



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA COMPARACIÓN ENTRE EMPALMES POR
TRASLAPE Y EMPALMES SOLDADOS EN VARILLAS DE GRADO 60**

Jorge Luis Vélez López

Asesorado por el Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa

Guatemala, abril de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA COMPARACIÓN ENTRE EMPALMES POR
TRASLAPE Y EMPALMES SOLDADOS EN VARILLAS DE GRADO 60**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JORGE LUIS VÉLEZ LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADORA	Inga. Lesbia Magali Herrera
EXAMINADOR	Ing. José Mauricio Arriola Donis
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA COMPARACIÓN ENTRE EMPALMES POR TRASLAPE Y EMPALMES SOLDADOS EN VARILLAS DE GRADO 60

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 11 de noviembre de 2022.

Jorge Luis Vélez López



EEPFI-PP-1898-2022

Guatemala, 11 de noviembre de 2022

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingenieria Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **COMPARACIÓN ENTRE EMPALMES POR TRASLAPE Y EMPALMES SOLDADOS EN VARILLAS DE GRADO 60**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Análisis y Diseño Estructural y Estructuras Complejas - Respuesta estructural**, presentado por el estudiante **Jorge Luis Vélez López** carné número **200819341**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en CIENCIAS en Estructuras.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este *Proceso de Graduación* en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Rafael Enrique Morales Ochoa
Ingeniero Civil
Maestría en Ingeniería Sanitaria
Maestría en Energía y Ambiente
Col. 2,662

Mtro. Rafael Enrique Morales Ochoa
Asesor(a)

Armando Fuentes Roca

Mtro. Armando Fuentes Roca
Coordinador(a) de Maestría



Edgar Darío Alvaréz Cotí

Mtro. Edgar Darío Alvaréz Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP.EIC.1543.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **COMPARACIÓN ENTRE EMPALMES POR TRASLAPE Y EMPALMES SOLDADOS EN VARILLAS DE GRADO 60**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Luis Vélez López**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingenieria Civil

Guatemala, noviembre de 2022





LNG.DECANATO.OI.395.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil y Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA COMPARACIÓN ENTRE EMPALMES POR TRASLAPE Y EMPALMES SOLDADOS EN VARILLAS DE GRADO 60**, presentado por: **Jorge Luis Vélez López**, después de haber cumplido las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova

Decana



Guatemala, abril de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por guiarme en todo momento y brindarme sabiduría.
Mis padres	Gracias a su apoyo he llegado a culminar mi carrera profesional. ¡Misión cumplida!
Mi familia	Porque cada uno de ellos ha contribuido con un grano de arena para lograr este triunfo.
Mis amigos	Por su amistad y aprecio.
Todos	Los que de una u otra forma son parte de este triunfo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser la fuente de fortaleza, sabiduría e inteligencia para alcanzar mis metas.
Mis padres	Porque son parte fundamental en mi vida.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Especialmente a la Facultad de Ingeniería, por haberme formado como profesional.
Ing. Rafael Morales	Por su apoyo en la asesoría del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Empalme por traslape.....	15
7.2. Empalme por soldadura.....	16
8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	19

9.	METODOLOGÍA	21
9.1.	Fase de investigación teórica.....	21
9.2.	Fase del diseño del experimento	21
9.2.1.	Elaboración de empalmes.....	22
9.3.	Experimento	22
9.4.	Análisis de resultados	22
9.5.	Redacción final de la investigación	23
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	25
10.1.	Ordenamiento y tabulación de datos.....	25
10.2.	Análisis estadístico de los resultados obtenidos	25
11.	CRONOGRAMA	27
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	29
13.	REFERENCIAS	31

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I.	Definición de variables	23
II.	Cronograma	27
III.	Costos de investigación	29

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Diámetro	El diámetro es el segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia.
Hormigón armado	consiste en la combinación de dos materiales, el concreto y el acero de refuerzo. Estos materiales se combinan con el fin de conformar elementos estructurales como vigas, columnas, muros, fundaciones, losas entre otros.

RESUMEN

El hormigón armado está compuesto por 2 elementos: el concreto u hormigón y el acero. El concreto es un material con alta resistencia a la compresión, pero no trabaja muy bien a la tracción por lo que se refuerza con acero para lograr la resistencia a la tracción.

