acero de refuerzo en la parte central de la viga para el caso de los empalmes del tipo traslapado, solado y mecánico, de esta manera poder observar el desempeño en la zona de mayor concentración de momentos actuantes sobre la viga simplemente apoyada.

**Figura 10***Esquema para la Prueba de Flexión*

*Nota:* Elaborado según información de (NTP 339.078, 2012).

Luego de alcanzar la resistencia de diseño a los 28 días de edad del concreto se procedió a realizar el ensayo a flexión de acuerdo a las recomendaciones de NTP 339.079, 2012 y ASTM C 78/C 78M - 10, se sometieron a las vigas simplemente apoyadas con las muestras respectivas con los tipos de empalme (traslapado, solado y mecánico), a carga hasta llegar a la falla de la viga observando y registrando la carga máxima que soporto la viga.

**Calculo de momento flexionante del ensayo:**

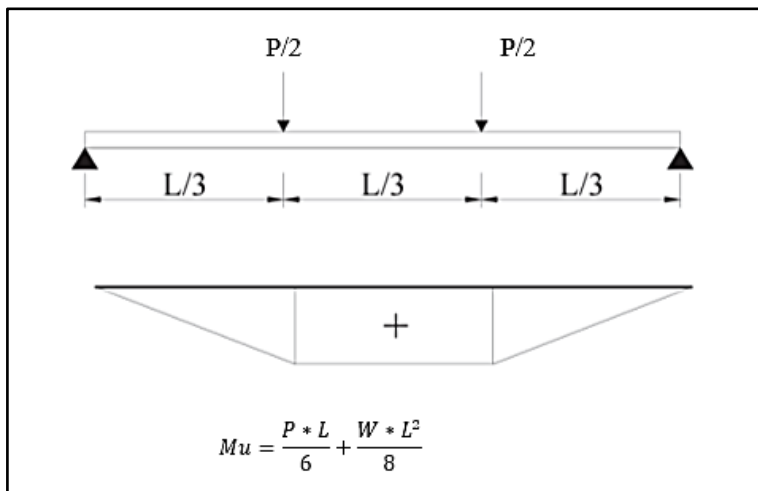
Se realizó el cálculo del momento flexionante a partir de los ensayos de flexión y la carga máxima registrada que soporto la viga simplemente apoyada, cuyo registro se recopiló en la ficha de recolección de carga y deflexión máxima, se observó el desempeño de los tipos de empalme traslapado, solado, mecánico y su variación en la resistencia a la flexión, en consideración

al momento último de diseño y su variación de acuerdo a los tipos de empalmes de acuerdo al ensayo propuesto en la presente investigación.

La carga se aplicó a los tercios del tramo libre de la viga simplemente apoyada por lo cual se utilizará la siguiente expresión para determinar el momento flexionante, que será igual al momento producido por la acción de las fuerzas puntuales y el momento producido por el peso propio de la viga.

**Figura 11**

*Grafica de momento ultimo a los tercios del tramo*



$$M_u = \frac{P * L}{6} + \frac{W * L^2}{8} \quad (2-25)$$

### 2.2.18 Fabricación de vigas simplemente apoyadas

Se siguió el siguiente procedimiento siguiente para la fabricación de las vigas simplemente apoyadas ensayadas acuerdo a las base y marco teórico desarrollado en el presente capítulo:

- ✓ Diseño de vigas.
- ✓ Acopio de materiales.
- ✓ habilitado, Armado y montaje de refuerzo de acero de acuerdo a los tipos de empalmes (traslapado, soldado mecánico).

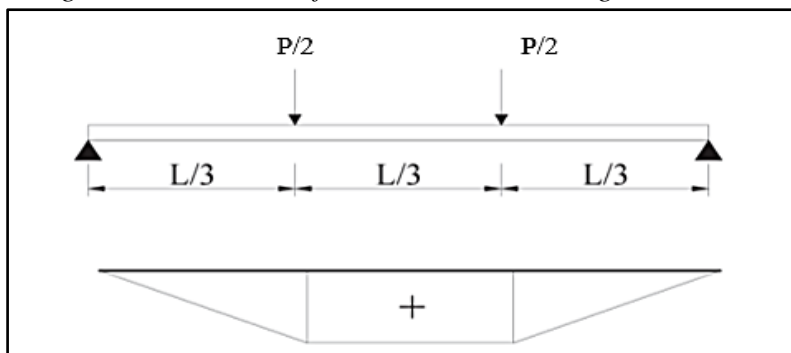
- ✓ Encofrado.
- ✓ Colocación de concreto.
- ✓ Desencofrado.
- ✓ Curado.
- ✓ Fabricación de banco de pruebas.
- ✓ Ensayo y medición.
- ✓ Procesamiento de resultados de ensayos.

### 2.2.19 *comportamiento estructural a flexión de una viga simplemente apoyada.*

En la figura 12 se muestra una viga de concreto armado que está sometida a cargas a los tercios del tramo, es simplemente apoyada con acero de refuerzo en zona inferior y acero mínimo en la zona superior, generando el diagrama de momento flector ilustrado, estando traccionada en la fibra inferior y comprimida en la fibra superior.

**Figura 12**

*Diagrama de momento flector sometida a cargas a los tercios del tramo*

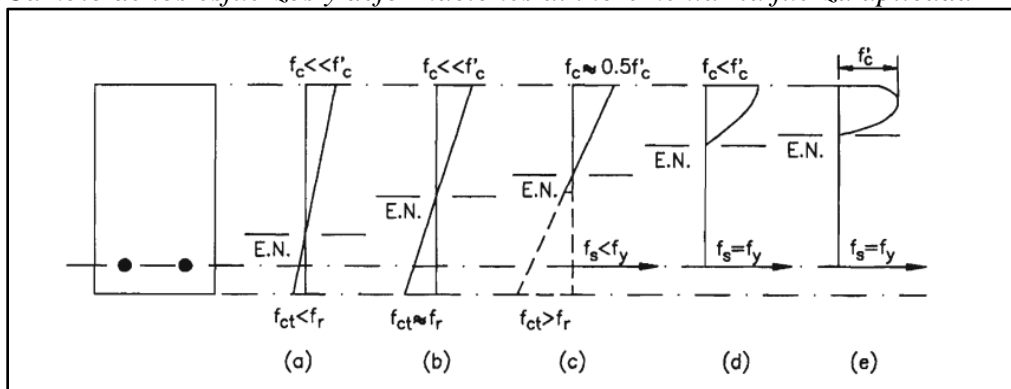


Harmsen (2002) indica: si se incrementan las fuerzas aplicadas hasta producir un fallo por acción de la flexión, la sección media de la viga, en esta zona la distribución de fuerzas cortantes es cero, consta de las siguientes etapas hasta la falla, de acuerdo a la figura siguiente:

- Primera etapa: la fuerza externa es reducida. Las cargas de tracción y compresión no superan la resistencia del concreto en la sección, por lo cual no se presentan rajaduras (Harmsen, 2002), en la figura 13 (a) se muestra la distribución de esfuerzos en su primera etapa.

**Figura 13**

*Cambio de los esfuerzos y deformaciones al incrementar la fuerza aplicada*



*Nota:* Elaborado según información de (Harmsen, 2002).

- Segunda etapa: las fuerzas de tracción presentes en el concreto están a punto de alcanzar su resistencia máxima, las rajaduras aún no se presentan, la sección transversal del concreto es efectiva, el acero de refuerzo resiste la deformación que produce los esfuerzos (Harmsen, 2002) la viga se comporta en forma elástica tal como se muestra en la figura 13 (b).
- Tercera etapa: se presentan las primeras grietas en la viga, alcanzando el momento crítico ( $M_{cr}$ ), el eje neutro asciende conforme la carga aumenta, el concreto al agrietarse, no resiste el esfuerzo a tracción y este es absorbido por el refuerzo (Harmsen, 2002).

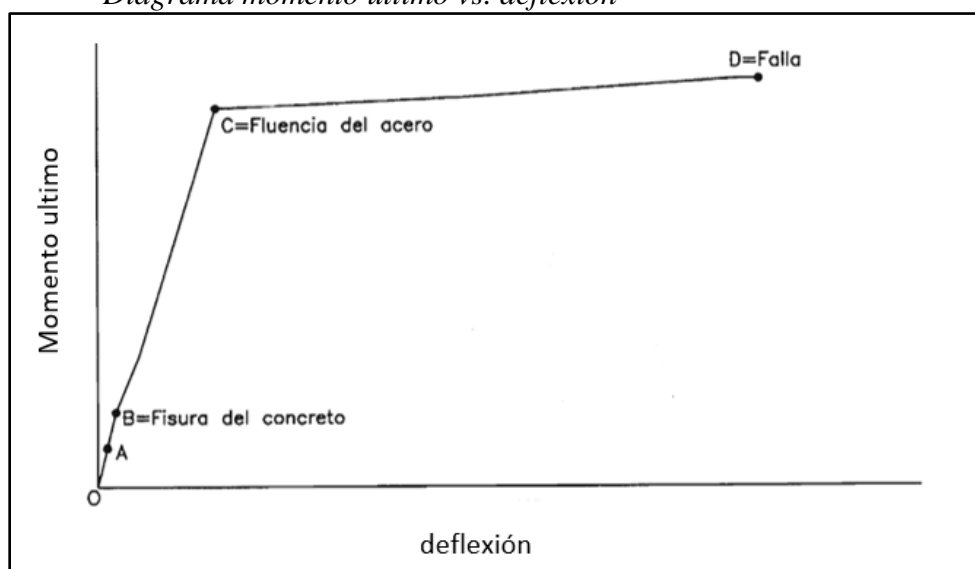
El momento de inercia disminuye teniéndose una sección menos rígida, ocasionando deflexiones mayores, el esfuerzo en el concreto es de  $0.50 f'_c$ , las rajaduras presentan ensanches mayores cuando las cargas se incrementan (Harmsen, 2002), como se muestra en la figura 13 (c).

