



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

**MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL-MENCIÓN  
ESTRUCTURAS SISMORRESISTENTES**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Autor: Santiago Xavier Echeverria Chiriboga**

**Tutor: Oscar Jaramillo**

**Quito, 2023**

# **1. DATOS GENERALES**

## **1.1. Título de Proyecto:**

Análisis por computadora de tres conexiones metálicas de uso común en Ecuador

## **1.2. Autor:**

Santiago Xavier Echeverria Chiriboga

## **1.3. Director:**

Oscar Patricio Jaramillo de León

## **1.4. Datos de la organización o Institución**

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

# **2. RESUMEN EJECUTIVO**

La investigación propuesta tiene como objetivo evaluar el comportamiento sísmico de tres tipos comunes de conexiones metálicas en Ecuador. Se seleccionarán estas conexiones mediante visitas de campo y se obtendrán datos detallados sobre su diseño, instalación y uso práctico. Para el análisis estructural, se empleará una revisión bibliográfica y el software ANSYS para crear modelos tridimensionales precisos. A través de análisis de elementos finitos, se simulará el comportamiento de las conexiones, comparando los resultados con estándares precalificados y regulaciones vigentes.

Los resultados obtenidos proporcionarán una comprensión profunda del rendimiento de las conexiones estudiadas y permitirán identificar patrones y diferencias clave. Estos hallazgos serán fundamentales para emitir recomendaciones dirigidas a mejorar las prácticas constructivas y el diseño de conexiones metálicas en Ecuador. El objetivo final es fortalecer la resistencia estructural de estas conexiones en situaciones de carga sísmica, contribuyendo así a la seguridad y eficiencia de las construcciones en el país.

El marco teórico y conceptual abarca los antecedentes de las conexiones metálicas, su evolución y desafíos, así como la influencia de normativas extranjeras y las investigaciones previas en Ecuador sobre estas conexiones.

La metodología se basa en seleccionar edificaciones representativas, obtener información sobre las conexiones, crear modelos de elementos finitos con ANSYS para simular el comportamiento ante cargas sísmicas y comparar los resultados con normativas de diseño. Si las conexiones cumplen, se verificará su seguridad ante sismos; de lo contrario, se propondrán modificaciones.

Este proyecto es crucial para asegurar la seguridad y resistencia de las edificaciones en una región propensa a sismos, contribuyendo a un mejor entendimiento y aplicación de las conexiones metálicas sismorresistentes en la construcción de Quito, Ecuador.

### **3. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA PROPUESTA**

#### **3.1. Justificación:**

En Ecuador ya se usan técnicas constructivas alternas, con materiales que proporcionan un comportamiento estable, resistente y económico, dejando a un lado el concepto de construcción, únicamente con elementos estructurales de hormigón armado, pues optan hoy en día, por estructuras livianas de acero, que más allá del criterio económico a gran escala, presenta un adecuado comportamiento estructural ante eventos sísmicos o cargas propias de sus elementos, siempre que se cumpla con los criterios y demandas de diseño. (Toapanta, 2022)

En el país numerosas estructuras construidas en acero descuidan la aplicación de criterios de diseño, tanto locales como extranjeros, lo que conduce a la incertidumbre de los propietarios cuando surgen patologías debido al uso o a factores externos. Este fenómeno es observable en un gran número de construcciones, ya que, con el paso del tiempo, estas estructuras tienden a presentar fallos, especialmente en los puntos críticos de transmisión de esfuerzos, como son las conexiones viga-columna. En muchos casos, la falta de implementación de conexiones precalificadas, tal como las establecidas en la norma AISC 358-16, que han demostrado su eficacia y se encuentran normadas, agrava la situación. (Toapanta, 2022)

Por otro lado, hay que recalcar que en Ecuador existe una normativa o manual propio, basado en experiencia o sustentado experimentalmente, por lo que se rige a estipulaciones extranjeras, cuyos criterios han sido probados y argumentados, previa aplicación y verificación de comportamiento. Las conexiones de viga-columna en edificaciones, que más se usan en nuestro medio, son mediante la unión de aceros estructurales A36 con un cordón de suelda, que por lo general no son realizadas por personal calificado o certificado, lo que se convierte en otro problema, además del generado por este tipo de conexiones no precalificadas, realizadas por pseudo criterios de profesionales y hasta de personas que no cuentan con la preparación necesaria, siendo su único respaldo la experiencia adquirida en construcciones en calidad de soldadores.