Por lo que debe reforzar con barras de acero con diferentes diámetros y longitudes, estas barras deben de cumplir con ciertos requisitos como lo son: peso, material, especificaciones en sus corrugaciones. Cabe mencionar que las barras tienen 4 límites mínimos de fluencia, siendo 4000 psi, 6000 psi, 7500 psi y 8000 psi, esto para que el concreto pueda soportar la flexión, torsión y contención.

Se puede decir que en la construcción se utilizan diferentes elementos estructurales, como: vigas, columnas, zapatas, y otros. Para la elaboración de estos elementos se necesitan empalmes.

El objetivo de los empalmes es lograr la misma capacidad de lo que no los llevan, se puede decir que los empalmes son uniones. Existen diferentes tipos de empalmes, en el presente trabajo se tratarán únicamente 2 tipos de empalmes, siendo los siguientes: empalme por traslape y empalme de soldadura.

Empalme por traslape es el más utilizado en la construcción por ser el más común, debido a que se cree que es el más barato, en este empalme el concreto sirve como conector, en el cual es el encargado de transmitir fuerza de tracción,

para transmitir fuerzas como la de fluencia, la longitud se recomienda que sea mayor a la longitud de desarrollo.

Empalme de soldadura es el que produce mejor transmisión de esfuerzos y debe de alcanzar un mínimo del 125 % de la resistencia a fluencia del acero.

Con este trabajo se logrará analizar otras formas de realizar los empalmes y determinar si estos ofrecen resultados similares o mejores a los tradicionales utilizados. Muchas veces ciertos empalmes no se utilizan por desconocimiento de su comportamiento estructural.

Por lo que al analizar ventajas y desventajas de cada método y conocer su comportamiento, funcionalidad, costos y resistencia podremos mejorar los métodos constructivos.

1. INTRODUCCIÓN

El acero es uno de los elementos más importantes en la construcción, ya que sin él no existiría el hormigón armado, este es la pareja perfecta para el hormigón debido a que sus coeficientes térmicos son casi idénticos y le brinda al concreto lo que a este le falta, la resistencia a la flexión.

Debido a la necesidad de innovar en la construcción y que siempre es necesario encontrar nuevas formas de realizar las cosas. Y que con el paso del tiempo se realizan construcciones más grandes, las cuales por ende están formadas por elementos estructurales más grandes, es necesario realizar empalmes, en virtud de que las medidas comerciales del acero no pueden cubrir las longitudes que se necesitan.

Se debe de considerar que en nuestro medio y lo más conocido en la construcción actualmente es el empalme por traslape, esto debido a la costumbre y falta de innovación que se da en el sector constructivo, por este medio se quiere brindar la información necesaria para incentivar su utilización.

Por lo cual en el presente trabajo de investigación se realiza un análisis comparativo entre el empalme por traslape y el empalme soldado, esto con el objetivo de conocer y determinar qué ventajas nos ofrece cada uno, el costo de su utilización, así como bajo qué tipo de carga se puede utilizar uno u el otro.

Para esto se realizarán pruebas en probetas de acero, las cuales se someterán a flexión y compresión, para determinar si ambos empalmes cumplen

con los parámetros establecidos en las normativas y una comparación entre ambos.

2. ANTECEDENTES

El hormigón armado está formado por 2 elementos: el concreto u hormigón y el acero. El concreto es un material con una alta resistencia a la compresión, pero no trabaja muy bien a tracción, es por esto por lo que el concreto se refuerza con acero para lograr que tenga resistencia a la tracción.

“Para emplear este refuerzo se utilizan barras de acero de diferentes diámetros y longitudes para que puedan soportar la flexión, corte, tensión, torsión y cargas dinámicas” (Ghafur H, 2015, p. 1).

“Estas barras de refuerzo deben de cumplir con ciertos requisitos para ser utilizadas como refuerzo como: peso, material, especificaciones en sus corrugaciones. Las barras tienen 4 límites de fluencia mínimos: 40000 psi, 60000 psi, 75000 psi y 80000 psi” (COGUANOR, 2013, p. 4).