- Cuarta etapa: las varillas de refuerzo alcanzan su fluencia, la distribución de esfuerzos del concreto adquieren una forma parabólica, las deflexiones aceleradamente crecen ensanchándose más las grietas, el acero se deforma plásticamente, el concreto falla por aplastamiento (Harmsen, 2002), figura 13 (d)

Las cuatro etapas del comportamiento de una viga simplemente apoyada con fuerzas a los tercios del tramo luz libre se muestra en la figura 14, del diagrama momento ultimo vs deflexión:

**Figura 14**

*Diagrama momento ultimo vs. deflexión*



*Nota:* La primera etapa tramo OA, segunda etapa tramo AB, tercera etapa tramo BC y cuarta etapa tramo CD, adaptada según información de (Harmsen, 2002)

### **2.2.20 Fallas en sección sometida a flexión**

Los elementos sometidos a esfuerzos de flexión presentan 3 tipos de fallas, dependiendo de la cantidad de acero de refuerzo que se coloca en los elementos, habiendo la posibilidad que el concreto falle después o antes que el acero fluya (Harmsen, 2002).

### **Falla por tensión**

Harmsen (2002) indica: también llamada falla dúctil, se produce cuando el acero fluye antes de alcanzar la deformación máxima del concreto, se observan grandes deflexiones y grietas, advirtiéndose del peligro de daños en la infraestructura, son secciones sub reforzadas.

### **Falla balanceada.**

Harmsen (2002) indica: el acero alcanza su fluencia al mismo tiempo que el concreto alcanza su deformación máxima, se precisa en la norma como acero máximo de refuerzo un porcentaje del área de acero balanceado

### **Falla por compresión**

Harmsen (2002) indica: también conocida como sección sobre reforzada, el acero permanece elástico no alcanzando su fluencia mientras que el concreto alcanza su deformación máxima, presentan una mayor resistencia a flexión que los sub reforzados, no poseen comportamiento dúctil sino uno frágil, el colapso se da sin previo aviso no siendo conveniente.

## **2.3 Marco conceptual**

**Acero de refuerzo:** Es la cantidad de acero necesario, que se calcula de acuerdo a las cargas ultimas presentes que deban soportar el elemento estructural a diseñar en concreto armado (González y Cuevas, 2018).

**Concreto armado:** El concreto armado está compuesto de los siguientes materiales grava, arena, cemento, agua y barras de refuerzo (Ottazzi, 2015).

**Compresión:** Esfuerzo al que está sometido un elemento estructural al aplicar cargas que actúan en igual dirección, y haciendo que se comprima (González y Cuevas, 2018).

**Consistencia del concreto:** El “slump”, es el método utilizado para determinar las características del comportamiento del concreto fresco (Abanto, 2009).

**Curado del concreto:** Con el fin de evitar que el concreto pierda su humedad por al menos siete días y pueda llegar a la resistencia de diseño se realiza el curado del concreto, el método por aspersión proporciona un curado excelente y económico, el uso de mangueras es útil debe tomarse especial cuidado en no provocar la erosión las superficies de concreto (Abanto,2009).

**Deformación:** Cambio de la geometría de un elemento al ser sometido a cargas externas, alterando la sección transversal de los elementos (Mora y Ortega, 2021).

**Ductilidad:** Es la capacidad que tiene un elemento estructural de deformarse al ser cuando es sometido a esfuerzos sin producir una falla en su sección (Mora y Ortega, 2021).

**Elasticidad:** Propiedad de los aceros, cuando es sometido a cargas, deformándose elásticamente y recuperando su forma inicial cuando se disminuyen de las fuerzas que lo deforman (Mora y Ortega, 2021).

**Fuerzas de adherencia:** transferencia de los esfuerzos que actúan desde el concreto hacia las barras de refuerzo y viceversa en zonas de empalme (González y Cuevas, 2018).

**Flexión:** Es la combinación de fuerzas de tracción y compresión que actúan sobre su sección transversal, cuyo efecto produce una deformación longitudinal (González y Cuevas, 2018).

**Fluencia:** Es la deformación del acero al someterlo a cargas externas, sin retomar su geometría inicial, el material se deformará en forma permanente (Mora y Ortega, 2021).

**Longitud de desarrollo:** Longitud mínima de una barra para transferir esfuerzos a tensión hacia el concreto (González y Cuevas, 2018).

**Resistencia:** Es la capacidad que presentan los elementos estructurales para tolerar los esfuerzos y cargas a las cuales se les someten (Mora y Ortega, 2021).

**Tracción:** carga al que está sometido un elemento estructural al someter dos cargas que actúan en dirección opuesta, haciendo que se alarguen (González y Cuevas, 2018).

**Vigas simplemente apoyadas:** Son vigas de concreto armado que están soportadas por apoyos en los extremos que permiten su libre movimiento (Harmsen, 2002).

### **Capítulo III: Metodología de investigación**

#### **3.1 Hipótesis**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

Los empalmes del acero de refuerzo influyen en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021.

##### **3.1.2 Hipótesis específica**

**H<sub>1</sub>**. El empalme tipo traslapado del acero de refuerzo influye en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021.

**H<sub>2</sub>**. El empalme tipo soldado del acero de refuerzo influye en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021.

**H<sub>3</sub>**. El empalme tipo mecánico del acero de refuerzo influye en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, ciudad de Abancay, 2021.

## **3.2 Método**

### **3.2.1 Método**

El método analítico-sintético, se basa en la descomposición del objeto de estudio para su estudio en forma individual sus componentes, para posteriormente unirlos y analizar de manera conjunta (Hernández R. y otros, 2014).

Se realizó el estudio de los empalmes del tipo traslapado, soldado y mecánico, para luego realizar un estudio general del tipo de empalmes y su influencia en la resistencia a flexión

### **3.2.2 Enfoque**

El enfoque cuantitativo, los fenómenos a observar se cuantificarán y evaluarán, a partir de la medición se podrán construir o plantear hipótesis a través del uso de la estadística (Hernández R. y otros, 2014).

Se utilizó el enfoque cuantitativo puesto que se cuantificaron los datos de los ensayos a flexión realizados a las vigas simplemente apoyadas con los tipos de empalmes planteados, posteriormente se realizó la prueba de hipótesis.

### **3.2.3 Recolección de datos**

El fenómeno a observar se presenta en forma paralela a la recopilación de datos, los resultados del instrumento se relacionan con el punto de vista de mismo momento, se denomina prolectiva (Hernández R. y otros, 2014).

ya que la recolección de datos se realizó en el momento que se hizo los ensayos a flexión de las vigas simplemente apoyadas, se dispuso la recolección prolectiva.

### **3.3 Tipo de investigación**

Según Hernández R. y otros (2014) indica: se denomina correlacional, al estudio que tiene como propósito saber la relación que existe entre dos o más conceptos, por lo general solo se estudia la relación entre 2 variables.

Se determino la correlación de los tipos de empalme en el acero de refuerzo del tipo traslapado, soldado, mecánico y influencia en la capacidad a flexión.

### **3.4 Nivel o alcance la investigación**

Para Hernández R. y otros, (2014): El nivel descriptivo, busca describir las principales características del fenómeno a observar, se recogerá información o cuantificará conceptos de las variables de estudio.

En la presente investigación se buscó describir el fenómeno que ocurre entre los tipos de empalme y responder la razón de la variación en su resistencia a flexión.

### **3.5 diseño de la investigación**

#### **3.5.1 *diseño***

Hernández R. y otros (2014) indica: En los diseños experimentales se manipula las variables independientes, de esta forma poder observar el efecto en las variables dependientes.

En la presente investigación, se busca experimentar las causas (tipos de empalmes como variable independiente) y los efectos (resistencia a flexión como variable dependiente).

#### **3.5.2 *estudio del diseño***

Hernández R. y otros (2014) señala: Es la planificación que se realizara para poder contestar las interrogantes de investigación, de acuerdo al objetivo de estudio trazado, contrastar la certeza de las hipótesis planteadas.