En este contexto, se justifica de manera contundente la necesidad de evaluar y determinar la eficiencia de las conexiones no precalificadas, así como de analizar el amplio criterio empleado por diseñadores y constructores en Ecuador. El objetivo es establecer un fundamento sólido basado en investigación empírica y modelos matemáticos de las conexiones viga-columna. A través de un enfoque investigativo respaldado y fundamentado en la realidad, este estudio busca proporcionar una comprensión más profunda y precisa de la eficacia de estas conexiones, contribuyendo así a la creación de prácticas constructivas más seguras y confiables en el contexto nacional.

#### **3.2. Planteamiento del problema:**

La industria de la construcción en Ecuador ha experimentado un cambio significativo en sus prácticas y materiales, particularmente con la incorporación de estructuras livianas de acero. Aunque estas estructuras ofrecen ventajas notables en términos de eficiencia y resistencia, se ha observado una falta de aplicación consistente de principios de diseño y conexiones precalificadas. Esto ha resultado en la aparición de problemas estructurales a lo largo del tiempo, especialmente en las conexiones viga-columna, que son áreas cruciales para la transmisión de esfuerzos. Dado que varias construcciones de acero en Ecuador no se adhieren a criterios de diseño locales e internacionales ni a conexiones precalificadas, la incertidumbre

de los propietarios aumenta, generando preocupación en relación con la seguridad y el rendimiento estructural.

En este contexto, se plantea la necesidad de llevar a cabo un estudio exhaustivo para evaluar el comportamiento estructural de tres conexiones metálicas de uso común en construcciones ecuatorianas. La falta de conocimiento detallado acerca de la eficiencia y desempeño de estas conexiones, así como su comparación con conexiones precalificadas establecidas por normativas internacionales, crea un vacío en el entendimiento de su idoneidad y confiabilidad en el entorno sísmico característico de la región. Por lo tanto, es crucial investigar la eficacia de estas conexiones y proporcionar una base de conocimiento sólida que respalde las decisiones de diseño y construcción en el país.

### **3.3. Conceptualización del Tema u Objeto:**

Conexiones metálicas de uso común en Ecuador

### **3.4. Objetivos**

#### **3.4.1. Objetivo general:**

Evaluar comportamiento de tres conexiones de uso común en Ecuador, utilizando un software para la modelación matemática de elementos finitos.

#### **3.4.2. Objetivos específicos:**

- Conocer mediante visitas de campo tres conexiones metálicas de uso común que se utilizan de forma artesanal en las construcciones de Ecuador
- Analizar el comportamiento estructural de estas conexiones ante diferentes niveles de intensidad sísmica característicos de la región utilizando un modelo analítico de elementos finitos con el software ANSYS para conocer su eficiencia y desempeño.
- Comparar las conexiones de uso común con las conexiones precalificadas, con el fin de validar sus diferencias, comportamiento y si cumplen los valores límite dados por la normativa vigente.

### **3.5. Marco Teórico y conceptual**

#### **3.5.1. Antecedentes o marco referencial**

En la década de 1950, debido al aumento en el uso del acero como componente estructural en la construcción de Estados Unidos, se establecieron conexiones estandarizadas con remaches en edificios altos. Con el tiempo, estos remaches se reemplazaron por pernos de alta resistencia para aumentar la capacidad estructural frente a tensiones sísmicas, manteniendo en gran medida la misma configuración. Aunque estas uniones eran vitales en sistemas estructurales con conexiones diseñadas para soportar momentos, existía incertidumbre sobre su rendimiento individual. Investigaciones demostraron que tenían capacidad limitada para disipar energía y su funcionamiento dependía de la plastificación de la conexión, lo que podría resultar generar fallas frágiles. En la década de 1960, la adopción de soldaduras como opción más práctica y económica ganó terreno. En 1988, se confirmó que la fluencia en la zona del panel mejoraba la capacidad rotacional de estas uniones. Sin embargo, el terremoto de Northridge en 1994 causó fracturas en las conexiones, contrastando con su comportamiento previo. Desde entonces, las normas se esfuerzan por mejorar la respuesta inelástica de sistemas estructurales resistentes a momentos, basándose en investigaciones internacionales que las califican como conexiones precalificadas. (Enderica, 2018)

Es necesario considerar criterio de diseño y nuevas alternativas para las conexiones de elementos estructurales, en los países de América Latina se tiende a seguir como referencia, la normativa americana llamada Instituto Americano de la Construcción en Acero de sus siglas en inglés (AISC). Existen investigaciones como (Enderica, 2018) y (Gallegos, E., & R., 2019) que realizan un análisis cíclico acerca de las problemáticas que lleva la construcción en acero estructural, sin tomar consideraciones de alineamientos y antecedentes.

