

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto:

PARÁMETROS PARA PROCEDIMIENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA
CONEXIÓN VIGA “I” DE SECCIÓN REDUCIDA – COLUMNA CAJÓN RELLENA PARA
EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES

Autor:

MARCO PAÚL VALLEJO RICAURTE

Tutor:

ING. DIEGO HIDALGO MGS.

Riobamba – Ecuador

Año 2021

REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **“PARÁMETROS PARA PROCEDIMIENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CONEXIÓN VIGA “I” DE SECCIÓN REDUCIDA – COLUMNA CAJÓN RELLENA PARA EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES”**. presentado por Marco Paúl Vallejo Ricaurte y dirigida por: Ing. Diego Hidalgo. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Diego Hidalgo, MSc.

Tutor del Proyecto **Firma**

Ing. Javier Palacios, MSc.

Miembro del tribunal **Firma**

Ing. Jorge Núñez, MSc.

Miembro del tribunal **Firma**

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Diego Hidalgo, MSc, en calidad de Tutor de Tesis que lleva como título: **“PARÁMETROS PARA PROCEDIMIENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CONEXIÓN VIGA “I” DE SECCIÓN REDUCIDA – COLUMNA CAJÓN RELLENA PARA EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES”**, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a la Señor Marco Paúl Vallejo Ricaurte para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,

.....
Ing. Diego Hidalgo, MSc
Tutor de tesis

Autoría de la Investigación

Declaro que la responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación corresponde exclusivamente a: Marco Paúl Vallejo Ricaurte y al Ing. Diego Hernán Hidalgo Robalino, MSc. y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional del Chimborazo.



F: _____

.....

Sr. Marco Paúl Vallejo Ricaurte

C.I: 0604239442

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme tener a toda mi familia y seres queridos con vida y salud, también por haberme dado la oportunidad de estudiar esta espectacular carrera, que sin dudar la volvería a elegir; gracias a mi familia por ser mi impulso para cumplir mis proyectos y sueños, que aún pese a la distancia por la situación actual del COVID 19 nunca faltó una palabra de aliento y una risa de su parte, agradezco a mis amigos y compañeros porque compartieron y disfrutaron conmigo cada momento de esta etapa universitaria, de igual forma a todas las personas que me han extendido la mano y que gracias a su experiencia han solventado varias de las inquietudes que se han presentado durante el desarrollo de esta investigación; y de manera especial a mi tutor de tesis que con su tiempo y conocimientos hemos logrado sacar adelante este proyecto de investigación

DEDICATORIA

Este título es dedicado en primer lugar a Dios porque sin el nada de esto hubiera sido posible, a toda mi familia en especial a mi mamá y a mi abuelita quienes nunca han dejado de creer en mí y jamás me han dejado solo, además a mi querido tío y mi abuelo quienes me enseñaron lo hermoso que es la Ingeniería Civil; y a todas las personas que me han brindado su apoyo en todo momento y que comparten conmigo mis triunfos y mis alegrías. Esta investigación va dirigida también a aquellas personas que puedan servirse de la presente investigación y sea de su interés el tema de conexiones en acero estructural.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | VII |
| ÍNDICE DE IMÁGENES | X |
| ÍNDICE DE TABLAS | XII |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| OBJETIVOS | 5 |
| Objetivo General..... | 5 |
| Objetivos Específicos..... | 5 |
| CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO | 6 |
| 1.1 Acero ASTM A36..... | 6 |
| 1.2 Pórticos Resistentes a Momento | 7 |
| 1.2.1 Pórticos Especiales Resistentes a Momento (SMF)..... | 8 |
| 1.3 Conexión Viga - Columna | 9 |
| 1.3.1 Conexiones de Momento Completamente Restringidas | 10 |
| 1.3.2 Conexiones Precalificadas..... | 10 |
| 1.4 Conexión con Viga de Sección Reducida (RBS)..... | 11 |
| 1.4.1 Precalificación de los Miembros Estructurales Para una Conexión RBS | 12 |
| 1.4.2 Componentes de la Conexión Viga de Sección Reducida | 12 |
| 1.5 Estructuras con Secciones Compuestas | 14 |
| 1.5.1 Columnas Rellenas de Hormigón..... | 15 |
| 1.6 Generalidades de la Soldadura..... | 16 |
| 1.6.1 Tipos de Soldadura..... | 16 |

| | | |
|--|---|----|
| 1.6.2 | Tipo de Juntas..... | 17 |
| 1.6.3 | Soldadura por Arco con Electrodo Metálico Revestido (SMAW)..... | 18 |
| 1.6.4 | Metal de Aporte (electrodo)..... | 18 |
| 1.6.5 | Electrodos Comúnmente Utilizados..... | 19 |
| 1.6.6 | Soldadura de Demanda Crítica..... | 19 |
| 1.6.7 | Especificación del Proceso de Soldadura (WPS)..... | 19 |
| 1.6.8 | Soldadores Calificados..... | 20 |
| 1.7 | Responsabilidades y Especificaciones Según la NEC - DS - AC (2015)..... | 20 |
| 1.7.1 | Responsabilidades..... | 20 |
| 1.7.2 | Especificaciones técnicas y planos..... | 20 |
| CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA..... | | 21 |
| 2.1 | Esquema de la Investigación..... | 21 |
| 2.2 | Proceso de la Metodología..... | 22 |
| 2.2.1 | Revisión Bibliográfica e Identificación de Parámetros..... | 22 |
| 2.2.2 | Identificación de Errores..... | 23 |
| 2.2.3 | Elaboración de un Proceso Constructivo Para la Conexión Analizada..... | 25 |
| 2.2.4 | Elaboración y Aplicación de Encuesta..... | 25 |
| CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y RESULTADOS..... | | 27 |
| 3.1 | Identificación de Errores..... | 27 |
| 3.2 | Procedimiento de Diseño y Construcción de la Conexión Viga “I” de Sección Reducida Columna Cajón Rellena de Hormigón..... | 34 |
| 3.2.1 | Procedimiento de Diseño..... | 35 |
| 3.2.2 | Procedimiento Constructivo..... | 36 |

| | |
|--|----|
| 3.3 Análisis de Datos de la Encuesta | 44 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 49 |
| Conclusiones | 49 |
| Recomendaciones | 51 |
| BIBLIOGRAFÍA | 52 |
| ANEXOS | 57 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|---|----|
| Figura 1 Componentes Estructurales de un Pórtico no Arriostrado | 7 |
| Figura 2 Mecanismo de Deformación Plástica | 9 |
| Figura 3 Conexión Columna Cajón – Viga de Sección Reducida | 12 |
| Figura 4 Elementos de la Conexión Viga de Sección Reducida..... | 12 |
| Figura 5 Vista Lateral de la Deformada por Pandeo Local de (a) Tubo sin Relleno y (b) Miembro Compuesto Relleno de Hormigón | 15 |
| Figura 6 Acero de Refuerzo Para Anclaje en el Interior de la Columna | 16 |
| Figura 7 Soldadura de Ranura..... | 17 |
| Figura 8 Soldadura de Filete | 17 |
| Figura 9 Especificación de los Electrodo s | 18 |
| Figura 10 Esquema de la Metodología | 21 |
| Figura 11 Formato Empleado Para Analizar el Error | 23 |
| Figura 12 Encuesta Para Validación de Proceso Constructivo de la Conexión..... | 26 |
| Figura 13 Conexión Viga con Sección Reducida – Columna Cajón Rellena de Hormigón Vista Lateral | 34 |
| Figura 14 Conexión Viga con Sección Reducida – Columna Cajón Rellena de Hormigón Vista en Planta..... | 35 |
| Figura 15 Columna Cajón Armada..... | 35 |
| Figura 16 Plantilla RBS | 36 |
| Figura 17 Recorte del Patín de la Viga | 36 |
| Figura 18 Viga con Sección Reducida..... | 37 |
| Figura 19 Pulido de Aristas en los Orificios de Acceso de Soldadura | 38 |

| | |
|---|----|
| Figura 20 Señalar y Nivelar el Sitio en que irá la Placa de Respaldo..... | 38 |
| Figura 21 Colocación de Placa de Respaldo..... | 39 |
| Figura 22 Encaje de Viga (Orificios de Acceso Superior en la Placa de Respaldo) | 39 |
| Figura 23 Soldadura de Pre Armado en Patín Superior (a) y Patín Inferior de la Viga (b)... | 40 |
| Figura 24 Unión de la Placa de Respaldo Mediante Soldadura..... | 41 |
| Figura 25 Soldadura de Filete por Debajo del Patín Inferior de la Viga | 42 |
| Figura 26 Aplicación de Tintas Penetrantes en Soldadura Filete | 43 |
| Figura 27 Geometría Orificios de Acceso de Soldadura | 63 |
| Figura 27 Fuerza Cortante por Acción de Cargas Gravitatorias en el Centro de la Rótula Plástica | 72 |
| Figura 28 Diagrama de Cuerpo Libre Entre el Centro de la RBS y la Cara de la Columna.. | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Propiedades del Acero ASTM A36 | 6 |
| Tabla 2 Clasificación de Pórticos Resistentes a Momento | 7 |
| Tabla 3 Conexiones Precalificadas por la FEMA..... | 11 |
| Tabla 4 Ficha Para Identificar Errores en la Conexión..... | 24 |
| Tabla 5 Errores en la Construcción de la Conexión | 27 |
| Tabla 6 Características y Limitaciones en vigas “I” | 59 |
| Tabla 7 Características y Limitaciones para Columna Cajón..... | 60 |
| Tabla 8 Relación Ancho – Espesor Para Vigas Sísmicamente Compactas | 61 |
| Tabla 9 Relación Ancho – Espesor Para Columnas Cajón Rellenas Sísmicamente Compactas | 61 |
| Tabla 10 Parámetros Constructivos de la Sección Reducida en el Ala de la Viga..... | 62 |
| Tabla 11 Requerimientos Para Orificios de Acceso Para Soldadura | 64 |
| Tabla 12 Especificaciones Para Placa de Corte | 64 |
| Tabla 13 Requerimientos Para Placa de Continuidad..... | 65 |
| Tabla 14 Requerimientos en Placas de Respaldo Para Montaje | 66 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo A Propiedades Mecánicas de la Soldadura de Demanda Crítica | 57 |
| Anexo B Propiedades a Tensión Especificadas por la Norma ASTM..... | 57 |
| Anexo C Factores de Fluencia y Tensión Probables para las Planchas de Acero | 57 |
| Anexo D Requerimientos de la Zona Protegida | 58 |
| Anexo E Características y Limitaciones para Miembros Estructurales | 59 |
| Anexo F Relación Ancho – Espesor para Miembros Sísmicamente Compactos | 61 |
| Anexo G Parámetros de Diseño y Construcción de los Elementos de la Conexión de Análisis..... | 62 |
| Anexo H Tipos de Juntas Usadas Comúnmente | 67 |
| Anexo I WPSs Necesarios Para Soldar una Conexión RBS..... | 68 |
| Anexo J Procedimiento de Diseño de la Conexión RBS | 70 |
| Anexo K Criterios de Aceptación y Rechazo en la Inspección Visual..... | 78 |

RESUMEN:

La conexión viga de sección reducida y columna cajón rellena de hormigón es una conexión no calificada, sin embargo, es una de las más utilizadas en Ecuador según varios autores, autores que demostraron que posee un buen comportamiento siempre y cuando cumpla con varios requerimientos de diseño y construcción presentes en códigos americanos, mismos se compilaron en este trabajo.

En esta tesis se elaboró una ficha con información relevante (check list) que se la utilizó en tres edificaciones de nuestro medio con la finalidad de reconocer errores en la conexión estudiada como por ejemplo: colocar vigas RBS en voladizos, no remover la placa de respaldo bajo el patín inferior de la viga, mal diseño de la placa de corte, colocar arrostramiento lateral u otros elementos en la zona protegida de la viga, entre otros errores y posteriormente, se realizó un análisis detallado de la equivocación, con posibles consecuencias, acompañado de una foto del error y lo que se debió realizar al inicio aplicando los códigos.

Además, en vista de que tanto en normativas como en los códigos no existe un procedimiento constructivo acerca de esta conexión, se desarrolló uno muy detallado y realizado en base a observación en campo y recomendaciones de códigos americanos. El procedimiento fue validado a través de una encuesta realizada a expertos en el tema y coincidieron en que es claro, conciso y que incluso puede ser utilizado en obra.

Palabras clave: Conexión viga – columna, rótula plástica, proceso constructivo, requerimientos.