Se fabrico vigas simplemente apoyadas con material de concreto armado con varillas de acero como refuerzo longitudinal con empalmes del tipo traslapado, soldado y mecánico; posteriormente transcurridos 28 días fueron sometidos a ensayos de flexión estableciendo su resistencia ultima, se registraron las fuerzas ultimas y deflexiones, se explicaron las conclusiones de los objetivos planteados.

### **3.6 Operacionalización de variables**

#### **Variable independiente:**

Empalme del acero de refuerzo.

#### **Dimensiones:**

Empalme traslapado, soldado y mecánico

#### **Variable dependiente:**

Resistencia a flexión de vigas simplemente apoyadas.

#### **Dimensiones:**

Resistencia a flexión.

**Tabla 9***Tabla de operacionalización de variables*

<b>Variable independiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medición</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>
Empalmes del acero de refuerzo	Harmsen,(2002) indica: el uso de empalmes se hace necesario cuando las varillas exceden la longitud de fabrica en el armado de acero, por lo cual se debe unir dos varillas para alcanzar el largo conveniente.	En la presente investigación se diseñaron vigas simplemente apoyadas con aceros de refuerzo del tipo traslapado, soldado y mecánico, que serán sometidos a carga a los tercios del tramo libre de la viga simplemente apoyada.	Tipos de empalme del acero de refuerzo: traslapado, soldado y mecánico.	Carga máxima que soporta el empalme del tipo traslapado	kN	Observación directa	Ficha técnica:
		Carga máxima que soporta el empalme del tipo soldado	kN	Observación directa	Adaptada de (Gonzales Cadillo, 2019).		
		Carga máxima que soporta el empalme del tipo mecánico	kN	Observación directa	Ver anexo 3		

<b>Variable dependiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medición</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>
Resistencia a la flexión de vigas simplemente apoyadas	Es la combinación de fuerzas de tracción y compresión que actúan sobre su sección transversal, cuyo efecto produce una deformación longitudinal (González y Cuevas, 2018).	Se realizarán ensayos de flexión en vigas simplemente apoyadas con empalmes de acero de refuerzo del tipo traslapado, soldado y mecánico, se someterá a carga en los tercios de la viga hasta provocar la falla, se determinará la resistencia a la flexión última con los empalmes planteados.	Resistencia a Flexión en vigas simplemente apoyadas con empalme traslapado, soldado y mecánico	Momento de flexión última en empalme traslapado Momento de flexión última en empalme soldado Momento de flexión última en empalme mecánico.	kN .mm	Observación directa	Ficha técnica: Adaptada de (Gonzales Cadillo, 2019). Ver anexo 3

### **3.7 Población, muestra y muestreo**

#### **3.7.1 Población**

Se define como un grupo de casos que tienen en común especificaciones que concuerdan entre sí (Hernández R. y otros ,2014).

La población de estudio para la presente investigación estará conformada de vigas simplemente apoyadas con una resistencia a compresión de  $f'c = 20.59$  MPa con empalmes del tipo traslapado, soldado y mecánico, se realizaron ensayos de flexión.

La norma ASTM C78 (método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de luz) indica que se deberá de especificar la cantidad o el tamaño de especímenes a ser ensayados, no indicando una cantidad mínima de ensayos (Gonzales Cadillo, 2019), la selección de la población de estudio se realizó por conveniencia o del tipo intencional con una cantidad total de 9 vigas de concreto armado simplemente apoyada para los ensayos de flexión, de acuerdo al juicio o criterios del investigador. Siendo 3 del tipo traslapado, 3 del tipo soldado y 3 del tipo mecánico.

#### **3.7.2 Muestra**

Se define como un sub grupo de casos de una determinada población en el cual se busca recoger datos, deben tener una relación relevante entre las preguntas y objetivos del estudio, las muestras no probabilísticas se caracterizan al no depender de la probabilidad y si de la conveniencia para el estudio (Hernández R. y otros ,2014).

La presente investigación la muestra es de carácter no probabilístico, porque el estudio está enfocado en cuanto al nivel causa-efecto, se tomó especial cuidado en la elección de casos de las vigas simplemente apoyadas con los empalmes del tipo traslapado, soldado y mecánico.

La cantidad de muestras es igual a la población puesto que toda la población será evaluada y considerada en la presente investigación y procesamiento de datos de los resultados.

**Tabla 10**

*Cantidad de Ensayos de Especímenes Correspondientes al Indicador por Flexión*

Tipo de empalme	Especímen	Longitud	f <sup>c</sup>
Traslapado	V 30 x 25-ET-1	3 m	20.59 MPa
	V 30 x 25-ET-2		
	V 30 x 25-ET-2		
Soldado	V 30 x 25-ES-1	3 m	20.59 MPa
	V 30 x 25-ES-2		
	V 30 x 25-ES-2		
Mecánico	V 30 x 25-EM-1	3 m	20.59 MPa
	V 30 x 25-EM-2		
	V 30 x 25-EM-2		

*Nota:* Se tomará un total de 9 muestras de ensayo como se establece en la tabla 10, de acuerdo al tipo de empalme para los ensayos de resistencia a la flexión.

### 3.7.3 Muestreo

No se realizará el muestreo por que la población es igual a nuestra muestra en el presente caso planteado.

### 3.8 Técnicas e instrumentos

Son acciones o actividades que realiza el investigador con el fin de registrar los datos más importantes que le permitan lograr sus objetivos y poder realizar la contrastación de hipótesis de estudio, la observación controlada se realiza en ensayos donde se tiene una secuencia de procedimientos definidos y se observan procesos tal como los que se realizan en laboratorios (Hernández R. y otros ,2014).

Se empleó la observación directa como técnica de recolección de información más relevante, los datos obtenidos serán recolectados en fichas que se utilizaron en estudios anteriores de estudios de ensayos de flexión.

#### 3.8.1 Instrumentos de recolección de datos

Se hace posible la ejecución de la técnica, mediante el medio que el investigador hace uso para el registro de datos de las variables que se proponen (Hernández R. y otros ,2014).

El instrumento de recolección de los datos para la presente investigación se utilizó la ficha técnica de medición de (Gonzales cadillo, 2019), Desarrollada en la universidad Cesar Vallejo, como tesis de post grado como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 11**

*Ubicación de Ficha Técnica*

Ficha técnica por indicador	anexo
Resistencia a la flexión	Ver anexo 3
Deflexión máxima	Ver anexo 3

*Nota:* Elaboración propia.

### **3.8.2 Validación de instrumentos**

Es el rango o grado con el cual mide un instrumento a las variables de investigación, tomando en consideración la opinión de expertos (Hernández R. y otros ,2014).

Las fichas técnicas de acopio de información se adaptaron de acuerdo a la tesis de pre grado desarrollado por (Gonzales cadillo, 2019), para la medición del indicador de resistencia a flexión y deflexión máxima (ver anexo 2), se realizó la validez, recurriendo a la opinión de expertos profesionales.

### **3.8.3 Confiabilidad.**

Rango en el cual un instrumento reporta resultados confiables en una muestra, esto se realiza al medir en forma repetida, obteniéndose resultados similares (Hernández R. y otros ,2014).

La confiabilidad de los instrumentos tuvo un rango entre 0.75, 0.80 y 0.90, de parte de los expertos, teniéndose una magnitud de confiabilidad alta, de acuerdo a la solicitud de fichas técnicas de medición. (ver anexo 2)

## **3.9 Consideraciones éticas**

se tomaron en cuenta los siguientes aspectos éticos:

- reconocer en forma clara a todos los autores bibliográficos.
- Veracidad de los datos obtenidos.
- Honestidad.

## **3.10 Procesamiento estadístico**

La contrastación de hipótesis de investigación se efectuó utilizando la distribución de t-student, el método se desarrolló de acuerdo a lo indicado (Walpole et al,2012):

### **Elección de hipótesis.**

Se estableció la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) y la hipótesis nula ( $H_0$ ) para varianzas desconocidas se optó la hipótesis bilateral de 2 colas en la curva de distribución (Walpole et al,2012):

$$H_1: \mu \neq \mu_0,$$

$$H_0: \mu = \mu_0,$$

### **Grado de significancia.**

Se trabajó con un nivel de significancia del 5%, siendo este el indicador de confianza, este valor es utilizado en forma frecuente en estudios de diseño experimental de muestras menores a 30 (Walpole et al,2012).

### **Determinación de la región crítica.**

se determinó mediante las expresiones indicadas en (Walpole et al,2012):

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} \quad (3-1)$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3-2)$$

donde:  $\bar{x}$  = medida patrón.

$\mu$  = valor promedio de población.

$n$  = grado de libertad de muestra.

$t$  = indicador t.

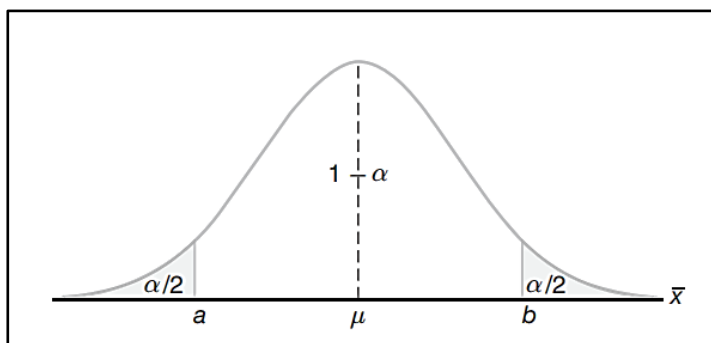
$s$  = desviación estándar.