Así mismo, el estudio realizado por (Gallegos, E., & R., 2019) tiene un enfoque hacia las conexiones que se usan en el Ecuador y el análisis de su comportamiento de las estructuras de acero. Para este análisis el autor realiza la evaluación mediante modelos por computador de las conexiones con elementos finitos utilizando el software ANSYS y a su vez construye modelos a escala reducida para que puedan ser ensayados y evaluar el desempeño de las conexiones.

En la investigación de (Chasi & Durán, 2023), realiza un análisis sobre el comportamiento de las conexiones viga-columna ya sea soldadas y apernadas con perfiles conformados en frío de una edificación de tres pisos, para el análisis de las conexiones utiliza el programa IDEA Static. En este estudio se compara que las conexiones apernadas al tener placas que permiten la unión con pernos optimizan la distribución de carga ayudando así al comportamiento de dicha conexión, presentando menores deformaciones, tensiones y deformaciones plásticas en los elementos estructurales comparando con las soldadas.

(Toapanta, 2022), en su investigación sobre la incidencia y eficiencia del usos de conexiones no precalificadas ni ensayadas presenta los prototipo de conexión a escala real de las conexiones usadas en Ecuador, al realizar unos de los ensayos de tipo monotónico de carga lateral se determinó que la falla en las conexiones se produce en el cordón de la suelda, debido a la concentración de los esfuerzos, en la misma línea la condición columna fuerte viga débil se cumplió sim embargo no se produjo la rótula plástica ya que la falla de la soldadura se anticipó, al no ser capaz de distribuir los esfuerzos en los elementos impidiendo que la viga desarrolle deformaciones inelásticas.

### **3.5.2. Marco conceptual:**

#### **3.5.2.1. Normas de diseños para estructuras Metálicas**

El diseño de las estructuras metálicas y conexiones precalificadas, enfocan sus criterios en las siguientes Normas publicadas, que serán analizadas en el presente estudio:

Normas Internacionales

- AISC 360-19 (Specification for Structural Steel Buildings)
- AISC 341-22 (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings)
- AISC 358-22 (Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Siesmic Applications)

Normas Nacionales (Normativa Ecuatoriana de la Construcción)

- NEC\_SE\_AC (Estructura de Acero)
- NEC\_SE\_DS (Peligro Sísmico)
- NEC\_SE\_CG (cargas no sísmicas)

#### **3.5.2.2. Requisitos de Resistencia**

En la normativa ecuatoriana de la construcción (NEC-15) en el capítulo de estructuras de acero adopta las consideraciones de las normas americanas para las consideraciones de las conexiones resistentes a momento.

### **Resistencia a la Fluencia Probable**

La resistencia probable de un elemento estructural sujeto a carga axial se puede determinar mediante el esfuerzo de fluencia probable multiplicado por el área de la sección transversal del elemento. (Enderica, 2018)

$$Rfp = Fyp * Ad$$

El esfuerzo de fluencia probable es determinado mediante la siguiente expresión según lo indica la NEC-15.

$$Fyp = Ry * Fy$$

Donde:

Fy: Esfuerzo de fluencia especificado del acero

Ry: Factor de esfuerzo de fluencia probable

### **Fator de Resistencia probable**

Este factor se determino mediante el estudio realizado por Cassagne en el año 2009, el cual consistió en la evaluación de las propiedades mecánicas de diferentes aceros comerciales como el A36, A572 Gr50 y A 588 gr50, el cual se obtuvo miles de certificados de cada tipo para obtener los valores del factor de fluencia que están incluidos en la normativa NEC-15 y se presenta en el siguiente cuadro. (Enderica, 2018)

**Tabla 1.** Valores de Factores de Fluencia y Tensión Probables para las planchas de aceros A36, A572 Gr.50 y A588 Gr. 50