ABSTRACT

The connection reduced beam section and concrete filled box column is an unqualified connection, however, it is one of the most used in Ecuador according to several authors, the same authors who demonstrated that it has a good performance as long as it complies with several design and construction requirements present in American codes, which were compiled in this work.

In this thesis was elaborated a check list with relevant information that was used in three buildings in our country to recognize errors in the connection studied, such as: placing RBS beams in cantilevers, not removing the backing plate under the bottom skid of the beam, poor design of the shear plate, placing lateral bracing or other elements in the protected zone of the beam, among other errors, and subsequently, a detailed analysis of the mistake was made, with possible consequences that may result, accompanied by a photo of the error and what should have been done according to the codes.

In addition, since there is no constructive procedure for this connection in the normatives and codes, it was developed very detailed based on field observation and recommendations from American codes. The procedure was validated through a survey of experts on the subject and they agreed that it is clear, concise and can even be used on site

Keywords: Beam-column connection, plastic ball joint, construction process, requirements.

Reviewed by:

Mgs. Lorena Solís Viteri

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0603356783

INTRODUCCIÓN

Cáceres & Calderón (2018) mencionan en su investigación que el territorio ecuatoriano se sitúa en el denominado “Cinturón de fuego del Pacífico”, zona que tiene una alta actividad sísmica y volcánica debido a la interacción entre la placa de Nazca y la Sudamericana. Por tal razón se debe concebir a las estructuras bajo la denominada “filosofía de diseño sismorresistente”.

Una característica de la filosofía del diseño sismorresistente es lograr que la estructura falle de forma dúctil y no de manera frágil. De acuerdo a Crisafulli (2018), en los últimos años se han desarrollado investigaciones que muestran que la ductilidad de una estructura no depende solamente del material utilizado, sino que, además, influye de manera directa las secciones y miembros estructurales tales como columnas, vigas, riostras y conexiones.

Realizar construcciones en acero estructural resulta ser muy ventajoso, más allá de su bajo peso y alta resistencia, para McCormac & Csernak (2012) el acero estructural goza de beneficios tales como: alta durabilidad, tenacidad, uniformidad, ductilidad, entre otros beneficios. La ductilidad antes mencionada es una propiedad muy importante, porque permite grandes deformaciones antes de llegar a fallar, dándonos la oportunidad de abandonar el sitio para salvaguardar la vida de las personas.

Actualmente en nuestro país es evidente la implementación de tipologías estructurales y materiales alternativos al uso tradicional del concreto, en los últimos años según Gallegos (2017), se ha incrementado de manera notable la construcción de edificaciones en acero, pero en su mayoría no cuentan con conexiones previamente calificadas, generando una gran incertidumbre sobre el comportamiento de la misma.

De acuerdo a Roldós (2012), el 70 % de las edificaciones en el Ecuador son construidas de manera informal y la mayoría de edificaciones de acero no cumplen con los requerimientos

sismorresistentes para pórticos especiales resistentes a momento (PERM). La conexión viga – columna es uno de los elementos más importantes, ya que permite que la estructura funcione como un todo y, además, garantiza la ductilidad de la estructura para que tenga un adecuado comportamiento sismorresistente y por esa razón, debe diseñarse y construirse correctamente para que no se reitere lo sucedido en los sismos de Northridge (1994) o Kobe (1995) que por un inadecuado diseño, una defectuosa construcción y una mala

inspección, entre otros factores terminó en una catástrofe.

La NEC – SE – AC (2015) toma como referencia códigos americanos, los cuales recomiendan el uso de conexiones precalificadas y la utilización de vigas y columnas de sección “I” laminadas. La FEMA 350 menciona varios tipos de aceros para miembros estructurales con los que calificaron a las conexiones, dentro de los cuales no se encuentra el acero ASTM A36, siendo este tipo de acero el de mayor disponibilidad en Ecuador y que con el pasar del tiempo se ha identificado varios beneficios como por ejemplo su soldabilidad. En la investigación de Pillajo (2017), se explica que en Ecuador generalmente se realiza las edificaciones con columnas de sección cajón rellena de concreto y viga de sección reducida (RBS), fabricadas en acero A36 soldadas. La conexión antes mencionada, es una conexión que no ha sido calificada previamente y que se la realiza de manera informal en nuestro país, ya que no existe en la normativa actual recomendaciones tanto en el proceso de análisis y diseño, mucho menos en las etapas constructivas.

Según M. Gallegos (2017), el Comité Internacional para el Desarrollo y el Estudio de la Construcción Tubular (CIDECT) mediante evaluaciones realizadas, señalan que existe escasa información acerca del diseño sísmico con secciones tubulares, siendo que son las más utilizadas en gran parte del mundo como es en el caso de Japón, país en que emplea las conexiones a

momento entre columnas cajón y vigas de sección I, y su procedimiento de diseño es utilizado de manera normalizada, pero esto no sucede en el resto del mundo; en países como Estados Unidos en cambio, existe una dependencia por las conexiones precalificadas para pórticos SMF e IMF y las pocas conexiones disponibles en las que se utilizan secciones cajón se encuentran patentadas.

Para Roldós (2012), la falta de interacción entre el diseñador y el constructor es uno de los causantes para que existan inconvenientes principalmente en las conexiones, ya que los diseñadores en sus proyectos toman en cuenta ciertos requisitos y criterios que los constructores en la práctica pasan por alto y como consecuencia las edificaciones no tienen el comportamiento esperado.

Como se habló anteriormente la conexión viga de sección reducida – columna cajón rellena es una conexión que no ha sido calificada, no existe información sobre ella ni en normativas americanas, ni en nuestra normativa nacional, pero sin embargo se la utiliza muy a menudo en nuestro país. El ingeniero Hugo Pillajo basándose en su investigación de maestría, recomienda utilizar esta conexión, siempre y cuando se diseñe y se construya adecuadamente, tomando algunas consideraciones del AISC, por tal razón como punto de partida de la presente investigación se recopilará información relevante y necesaria tanto para el diseño como para la construcción de la conexión.

En la tesis de postgrado de Urgiles (2018), se evaluó las conexiones realizadas en varias edificaciones en acero y con los resultados obtenidos, quedó en evidencia que no se están realizando adecuadamente las construcciones en acero. Por tal razón en esta investigación se identificarán errores habituales en la conexión del caso de estudio, estableciendo las posibles consecuencias que acarrearán, con la finalidad de conocer estos errores y evitarlos en proyectos a futuro.

Como se puede ver en la tesis de Urgiles (2018), cuando se construye utilizando un documento con la suficiente información para controlar la calidad en un trabajo, existe un margen de error más pequeño que cuando no se lo utiliza; por tal razón dada la importancia antes mencionada de la conexión viga – columna y en vista de que existe muy poca información sobre el diseño, construcción de la conexión viga de sección reducida – columna cajón rellena de hormigón para edificaciones sismorresistentes, se ha considerado importante desarrollar un documento que contenga un procedimiento tanto de diseño como de construcción de la conexión antes mencionada; además en la última etapa de la presente investigación, este proceso constructivo será validado a través de una encuesta dirigida a profesionales expertos en la construcción en acero estructural, con la finalidad de conocer si este documento puede ser implementado en la construcción para el uso de manera práctica tanto de ingenieros como el personal involucrado en la construcción.

OBJETIVOS

Objetivo General

Establecer un procedimiento constructivo adecuado para la conexión viga “I” de sección reducida y columna tipo cajón rellena de hormigón para edificaciones sismorresistentes.

Objetivos Específicos

- Recopilar información bibliografía acerca de parámetros de diseño y construcción de la conexión viga de sección reducida y columna cajón rellena de hormigón aplicando normativas vigentes.
- Identificar errores habituales en la construcción de la conexión viga “I” de sección reducida y columna cajón rellena de hormigón.
- Plantear un procedimiento para diseño y construcción de una conexión viga de sección reducida y columna cajón rellena de hormigón en un caso de estudio.
- Validar el procedimiento a partir de la aplicación de una encuesta, dirigida a profesionales dedicados a la construcción en acero.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO

La conexión viga de sección reducida – columna cajón rellena de hormigón fabricada con planchas de acero A36 soldada es una conexión que, pese a no ser precalificada, generalmente es utilizada en Ecuador. Dicha conexión es de tipo completamente restringida (FR) y se la puede utilizar tanto para pórticos resistentes a momentos de alta ductilidad (SMF) como para pórticos resistentes a momentos de intermedia ductilidad (IMF) (Pillajo, 2017). Pero es importante conocer que nuestro país por estar ubicado en el cinturón de fuego del Pacífico ocupa un territorio que posee una alta peligrosidad sísmica, razón por cual es recomendable construir las edificaciones como sistemas sismorresistentes con pórticos especiales resistentes a momento (SMF), además que la NEC – DS – AC (2015) menciona únicamente a los pórticos antes mencionados.

1.1 Acero ASTM A36

El acero estructural ASTM A36 es un material que por sus características y propiedades es el más utilizado en la industria ecuatoriana (Perez, 2009). Este tipo de acero tiene un comportamiento lineal y elástico hasta la fluencia, lo cual hace, que sea un material predecible en las estructuras. En la actualidad el acero A36 es muy utilizado incluso en los Estados Unidos en puentes y edificaciones, pese a que en este país existe aceros con una resistencia mayor (Espinoza & Pazmiño, 2019). Una gran ventaja del acero A36 es su soldabilidad. A continuación, en la tabla se presenta las propiedades de este tipo de acero estructural.

Tabla 1

Propiedades del Acero ASTM A36

| PROPIEDAD | VALOR | UNIDADES |
|--------------------------|------------------|-------------------|
| Densidad | 7850 | Kg/m ³ |
| Límite de fluencia | 32-36 (250-280) | Ksi (MPa) |
| Resistencia a la tensión | 58 – 80(400-550) | Ksi(MPa) |
| Modulo de elasticidad | 29 000 | Ksi |
| % de elongación mínimo | 20 (8") | % |
| Punto de fusión | 1538 | °C |

Fuente: Perez (2009)

1.2 Pórticos Resistentes a Momento

Los pórticos resistentes a momento se diseñan para transmitir momentos flectores de las vigas y fuerzas axiales hacia las columnas. En la FEMA 302 (1997) constan 3 tipos de pórticos resistentes a momento (ver Tabla 2), los cuales se diferencian principalmente por su grado de ductilidad.

Tabla 2

Clasificación de Pórticos Resistentes a Momento

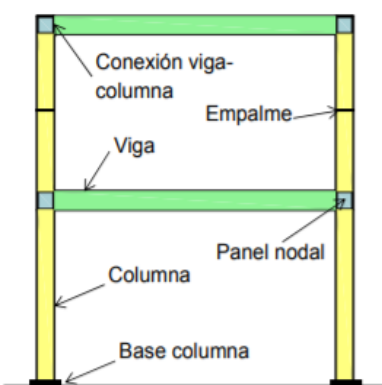
| Sistema | Abreviatura |
|--|-------------|
| Pórticos especiales resistentes a momento | SMF |
| Pórticos intermedios resistentes a momento | IMF |
| Pórticos ordinarios resistentes a momento | OMF |

Fuente: Elaboración propia con base de datos de Federal Emergency Management Agency (1997)

Para el diseño sismorresistente de pórticos a momento, además de columnas y vigas, debemos considerar varios elementos adicionales que conforman al pórtico como: conexión viga-columna, base de la columna, empalme y panel nodal (Crisafulli, 2018). A continuación, en la se observa al pórtico en conjunto con sus elementos y miembros estructurales

Figura 1

Componentes Estructurales de un Pórtico no Arriostrado



Fuente: Crisafulli (2018)

1.2.1 Pórticos Especiales Resistentes a Momento (SMF)

Los pórticos especiales poseen una alta capacidad para disipar energía producida por sismo, por su elevada ductilidad tanto en el código ASCE/SEI 7-16 como en nuestra norma NEC – SE – DS (2015) se le asigna un factor de reducción de resistencia sísmica “R” igual a 8. En la NEC se menciona a este tipo de pórtico con el nombre de sistemas resistentes a cargas sísmicas (SRCS). En estos pórticos las exigencias son muy estrictas, la conexión deberá ser de tipo completamente restringidas (FR), deberán colocarse placas de continuidad, se deberá considerar las deformaciones del panel nodal y se verificará su resistencia, además en los extremos de las vigas de estos pórticos, se deberá considerar las denominadas “zonas protegidas”, lugar en donde ocurren grandes deformaciones inelásticas (Crisafulli, 2018, pp. 99–105). La zona protegida deberá cumplir con los requerimientos del Anexo D.