En la construcción se utilizan diferentes elementos estructurales entre los cuales podemos mencionar: vigas, columnas, zapatas, entre otros.

“La elaboración de estos elementos implica la utilización de empalmes, y debemos definir en qué parte se realizarán y el tipo de empalme. También debemos conocer el comportamiento de los distintos tipos de empalme y mecanismo de falla asociado” (Arriagada, 2007, p. 5).

“Al momento de realizar los empalmes, el objetivo de estos es lograr la misma capacidad que en el tramo que no lleva empalme, y que no exista una falla por empalme” (Astroza y Silva, 2005, p. 3).

En la construcción se emplean diferentes tipos de empalme, de los cuales este trabajo aborda 2, el empalme por traslape y el empalme soldado.

“El tipo de empalme más común es por traslape, puede realizarse de dos maneras, la primera las barras se traslapan con contacto y la segunda consiste en colocar las barras con cierta separación en la longitud de traslape” (Gonzalez y Robles, 2005, p. 285).

“Cuando se realizan empalmes por traslape se deben considerar diferentes factores que influyen en la transferencia de esfuerzos, entre estos factores se menciona: longitud de traslape, diámetro de la barra, la cantidad de esfuerzo a soportar” (Borchelt y Elder, 1997, p. 1).

“El empalme por soldadura es muy utilizado en la reparación o extensión de edificios antiguos, ya que las barras pueden no tener la longitud necesaria para el traslape, por esto mismo se utiliza el empalme por soldadura” (Franchi y Crespi, 2007, p. 2).

“El principio fundamental para realizar el empalme por soldadura es tener suficiente fuerza de tracción para no ser el punto más débil. Esta debe proporcionar una deformación cercana a la deformación de la barra principal y una elongación aceptable” (Scholz, 2000, p. 2).

“Para realizar un empalme por soldadura se debe considerar la soldabilidad del acero como el procedimiento con el cual se realizará. Las recomendaciones en AWS D1.4 abarca barras soldadas, así como criterios de para calificar los procedimientos de soldado” (American Concrete Institute, 2019, p. 538).

De lo anterior se puede observar que el empalme más utilizado es el empalme por traslape, pero también es de suma importancia considerar que:

Aunque el empalme por traslape es el más utilizado, el código ACI “no permite realizar traslape en barras de diámetro mayor a 35 mm, la ubicación de las uniones, la previsión o falta de ella para ampliaciones o un método de construcción en particular pueden volver impráctico el uso de este” (Issa y Nasr, 2005, p. 1).

“La soldadura de barras es altamente recomendada como una forma de realizar los traslapes, debido a que el concreto fallará a valores sustancialmente más bajos. La resistencia de los empalmes soldados resistirá mejor para la mayoría de las aplicaciones” (Murgia, 2006, p. 2).

“Los esfuerzos permitidos ya sea de tracción o compresión en los empalmes a tope directo o con forma en V, deben de tener valores similares a las que tienen las barras por sí solas” (Quezada, 2010, p. 33).

“Para poder soldar las barras y brindar el refuerzo de acuerdo con los códigos, el empalme debe de alcanzar por lo menos el 125% del límite de fluencia de la barra” (Gustafson, 1981, p. 1).

“Para poder realizar la soldadura se deben de considerar varios factores entre los principales está la cantidad de Carbono Equivalente, el cual limita la cantidad de cada metal que posee. Por lo cual se deben utilizar barras normadas” (Hurtado, 2011, p. 2).

También al utilizar empalmes, de traslape o soldados, se debe de tomar en cuenta en qué parte de la estructura se realizan ya que es mejor colocarlos en lugares donde el elemento no tenga su máxima sollicitación estructural.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El no conocer el comportamiento de los tipos de empalmes en vigas de concreto, impide determinar las condiciones en las que se puede utilizar cada tipo de empalme

En el campo de la construcción, la realización de empalmes en el armado de los elementos estructurales es fundamental, ya que se debe realizar siempre para que la armadura mantenga su continuidad con otros componentes. En nuestro medio el empalme más utilizado es el traslape, pero considerando también que muchas veces los elementos estructurales fallan donde se dan estas uniones, se propone analizar otras formas de realizarlas y determinar si estas nos ofrecen resultados similares o mejores a los tradicionalmente conocidos.