Especificación ASTM	Factor de Fluencia Probable (Ry)	Factor de Tensión Probable (Rt)
ASTM A36	1.3	1.15
ASTM A572 Gr. 50	1.1	1.25
ASTM A588 Gr. 50	1.15	1.15

Fuente: NEC-15

### **3.5.2.3. Conexión Viga-Columna**

#### **Columna fuerte-viga débil**

Dado que se espera que el deterioro en la unión se produzca mediante el proceso de plastificación, es esencial que la conexión satisfaga el principio de columna fuerte-viga débil. Este criterio se establece a través de la ecuación que se presenta a continuación. (Enderica, 2018)

$$\frac{\sum Mpc}{\sum Mpv} \geq 1.0$$

Donde:

$\sum Mpc$ : Sumatoria de momentos plásticos nominales de las columnas que concurren a la conexión

$\sum Mpv$ : Sumatoria de momentos plásticos nominales de las vigas que concurren a la conexión

#### **Angulo de deriva entre Piso**

En el caso de conexiones en las cuales el diseño del sistema estructural implica que todas las uniones contribuyan a la resistencia contra cargas laterales, estas conexiones deben tener la capacidad de soportar al menos un ángulo de deriva correspondiente a 0.035 radianes y las conexiones diseñadas para sistema estructural que resisten carga lateral solo por las conexiones que se encuentran en el perímetro del edificio deben resistir por lo menos un ángulo de deriva a 0.04 radianes. (Enderica, 2018)

### ***Resistencia a la Flexión***

La resistencia a la flexión necesaria en sistemas estructurales en los cuales todas las uniones resisten momentos equivale al ochenta por ciento del Momento Plástico (MP) generado por la conexión a un ángulo de deriva de 0.035 radianes. Por otro lado, las conexiones presentes en los pórticos resistentes a momentos en el perímetro del edificio deben ser capaces de alcanzar al menos el ochenta por ciento del momento plástico cuando el ángulo de deriva en el piso sea de 0.04 radianes. (Enderica, 2018)

#### **3.5.2.4. Resistencia requerida al cortante**

La capacidad de la conexión para resistir fuerzas de corte se establece considerando los efectos de corte generados por las cargas gravitacionales, además de agregar el valor asociado a la formación de articulaciones plásticas en la viga. Cuando se emplea el método de diseño basado en factores de carga y resistencia (LRFD), esta capacidad se calculará mediante la expresión que se presenta a continuación:

$$V_e = \frac{2 * (1.1 * R_y * M_p)}{L_h}$$

Donde:

Lh: Distancia entre articulaciones plásticas a los extremos de la viga

Mp: Resistencia plástica nominal a flexión

Ry: Factor de fluencia probable

#### **3.5.2.5. Zonal de Panel**

La región del panel se compone del alma de la columna y se encuentra encerrada por las placas de continuidad que se unen con el ala superior e inferior de la viga. En esta parte de la columna, se experimentan cargas axiales, cortantes y momentos de flexión transmitidos desde la columna. Esta área del panel será crucial para determinar la forma en que la conexión se plastificará, ya que es esencial evitar la presencia de esfuerzos o deformaciones significativas por corte en la columna, lo cual podría comprometer la plastificación de manera dúctil. (Enderica, 2018)

En la zona de panel se debe considerar: resistencia al cortante, Espesor de la zona del panel, doble placa en zona de panel.

#### **3.5.2.6. Placas de Continuidad**

Las placas de continuidad deben ser implementadas en todas las conexiones excepto en las siguientes condiciones:

- Cuando mediante los ensayos de conexiones siguiendo las recomendaciones de la norma AISC 341, demuestre lo contrario.
- Cuando el ala de la viga esta soldada a ala de la columna cuyo espesor satisfaga las ecuaciones del espesor mínimo requerido del ala de la columna cuando no exista placas de continuidad

- Cuando el ala de la viga I, esta soldada al ala de una columna tubular de alas gruesas, cuyo espesor satisfaga la ecuación de espesor mínimo requerido del ala de la columna cuando no exista placas de continuidad dada en el AISC.