Las columnas compuestas y las vigas deben cumplir con los requerimientos para miembros de alta ductilidad o conocidos como sísmicamente compactos, pero adicionalmente a las vigas se debe proporcionar arriostramiento lateral en zonas con cargas concentradas o con cambios de sección (Crisafulli, 2018, p. 175). Además, de acuerdo a Crisafulli (2018), la soldadura en este tipo de pórticos se considerará como soldadura de demanda crítica en: soldaduras de ranura en empalmes de columnas, soldaduras en las bases de las columnas y soldaduras de ranura con penetración completa en placas de continuidad y en la conexión del ala y el alma de la viga a la columna.

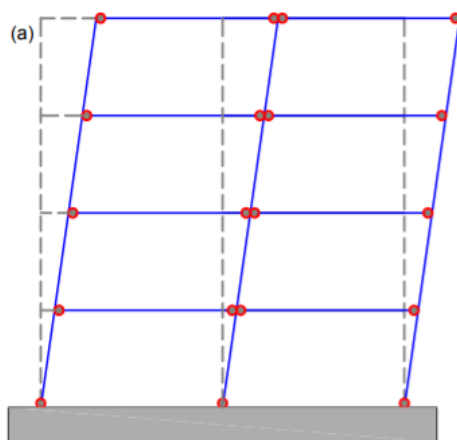
De acuerdo a la filosofía de diseño sismorresistente, en el caso de una eventualidad como un sismo la estructura no debe llegar al colapso parcial o total, por tal razón debemos proteger las columnas y lograr que las vigas lleguen a la plastificación de manera progresiva, con la finalidad de desarrollar una respuesta dúctil. A partir de consideraciones analíticas y experimentales se

establece que el mecanismo “columna fuerte – viga débil” funciona adecuadamente y para eso se debe generar rótulas plásticas (Brito, 2018; Crisafulli, 2018, p. 100).

Una rótula plástica es “un dispositivo de amortiguación de energía, que permite la rotación de la deformación plástica de una conexión de manera rígida” (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, p. 13). Estas rótulas para sistemas aporticados deben formarse en los extremos de las vigas (sección reducida) y en la base la columna del primer piso (*Figura 2*); funcionan como un mecanismo de colapso ya que garantizan que la falla sea dúctil. Esta zona de la viga llega a la plastificación total de su sección por tal razón se debe calcular el momento plástico máximo probable (M_{pr}) (Brito, 2018; Delgado, 2017).

Figura 2

Mecanismo de Deformación Plástica



Fuente: Adaptado de Crisafulli (2018)

1.3 Conexión Viga - Columna

Según el American Institute of Steel Construction (2016), una conexión es la combinación de elementos estructurales y elementos de unión usados para transmitir fuerzas entre 2 o más miembros. La conexión entre viga y columna para estructuras sismorresistentes con pórticos especiales resistentes a momentos (SMF) deberán cumplir con las siguientes consideraciones:

- La conexión debe ser capaz de resistir un ángulo de deriva de piso de al menos 0,04 radianes.
- La resistencia a flexión de la conexión analizada en la cara de la columna deberá ser como mínimo 0.80 del momento plástico de la viga conectada cuando el ángulo de deriva de piso sea el mínimo (0,04 radianes).
- La resistencia a corte requerida por la conexión deberá ser mayor a la suma del cortante producido por las cargas gravitatorias y el cortante originado en la rótula plástica (V_E).
- El diseño debe demostrar que existan derivas adicionales debido a la deformación en la conexión puede ser acomodada por la estructura, el diseño debe tener un análisis de estabilidad del pórtico, en el que se incluirán efectos de segundo orden (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).
- La conexión deberá ser de tipo completamente restringida (FR)

1.3.1 Conexiones de Momento Completamente Restringidas

Las conexiones completamente restringidas o full restrained son aquellas que transfieren momento flector con rotación despreciable entre los miembros enlazados. Desde el punto de vista del análisis estructural, se entiende que esta conexión no permite que exista rotación relativa. Estas conexiones deben resistir tanto a momento como a cortante por lo que deben tener la suficiente rigidez (90% al 100%) para mantener el ángulo inicial formado entre los miembros conectados sin sufrir ningún cambio (American Institute of Steel Construction, 2016b, p. 61).

1.3.2 Conexiones Precalificadas

La FEMA 350 ha precalificado 9 conexiones y las agrupado en 3 categorías como se puede ver en la Tabla 3. El proceso de precalificación de una conexión se lo puede encontrar en el capítulo K de la normativa ANSI/AISC 341- 16.

Tabla 3*Conexiones Precalificadas por la FEMA*

| Categoría | Conexión | Abreviatura |
|---|---|--------------------|
| Soldadas, completamente restringidas | Viga de sección reducida | RBS |
| | Placa soldada al ala | WFP |
| | Ala libre | FF |
| | Alas soldadas no reforzadas, alma soldada | WUF- W |
| | Alas soldadas no reforzadas, alma empernada | WUF- B |
| Apernadas, completamente restringidas | Placa extrema apernada no atiesada | BUEP |
| | Placa extrema apernada atiesada | BSEP |
| | Placa apernada a las alas | BFP |
| Apernadas, parcialmente restringidas | Doble T cortada | DST |

Fuente: Elaboración propia con base de datos de FEMA & SAC (2000)

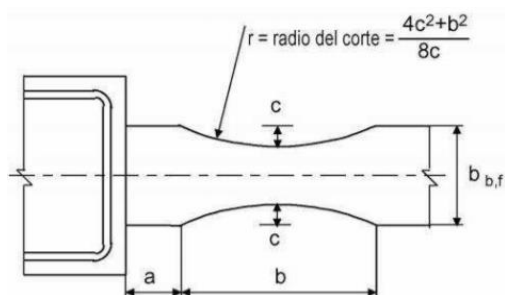
En esta investigación se tratará más a fondo la conexión con viga de sección reducida.

1.4 Conexión con Viga de Sección Reducida (RBS)

La conexión viga de sección reducida también conocida como RBS o hueso de perro es una conexión de tipo completamente restringida (FR) se puede usar en sistemas estructurales con pórticos resistentes a momentos con capacidad de disipación de energía moderada y especial, se caracteriza por el recorte que se realiza en ciertas porciones de las alas de la viga sección “I” en la región adyacente a la conexión viga – columna (ver Figura 3). En esta conexión se busca que la fluencia y la formación de la rótula plástica suceda en la sección reducida de la viga y de esta manera limitar momentos y de deformaciones inelástica desarrolladas en la cara de la columna (American Institute of Steel Construction, 2016a, p. 106).

Figura 3

Conexión Columna Cajón – Viga de Sección Reducida



Fuente: Kurobane et al. (2005)

1.4.1 Precalificación de los Miembros Estructurales Para una Conexión RBS

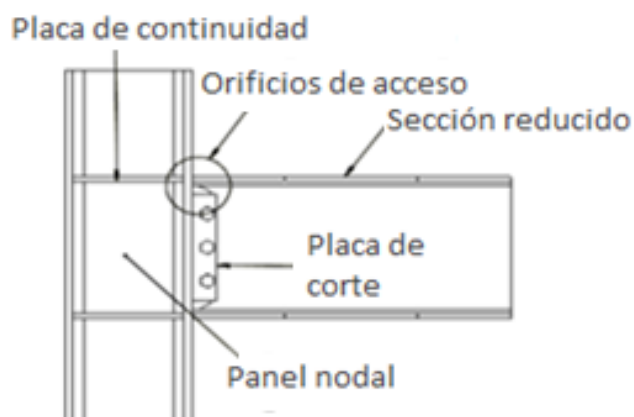
Para un adecuado funcionamiento de una conexión con viga de sección reducida, tanto las vigas como las columnas deben estar sujetas a requerimientos y limitaciones, las cuales se pueden observar en la Tabla 6 y Tabla 7 respectivamente detallados en el Anexo E.

1.4.2 Componentes de la Conexión Viga de Sección Reducida

Las componentes de una conexión con viga de sección reducida son cinco, los mismos que se presentan en la Figura 4. Adicionalmente cabe señalar, que para el montaje de la conexión es necesario placas de respaldo.

Figura 4

Elementos de la Conexión Viga de Sección Reducida



Fuente: Adaptado de Machado & Quishpe (2014)

- **Sección Reducida de la Viga.** A la viga se le reduce un segmento de su patín para producir deliberadamente una rótula plástica dentro del claro de la viga alejándola de la cara de la columna (Sifuentes, 2017, p. 38). La sección reducida de la viga deberá realizarse de acuerdo a los requerimientos de la Tabla 10 del Anexo G.
- **Orificios de Acceso de la Soldadura.** La FEMA 350 recomienda que existan agujeros en los extremos del alma de la viga, para que los cordones de soldadura de ranura conecten el ala de la viga con la cara de la columna facilitando el acceso de la soldadura y minimizando efectos de concentración de tensiones y deformaciones. El orificio de acceso de soldadura que se encuentra bajo el patín superior de la viga, resulta ser muy útil en la etapa de montaje de la estructura ya que, este se apoya sobre la placa de respaldo soldada en la cara de la columna. Los orificios de acceso a soldadura deberán cumplir con la geometría, tal como se muestra en la Figura 27 y deberán ser realizados cumpliendo con los requerimientos de la Tabla 11.
- **Placa de Corte.** Sirve para unir el alma de la viga con la cara de la columna. Esta placa va soldada al alma de la viga en pórticos resistentes a momento con disipación de energía especial, en cambio, para pórticos con disipación de energía moderada la placa puede ir apernada al alma de la viga, siempre y cuando cumpla con la resistencia nominal del agujero del perno que no debe exceder al valor dado por la ecuación J3 – 6 del AISC 360 – 10. Con la placa de corte soldada se obtiene una transferencia de cargas efectiva y se evita la fatiga en los elementos estructurales (Machado & Quishpe, 2014, p. 34). En la Tabla 12 del Anexo G se encuentran los requerimientos a los que debe estar sujeta la placa de corte.
- **Zona Panel Nodal.** Es la zona comprendida entre las alas de la viga y la cara de la columna, se caracteriza por ser muy flexible y por presentar elevadas solicitaciones que pueden llegar a deformar excesivamente a esta zona, sino se lo diseña de manera correcta (Crisafulli, 2018, p.

101). El espesor mínimo del panel nodal con o sin doble placa se debe verificar con la siguiente expresión para controlar pandeo local:

$$t \geq \frac{d_z + w_z}{90} \quad (1-1)$$

En donde

d_z = Peralte de la zona del panel medido entre las placas de continuidad en mm

w_z = Ancho de la zona del panel

En caso de que la zona del panel no cumpla con el espesor mínimo o con la resistencia a corte requerida se pueden colocar placas nodales de refuerzo, las cuales deberán tener un espesor mínimo de 6 mm y se unirán mediante soldadura de ranura de penetración parcial (SRPP) o de filete (Crisafulli, 2018, p. 104).

- **Placa de Continuidad.** Estas placas rigidizadoras permiten una transferencia adecuada de las cargas de tracción y compresión que se generan en la columna, rigidizando la zona del panel de la columna y disminuyéndola concentración de tensiones generada por la diferencia de rigidez entre los elementos de la junta. Las placas de continuidad se las coloca entre las alas de la columna a la altura de los patines de las vigas que llegan a la cara de la columna, además sirven para delimitar la zona del panel nodal (Crisafulli, 2018, p. 101). Los requerimientos que deben cumplir estas placas se encuentran en la Tabla 13 del Anexo G.
- **Placa de Respaldo.** La función de esta placa es facilitar la soldadura en el proceso de montaje de la conexión, el mismo que debe estar sujeto a los requerimientos de la Tabla 14.

1.5 Estructuras con Secciones Compuestas

Para el análisis estructural de edificaciones con miembros compuestos se deben utilizar consideraciones parecidas a las que se emplean en construcciones en acero estructural y en hormigón armado, pero es importante tener en cuenta algunos aspectos en los que se diferencian

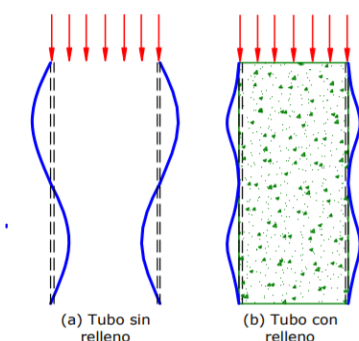
y que en ciertos casos deben considerarse para el análisis, usualmente cuando se estudia el comportamiento inelástico de la estructura (Crisafulli, 2018, p. 174).