Debido a que en el campo de la ingeniería no siempre se innova ni se buscan procesos que nos ayuden a mejorar los métodos constructivos, ciertos mecanismos de empalme no se utilizan por desconocimiento de su comportamiento estructural.

Debido a que hay circunstancias en las que el empalme por traslape no es posible, por lo cual no solo es necesario analizar ventajas y desventajas de cada método sino elaborar un análisis comparativo de funcionalidad, costos y resistencias.

En base a lo anterior, se plantea la siguiente pregunta principal ¿Cuál es la resistencia a la tracción en los empalmes por traslape y empalmes soldados en varillas de acero grado 60?

Asimismo, se establecen las siguientes preguntas secundarias:

- ¿Cuál es el límite de fluencia que se alcanza por un empalme por traslape y por un empalme por soldadura?
- ¿Cuál es la resistencia última en un empalme por traslape y por empalme?
- ¿Cuáles son los requisitos de calidad que deben cumplirse en los empalmes por soldadura?

4. JUSTIFICACIÓN

En el sector construcción el empalme se utiliza en todas las edificaciones que se realizan por lo tanto es necesario buscar nuevas opciones que garanticen la correcta adherencia acero hormigón, resistencia y claro que el lado económico no se vea afectado.

Este análisis brindará la información necesaria para que los constructores puedan evaluar de acuerdo con los requerimientos constructivos que tipo de empalme es más conveniente.

Esta investigación beneficiará a diseñadores, constructores y supervisores ya que brindará conocimiento para poder implementar nuevas herramientas para la realización de empalmes, así como los pros y contras de estos para poder decidir en qué circunstancias es mejor su utilización.

Estudiantes de la carrera de ingeniería civil y de maestría en estructuras, ya que servirá de fuente de consulta técnica para el desarrollo de nuevas investigaciones relacionadas a nuevos métodos de empalmes.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Comparar los empalmes por traslape y empalmes soldados para establecer su resistencia a la tracción en varillas de acero grado 60.

5.2. Específicos

- Determinar la resistencia a la tracción de un empalme por traslape para establecer si alcanza el límite de fluencia especificado para las barras.
- Determinar la resistencia a la tracción para el empalme soldado y establecer si alcanza el límite de fluencia especificado para las barras.
- Identificar los requisitos de control de calidad que debe cumplir el empalme por soldadura.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Este estudio comparativo se realizará con el fin de brindar un estudio completo entre empalmes, para poder brindar nuevos conocimientos y herramientas en el sector construcción. Para lo cual se determinarán los pros y contras, viabilidad económica y circunstancias de usos de ambos empalmes.

Debido a que siempre se deben buscar mejorar las prácticas, es necesario estudiar otras alternativas de empalmes que aseguren la adherencia entre acero y concreto.

Por lo tanto, se realizará la evaluación de la resistencia del empalme soldado y el empalme por traslape en vigas reforzadas lo cual nos permitirá obtener la información necesaria para poder tomar esta decisión.

7. MARCO TEÓRICO

“Se utilizan empalmes cuando la longitud del elemento estructural excede la longitud comercial de las varillas, estos se deben ubicar en las áreas del elemento que tienen menor esfuerzo garantizando así que no exista una disminución en la resistencia” (Harmsen, 2002, p. 58).

Existen 3 tipos de empalmes empalme por traslape, empalme mecánico y empalme soldado

En este trabajo se tratarán 2 de estos empalmes el empalme por traslape y el empalme soldado.

7.1. Empalme por traslape

En la construcción este es el empalme más común, ya que se cree que es el empalme más barato, en este tipo de empalme el concreto sirve como conector, el cual es el encargado de transmitir la fuerza de tracción. Para transmitir fuerzas como la de fluencia la longitud de empalme debe ser por lo menos igual a la longitud de desarrollo, pero es recomendable que sea mayor.

“Solo se permiten en barras menores a la No. 11. Para garantizar la transmisión de esfuerzos estas deben estar lo más cerca posible, esta separación debe ser menor de 15 cm o un quinto de la longitud de empalme” (Báez y Pardo, 2015, p. 58).