**criterio de rechazo de hipótesis nula.**

Será rechazado la hipótesis nula  $H_0$  si valor estadístico  $t$  se encuentra dentro de las regiones bilaterales comprendidas entre  $\alpha$ ,  $-\alpha$  (Walpole et al,2012).

**figura 15**

*Región crítica para hipótesis alternativa*



*Nota:* elaborado con información de (Walpole et al,2012)

**Presentación de resultados.**

se presentará los resultados de la hipótesis alternativa y nula en virtud a la ubicación en la región crítica de la evidencia muestral en virtud del valor “ $t$ ”, de rechazo o aceptación de hipótesis.

## Capítulo IV: Resultados y discusión

### 4.1 Resultados

Los resultados obtenidos son presentados en respuesta a los objetivos específicos y el objetivo general de investigación. Se presenta de manera ordenada los diseños de cuantía del refuerzo longitudinal, momento ultimo de refuerzo colocado, acero transversal, diseño de empalmes de refuerzo del tipo empalmado, soldado y mecánico, así como diseños preliminares para establecer la repercusión de los empalmes de acero de refuerzo y su resistencia a la flexión.

#### *4.1.1 Diseños preliminares para establecer la influencia de los aceros de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas*

##### **Diseño de mezcla:**

**Tabla 12**

*Resultado de Diseño de mezcla en peso*

Cemento	Ag. fino	Ag. grueso	Agua	Observaciones
1	2.59	2.94	21.96	Ver anexo 11

*Nota:* En la tabla 12 se detalla los resultados de proporción de los materiales a utilizar.

**Tabla 13***Resultado de diseño de mezcla en volumen*

Cemento	Ag. fino	Ag. grueso	Agua	Observaciones
1	2.28	2.88	21.96	Ver anexo 11

*Nota:* Se utilizó el cemento Yura portland tipo I, los agregados fueron acopiados de la cantera el pedregal, método ACI 211, se obtuvo una resistencia a compresión axial correspondiente a

**Pre-dimensionamiento y dimensiones de viga simplemente apoyada:**

dimensiones de sección transversal y longitudinal de viga simplemente apoyada:

**Tabla 14***Dimensiones de viga simplemente apoyada*

Peralte	300 mm	Observaciones
Peralte efectivo	240 mm	
Base	250 mm	Ver anexo 5
Longitud	3000 mm	

*Nota:* Las dimensiones presentadas en la tabla fueron calculadas en base al pre-dimensionamiento y longitudes mínimas de acuerdo al RNE norma E.060 ver anexo 5.

## Resultados del diseño de acero de refuerzo y momento ultimo de acero colocado:

**Tabla 15**

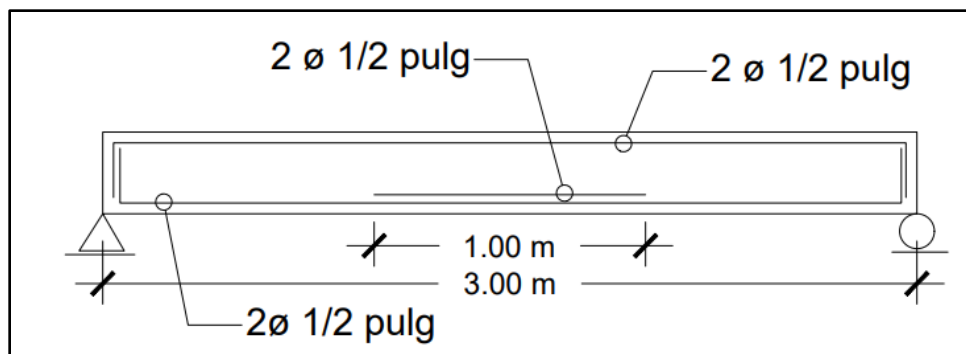
*Resultados de cuantía de refuerzo y momento ultimo*

		Observaciones
Diámetro de acero de refuerzo	12.7 mm	
Área de acero de refuerzo positivo colocado	516 mm <sup>2</sup>	
Área de acero de refuerzo negativo colocado	258 mm <sup>2</sup>	Ver anexo 5
Momento ultimo de acero colocado	41275.87 kN.mm	

*Nota:* Para la cuantía de acero se tomó como referencia lo indicado en las especificaciones técnicas del fabricante aceros Arequipa respecto a sus propiedades geométricas, el momento de ultimo de acero colocado nos indicara la influencia respecto a los momentos últimos de los tipos de empalme propuestos en la presente investigación.

**Figura 16**

*Detalle de distribución de acero de refuerzo.*



*Nota:* Se muestra el armado de acero, así como la medida del refuerzo en la parte central de la viga simplemente apoyada de acuerdo a la distribución de momentos presentes de acuerdo al diseño.

## Acero de refuerzo transversal

**Tabla 16**

*Distribución de refuerzo transversal*

Diámetro de acero	Distribución de acero	Observación
3/8 pulg	1 @0.05 m + 9 @0.10 m + R @ 0.20 m	Ver anexo 6

*Nota:* se colocó acero de refuerzo a 0.20 m para poder tener los aceros de refuerzo longitudinales lo más alineado posible y para facilitar labores durante la etapa constructiva de las vigas simplemente apoyadas, se optó por el diámetro de 3/8 pulg de acuerdo a la recomendación de la norma E.060 del RNE, para diámetros menores a 1pulg.

### Longitud de empalme de acero de refuerzo traslapado:

**Tabla 17**

*Longitud de empalme traslapado*

Longitud de empalme traslapado inferior (+)	500 mm
Longitud de empalme traslapado superior (-)	400 mm

*Nota:* Las longitudes que se utilizaron para el armado de acero de refuerzo son superiores a la longitud de 0.30 m indicada como longitud mínima de acuerdo al RNE norma E.060.

### Resultado diseño de empalme soldado:

**Tabla 18**

*Fuerza cortante, esfuerzo a tensión y electrodo seleccionado*

Fuerza cortante permisible en unión soldada	51.80 kN	observación
Esfuerzo a tensión	246.96 MPa	
Electrodo seleccionado	E-7018	
Carbono equivalente	0.44	Ver anexo 7
Carbono químico	0.56	
Temperatura de precalentamiento	206.5 °C	

*Nota:* La fuerza cortante y esfuerzo a tensión se calcularon para cada varilla verificando la fuerzas y esfuerzos presentes en el acero de refuerzo positivo de acuerdo a las cargas de diseño presentes en las vigas simplemente apoyadas (ver anexo 7).

### Resultado diseño de empalme mecánico:

**Tabla 19**

*Resultados de diseño de empalme mecánico*

Diámetro exterior de acople mecánico	19.05 mm
Diámetro interior de acople mecánico	12.7 mm
Longitud de acople mecánico	100 mm
Longitud de rosca	50 mm
Torque de apriete	61.04 kN.mm
Esfuerzo de acople mecánico	272.96 MPa

*Nota:* el esfuerzo del acople mecánico es menor a la resistencia de fluencia del acero ( $4200\text{kg/cm}^2=411.87\text{MPa}$ ) por lo cual no se espera fallas dentro del acople mecánico (ver anexo 8).

### **Resultado de ensayo de compresión axial en concreto:**

Los resultados de la rotura de testigos sometidos al concreto a la edad de 28 días, alcanzaron valores de resistencia promedio de  $231.75\text{ kg/cm}^2$  ( $22.72\text{MPa}$ ) cumpliendo con la resistencia requerida (ver anexo 12).