1.5.1 Columnas Rellenas de Hormigón

Estos miembros están formados por un elemento tubular de acero y hormigón, la técnica se utiliza en columnas con el propósito de elevar significativamente su resistencia a compresión; además, que por el aumento de la resistencia en el miembro estructural se reduce el efecto de pandeo local en las paredes del tubo, esto sucede gracias al relleno de hormigón que impide que la columna se deforme en el interior del tubo, por lo tanto el pandeo local en tubo relleno necesitará mayor energía de deformación porque este tipo de secciones poseen una carga crítica elevada (Crisafulli, 2018, pp. 34–36). A continuación, se presenta la deformada por pandeo local al aplicar carga axial en una columna de sección tubular sin relleno y con relleno de hormigón.

Figura 5

Vista Lateral de la Deformada por Pandeo Local de (a) Tubo sin Relleno y (b) Miembro Compuesto Relleno de Hormigón



Fuente: Crisafulli (2018)

Para el diseño de este tipo de secciones se requiere tener en cuenta el comportamiento en conjunto del acero y el hormigón, por tal razón en el código AISC 360 – 16 se puede encontrar dos métodos para calcular la resistencia nominal en secciones compuestas: método de las tensiones plásticas y método de la compatibilidad de deformaciones (Crisafulli, 2018, pp. 35, 36). Para columnas

rectangulares rellenas de concreto, el ACI 318 recomienda encontrar el espesor mínimo de las planchas de acero a partir de la siguiente expresión:

$$t \geq b \sqrt{\frac{F_y}{3 * E_s}} \quad (1-2)$$

En donde:

t = Espesor mínimo de la columna

b = Ancho del lado más pequeño de la columna

F_y = Esfuerzo de fluencia mínimo según el tipo de acero (ver Anexo B)

E_s = Módulo de elasticidad del acero (Carrasco et al., 2012)

Para lograr vincular de mejor manera el hormigón con el acero estructural en las columnas, se recomienda utilizar $1\phi 14$ mm cada 30 cm en las caras internas de la columna a manera de anclaje, para lo cual se deberá utilizar soldadura FCAW (C. Gallegos, 2017).

Figura 6

Acero de Refuerzo Para Anclaje en el Interior de la Columna



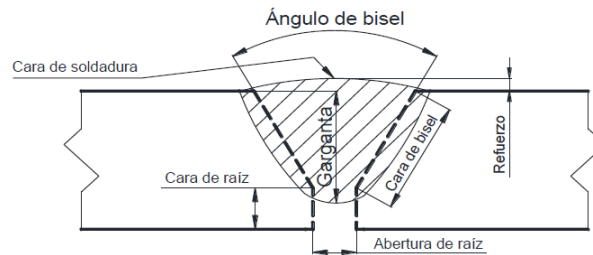
Fuente: Elaboración Propia

1.6 Generalidades de la Soldadura

1.6.1 Tipos de Soldadura

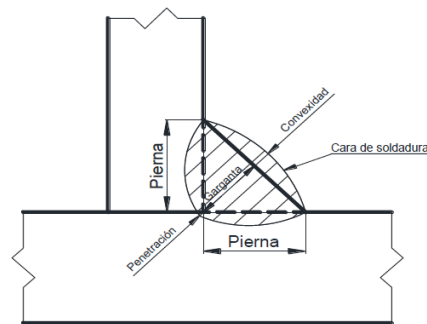
Para McCormac & Csernak (2012), los tipos de soldadura más usados son de ranura y filete

- **Ranura.** Puede ser de penetración completa o parcial y se caracteriza por rellenar con material de aporte una ranura entre bordes, extremos o superficies adyacentes que se desean unir. Usualmente esta soldadura se usa en juntas a tope, en “T” o de esquina (Urgiles, 2018, p. 27).

Figura 7*Soldadura de Ranura*

Fuente: Urgiles (2018)

- **Filete.** Tiene una sección transversal triangular y generalmente es utilizada en juntas traslapadas, en “T”, esquina, borde (Urgiles, 2018).

Figura 8*Soldadura de Filete*

Fuente: Urgiles (2018)

1.6.2 Tipo de Juntas

- **Junta Traslapada.** Se la usa para unir miembros que se superponen como placas de diferente espesor, refuerzo en patines, entre otras (Urgiles, 2018)
- **Junta a Tope.** Se usa para unir miembros estructurales alineados en un mismo plano (Urgiles, 2018), como por ejemplo empalmes de columnas.

- **Junta en “T”.** Se usa para unir 2 miembros que se encuentran a 90° y forman una “T”, como por ejemplo para unir el alma y el patín de viga a columna, entre otros (Urgiles, 2018).
- **Junta de Esquina.** Utilizada principalmente para formar columnas cajón (Urgiles, 2018).
- **Junta de borde.** Usada para conectar placas que requieren soldar el borde, este borde puede ser recto o con chaflan (Urgiles, 2018).

En el Anexo H se puede observar los tipos de juntas antes mencionadas.

1.6.3 Soldadura por Arco con Electrodo Metálico Revestido (SMAW)

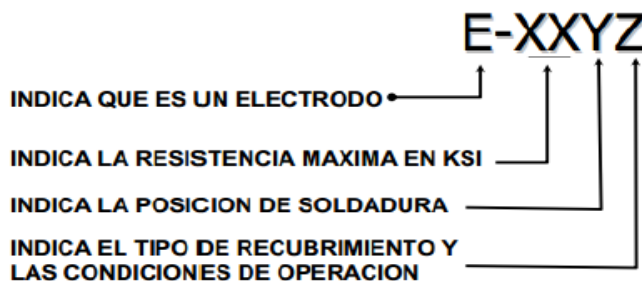
Este proceso consiste en la aplicación de calor para derretir el metal base y el borde del metal de aporte (electrodo). Principalmente es usado en aceros aleados y al carbono para para fabricación, montaje y mantenimiento de miembros estructurales para edificaciones. Este tipo de soldadura es la más utilizada en nuestro medio por su eficacia, portabilidad y bajo costo (Ramón Pineda, 2015)

1.6.4 Metal de Aporte (electrodo)

De acuerdo al tipo de electrodo seleccionado dependerá la ductilidad, la resistencia mecánica y la resistencia a la corrosión (Urgiles, 2018). La especificación de los electrodos se lee de la siguiente manera:

Figura 9

Especificación de los Electrodos



Fuente: Adaptado de Ramón Pineda (2015)

1.6.5 Electroodos Comúnmente Utilizados

- **E – 6011:** Caracterizado por su rápida solidificación, funciona tanto con corriente alterna como continua y se utiliza en ocasiones para soldadura de pre armado en miembros estructurales e igualmente en el montaje de la estructura, previo a la soldadura final (Ramón Pineda, 2015, p. 17).
- **E – 7018:** Empleado principalmente en soldadura final de miembros estructurales armados y en la conexiones viga – columna (Ramón Pineda, 2015, p. 18).

1.6.6 Soldadura de Demanda Crítica

La soldadura de demanda crítica son “soldaduras para sistemas sismorresistentes que pueden quedar sometidas a niveles de deformación de fluencia, de modo que su falla origina degradación de rigidez y resistencia en el sistema”(Crisafulli, 2018, p. 89). Los requerimientos que deberá cumplir el material de aporte para una soldadura de demanda crítica se encuentran en la Anexo A.

1.6.7 Especificación del Proceso de Soldadura (WPS)

Un WPS es la especificación del procedimiento de soldadura, sirve como una guía para ejecutar una soldadura correctamente. Se recomienda utilizar los WPSs precalificados ya que no requieren de ensayos (Pillajo, 2017). Para que un WPS se considere precalificado se deberá utilizar procesos de soldaduras mencionados por el AWS D1.1, metales base y materiales de aporte considerados por el código, temperaturas mínimas de precalentamiento y de entre pasos; y los requisitos de WPSs precalificados. Todas estos requerimientos se encuentran en la sección 3 del código AWS D1.1 (2015).

Los WPSs empleados para la conexión viga de sección reducida – columna cajón rellena a se muestran en el Anexo I.

1.6.8 Soldadores Calificados

El uso de soldadores calificados aumenta la posibilidad de ejecutar una soldadura correctamente, es por eso que el código AWS D1.1 establece que el personal que realiza la soldadura deberá ser calificado y empleará procedimientos de soldadura calificados o precalificados (Pillajo, 2017).

La calificación del soldador tiene por objetivo medir sus destreza y habilidad para realizar soldaduras sanas siguiendo un WPS. Para la calificación del soldador deberá registrarse a la sección 4 del código AWS D1.1

1.7 Responsabilidades y Especificaciones Según la NEC - DS - AC (2015)

1.7.1 Responsabilidades

- Diseño: Ingeniero Civil o Ingeniero Mecánico con título de cuarto nivel en Estructuras.
- Fabricación y montaje: Ingeniero Civil con tercer o cuarto nivel en tecnología de la soldadura, Ingeniero Mecánico o Inspector de soldador CWI (Certified Welding Inspector).

1.7.2 Especificaciones técnicas y planos

- Planos diseño estructural
- Planos de Taller
- Planos de corte
- Planos de montaje
- Planos As Built (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015)

Los planos deberán contener la información estipulada en el apartado 3.2 de la NEC - DS - AC (2015).

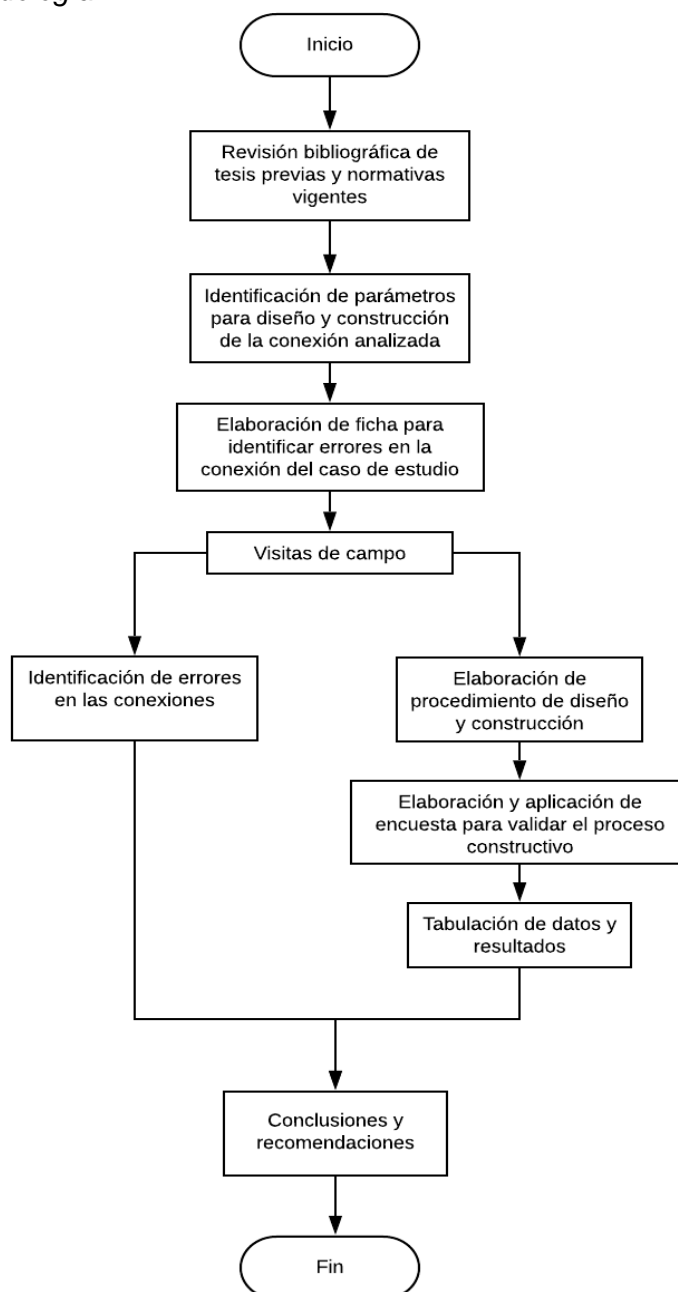
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

2.1 Esquema de la Investigación

En la presente investigación se empleó el proceso sistemático que se presenta a continuación:

Figura 10

Esquema de la Metodología



Fuente: Elaboración Propia

Enfoque

En esta investigación predomina el paradigma cualitativo, debido a que en base a parámetros de diseño y construcción se elaborará una ficha que nos ayudará a identificar errores en las conexiones analizadas y de igual manera, se elaborará un proceso constructivo de la conexión del caso de estudio, el mismo que será validado mediante una encuesta.

Modalidad

La modalidad básica de la investigación será de campo y documental bibliográfica.

Tipo de Investigación

Exploratoria, correlacional y causal.

Alcance

En el presente trabajo investigativo se analizará únicamente a la conexión con viga de sección reducida (RBS), además en vista de que el tema de la soldadura es muy amplio, solo se limitará a presentar de manera muy general lo que se necesita conocer para la conexión de análisis.