7.2. Empalme por soldadura

“El empalme por soldadura es el que produce una mejor transmisión de esfuerzos, estos deben realizarse de acuerdo con los códigos, esta debe de alcanzar un mínimo de 125 % de la resistencia a fluencia de las barras de acero” (McCormac y Brown, 2018, p. 213).

“El esfuerzo de fluencia es el esfuerzo en el cual el material comienza a experimentar deformaciones, estas aumentan rápidamente, sin necesidad de aumentar los esfuerzos” (Rodríguez, Llardent, González, y García, 2011, p. 30).

Como se mencionó con anterioridad los empalmes se realizan en la construcción, estos se realizan en el refuerzo que llevan los elementos estructurales, los cuales están formados por hormigón o concreto y barras de acero, lo cual al unirse forman el concreto armado u hormigón armado.

“El hormigón es uno de los materiales más utilizados en la construcción, presenta una gran resistencia a la compresión, y una baja resistencia a la flexión, este está formado por la pasta (cemento), y los agregados pétreos” (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2014, p. 31).

“El acero, el segundo material para formar el hormigón armado, este tiene una buena resistencia a la tracción, lo cual lo hace la pareja perfecta del concreto. Es un material dúctil que posee un buen comportamiento frente a cargas” (Grupo Azero, 2013, p. 13).

Habiendo definido con anterioridad cada uno de los elementos por separado procederemos a definirlos como conjunto.

Acero y concreto poseen propiedades mecánicas diferentes, las cuales al momento de trabajar se complementan, y debido a la adherencia que se produce entre concreto y armadura la transmisión de fuerzas es perfecta.

“Otro factor muy importante que hace que esta dupla funcione tan bien, es la similitud en el coeficiente de dilatación térmica, esto hace que al variar la temperatura las tensiones y deslizamientos que se producen sean de poca importancia” (Curbelo, 2015, p. 17).

“Al someter un elemento a esfuerzo, su comportamiento se analiza por medio de la gráfica esfuerzo – deformación, uno de los puntos más importantes es la resistencia última la cual es el esfuerzo máximo que soporta antes de ocasionarse la ruptura” (Croxtton, Martin, y Mills, 1999, p. 30).

“Para realizar los traslapes de soldadura se utiliza el proceso de sistema de arco manual con electrodo revestido el cual es uno de los más comunes para trabajo de campo y es la menos costosa” (Hernández, 2018, p. 46).

Podemos realizar el empalme por soldadura:

- En filete externo
- En filete interno
- Soldadura en ranura con penetración completa en la unión
- Uniones soldadas de solapa en un anclaje usando soldaduras en ranura con bisel acampanado

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. EMPALMES REALIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

1.1. Tipos de empalmes

1.1.1. Empalme por soldadura

1.1.1.1. Normativa ACI 318-19

1.1.1.2. Normativa AWS d1.4

1.1.2. Empalme por traslape

1.1.2.1. Normativa ACI 318-19

1.1.2.2. Longitud de desarrollo

2. ENSAYOS EN LABORATORIO

2.1. Ensayo probeta a tracción

2.1.1. Ensayo empalme por traslape

2.1.1.1. Ensayo en varilla no. 4

2.1.1.2. Ensayo en varilla no. 5

2.1.2. Ensayo empalme por soldadura

2.1.2.1. Ensayo en varilla no. 4

2.1.2.2. Ensayo en varilla no. 5

3. ANÁLISIS DE COSTOS

3.1. Costos por empalme por traslape

3.2. Costos por empalme por soldadura

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

Esta investigación tiene una metodología cuantitativa, ya que se desea y comparar los empalmes por traslape como los empalmes por soldadura, y para esto se evaluarán aspectos como: los beneficios que ofrece cada uno, en qué circunstancias es más conveniente la utilización de alguno de los dos o ambos pueden ser utilizados sin ningún inconveniente y el costo que involucra la utilización de cada uno.

También se llevarán a cabo ensayos para determinar la resistencia máxima que alcanzan ambos empalmes, y una comparación económica entre ambos de tal manera que tendrá un diseño experimental.