### 3.5.2.7. Vigas: Localización Articulaciones Plásticas

La posición de la articulación plástica en vigas, donde las cargas gravitacionales contribuyen solo en una medida reducida a la flexión, puede ser establecida. Sin embargo, en casos donde las cargas gravitacionales generan una considerable solicitud de flexión, su ubicación debe determinarse mediante análisis plástico. En otras palabras, esto debe basarse en los requisitos específicos de cada conexión. (Enderica, 2018)

#### *Momento Plástico probable en Articulación Plástica*

Para conexiones restringidas deben ser diseñadas para las articulaciones plásticas se produzcan en la viga y se calcula con la siguiente expresión:

$$M_{pr} = C_{pr} * R_y * Z_e * F_y$$

Donde:

C<sub>pr</sub>: Este factor engloba la máxima capacidad de resistencia de la conexión, teniendo en cuenta factores como el endurecimiento debido a la deformación, las limitaciones locales de la unión, los refuerzos adicionales y otras condiciones relevantes.

R<sub>y</sub>: Factor de influencia probable

Z<sub>e</sub>: Modulo plástico de la sección

F<sub>y</sub>: Esfuerzo de fluencia del acero

#### *Arriostramiento Lateral de Vigas*

El fin del arriostramiento en las vigas se lo realiza para evitar el pandeo lateral torsional. La viga debe estar arriostrada a través de toda su sección transversal con sus dos alas conectadas y la resistencia requerida a la flexión debe determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$M_r = M_u = R_y * F_y * Z$$

Donde:

M<sub>r</sub>: Resistencia a la flexión probable

M<sub>u</sub>: Resistencia a la flexión requerida utilizando las combinaciones de carga para el método LRFD

Z: Modulo plástico de la sección

### 3.5.2.8. Conexiones Precalificadas

Las conexiones viga-columna denominadas "precalificadas" son aquellas para las cuales existe información suficiente, tanto experimental como analítica, acerca de su comportamiento estructural en situaciones sísmicas. En otras palabras, estas conexiones han sido minuciosamente examinadas y evaluadas conforme a los criterios de calificación establecidos por las normativas AISC 341-10 y FEMA 350. En base a estas evaluaciones, se ha demostrado que estas conexiones presentan un comportamiento dúctil y un mecanismo de plastificación estable que no compromete la estabilidad del sistema estructural en su totalidad. Aunque los detalles de estas conexiones precalificadas pueden utilizarse en conexiones resistentes a momentos, es necesario demostrar su adecuado rendimiento de plastificación para conexiones específicas en un proyecto, cumpliendo con los requisitos que se describen a continuación: (Enderica, 2018)

- Se requiere disponer de suficiente información tanto analítica como experimental que permita describir en detalle los mecanismos de plastificación y los modos de falla de la conexión.
- Para cada uno de estos mecanismos y modos, es esencial determinar el modelo de rotación de la conexión y la resistencia vinculada a esos modelos.
- La información recopilada sobre los modos de falla, mecanismos de plastificación y análisis de la conexión debe ser lo bastante amplia para establecer con confianza, desde una perspectiva estadística, que el rendimiento de la conexión será fiable.

### 3.5.2.9. Generalidades de la Soldadura

#### *Tipos de Soldadura*

**Ranura:** Puede ser penetración completa o parcial y se caracteriza por rellenar con material de aporte una ranura entre borde o superficies adyacentes que se desea unir.

**Filete:** Tiene una sección transversal triangular y es utilizada en juntas traslapadas, en “T”, esquina, borde.

#### *Tipos de Juntas*

**Junta Traslapada:** Se las usa para unir miembros que se superponen como placas de diferente espesor, refuerzo en patines, entre otras.

**Junta a Tope:** Se usa para unir miembros estructurales alineados en un mismo plano.

**Junta en “T”:** Para unir dos miembros que se encuentran a 90° y que forman una “T”, por ejemplo, para unir el alma y el patín de viga a columna, entre otros.

**Junta de Esquina:** Utilizada principalmente para formar columnas tipo cajón

**Junta de borde:** Usada para conectar placas que requieren soldar el borde.

### 3.6. Metodologías y Técnicas:

En el marco de esta investigación, se llevará a cabo un estudio para evaluar el comportamiento ante cargas sísmicas de tres conexiones metálicas ampliamente utilizadas en construcciones en Ecuador. En primera instancia, se llevará a cabo un proceso de identificación y selección de tres tipos de conexiones de uso común en el país. A través de visitas de campo, se recopilarán datos detallados sobre el diseño, instalación y aplicaciones prácticas de estas conexiones.