2.2 Proceso de la Metodología

2.2.1 Revisión Bibliográfica e Identificación de Parámetros

Para la presente investigación como primer punto se recopiló información relevante de tesis previas a esta investigación, de la normativa nacional NEC SE – AC y de códigos americanos tales como AISC 341, AISC 358, AISC 360, FEMA 350, FEMA 355, AWS D1.1/D1.1M y AWS D1.8/D1.8M para poder establecer parámetros que se requieren conocer al momento de diseñar y construir la conexión viga “I” de sección reducida y columna tipo cajón rellena de hormigón que generalmente es utilizada en Ecuador.

2.2.2 Identificación de Errores

A través de visitas de campo realizadas a construcciones de nuestro medio en las cuales se utilizan la conexión viga “I” de sección reducida y columna tipo cajón rellena de hormigón, se analizó varias de las conexiones y se identificaron varios errores cometidos tanto en la etapa de diseño como en la construcción de la conexión, para lo cual se empleó ficha de inspección de la Tabla 4. Además de identificar el error cometido se analizó la consecuencia, lo que se debía realizar (lo correcto), acompañado de un gráfico con la evidencia del error identificado. A continuación, se presenta el formato que se consideró apropiado para analizar cada uno de los errores detectados.

Figura 11

Formato Empleado Para Analizar el Error

| Error | Consecuencia | Lo correcto | Gráfico del error |
|---|--|--|---|
| Error detectado con la ficha elaborada. | Posible efecto que tendrá el error cometido. | Lo que se debía realizar inicialmente en lugar del error, sustentado con bibliografía. | Imagen fotográfica tomada en obra mediante las visitas de campo realizadas. |

Fuente: Elaboración Propia

Ficha Para Identificar Errores en la Conexión

Con la finalidad de identificar errores en la construcción de la conexión del caso de estudio, se realizó una ficha a manera de “check list” que se muestra en la Tabla 4, en la cual se detallan consideraciones importantes que se deben tener en cuenta en base a la información recopilada antes mencionada, cabe recalcar que en esta ficha se obviará la revisión de la soldadura ya que eso debe realizar un profesional que deberá cumplir con los requerimientos del capítulo 11 de la NEC - DS - AC (2015), en el apartado de “Personal Involucrado”.

Tabla 4

Ficha Para Identificar Errores en la Conexión

| FICHA PARA IDENTIFICAR ERRORES EN LA CONEXIÓN VIGA SECCIÓN REDUCIDA - COLUMNA CAJÓN RELLENA | | |
|---|--|--|
| Estructura: | | |
| Piso: | | |
| Conexión (Perimetral, interna, volado): | | |
| # Vigas por nudo | | |
| Etapa: | | |

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | CUMPLE |
|--|--|--------|
| VIGAS | | |
| 1 | Posición y ubicación | |
| | a Nivelada horizontalmente | |
| | b Ubicación en el centro de la columna (salvo excepciones) | |
| | Sección reducida (RBS) | |
| | a En caso de ser una viga en volado no debe presentar sección reducida | |
| | b Curva suave en dirección longitudinal de la viga | |
| | c Sin imperfecciones, muescas, ni bordes afilados | |
| | d Tolerancia del corte térmico menor a 6 mm, con referencia a lo diseñado | |
| | e Sección reducida menor al 50% de la sección | |
| | Zona protegida libre de: | |
| | a Sujetadores para instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, conectores a corte, otras | |
| | b Puntos de soldadura sin reparar | |
| | c Arriostramiento lateral | |
| Orificios de acceso a la soldadura | | |
| a Alma de la viga presenta orificios de acceso | | |
| COLUMNA | | |
| 2 | a Plomada | |
| | b Empalme en el tercio central, a 1,2 metros de la conexión o si el empalme fue hecho con SRPC mínimo deberá situarse a una distancia igual a la altura de la columna. | |
| CONEXIÓN | | |
| 3 | Reforzamiento zona del panel (opcional) | |
| | a Placa nodal de refuerzo | |
| | b Otros | |
| | Placa de corte | |
| | a Forma rectangular o trapezoidal | |
| | b Tamaño adecuado (distancia entre orificios de acceso + 6,35 mm) | |
| | c Espesor de la placa mayor a 9,5 mm | |
| | Placas de continuidad | |
| | a Ubicación correcta: A la altura de los patines de la viga | |
| | b Ancho de la placa mayor que el ancho del ala de la viga | |
| | Placa de respaldo | |
| | a No deberá existir soldadura entre el respaldo y el patín de la viga | |
| | b La longitud del respaldo tiene como mínimo $bf \cdot 0,5$ cm por lado | |
| | c Respaldo bajo el patín superior | |
| | c.1 Filete de refuerzo de 8 mm en el borde del respaldo bajo la SRPC | |
| | d Respaldo bajo el patín inferior | |
| | d.1 Respaldo retirado | |
| d.2 Limpio, esmerilado y soldado con un filete de refuerzo de 8 mm | | |
| SOLDADURA | | |
| 4 | Soldadura de filete en: | |
| | a Placa de corte - alma de la viga (mínimo 4,8 mm) | |
| | b Placa de corte - cara de la columna (8 mm) | |
| | c Parte baja del patín inferior de la viga - cara de la columna (esquinas redondeadas) (8 mm) | |
| | Soldadura de ranura de penetración completa en: | |
| | a Alma de la viga - columna | |
| | b Parte de arriba del patín superior de la viga - columna | |
| | c Parte de arriba del patín inferior de la viga - columna | |
| | Tipo de Sueda | |
| a SMAW, FCAW, SAW, GMAW | | |
| a.1 Metal de aporte para pre armado (60 ksi o 70 ksi) | | |
| a.2 Metal de aporte soldadura final (70 ksi) | | |

Fuente: Elaboración Propia

2.2.3 Elaboración de un Proceso Constructivo Para la Conexión Analizada

Asimismo, en las visitas de campo se visualizó el proceso de construcción de la conexión viga “I” de sección reducida y columna tipo cajón rellena, empezando por el corte térmico de la sección reducida en la viga, el armado de la conexión viga – columna y su soldadura final. conocida también como “remate”, esto con el propósito de establecer un proceso de construcción considerando varios requerimientos de la normativa y en base a lo observado, un proceso constructivo adecuado y detallado, capaz de ser interpretada y captado por el personal involucrado en la construcción.

2.2.4 Elaboración y Aplicación de Encuesta

Objeto de Investigación

El propósito de esta encuesta es que funcione como una herramienta para validar la información y la aplicabilidad del procedimiento constructivo propuesto.

Tipo de Muestreo

Muestreo intencional no probabilístico.

Muestra

Profesionales dedicados a la construcción en acero, en particular a diseñadores y constructores conocedores de la conexión analizada.

Recolección de Datos

La recolección de los datos será por medio de la herramienta de Microsoft Forms y será enviado al correo de los profesionales a encuestar con un documento adjunto que es el proceso constructivo.

Análisis y Validación de Datos

Para el análisis de datos se utilizará Microsoft Excel ya que cuenta con suficientes herramientas para obtener la frecuencia simple y porcentual de los datos analizados, además de graficar los resultados obtenidos. La validación de datos se realizará con ayuda del software SPSS, con el cual, se encontrará el valor del coeficiente Alpha de Cronbach (ver Anexo L).

Estructura de la Encuesta

A continuación, se exhibe la encuesta que consta de 5 preguntas de carácter obligatorio

Figura 12

Encuesta Para Validación de Proceso Constructivo de la Conexión



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



ENCUESTA

El objetivo de la presente encuesta es validar el procedimiento constructivo propuesto para la conexión viga de sección reducida - columna cajón relleno, para edificaciones sismorresistentes en acero estructural.

La información obtenida será tratada con profesionalismo, discreción y responsabilidad; misma información que será utilizada con fines netamente académicos. En virtud de lo antes mencionado, se le agradece antemano su colaboración para responder las preguntas que encuentran a continuación.

INSTRUCCIÓN. - Leer el archivo adjunto y seleccionar una de las opciones planteadas según la percepción que usted considere la más apropiada.

| | |
|---|---|
| 1 | ¿Actualmente en sus proyectos, utiliza un procedimiento específico o una metodología para la construcción de las conexiones? |
| | Si |
| | No |
| 2 | ¿La implementación de un proceso constructivo para la conexión viga de sección reducida - columna cajón relleno ayudaría a mejorar el rendimiento y la calidad de la construcción? |
| | Totalmente de acuerdo |
| | De acuerdo |
| | Indiferente |
| | En desacuerdo |
| | Totalmente en desacuerdo |
| 3 | ¿Considera que el procedimiento constructivo planteado en el archivo adjunto es el adecuado para este tipo de conexiones? |
| | Totalmente de acuerdo |
| | De acuerdo |
| | Indiferente |
| | En desacuerdo |
| | Totalmente en desacuerdo |
| 4 | ¿Considera que el procedimiento constructivo anexo es lo suficientemente claro y conciso? |
| | Totalmente de acuerdo |
| | De acuerdo |
| | Indiferente |
| | En desacuerdo |
| | Totalmente en desacuerdo |
| 5 | ¿Considera que el procedimiento constructivo propuesto puede ser implementado en obra? |
| | Si |
| | No |



Fuente: Elaboración Propia



CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y RESULTADOS

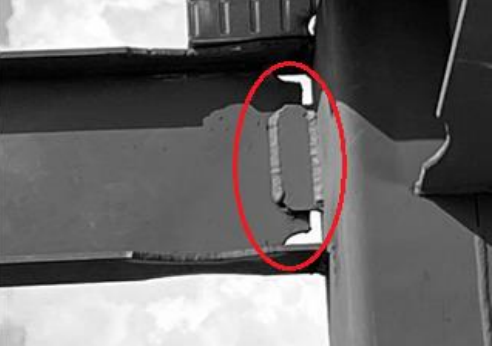

3.1 Identificación de Errores



Tabla 5



Errores en la Construcción de la Conexión



| Error | Consecuencia | Lo correcto | Gráfico del error |
|--|--|--|---|
| Vigas en voladizo con sección reducida. | Error grave ya que se estaría esperando que se forme una rótula plástica en el volado y al no haber un apoyo, ni formar un pórtico, ocasionaría una falla prematura en la viga. | Realizar la conexión en el volado sin reducir la sección de la viga, utilizando de igual manera la placa de corte. |  |
| No remover la placa de respaldo utilizada durante el montaje de la viga cuando esta placa se coloca bajo el patín inferior de la viga. | Según Emen (2009), este inconveniente permitiría que exista un espacio mínimo entre la placa y la viga, pudiendo funcionar como un mecanismo iniciador de fractura al estar sometido a cargas sísmicas, incluso, para Roldós (2012), no remover este respaldo dificulta la inspección de la soldadura. | El AISC 358 (2016) recomienda retirar la placa de respaldo y pulirse la soldadura de raíz hasta encontrar el metal sano y volver a soldar con un filete de refuerzo de 8mm como mínimo (ver Tabla 14). |  |



| | | | |
|---|--|--|--|
| <p>La sección reducida de la viga tiene un corte térmico defectuoso e incluso la porción de patín recortado supera el 50% de la sección de la viga.</p> | <p>De acuerdo American Institute of Steel Construction (2016a), ocasionaría una pérdida excesiva de resistencia o incluso una fractura temprana en la sección reducida.</p> | <p>Es necesario diseñar adecuadamente la sección reducida y realizar el corte térmico respetando el diseño.</p> |  |
| <p>Utilización de conectores a corte para unir el Deck con la viga dentro de la zona protegida.</p> | <p>Según Crisafulli (2018), esta zona es muy sensible ya que se desarrollan grandes deformaciones inelásticas ante la presencia de discontinuidades como soldadura, perforaciones o cambios bruscos de sección, teniendo como consecuencia la fractura del material y degradación de resistencia afectando a la respuesta estructural del sistema.</p> | <p>No utilizar en la zona protegida conectores de corte, puntos de soldadura, sujetadores, instalaciones, entre otras, como menciona el AISC 341 (2016).</p> |  |

| | | | |
|--|---|---|--|
| <p>Alma de la viga unida simplemente a la columna por la placa de corte.</p> | <p>Error que pudo haberse suscitado por un montaje inadecuado, ya que entre el alma de la viga y la cara de la columna existe un gran espacio, por lo que no puede ser rellenado con soldadura. Este inconveniente podría provocar que la conexión falle en la soldadura y no en la rótula plástica como sería lo adecuado.</p> | <p>Lo correcto sería que el alma de la viga quede a una distancia menor a 6 mm de la columna para realizar una soldadura de ranura de penetración completa que se extienda entre los orificios de acceso como dice en el AISC 358 (2016).</p> |  |
| <p>No colocar placas de continuidad</p> | <p>Según Emen (2009), no colocar estas placas genera concentraciones de esfuerzos en la zona comprendida entre el ala de la viga y la cara de la columna, inclusive en los orificios de acceso de la soldadura.</p> | <p>Lo ideal es diseñar estas placas conforme a la Tabla 13.</p> |  |

| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>Colocar viga principal en el borde de la columna.</p> | <p>Podría provocar excentricidad.</p> | <p>Lo recomendable es colocar la viga en el centro de la columna, salvo excepciones.</p> |  |
| <p>Diseño de placa de corte con dimensiones insuficientes.</p> | <p>Transferencia de cargas inadecuado, podría provocar la fatiga en los elementos estructurales.</p> | <p>El AISC recomienda utilizar placas de corte con una dimensión igual a la distancia entre los orificios de acceso de soldadura más 6,35 mm como se muestra en la Tabla 12.</p> |  |

| | | | |
|---|---|---|--|
| <p>Empalmar la columna a la altura de la conexión viga – columna.</p> | <p>Según Crisafulli (2018), la columna en zonas cercanas a la conexión posee alta demanda sísmica, lo cual puede ocasionar un fallo en el empalme de la columna y no en la rótula plástica de la viga.</p> | <p>El empalme se situará en el tercio central de la columna, zona en que las solicitaciones de flexión son reducidas como recomienda el AISC 341 (2016). Si el empalme se lo realiza con SRPC, mínimo deberá situarse a una distancia igual al peralte de la columna.</p> |  |
| <p>Unión del alma y los patines de la viga con la columna mediante soldadura de filete en la conexión viga – columna.</p> | <p>No es recomendable el uso de soldadura de filete para unir los patines y el alma de la viga a la columna, para la FEMA (2000), este tipo de soldadura en presencia de sismo no se comporta adecuadamente</p> | <p>El AISC 358 (2016), dice en este caso utilizar soldadura de ranura de penetración completa (SRPC).</p> |  |

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>Soldadura de punto o filete entre la placa de respaldo y la parte baja del patín superior de la viga.</p> | <p>Para el AISC 358 (2016), podría actuar como un concentrador de esfuerzos y un sitio potencial de inicio de fractura.</p> | <p>De acuerdo con el AISC 358 (2016), se debe conectar el respaldo a la columna con una soldadura de filete continua de 8 mm en su borde ubicado bajo la SRPC (ver Tabla 14).</p> |  |
| <p>Colocar arriostramiento lateral en las vigas en la denominada “zona protegida”.</p> | <p>Impedirá que se forme la rótula plástica en la sección reducida de la viga y fallará posiblemente en la soldadura de la conexión.</p> | <p>Lo ideal de acuerdo al AISC 358 (2016), es colocar el arriostramiento lateral a la viga a una distancia no mayor que $d/2$ a partir de donde finaliza la zona protegida, donde “d” es el peralte de la viga</p> |  |

| | | | |
|--|---|---|--|
| <p>Uso de electrodo E6011 para soldadura final o remate en la conexión viga – columna.</p> | <p>El AWS D1.1 – 15 no permite el uso de electrodo E60XX, ya que la utilización de un electrodo con menor resistencia a tracción que la requerida provocaría discontinuidades en la soldadura, pudiendo fallar en la conexión y no en la rótula plástica.</p> | <p>Lo recomendado es utilizar el electrodo E7018, el mismo que tiene 70 ksi de resistencia a tracción y cumple con los requerimientos de soldadura de demanda crítica necesarios para unir la viga con la columna. Además, se recomienda contar con un horno de electrodos para que no estén húmedos.</p> |  |
| <p>Alma de la viga sin orificios de acceso de soldadura.</p> | <p>Dificulta la soldadura del ala inferior de la viga con la cara de la columna e incluso podría ocasionar una soldadura defectuosa difícil de detectar incluso con el ensayo de ultrasonido.</p> | <p>El American Welding Society (2015) exige que se diseñen estos orificios como se muestra en la Figura 27 y cumplirá con los requerimientos de la Tabla 11.</p> |  |

3.2 Procedimiento de Diseño y Construcción de la Conexión Viga “I” de Sección Reducida

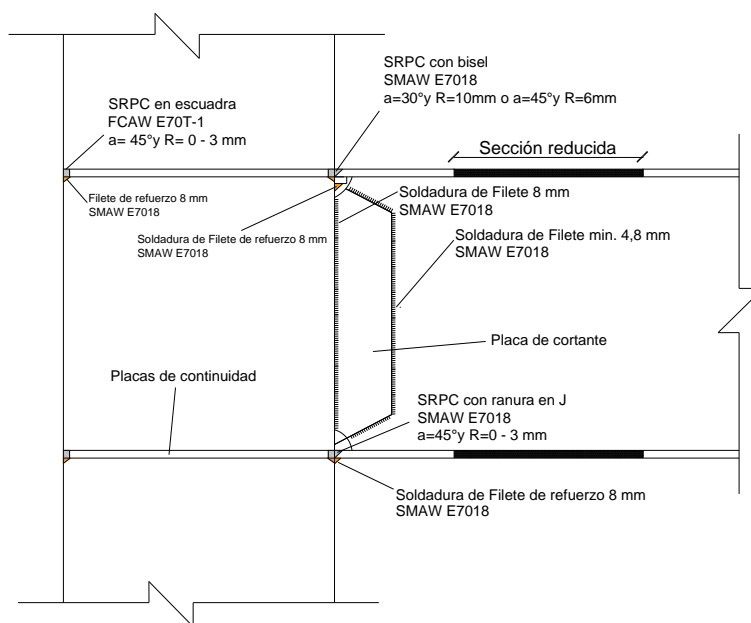
Columna Cajón Rellena de Hormigón

Antecedentes

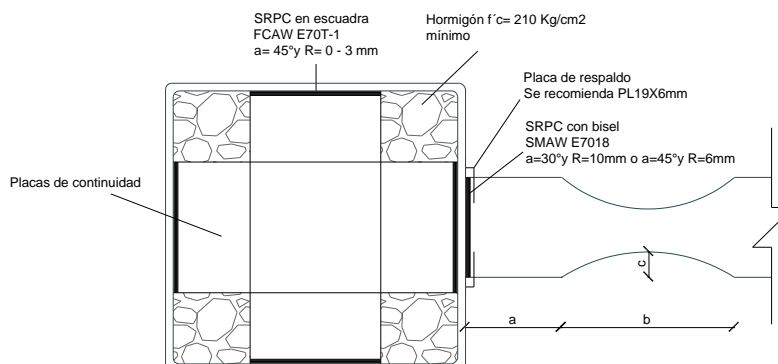
Pillajo (2017), recomienda usar esta conexión para pórticos resistentes de alta e intermedia ductilidad siempre y cuando, se utilicen algunos requerimientos de diseño y construcción de códigos americanos y es por esa razón que se desarrolló un procedimiento constructivo de la conexión del caso de estudio, en base a visitas de campo y tomando consideraciones de los códigos antes mencionados. La conexión analizada vista lateralmente y en planta se muestran a continuación.

Figura 13

Conexión Viga con Sección Reducida – Columna Cajón Rellena de Hormigón Vista Lateral

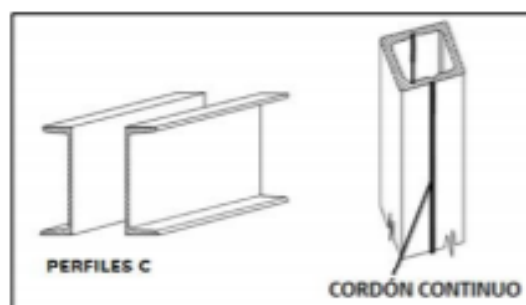


Fuente: Elaboración Propia

Figura 14**Conexión Viga con Sección Reducida – Columna Cajón Rellena de Hormigón Vista en Planta**

Fuente: Elaboración Propia

Las vigas empleadas de sección “I” pueden ser laminadas o armadas y tienen que cumplir con los requerimientos de la Tabla 6. Las columnas cajón utilizadas están formadas por 2 perfiles tipo U (sección canal) que al unirse forman una sección rectangular o cuadrada, son armadas con soldadura continua a lo largo de la unión como se observa en la Figura 15. Las columnas deberán cumplir con los requerimientos de la Tabla 7. Una vez realizada la conexión viga – columna e inspeccionada la soldadura a la columna cajón se procede a rellenarla con hormigón de como mínimo 210 Kg/cm^2 .

Figura 15**Columna Cajón Armada**

Fuente: Ramón Pineda (2015)

3.2.1 Procedimiento de Diseño

El procedimiento de diseño de la conexión se encuentra en el Anexo J.

3.2.2 Procedimiento Constructivo

Corte térmico

1. Antes de proceder con el corte, las vigas deberán ser armadas en taller y una vez en obra, con los datos obtenidos del diseño de la viga de sección reducida como se muestra en la Figura 14, se recomienda realizar una plantilla en platina o madera con las dimensiones de la sección reducida, esto con la finalidad de facilitar el recorte de la sección (ver Figura 16).

Figura 16

Plantilla RBS



Fuente: Elaboración Propia

2. Previo al recorte de la sección, verificar que la superficie donde se va a efectuar el corte únicamente contenga pintura anticorrosiva, además que se encuentre libre de suciedad, óxido, escoria u otro tipo de pintura adicional a la antes mencionada.
3. Colocar la plantilla sobre el patín superior de la viga y con la ayuda del oxicorte o plasma recortar muy cuidadosamente los sobrantes de la sección (ver Figura 17). Se debe procurar un corte limpio y sin rugosidades, ni imperfecciones.

Figura 17

Recorte del Patín de la Viga



Fuente: Elaboración Propia

4. Comprobar que las dimensiones de la sección reducida estén acordes al diseñado previamente realizado y que la tolerancia entre la sección reducida diseñada y la recortada sea de máximo 6 mm, caso contrario, se deberá corregir conforme a la Tabla 10.
5. Para tener una superficie lisa pulimos las aristas de los bordes de la sección reducida con ayuda del esmeril angular (amoladora), tratando de obtener una curva suave y sin transiciones bruscas como la que se muestra en la Figura 18. El proceso de pulido se lo debe realizar con disco desbaste y sin incrementar la profundidad de la sección reducida.

Figura 18

Viga con Sección Reducida



Fuente: Elaboración Propia

6. Chequear que no exista socavación o agujeros en la superficie de la sección, en caso de existir se puede reparar puliéndola o mediante soldadura (ver Tabla 10).
7. Repetir el procedimiento en el patín inferior, al otro extremo de la viga y con el resto de las vigas conforme al diseño; a excepción de las vigas en voladizo porque estas vigas no deben contener mecanismo de fallo (sección reducida).
8. Posteriormente se realizará los agujeros para acceso de la soldadura de acuerdo a la Tabla 11. Estos orificios se realizarán con oxicorte o con plasma y las esquinas afiladas serán pulidas con la ayuda del esmeril angular (ver Figura 19). Además, se deberá realizar el respectivo biselado al patín superior e inferior de la viga para poder ejecutar la soldadura de ranura de penetración completa (SRPC) como se especifica en los WPSs del Anexo I.

Figura 19

Pulido de Aristas en los Orificios de Acceso de Soldadura



Fuente: Elaboración Propia

Armado de la Conexión

1. Una vez que las columnas se encuentran levantadas, con ayuda de la estación total o nivel láser realizar el timbrado o nivelado de las columnas con respecto al nivel de acabado del piso, con la finalidad de obtener la cota a la que debe colocarse la viga.
2. Señalar el lugar en donde se desea colocar la viga y verificar que la señal se encuentre en la posición correcta con el uso del nivel de mano (ver Figura 20). Las vigas se deberán ser colocadas en el centro de la cara de la columna para no provocar excentricidad, salvo excepciones.

Figura 20

Señalar y Nivelar el Sitio en que irá la Placa de Respaldo



Fuente: Elaboración Propia

3. Utilizando soldadora SMAW con electrodo 7018, realizar puntos de suelda para colocar la placa de respaldo en la cara de la columna, esta placa deberá ir a la altura de la parte de

abajo del patín superior de la viga, la soldadura de puntos solo se la realizará en la parte inferior de dicha placa (ver Figura 21). Verificar que la placa se encuentre completamente horizontal.