9.1. Fase de investigación teórica

En esta fase de trabajo se recopilarán todos los parámetros que servirán de guía para la evaluación de los empalmes, para lo cual se utilizarán las Normas ACI, AWS.

9.2. Fase del diseño del experimento

Se realizarán ambos empalmes de acuerdo con las normativas, el empalme por traslape se realizará con la longitud de desarrollo establecida, y el empalme soldado se realizará de las diversas formas que se establece para asegurar un correcto desempeño. Se considerarán 12 empalmes en total, se evaluarán con base a las normativas ACI 318-19 y AWS D1.4. Los cuáles serán

sometidos a prueba de tracción en un ambiente controlado. Para poder observar y medir su comportamiento y esfuerzos que soporta cada uno.

9.2.1. Elaboración de empalmes

Se realizarán 6 empalmes por traslape y 6 empalmes por soldadura.

9.3. Experimento

En el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, en el Centro de Investigaciones, se realizarán ensayos a tracción a las barras de acero, tanto al empalme por traslape como al empalme soldado, para esto se utilizarán barras de diferente diámetro, a las cuales se les aplicará distintas cargas con el fin de observar su comportamiento.

En este ensayo se le aplicará carga a las barras la cual se incrementará gradualmente hasta que las probetas lleguen al punto de ruptura. La carga a la cual se produzca la ruptura se tomará de la máquina con la que se realizará el ensayo.

9.4. Análisis de resultados

En esta fase se tabularán los datos obtenidos de los ensayos, se realizará la comparación de estos con los parámetros establecidos, y se determinará cual tiene un mejor comportamiento estructural. Para esto se realizará una gráfica de esfuerzo deformación para cada probeta, esta se realizará utilizando Excel.

9.5. Redacción final de la investigación

Se realizará la elaboración del informe final, el cual se publicará con el fin de servir de herramienta donde se puedan encontrar las respuestas a las preguntas de la investigación.

Tabla I. Definición de variables

Variables	Definición	Definición operacional
Resistencia	Es la relación entre los esfuerzos internos y los cambios en la forma del cuerpo (deformaciones)	Esfuerzo: es la fuerza ejercida sobre un área, su unidad de medida pascal (Pa). Deformación: es el cambio en la forma que sufre un cuerpo por las fuerzas que actúan sobre él, este se indica en cm o mm.
Empalme soldado	Es un método de empalmar las barras, el cual brinda una mejor transferencia de esfuerzo, el cual consiste en soldar las barras en el punto de empalme.	Límite de fluencia: es el punto en el cual la deformación deja de ser proporcional a la fuerza ejercida, cambia del sector elástico al plástico, se indica en Pascal.
Empalme por traslape	Es la forma más común de empalmar el acero, consiste en colocar una varilla sobre otra, con una longitud de traslape, la cual se define dependiendo el diámetro de la barra.	Límite de fluencia: es el punto en el cual la deformación deja de ser proporcional a la fuerza ejercida, cambia del sector elástico al plástico, se indica en Pascal.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Luego de obtener los resultados de los ensayos realizados se procederá a tabularlos, para luego analizarlos por medio de estadística descriptiva, realizando la comparación de estos con los parámetros establecidos en las normativas.

10.1. Ordenamiento y tabulación de datos

Al momento de realizar los ensayos, los resultados obtenidos se tabularán en una tabla, con los cuales se determinará la media, así como valores máximos y mínimos de cada empalme para determinar la diferencia en el comportamiento, también se realizará una gráfica para apoyar nuestro análisis.

10.2. Análisis estadístico de los resultados obtenidos

Para realizar el análisis de datos, se tomarán los datos obtenidos de los ensayos, de los cuales se obtendrá una media, esta se comparará con los parámetros establecidos y con la media del otro empalme para poder determinar cuál brinda un mejor comportamiento frente a las demandas a las que se sometieron, y obtener una conclusión para nuestro planteamiento.