Para el análisis estructural, se recurrirá a una revisión bibliográfica exhaustiva para establecer las bases teóricas pertinentes. Se empleará el software de modelación ANSYS para generar modelos tridimensionales precisos de las conexiones seleccionadas. Mediante análisis de elementos finitos, se simulará el comportamiento de estas conexiones. La comparación de los resultados obtenidos con estándares precalificados y la normativa vigente permitirá evaluar su eficiencia y su grado de conformidad con las exigencias sísmicas.

La investigación culminará con una interpretación de los resultados, destacando patrones y diferencias observadas entre las conexiones estudiadas. Estos hallazgos proporcionarán una

base sólida para emitir recomendaciones dirigidas a mejorar la práctica de construcción y el diseño de conexiones metálicas en Ecuador, con el objetivo de reforzar su desempeño estructural en situaciones sísmicas.

### 3.7. Esquema básico de contenidos:

Tabla 2. Esquema Básico de contenidos

Secciones Principales
<b>1. Introducción</b>
1.1. Justificación
1.2 Planteamiento del problema
1.3 Objetivos (general y específicos)
<b>2. Revisión de la literatura</b>
2.1. Antecedentes
2.2. Fundamentos teóricos
<b>3. Definición de conexiones a ser analizados</b>
3.1 Identificación de conexiones de uso común Ecuador
3.2 Determinación de geometría de la conexión
<b>4. Análisis Computacional</b>
4.1 Modelación del material y edificación
4.1 Modelación de geometría de las conexiones
4.1 Análisis de conexiones
<b>5. Análisis de resultados</b>
<b>6. Conclusiones y Recomendaciones</b>

### 3.8. Limitaciones del Estudio

Comprobación mediante ensayos a escala real de las conexiones analizadas

### 3.9. Resultados Esperados

Obtención del comportamiento de tres conexiones de uso común en Ecuador mediante los parámetros de calificación de conexiones sismorresistentes impuestos por la normativa vigente, utilizando un software para la modelación matemática ANSYS

## 4. CRONOGRAMA

CRONOGRAMA																																					
Actividades	jun-23				jul-23				ago-23				sep-23				oct-23				nov-23				dic-23				ene-24				feb-24				
	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
<b>Capítulo 1 Introducción</b>																																					
1.1. Justificación																																					
1.2. Planteamiento del problema																																					
1.3. Objetivos																																					
<b>Capítulo 2 Marco Teórico</b>																																					
2.1. Antecedentes																																					
2.2. Fundamentos teóricos																																					
<b>Capítulo 3 Definición de Conexión a ser Analizados</b>																																					
3.1. Identificación de conexiones de uso común Ecuador																																					
3.2. Determinación de geometría de la Conexión																																					
<b>Capítulo 4 Análisis Computacional</b>																																					
4.1. Modelación del Material y edificación																																					
4.2. Modelación de geometría de las conexiones																																					
4.3. Análisis de conexiones																																					
<b>Capítulo 5 Análisis de Resultados</b>																																					
<b>Capítulo 6 Conclusiones y Recomendaciones</b>																																					

## 5. Bibliografía

- America Institute of Steel Construction. (2010). *AISC 358-16 Precualified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*. Chicago.
- America Institute of Steel Construction. (2016). *AISC 341-16 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago.
- America Institute of Steel Construction. (2016). *AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago.
- Enderica, P. (2018). *Análisis de conexiones metálicas soldadas no precalificadas bajo la acción de cargas dinámicas a escala real y reducida mediante simulación por computadora*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14619>
- Gallegos, M., E., N., & R., H. (Abril de 2019). *Desempeño sísmico de nudos en pórticos de acero a momento con columnas tubulares considerando efectos bidireccionales*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/332333282>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). *Estructuras de Acero*. Quito.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente*. Quito.
- Toapanta, A. (2022). *Incidencia y eficiencia del uso de conexiones no precalificadas, ni ensayadas experimentalmente, en el desempeño de estructuras metálicas en el Ecuador; tipos y pseudo - criterios*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36278>
- Vallejo, M. (2021). *Parámetros para procedimiento de diseño y construcción de la conexión viga "I" de sección reducida – columna cajón rellena para edificaciones sismorresistentes*. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7829>

.....

Tutor:

Oscar Patricio Jaramillo de León

.....

Autor:

Santiago Xavier Echeverría Chiriboga