Figura 21

Colocación de Placa de Respaldo



Fuente: Elaboración Propia

4. Con ayuda de la grúa y con mucha precaución para que no existan golpes entre los miembros estructurales (el viento excesivo podría complicar el uso de la grúa), subir la viga hasta el sitio requerido y asentar el patín superior de la viga sobre el respaldo, de tal manera que el orificio de acceso a la soldadura ingrese en las placas de respaldo en ambos extremos de la viga (ver Figura 22).

Figura 22

Encaje de Viga (Orificios de Acceso Superior en la Placa de Respaldo)



Fuente: Elaboración Propia

5. Una vez que la viga ha ingresado, nivelarla y en caso de que no se encuentre en la posición correcta, maniobrar hasta situarla en la posición correcta. Se debe tener en cuenta que la

superficie inferior del patín superior de la viga no debe de ninguna manera estar soldado al acero de respaldo.

6. A continuación, usar soldadura de puntos (SMAW electrodo 6011) entre la parte de arriba del patín superior de la viga y la cara de la columna, de igual manera entre la parte de arriba del patín inferior de la viga con la cara columna (Figura 23). Cabe mencionar que el mismo procedimiento se deberá realizar en ambos extremos de la viga. Posteriormente retirar el apoyo de la grúa.

Figura 23

Soldadura de Pre Armado en Patín Superior (a) y Patín Inferior de la Viga (b)



Fuente: Elaboración Propia

7. Una vez realizado este proceso en cada una de las conexiones, se realizará la soldadura final o “remate”.

Nota: Las placas de continuidad y las placas nodales (en caso de que se requiera), deberán ser colocadas en las columnas en taller, previo a ser transportado a obra. Además, las placas de continuidad deberán cumplir con los requerimientos de la Tabla 13 y las placas nodales tendrán un espesor mínimo de 6 mm y estarán conectadas a la columna mediante soldadura de ranura de penetración parcial (SRPP) o de filete.

Procedimiento de Soldadura final

1. Utilizando soldadora SMAW con electrodo 7018 previamente calentado, realizar puntos de suelda para unir la placa de corte al alma de la viga. Luego, con soldadura de filete de mínimo 4.8 mm, soldar la placa de corte al alma de la viga de tal forma que los puntos de suelda realizados antes, se puedan incorporar a la soldadura de filete y con filete de 8 mm soldar el otro extremo de la placa a la cara de la columna (ver Figura 24).

Figura 24

Unión de la Placa de Respaldo Mediante Soldadura



Fuente: Elaboración Propia

2. Conectar por la otra cara del alma de la viga a la cara de la columna con soldadura de ranura de penetración completa de manera ascendente, la misma que se extenderá entre los agujeros de acceso de la soldadura.
3. Reforzar la placa de respaldo a la columna con soldadura de filete continuo de 8 mm.
4. Pulir y limpiar la soldadura de puntos de la parte de arriba del patín superior y conectar este patín a la columna mediante soldadura de ranura de penetración completa únicamente la parte de arriba del patín superior, ya que en la parte inferior de este patín se encuentra la placa de respaldo que de ninguna manera va conectada a la viga.

- De igual manera para el patín inferior, primero se deberá esmerilar y retirar la soldadura de puntos, pero en este caso se deberá soldar con ranura de penetración completa por encima del patín inferior con el WPS y luego de haber pulido la raíz, soldar un filete de 8 mm por debajo del patín inferior (soldadura sobre cabeza) y en las esquinas terminar el filete redondeado como se muestra en la Figura 25.

Figura 25

Soldadura de Filete por Debajo del Patín Inferior de la Viga



Fuente: Elaboración Propia

- Limpiar los cordones de soldadura.

Nota: Se recomienda utilizar WPSs precalificados que se los encuentra en el Anexo I. Además, los electrodos con numeración E70XX deben ser calentados previamente en un horno para electrodos.

Inspección Soldadura

De acuerdo al código American Welding Society (2015), para la inspección de la soldadura final, el profesional calificado deberá realizar una inspección visual del 100 % de las soldaduras realizadas para descartar principalmente mordeduras, fisuras, inclusión de escoria, porosidad, laminación, entre otras discontinuidades. Dichas soldaduras serán aceptadas si cumplen con los criterios de la Anexo K. Los ensayos no destructivos (END) son utilizados para verificar la veracidad de soldaduras sometidas a tracción en conexiones resistentes a cargas sísmicas o en

elementos críticos que por discontinuidades en la soldadura puedan provocar fallas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, p. 94).

La NEC - DS - AC (2015), recomienda realizar al 100 % de soldaduras de ranura de penetración completa en materiales con espesores mayores a 8 mm, y al 25 % de las mismas, ensayo de partículas magnéticas. El porcentaje de ensayos de ultrasonido se reducirá siempre y cuando apruebe el fiscalizador; en materiales con espesores menores a 8 mm no necesitan ser ensayados. Para empalmes, superficies recortadas térmicamente en extremos de vigas y orificios de acceso de soldadura se deberá ensayar con partículas magnéticas o tintas penetrantes.

Para la aplicación de dichos ensayos, se recomienda regirse a la normativa NEC - DS - AC (2015), capítulo 10 en la cual se habla más detalladamente como proseguir en lo que se refiere a control de la calidad de la soldadura.

Cabe recalcar que según el Ing. Robert T. gerente de la empresa especializada en control de calidad e inspección de soldadura SINDEM ECUADOR, explica que en la mayoría de los casos la inspección de la soldadura no se cumple con lo que señala la normativa, por razones económicas. Adicionalmente, el Ingeniero Robert T. recomienda basándose en su experiencia aplicar tintas penetrantes como ayuda al ensayo de inspección visual en al menos el 20 % de las soldaduras de filete (ver Figura 26), lo cual no se especifica en la NEC.

Figura 26

Aplicación de Tintas Penetrantes en Soldadura Filete



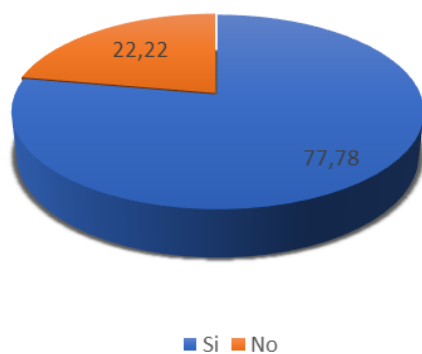
Fuente: Elaboración Propia

3.3 Análisis de Datos de la Encuesta

Pregunta 1

¿Actualmente en sus proyectos, utiliza un procedimiento específico o una metodología para la construcción de las conexiones?

| Datos | Frecuencia Simple | Frecuencia Porcentual |
|--------------|-------------------|-----------------------|
| Si | 7 | 77,78 |
| No | 2 | 22,22 |
| TOTAL | 9 | 100 |

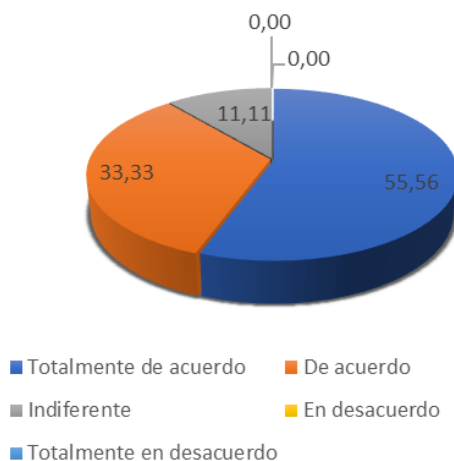


Análisis: De los profesionales encuestados el 77,78 % aplican un procedimiento constructivo para realizar la conexión viga – columna, estos resultados implican que se deberían estar realizando estas conexiones en acero de manera correcta ya que la mayoría de conocedores del tema consideran mediante la pregunta 2, que un proceso constructivo permite mejorar el rendimiento y la calidad de las conexiones. Por otra parte, solo el 22,22 % restante no utiliza un proceso o una metodología para construir la conexión viga – columna.

Pregunta 2

¿La implementación de un proceso constructivo para la conexión viga de sección reducida - columna cajón rellena ayudaría a mejorar el rendimiento y la calidad de la construcción?

| Datos | Frecuencia Simple | Frecuencia Porcentual |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|
| Totalmente de acuerdo | 5 | 55,56 |
| De acuerdo | 3 | 33,33 |
| Indiferente | 1 | 11,11 |
| En desacuerdo | 0 | 0,00 |
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0,00 |
| TOTAL | 9 | 100 |

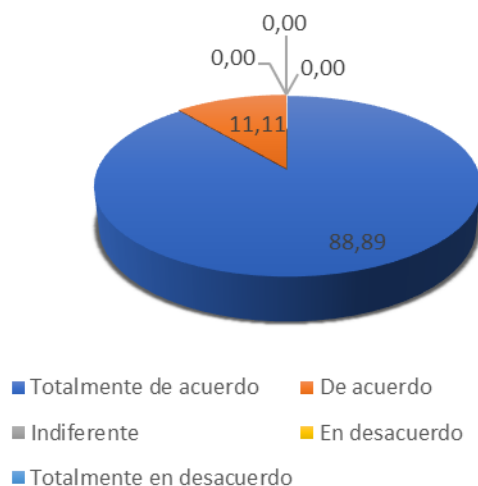


Análisis: De los expertos en el tema encuestados, más del 89 % están de acuerdo y totalmente de acuerdo en que el rendimiento y la calidad de las conexiones mejorarían al implementar un procedimiento constructivo adecuado, solamente un 11,11 % optó por la opción de la indiferencia, lo que da paso a creer que esta pequeña porción de los encuestados considera que el rendimiento y la calidad de las conexiones depende de otros factores y no de la implementación de un procedimiento constructivo.

Pregunta 3

¿Considera que el procedimiento constructivo planteado en el archivo anexo es el adecuado para este tipo de conexiones?

| Datos | Frecuencia Simple | Frecuencia Porcentual |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|
| Totalmente de acuerdo | 8 | 88,89 |
| De acuerdo | 1 | 11,11 |
| Indiferente | 0 | 0,00 |
| En desacuerdo | 0 | 0,00 |
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0,00 |
| TOTAL | 9 | 100 |

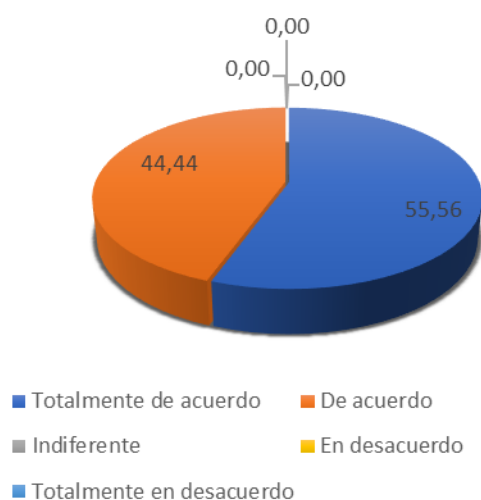


Análisis: Aproximadamente 89 % de los profesionales considerados para realizar la encuesta, se inclinaron por la opción de totalmente de acuerdo para responder esta pregunta, por lo que se puede decir que el procedimiento constructivo planteado se encuentra elaborado correctamente. El 11 % restante optó por la opción de “de acuerdo” al responder la presente pregunta, de igual forma ratificando que el proceso constructivo desarrollado es el adecuado para construir la conexión viga de sección reducida - columna cajón rellena de hormigón.

Pregunta 4

¿Considera que el procedimiento constructivo anexo es lo suficientemente claro y conciso?

| Datos | Frecuencia Simple | Frecuencia Porcentual |
|--------------------------|-------------------|-----------------------|
| Totalmente de acuerdo | 5 | 55,56 |
| De acuerdo | 4 | 44,44 |
| Indiferente | 0 | 0,00 |
| En desacuerdo | 0 | 0,00 |
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0,00 |
| TOTAL | 9 | 100 |

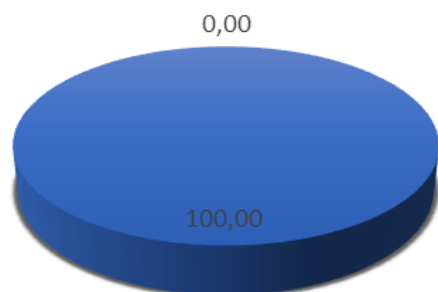


Análisis: Los resultados obtenidos confirman que el proceso de construcción es claro y conciso, debido a que el 100 % de encuestados seleccionó la opción de totalmente de acuerdo y de acuerdo. Pese a ser la presente una pregunta sujeta a la percepción de los encuestados, es evidente que no existió discrepancia en los resultados, por lo cual asumimos que el proceso es entendible y de igual manera al relacionar con la anterior pregunta, garantizamos que el procedimiento propuesto está realizado correctamente.