11. CRONOGRAMA

Tabla II. Cronograma

Actividades a ejecutar	Semanas	Inicio	Final
Desarrollo del perfil de investigación	8		
Planteamiento del problema	3	2/06/22	23/06/22
Objetivos de la investigación	2	23/06/22	07/07/22
Alcances de la investigación	3	07/07/22	21/07/22
Desarrollo del protocolo de investigación	10		
Antecedentes de la investigación	2	20/08/22	03/09/22
Justificación	1	03/09/22	10/09/22
Marco teórico	3	10/09/22	01/10/22
Hipótesis y Metodología	2	01/10/22	15/10/22
Redacción final del protocolo	2	15/10/22	29/10/22
Realización de ensayos	4	05/08/23	02/09/23
Procesamiento de datos	10		
Análisis y obtención de resultados	4	02/09/23	30/09/23
Presentación y finalización de la investigación	6	30/09/23	11/01/24

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Esta investigación se realizará con recursos propios, con los cuales se comprarán los insumos necesarios, barras de acero, alambre de amarre, entre otros. Se realizarán los ensayos en un laboratorio de materiales, estos son de tracción, compresión.

Tabla III. **Costos de investigación**

Actividad	Costo
Compra de materiales	Q. 3,000.00
Ensayos de Laboratorio	Q. 4,000.00
Procesamiento y análisis de datos	Q. 2,500.00
Pago de asesor	Q. 2,500.00
Informe Final	Q. 1,000.00
Defensa de Tesis	Q. 2,100.00
Total	Q. 15,100.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

13. REFERENCIAS

1. American Concrete Institute (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. Estados Unidos: Autor.
2. Arriagada, R.A. (2007). *Estudio Experimental en Empalmes de Armaduras en elementos de Hormigón Armado sometidos a Tracción*. Chile: Universidad Austral de Chile.
3. Astroza, M. y Silva, D. (2005). *Longitud de Empalme por Traslape de barras de Refuerzo*. Chile: Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica.
4. Báez, F. L. y Pardo, S.A. (2015). *Concreto reforzado: fundamentos*. Bogotá, Colombia: Autor.
5. Borchelt, J.G. y Elder, J. L. (1997). *Reinforcing bar Splices In Hollow Brick Masonry*. China: Tongji University.
6. Comisión Guatemalteca de Normas (2013). *Norma Técnica Guatemalteca, NTG 36011:2013*. Guatemala: Autor.
7. Croxton, P., Martin, L., y Mills, G. (1999). *Resistencia de materiales*. México: Editorial Terracota S.A. de C.V.
8. Curbelo, B. J. (2015). *Concreto estructural*. Armenia: Autor.

9. Franchi, A., y Crespi, P. (2007). *Some recent results of the research on steel rebar*. Milán, Italia: Politécnico de Milán.
10. Gastafson, D.P. (1981). *Welded splices of reinforcing bars*. Estados Unidos: The Aberdeen Group.
11. Ghafur H, A., (2015). *Mechanical properties for splices of welded reinforcing steel bars*. Irak: Zanco Journal of Pure and Applied Sciences.
12. Gonzalez, O., y Robles, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. México: Limusa.
13. Grupo Azero. (2013). *Manual de diseño para la construcción con acero*. México: Autor.
14. Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
15. 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, Colombia.
16. Hurtado, R. C. (2011). *Estudios de la soldadura de barras corrugadas de acero para concreto reforzado Belgo 60* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

17. Issa, C. A., y Nasr. A. (octubre, 2005). An experimental study of welded splices of reinforcing bars. *Building and Environment*, 41(10), 1394-1405.
18. McCormac, J. C., y Brown, R. H. (2018). *Diseño de concreto reforzado* México: Alfaomega.
19. Mungia, M. (2006). *Welding steel reinforcing bars*. Italia: Italian Welding Institute.
20. Porrero, J., Ramos C., Grases, J., Y Velazco, G. (2014). *Manual del concreto estructural*. Caracas, Venezuela: Autor.
21. Quezada, A. (2010). *Efectos de la soldadura en empalmes*. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.
22. Rodríguez, M., Llardent, A., González, A., y García, A. (2011). *Elasticidad y Resistencia De Materiales I*. Madrid, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
23. Scholz, R.W. (2000). *Welding newly developed, high strength, seismic grade reinforcing bars*. Nueva Zelanda: New Zealand Welding Center.