#### **4.1.2 Resultados objetivo específico $O_1$**

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de resistencia a flexión en empalme del tipo traslapado, así como el grafico momento ultimo vs. Deformación, sus valores de puntos característicos y la descripción de falla en las vigas:

**Tabla 20**

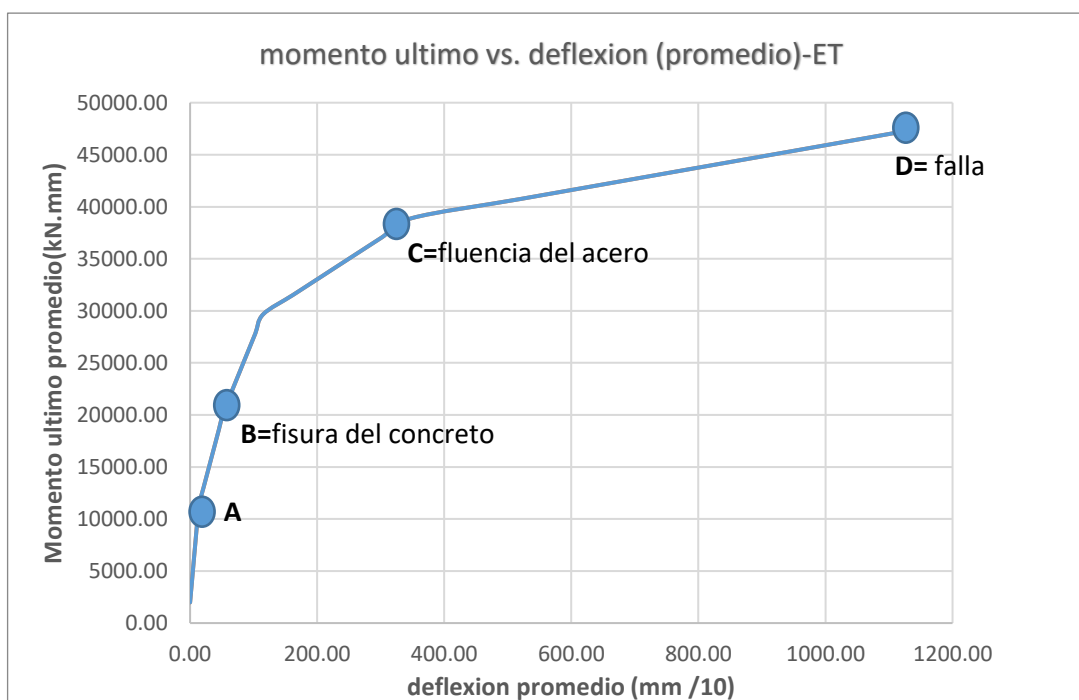
#### *Resultados de resistencia a la flexión en empalme tipo traslapado*

Espécimen	Carga máxima (kN)	Mu (kN.mm)	Observación
V 30X25-ET-1	90.81	47389.46	
V 30X25-ET-2	90.07	47020.33	Ver anexo 9
V 30X25-ET-3	91.54	47758.59	
<b>Promedio</b>	90.81	47389.46	

*Nota:* La viga simplemente apoyada con empalme de tipo soldado tuvo una resistencia a flexión promedio en las 3 muestras ensayadas un valor de  $47389.46\text{ kN.mm}$  cuando se aplicó una carga máxima promedio de  $90.81\text{ kN}$  en el ensayo realizado.

**Figura 17**

Gráfico momento ultimo vs. deformación de valor promedio de ensayos empalme traslapado



Nota: En la figura 17 se muestra el grafico momento ultimo vs. Deformación con los valores promedios registrados en los 3 ensayos realizados a las vigas simplemente apoyadas.

**Tabla 21**

Valores de puntos característicos de grafico momento ultimo vs. deformación de valor promedio de ensayos empalme traslapado

Espécimen	A		B=fisura de concreto		C=fluencia de acero		D=falla		D/C
	(kN.mm)	(mm/10)	(kN.mm)	(mm/10)	(kN.mm)	(mm/10)	(kN.mm)	(mm/10)	
<b>Promedio</b>	11214.76	13.33	18597.35	45.33	37053.83	301.67	47389.46	1136.67	1.28

Nota: La viga simplemente apoyada con empalme de tipo traslapado tuvo una resistencia a flexión promedio en las 3 muestras ensayadas un valor de 47389.46 kN.mm registrándose una deflexión máxima promedio de 113.67mm en el ensayo realizado y una relación correspondiente al momento de falla sobre la fluencia del acero correspondiente  $D/C=1.28$ . (ver anexo 10).

**Figura 18**

*Fisuras presentes en viga luego del ensayo y verificación de daños en aceros de refuerzo traslapado*



*Nota:* el tipo de falla que se observó en el ensayo fue por tensión, el acero fluyo mostrando una falla dúctil, la viga se fisuro presentando aberturas entre 3 a 5 mm, se observó reducción del diámetro en la zona final de la longitud de traslape a una distancia promedio de 0.25 m del centro del tramo, se registró un momento ultimo de flexión y ductilidad de acuerdo a la tabla 21.

#### **4.1.3 Resultados objetivo específico O<sub>2</sub>**

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de resistencia a flexión en empalme del tipo soldado, así como el grafico momento ultimo vs. Deformación, sus valores de puntos característicos y la descripción de falla en las vigas:

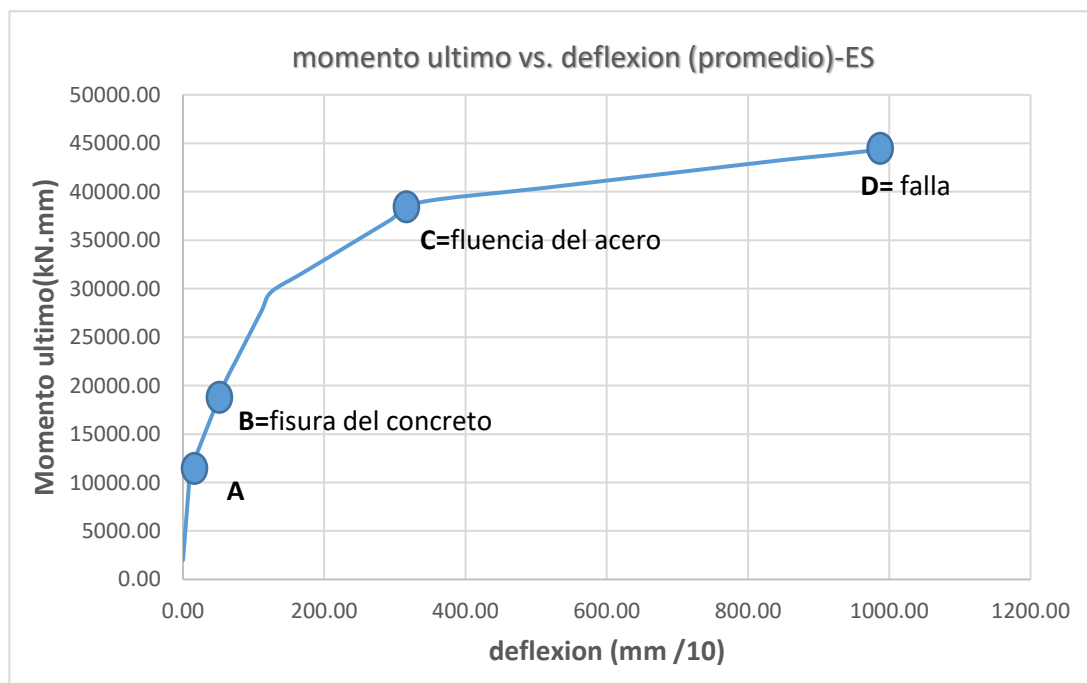
**Tabla 22***Resultados de resistencia a la flexión empalme tipo soldado*

Espécimen	Carga máxima (kN)	Mu (kN.mm)	Observación
V 30X25-ES-1	85.64	44805.55	
V 30X25-ES-2	87.11	45543.81	Ver anexo 9
V 30X25-ES-3	81.21	42590.77	
<b>Promedio</b>	84.65	44313.38	

*Nota:* El empalme de tipo soldado tuvo una resistencia a flexión promedio en las 3 muestras ensayadas un valor de 44313.38 kN.mm cuando se aplicó una carga máxima promedio de 84.65 kN en el ensayo realizado.

**Figura 19**

*Gráfico momento ultimo vs deformación de valor promedio de ensayos empalme soldado*



*Nota:* En la figura 9 se muestra el gráfico momento ultimo vs. Deformación con los valores promedios registrados en los 3 ensayos realizados a las vigas simplemente apoyadas.

**Tabla 23**

*Valores de puntos característicos de grafico momento ultimo vs deformación de valor promedio de ensayos empalme soldado*

Espécimen	A		B=fisura de concreto		C=fluencia de acero		D=falla		D/C
	(kN.mm)	(mm/10)	(kN.mm)	(mm/10)	(kN.mm)	(mm/10)	(kN.mm)	(mm/10)	
<b>Promedio</b>	11214.76	10.00	18597.35	50.00	38899.48	335.00	44313.38	983.33	1.14

*Nota:* El empalme de tipo traslapado tuvo una resistencia a flexión promedio en las 3 muestras ensayadas un valor de 44313.38.46 kN.mm registrándose una deflexión máxima promedio de 98.33mm en el ensayo realizado y una relación correspondiente al momento de falla sobre la fluencia del acero correspondiente a D/C=1.14. (ver anexo 10).

**Figura 20**

*Fisuras presentes en viga luego del ensayo y verificación de daños en aceros de refuerzo soldado*



*Nota:* El tipo de falla que se observó en el ensayo fue por tensión, el acero fluyo exhibiendo una falla dúctil, la viga se fisuro presentando aberturas entre 20 a 25mm, se observó una disminución del diámetro del acero de refuerzo en la zona dañada por la temperatura producto del proceso de soldado, esta zona perdió ductilidad, así como su capacidad a tracción por lo que el acero fluyo

presentando una menor deformación a tracción , se registró un momento ultimo de flexión y ductilidad de acuerdo a la tabla 23.

#### 4.1.4 Resultados objetivo específico O<sub>3</sub>

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de resistencia a flexión en empalme del tipo mecánico, así como el grafico momento ultimo vs. Deformación, sus valores de puntos característicos y la descripción de falla en las vigas:

**Tabla 24**

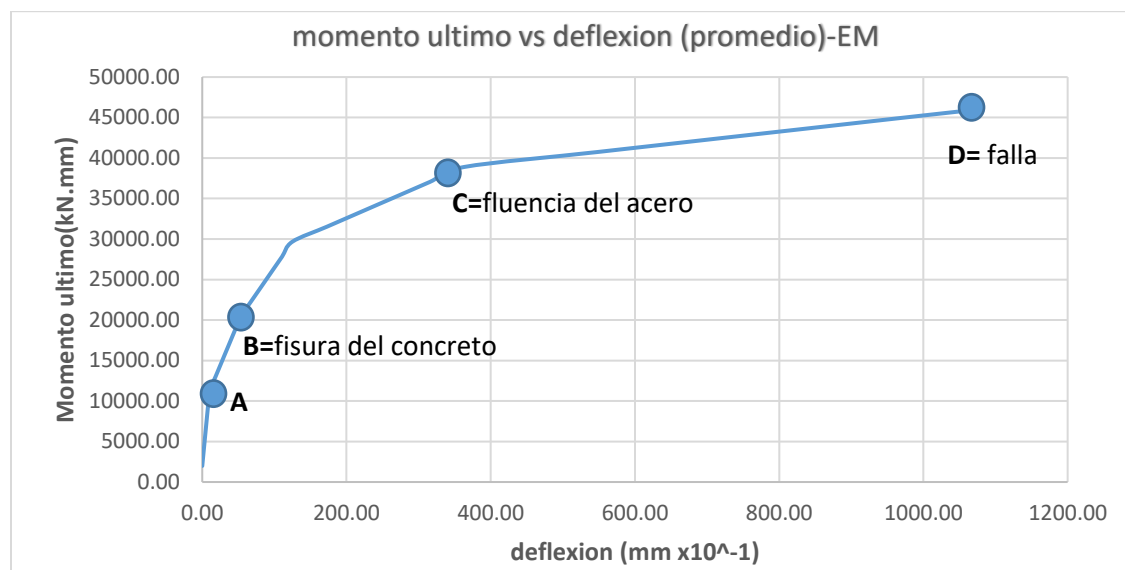
*Resultados de resistencia a la flexión empalme tipo mecánico*

Especimen	Carga máxima (kN)	Mu (kN.mm)	Observación
V 30X25-EM-1	87.11	45543.81	
V 30X25-EM-2	88.59	46282.07	Ver anexo 9
V 30X25-EM-3	87.85	45912.94	
<b>Promedio</b>	87.85	45912.94	

*Nota:* El empalme de tipo mecánico tuvo una resistencia a flexión promedio en las 3 muestras ensayadas un valor de 45912.94 kN.mm cuando se aplicó una carga máxima promedio de 87.85 kN en el ensayo realizado.

**Figura 21**

Gráfico momento ultimo vs. deformación de valor promedio de ensayos empalme mecánico



Nota: En la figura 21 se muestra el gráfico momento ultimo vs. Deformación con los valores promedios registrados en los 3 ensayos realizados a las vigas simplemente apoyadas

**Tabla 25**

Valores de puntos característicos de gráfico momento ultimo vs deformación de valor promedio de ensayos empalme mecánico

	A		B=fisura de concreto		C=fluencia de acero		D=falla		D/C
Espécimen	(kN.mm)	(mm/10)	(kN.mm)	(mm/10)	(kN.mm)	(mm/10)	(kN.mm)	(mm/10)	
<b>Promedio</b>	11214.76	10.00	18597.35	53.33	38890.40	363.33	45912.94	1066.67	1.18

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El empalme de tipo mecánico tuvo una resistencia a flexión promedio en las 3 muestras ensayadas un valor de 45912.94 kN.mm registrándose una deflexión máxima promedio de 106.66 mm en el ensayo realizado y una relación correspondiente al momento de falla sobre la fluencia del acero correspondiente a D/C=1.18 (ver anexo 10).

## Figura 22

*Fisuras presentes en viga luego del ensayo y verificación de daños en aceros de refuerzo mecánico*



*Nota:* El tipo de falla que se observó en el ensayo fue una frágil, el acero no fluyo exhibiendo una falla repentina, la viga se fisuro presentando aberturas superiores a los 75 mm, se observó la fractura del acero en la zona de final de la punta roscada del empalme, en esta zona se disminuyó el diámetro del acero en 3mm para la elaboración del empalme mecánico, se registró un momento ultimo de flexión y ductilidad de acuerdo a la tabla 25.

### 4.1.5 Resultados objetivo general

Se presentan el resultado de valor promedio general de los promedios de los momentos últimos de los empalmes del tipo traslapado, soldado y mecánico, así como los porcentajes de variación de los momentos últimos:

**Tabla 26***Resultado del promedio general*

Espécimen	Momento ultimo (kN.mm)	% de variación
Mu de acero colocado(patrón)	41275.81	
V 30x25-ET-P	47389.46	14.81 %
V 30x25-ES-P	44313.38	7.36 %
V 30x25-EM-P	45912.94	11.23 %
<b>Promedio general</b>	45871.93	11.13 %

*Nota:* Se utilizaron los valores promedios de los momentos últimos del ensayo de los empalmes tipo traslapado, soldado, mecánico de las vigas simplemente apoyadas y el momento promedio general; se hizo una comparación con el momento ultimo de acero colocado (medida patrón), determinando los porcentajes de incremento determinándose un momento ultimo promedio general de 45871.93 kN.mm incrementándose en un porcentaje de 11.13% en comparación con el momento ultimo de acero colocado, de acuerdo a la tabla 26.

## 4.2 Discusión de resultados

### 4.2.1 Discusión de resultados hipótesis específico $H_1$

En el presente estudio respecto a la hipótesis específica  $H_1$  (el empalme tipo traslapado del acero de refuerzo influyen la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas) se determinó un momento ultimo de flexión promedio de 47389.46 kN.mm siendo este valor mayor al momento ultimo de acero colocado en un 14.81% y una relación de momento de falla sobre fluencia de acero  $D/C=1.28$ ; según Gonzales (2019), en su investigación determino una relación  $D/C= 1.04$  mediante los ensayos de flexión, esta diferencia se podría atribuir a que la longitud de la viga

ensayada fue de mayor longitud (5m) y que solo se utilizó refuerzo en la zona inferior (diámetro de 3/4") y no se contó con estribos transversales.

#### ***4.2.2 Discusión de resultados hipótesis específico H<sub>2</sub>***

En el presente estudio respecto a la hipótesis específica H<sub>2</sub> (el empalme tipo soldado del acero de refuerzo influyen la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas) se determinó un momento último de flexión promedio de 44313.38 kN.mm siendo este valor mayor al momento último de acero colocado en un 7.36% y una relación de momento de falla sobre fluencia de acero D/C=1.14; Hernández (2018); en su investigación determinó una relación D/C un valor mayor a 1.25; esta diferencia se podría atribuir a que los empalmes de ensayo a tope se realizaron con una camisa diametral como refuerzo de la unión soldada cedula 80 y 160 (diámetro de acero de refuerzo 1/2 pulg y 3/4 pulg), en Colombia la resistencia a fluencia de los aceros es de  $f_y=420$  MPa teniendo una mayor resistencia a fluencia que las fabricadas en Perú (411.88 MPa), se utilizó como material de aporte el electrodo E-9018.

#### ***4.2.3 Discusión de resultados hipótesis específico H<sub>3</sub>***

En el presente estudio respecto a la hipótesis específica H<sub>3</sub> (el empalme tipo mecánico del acero de refuerzo influyen la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas) se determinó un momento último de flexión promedio de 45912.94 kN.mm siendo este valor mayor al momento último de acero colocado en un 11.23% y una relación de momento de falla sobre fluencia de acero D/C=1.18; Migone (2018) en su investigación determinó una relación D/C= 1.5, esta diferencia se podría atribuir a que se utilizaron empalmes mecánicos normados tipo roscado y a presión, se realizaron ensayos de tracción a las muestras.

#### 4.2.4 *Discusión de resultados hipótesis general.*

En el presente estudio respecto a la hipótesis general (los empalmes de acero de refuerzo influyen la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas) se determinó un momento último de flexión promedio de 45871.93 kN.mm siendo este valor mayor al momento último de acero colocado en un 11.13%, el valor promedio del momento último del empalme del tipo traslapado es superior a los momentos últimos de los empalmes del tipo mecánico y soldado; Zuñiga y Nina (2019), indican que los empalmes del tipo traslapado poseen una menor capacidad a tracción que los empalmes mecánicos, siendo estos mayores a  $1.25 f_y$ , esta diferencia podría ser debido a que en esta investigación se utilizaron empalmes mecánicos roscados con materiales normados, los diámetros de acero de refuerzo de los ensayos fueron de 3/8 pulg, 1/2 pulg y 5/8 pulg.

#### 4.3 Prueba de hipótesis

se realizó la contrastación de las hipótesis específicas y general con los valores promedios de los momentos últimos de los tipos de empalme traslapado, mecánico, soldado y el valor promedio general tomando como patrón de comparación al momento último de acero colocado, hipótesis planteadas:

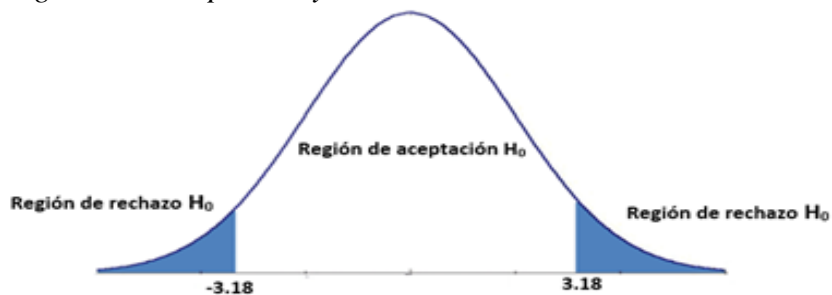
$H_0$ =hipótesis nula; **no influyen.**

$H_1$ =hipótesis alternativa; **influyen.**

$$H_0: \mu = \mu_0,$$

$$H_1: \mu \neq \mu_0,$$

$t_{\text{critico}} = 3.18$  (tabla A4-Walpole et al, 2012)

**Figura 23***Regiones de aceptación y rechazo***4.3.1 Prueba de hipótesis específica  $H_1$** 

Se presenta la prueba de hipótesis de la influencia del empalme del tipo traslapado en la resistencia a flexión en vigas simplemente apoyadas, de acuerdo a los resultados de los momentos últimos promedio de los ensayos y el momento de acero colocado como se detalla a continuación:

Momento ultimo de acero colocado= 41275.87 kN.mm ( $\mu$ )

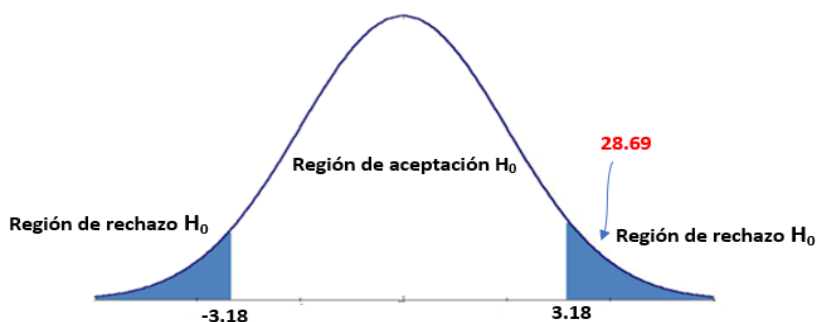
Momento ultimo promedio empalme traslapado= 47389.46 kN.mm ( $\bar{x}$ )

**Tabla 27***Resultados de prueba de hipótesis específica  $H_1$* 

Descripción	Resultado obtenido
Nivel de confianza	95%
Valores de control ( $t_{\text{crítico}}$ )	+3.18,-3.18
Desviación estándar (S)	369.13
Valor de prueba (t)	28.69
Prueba	$t > t_{\text{crítico}}$
Decisión	hipótesis nula $H_0$ , rechazada

**Figura 24**

*Ubicación del valor  $t$  de prueba hipótesis específica  $H_1$ .*



*Nota:* Observamos que el valor calculado del indicador estadístico  $t$  se encuentra dentro del valor de rechazo de la hipótesis nula, por lo cual, el empalme del tipo traslapado **influye** en la resistencia a flexión en vigas simplemente apoyadas.

#### **4.3.2 Prueba de hipótesis específica $H_2$**

Se presenta la prueba de hipótesis de la influencia del empalme del tipo soldado en la resistencia a flexión en vigas simplemente apoyadas, de acuerdo a los resultados de los momentos últimos promedio de los ensayos y el momento de acero colocado como se detalla a continuación:

Momento ultimo de acero colocado= 41275.87 kN.mm ( $\mu$ )

Momento ultimo promedio empalme soldado= 44313.94 kN.mm ( $\bar{x}$ )

**Tabla 28***Resultados de prueba de hipótesis específica  $H_2$* 

Descripción	Resultado obtenido
Nivel de confianza	95%
Valores de control ( $t_{\text{crítico}}$ )	+3.18,-3.18
Desviación estándar (S)	1536.81
Valor de prueba (t)	3.42
Prueba	$t > t_{\text{crítico}}$
Decisión	hipótesis nula $H_0$ es rechazada

**Figura 25***Ubicación del valor t de prueba hipótesis específica  $H_2$* 

*Nota:* Observamos que el valor calculado del indicador estadístico t se encuentra dentro del valor de rechazo de la hipótesis nula, el empalme del tipo soldado **influye** en la resistencia flexión en vigas simplemente apoyadas.

### 4.3.3 Prueba de hipótesis específica $H_3$

Se presenta la prueba de hipótesis de la influencia del empalme del tipo mecánico en la resistencia a flexión en vigas simplemente apoyadas, de acuerdo a los resultados de los momentos últimos promedio de los ensayos y el momento de acero colocado como se detalla a continuación:

Momento ultimo de acero colocado= 41275.87 kN.mm ( $\mu$ )

Momento ultimo promedio empalme mecánico= 45912.94 kN.mm ( $\bar{x}$ )

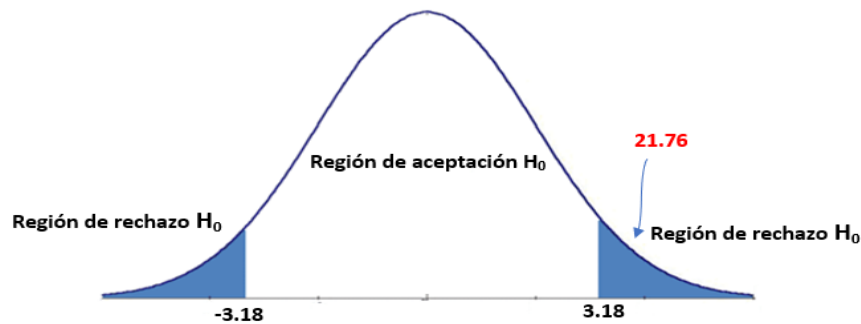
**Tabla 29**

#### *Resultados de prueba de hipótesis específica $H_3$*

Descripción	Resultado obtenido
Nivel de confianza	95%
Valores de control ( $t_{\text{critico}}$ )	+3.18,-3.18
Desviación estándar (S)	369.13
Valor de prueba (t)	21.76
Prueba	$t > t_{\text{critico}}$
Decisión	hipótesis nula $H_0$ es rechazada

**Figura 26**

*Ubicación de valor t de prueba hipótesis específica  $H_3$*



*Nota:* Observamos que el valor calculado del indicador estadístico t se encuentra dentro del valor de rechazo de la hipótesis nula, se concluye que el empalme del tipo mecánico **influye** en la resistencia a flexión en vigas simplemente apoyadas.

#### **4.3.4 Prueba de hipótesis general**

Se presenta la prueba de hipótesis de la influencia de los tipos de empalme en la resistencia a flexión en vigas simplemente apoyadas, de acuerdo a los resultados de los momentos últimos promedio de los ensayos y el momento de acero colocado como se detalla a continuación:

Momento ultimo de acero colocado= 41275.87 kN.mm ( $\mu$ )

Momento ultimo promedio general= 45871.93 kN.mm ( $\bar{x}$ )

**Tabla 30***Prueba de hipótesis general*

Descripción	Resultado obtenido
Nivel de confianza	95%
Valores de control ( $t_{\text{crítico}}$ )	+3.18,-3.18
Desviación estándar (S)	1538.45
Valor de prueba (t)	5.17
Prueba	$t > t_{\text{crítico}}$
Decisión	hipótesis nula $H_0$ es rechazada

**Figura 27**

Ubicación de valor  $t$  de prueba hipótesis específica  $H_3$



*Nota:* Observamos que el valor calculado del indicador estadístico  $t$  se encuentra dentro del valor de rechazo de la hipótesis nula, concluyéndose que los empalmes del acero de refuerzo **influyen** en la resistencia a flexión en vigas simplemente apoyadas.

## Conclusiones

Los ensayos se realizaron con equipos de medición calibrados, determinándose los resultados para precisar la influencia de los empalmes del acero de refuerzo en la resistencia a flexión en vigas simplemente apoyadas, llegando a las siguientes conclusiones:

1. Los resultados de los ensayos a flexión de las vigas simplemente apoyadas con empalme tipo traslapado, se obtuvo un momento ultimo a flexión promedio de 47389.46 kN.mm, incrementándose en un porcentaje 14.81% respecto al momento ultimo de acero colocado (ver tabla 26), confirmando la influencia del empalme tipo traslapado del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, por lo cual se acepta la hipótesis alterna (ver tabla 27).
2. Los resultados de los ensayos a flexión de las vigas simplemente apoyadas con empalme tipo soldado, se obtuvo un momento ultimo a flexión promedio de 44313.38 kN.mm, incrementándose en un porcentaje 7.36% respecto al momento ultimo de acero colocado (ver tabla 26), confirmando la influencia del empalme tipo soldado del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, por lo cual se acepta la hipótesis alterna (ver tabla 28).
3. Los resultados de los ensayos a flexión de las vigas simplemente apoyadas con empalme tipo mecánico, se obtuvo un momento ultimo a flexión promedio de 45912.94 kN.mm, incrementándose en un porcentaje 11.23 % respecto al momento ultimo de acero colocado (ver tabla 26), confirmando la influencia del empalme tipo mecánico del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, por lo cual se acepta la hipótesis alterna (ver tabla 29).

4. Los resultados de los ensayos a flexión de las vigas simplemente apoyadas de los empalmes planteados, se obtuvo un momento ultimo a flexión promedio general de 45.871.93 kN.mm, incrementándose en un porcentaje 11.13 % respecto al momento ultimo de acero colocado (ver tabla 26), confirmando la influencia de los empalmes del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, por lo cual se acepta la hipótesis alterna (ver tabla 30).

### **Recomendaciones**

1. Del resultado del objetivo específico, la influencia del empalme tipo traslapado del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, se recomienda realizar estudios de los empalmes en zonas distintas al centro de la luz, pudiendo ser estos a los tercios o cuartos del tramo.
2. Del resultado del objetivo específico, confirmando la influencia del empalme tipo soldado del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, se recomienda investigar el comportamiento del empalme con materiales de aporte E 6011 o E 9018.
3. Del resultado del objetivo específico, confirmando la influencia del empalme tipo mecánico del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, se recomienda realizar estudios con empalmes mecánicos de distinto tipo como el de presión u otros.
4. Del resultado del objetivo general de la investigación, la influencia de los empalmes del acero de refuerzo en la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, se recomienda realizar un estudio de los empalmes propuestos comparando los valores de resistencia a flexión con un patrón de viga simplemente apoyada con acero de refuerzo continuo.

## Bibliografía

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto* (2.<sup>a</sup> ed.). San marcos. Obtenido de <https://1library.co/document/qm6vvnv8y-tecnologia-del-concreto-flavio-abanto.html>
- Alvis, D. A. y Guerra, J. A. (2020). *Análisis técnico, económico y constructivo del uso de empalmes mecánicos roscados en edificaciones* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Archivo digital. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6084>
- Blanco, A. (1994). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado*. Princeliness. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/19231/estructuracion-y-dise-o-de-edificaciones-de-concreto-armado---antonio-blanco-blasco-pdf>
- Curi, O. y Magro, P. (2020). *Evaluación de la resistencia estructural de la conexión de aceros grado 60 con empalmes mecánicos tipo 2 (linxion)* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67003>
- Dávila, M. (2014). *Efecto de la adición de fibra de polipropileno sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Archivo digital. Obtenido de <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/436>
- Díaz Peregrino, C. E. (2014). *Soldabilidad del acero corrugado ASTM 615 grado 60 en relación al acero corrugado ASTM 706 grado 60* [Tesis de pregrado, Universidad nacional de Cajamarca]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/647>

- Esquicha, E. D. (2018). *Soldabilidad disímil de los aceros ASTM A36 y 615 por el proceso SMAW para obtener productos de calidad* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Archivo digital. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7364>
- Fernández, F. G. (2019). *Análisis y diseño estructural de un edificio de concreto armado para oficinas en cusco* [Tesis pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15132>
- Galarza, M. (2011). *Desperdicios de materiales en construcción en obras de construcción civil: métodos de medición y control* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/888>
- González, M. M. y Cuevas, P. Y. (2018) *Estudio comparativo entre empalmes por traslape y empalmes mecánicos utilizados en elementos de hormigón armado* [Tesis pregrado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/670>
- Gonzalez, J. C. (2019). *Respuesta estructural de vigas: aplicación de varillas de basalto como sustituto para varillas de acero, como refuerzo longitudinal* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56162>
- Hernández R. y otros, (2014). *Mmetodología de la investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). Mc Graw Hill. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

- Hernández, D. A. (2018). *Diseño y evaluación del desempeño de un tipo de empalme soldado para barras longitudinales de ½ pulgada* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia] archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75913>
- Harmsen, T. (2002). *diseño de estructuras de concreto armado* (3.<sup>a</sup> ed.). PUCP. Obtenido de <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disenodeestructurasdeconcreto-harmsen.pdf>
- Mora, C. D. y ortega, D. A. (2021). *Comparación del Comportamiento de Empalmes Mecánicos con Empalmes Tradicionales* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomas] Archivo digital. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/34436>
- Migone, J. P. (2018). *Evaluación de los empalmes mecánicos y sus esfuerzos de tensión en muestras de probetas de acero* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37094>
- Norma Técnica Peruana 339.078 (2012). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. Obtenido de <https://1library.co/document/ydmk911y-ntp-339-078-ensayo-de-flexion-pdf.html>
- Ley 23560 Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (1982, 31 de diciembre). Congreso de la república. Obtenido de [https://kupdf.net/download/slump-sistema-legal-de-unidades-y-medidas-del-peru\\_59a8d71fdc0d60a135568ee1\\_pdf](https://kupdf.net/download/slump-sistema-legal-de-unidades-y-medidas-del-peru_59a8d71fdc0d60a135568ee1_pdf)

- López, J. (2019). *Estudio de factibilidad técnica del uso de soldaduras para prefabricar armaduras de refuerzo de hormigón armado* [tesis de pregrado, Universidad de Chile. Archivo digital, Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170979>
- Ottazzi, G. (2015). Apuntes del curso *concreto armado I* (15.<sup>a</sup> ed.). PUCP. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/48658/apuntes-del-curso-concreto-armado-i-gianfranco-ottazzi-pasino>
- Quezada, C. F. (2010). *Efectos de la soldadura en empalmes de acero de refuerzo, para hormigón armado* [tesis de pregrado, Universidad de Chile, Santiago de Chile]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103976>
- Redacción R.P.P. (2021, junio 23). El 80 % de vivienda en el Perú son informales y serían vulnerables a un terremoto. Radio Programas de Perú noticias. Obtenido de <https://rpp.pe/economia/economia/el-80-de-las-viviendas-en-el-peru-son-informales-y-serian-vulnerables-ante-un-terremoto-noticia-1343757?ref=rpp>
- Rivera, W. E. y Romero, P. A. (2016). *Estudio de la soldabilidad de barras corrugadas de acero NTP 341.031 de diámetro 5/8", en junta traslapada ya tope, para concreto armado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1691>
- Romero, C. C. y Rodríguez, J. A. (2018). *Estudio experimental del comportamiento pseudoestático de empalmes soldados a tope con camisa de refuerzo para barras N6* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/47375>
- Rozas A. y otros (2013). *Control de calidad de uniones soldadas*. PUCP.

Budynas R. & Nisbett K. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (9<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill. (trabajo original publicado en 1956).

Sánchez, P. E. (2019). *Desempeño estructural de una columna de tres niveles con el empleo del empalme mecánico en CC. Shopping la Molina* [Tesis pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44343>

Vega y Navarro (2020) *conectores mecánicos para la unión de varillas de acero en estructuras de concreto reforzado* [tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander de Ocaña, Ocaña]. archivo digital. Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/handle/123456789/535>.

Walpole et al (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (9.<sup>a</sup> ed.). Pearson. Obtenido de [https://verenciafunez94hotmail.files.wordpress.com/2014/08/8va-probabilidad-y-estadistica-para-ingenier-walpole\\_8.pdf](https://verenciafunez94hotmail.files.wordpress.com/2014/08/8va-probabilidad-y-estadistica-para-ingenier-walpole_8.pdf)

Zúñiga, Y. E. y Nina, P. A. (2019). *Estudio comparativo de los empalmes de barras de esfuerzo para concreto armado de grado 60 de  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> de diámetros 3/8", 1/2" y 5/8", entre empalme por traslape y el empalme con conector mecánico a esfuerzo de tracción* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.] archivo digital. Obtenido de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5195?locale-attribute=en>.

## **Anexos**

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Anexo 2: Formato de solicitud de validación de ficha de recolección de datos.

Anexo 3: Ficha de recolección de información validado.

Anexo 4: Ficha de recolección de datos de investigación.

Anexo 5: Memoria de cálculo diseño por flexión de viga simplemente apoyada.

Anexo 6: Memoria de cálculo diseño de acero de refuerzo transversal.

Anexo 7: Memoria de cálculo diseño de soldadura.

Anexo 8: Memoria de cálculo diseño de conector mecánico.

Anexo 9: Resultado de cálculo de momento ultimo de ensayo

Anexo 10: Grafico momento ultimo de flexión vs deformación de ensayo.

Anexo 11: Resultados diseño de mezcla.

Anexo 12: Resultados de ensayos de compresión axial.

Anexo 13: Certificado de calibración.

Anexo 14: Autorizaciones de asesor de tesis.

Anexo 15: Notación.

Anexo 16: Lista de ecuaciones.

Anexo 17: declaración personal de autenticidad y de no plagio.