Pregunta 5

¿Considera que el procedimiento constructivo propuesto puede ser implementado en obra?

| Datos | Frecuencia Simple | Frecuencia Porcentual |
|--------------|-------------------|-----------------------|
| Si | 9 | 100,00 |
| No | 0 | 0,00 |
| TOTAL | 9 | 100 |



■ Si ■ No

Análisis: Como consecuencia de los resultados obtenidos en la pregunta tres y cuatro, la totalidad de expertos encuestados consideran que el procedimiento de construcción de la conexión viga de sección reducida - columna cajón rellena de hormigón, puede ser implementado en obra, lo cual fue el objetivo del presente trabajo realizado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los parámetros de diseño y construcción que se recopiló de códigos americanos deben ser aplicados al pie de la letra para no correr riesgos al realizar este tipo de conexión y deberá ser tanto diseñada como construida bajo un riguroso control para que no exista incertidumbre en la utilización de esta conexión no precalificada y se desempeñe correctamente.
- La utilización de la ficha a manera de “check list” elaborada en esta investigación a partir de consideraciones presentes en códigos americanos, funcionó de la manera que se esperaba, ya que facilitó la identificación de errores en la conexión viga – columna tales como por ejemplo: colocar vigas RBS en voladizos, no remover la placa de respaldo bajo el patín inferior de la viga, mal diseño de la placa de corte, colocar arrostramiento lateral u otros elementos en la zona protegida de la viga, entre otros errores que fueron reconocidos mediante visitas de campo, estas equivocaciones no deberían cometerse dada la importancia de la conexión viga – columna porque pueden traer consecuencias devastadoras en condiciones sísmicas. Con esto, se demuestra el desconocimiento o la falta de apego a códigos americanos como AISC 341, AISC 358, AISC 360, FEMA 350, AWS D1.1/D1.1M y AWS D1.8/D1.8M; y el malo o nulo control de calidad en las conexiones, probablemente se está priorizando la parte económica, en lugar que la seguridad de las personas. Muchos de los errores visualizados, por lo general se reiteraron en la mayoría de las conexiones analizadas en una determinada edificación, con lo cual se asume que los errores principalmente se generaron desde la etapa de diseño.
- En la conexión analizada se deben obligatoriamente generar rótulas plásticas a una distancia Sh de la cara de la columna, como un mecanismo para que la sección reducida de la viga llegue a su plastificación y falle en esta zona; pero cualquier equivocación que se cometa en el diseño

o la construcción de la conexión como las expuestas en esta investigación, puede ocasionar que la falla se produzca en la soldadura o en otro elemento de la conexión; asimismo la generación de estas rótulas permite cumplir con uno de los requisitos de la filosofía de diseño sismorresistente que es el de columna fuerte y viga débil.

- Construir adecuadamente las conexiones permitirá que la estructura se comporte de la misma manera en que se comportó al modelar a través de softwares, es por eso que, los errores constatados en obra ocasionarían que la estructura no se desempeñe correctamente.
- De acuerdo con la encuesta aplicada el proceso constructivo elaborado, resulta ser el adecuado para la construcción de la conexión de análisis, es claro y conciso para que las personas involucradas en la construcción puedan captar y entender con facilidad la información del documento e incluso el total de los encuestados coinciden en que el procedimiento puede ser utilizado en obra, lo cual demuestra su aplicabilidad, por tanto, se puede decir que se cumplió con el propósito por el que fue desarrollado el procedimiento constructivo.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el procedimiento constructivo propuesto porque lo validamos a través de una encuesta, resultando ser adecuado y entendible, de igual forma se sugiere utilizar la ficha de check list, pero en lugar que sirva para detectar errores, más bien nos ayude a prevenirlos.
- No por el hecho de que una conexión no sea precalificada como la analizada en esta investigación, no quiere decir que no se la pueda utilizar, más bien, se recomienda continuar investigando a la conexión viga de sección reducida – columna cajón rellena de hormigón, con la finalidad de que, en un futuro próximo, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda pueda calificar e implementar esta conexión en nuestra normativa nacional, contemplando las limitaciones que posee nuestro país como por ejemplo en el caso de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

- American Institute of Steel Construction. (2016a). *AISC 358-16*.
<https://es.scribd.com/document/455024043/NORMA-AISC-358-16-pdf>
- American Institute of Steel Construction. (2016b). *AISC 360-16*.
https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion_para_construcciones_de_acero_-_aisc_360-16_0.pdf
- American Institute of Steel Construction. (2016c). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings (AISC 341-16)*.
<https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/seismic-provisions-for-structural-steel-buildings-ansi-aisc-341-16.pdf>
- American Welding Society. (2009). *Structural Welding Code — Seismic Supplement (AWS D1.8/D1.8M)* (2nd ed.).
https://www.academia.edu/36580339/Structural_Welding_Code_Seismic_Supplement
- American Welding Society. (2015). *Código de soldadura estructural- acero AWS D1.1/D1.1M:2015* (23rd ed.).
https://www.academia.edu/39202759/AWS_D1_1_2015_espanol
- Brito, B. (2018). *Diseño y construcción de una conexión a momento con rótula plástica de acero ASTM A36* [Universidad de las Fuerzas Armadas].
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/15041?show=full>
- Cáceres, Á., & Calderón, D. (2018). *Vulnerabilidad sísmica en edificios de la ciudad de Riobamba* [Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4496/1/UNACH-EC-ING-CIVIL-2018-0001.pdf>

- Carrasco, S., Herrera, R., Beltrán, F., & Massone, L. (2012). *Recomendaciones de Diseño de Columnas Mixtas* (Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero (ILAFA) (ed.)). Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero (ILAFA).
https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/recomendaciones_de_columnas_mixtas_carrasco_y_otros.pdf
- Crisafulli, F. J. (2018). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero* (5ta ed.). Asociación Latinoamericana del Acero. ALACERO.
https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/diseño_sismorresistente_de_construcciones_de_acero-5ta_ed.pdf
- Delgado, C. (2017). *Propuesta metodológica para el diseño de conexiones metálicas precalificadas en Colombia* [Universidad Industrial de Santander].
http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/anexo_luis_garza_conexiones_precalificadas_en_colombia_1.pdf
- Emen, A. (2009). *Análisis, Diseño y Evaluación Sísmica de Pórticos de Acero Resistentes a Momento (PARM) a base de Planchas Soldadas* [ESPOL].
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/6134>
- Espinoza, K., & Pazmiño, E. (2019). *Evaluación experimental de las propiedades mecánicas de los aceros estructurales, A-36, A-572 y A-588, para la obtención de los diagramas de esfuerzo-deformación* (Vol. 8, Issue 5) [Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17648/TESIS_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Federal Emergency Management Agency. (1997). NEHRP RECOMMENDED PROVISIONS FOR SEISMIC REGULATIONS FOR NEW BUILDINGS (FEMA 302a). In *Parte 1* (1997

- Edit, Issue Fema 302a). Building Seismic Safety Council.
<http://www.ce.memphis.edu/7137/PDFs/fema302a.pdf>
- Federal Emergency Management Agency. (2000a). *Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings*. 2000.
<https://pdfs.semanticscholar.org/f0d7/a10e55b9a08032dfdf9ce63b93def8b24967.pdf>
- Federal Emergency Management Agency. (2000b). State of the Art Report on Past Performance of Steel Moment-Frame Buildings in Earthquakes. In *Fema 355E*. 2000.
<https://www.nehrp.gov/pdf/fema355e.pdf>
- Gallegos, C. (2017). *Estudio de las conexiones soldadas de columnas compuestas RCFT con vigas metálicas tipo I comúnmente usadas en ecuador* [Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19030>
- Gallegos, M. (2017). *Desempeño sísmico de nudos en pórticos de acero a momento con columnas tubulares considerando efectos bidireccionales* (Vol. 4) [Universidad de Chile].
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/147494>
- Kurobane, Y., Packer, J., Wardenier, J., & Yeomans, N. (2005). *Guía de diseño para uniones a columnas de perfiles tubulares estructurales* (Comité Internacional pour le Développement et l'Étude de la Construction Tubulaire (ed.)). TUV-Verlag.
<https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/seismic-provisions-for-structural-steel-buildings-ansi-aisc-341-16.pdf>
- Machado, L., & Quishpe, E. (2014). *Diseño de Conexiones precalificadas bajo AISC para Pórticos Resistentes a momentos* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3531/1/15T00574.pdf>
- McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero* (S. A. de C. V

- Alfaomega Grupo Editor (ed.); 5ta ed.). Pearson Education, Inc. Upper Saddle River.
https://www.academia.edu/28111116/Diseño_de_Estructuras_De_Acero_McCormac_5ta_Edicion
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). NEC-SE-AC: Estructuras de Acero. In *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. 2015. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-HM.pdf>
- Perez, J. (2009). *Análisis y resultados del comportamiento de los esfuerzos residuales y las deformaciones en juntas soldadas a tope de acero A36, aplicando el método SMAW con electrodos E6011* [ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/301>
- Pillajo, H. (2017). *Evaluación de la conexión precalificada: viga de sección reducida - columna cajón relleno, para pórticos de momento a base de planchas de acero A36 SOLDADAS TESIS* [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17493>
- Ramón Pineda, M. (2015). *Inspección y control de calidad en conexiones soldadas de miembros estructurales de acero del edificio Torre Piamonte* [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4884>
- Roldós, P. (2012). *Implementación de conexiones calificadas viga-columna en porticos no arriostrados especiales de acero resistentes a momento en el Ecuador*. [Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2065>
- Sifuentes, J. (2017). *Evaluación de conexiones a momento comunes en la práctica local para su uso en marcos dúctiles de acero* [Universidad Autónoma Metropolitana]. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/6266>
- Urgiles, V. (2018). *Estudio de calidad de la soldadura en las edificaciones metálicas* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31588>

Vinnakota, S. (2006). *Estructuras de Acero: Comportamiento y LRFD* (R. del Bosque (ed.)).

McGraw

-

Hill.

https://www.academia.edu/18176589/Estructuras_de_Acero_Comportamiento_y_LRFD_Sr

iramulu_Vinnakota

ANEXOS

Anexo A

Propiedades Mecánicas de la Soldadura de Demanda Crítica

| Mechanical Properties for Demand Critical Welds | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Property | Classification | | |
| | 70 ksi (480 MPa) | 80 ksi (550 MPa) | 90 ksi (620 MPa) |
| Yield Strength, ksi (MPa) | 58 (400) min. | 68 (470) min. | 78 (540) min. |
| Tensile Strength, ksi (MPa) | 70 (480) min. | 80 (550) min. | 90 (620) min. |
| Elongation (%) | 22 min. | 19 min. | 17 min. |
| CVN Toughness, ft-lb (J) ^{b, c} | 40 (54) min. @ 70°F (20°C) | | 40 (54) min. @ 50°F (10°C) |

^b For LAST of +50°F (+10°C). For LAST less than +50°F (+10°C), see AWS D1.8/D1.8M clause 6.2.2.

^c Tests conducted in accordance with AWS D1.8/D1.8M Annex A meeting 40 ft-lb (54 J) min. at a temperature lower than +70°F (+20°C) also meet this requirement.

Fuente: American Institute of Steel Construction (2016c)

Anexo B

Propiedades a Tensión Especificadas por la Norma ASTM

| Especificación ASTM | Esfuerzo de Fluencia (F_y) (ksi) | Resistencia a la Tensión (F_u) (ksi) |
|--------------------------------|--|--|
| ASTM A36 | 36 | 58 - 80 |
| ASTM A572 Gr 50 | 50 | 65 |
| ASTM A588 Gr 50 | 50 | 70 |

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2015b)

Anexo C

Factores de Fluencia y Tensión Probables para las Planchas de Acero

| Especificación ASTM | Factor de Fluencia Probable (R_f) | Factor de Tensión Probable (R_t) |
|--------------------------------|---|--|
| ASTM A36 | 1.3 | 1.15 |
| ASTM A572 Gr. 50 | 1.1 | 1.25 |
| ASTM A588 Gr. 50 | 1.15 | 1.15 |

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2015b)

Anexo D*Requerimientos de la Zona Protegida*

| Ítem | Descripción |
|-------------|---|
| 1 | La zona protegida de la viga para la conexión analizada, se encuentra entre la cara de la columna y el extremo de la sección reducida más alejado de la cara de la columna. |
| 2 | Esta zona deberá estar libre de discontinuidades originadas por soldadura de puntos, en caso de existir deberán ser reparados. |
| 3 | Los conectores de corte que se usan para unir el ala de la viga con la losa, deberán estar ubicados fuera de la zona protegida. |
| 4 | En esta zona no se deberá existir pernos, ni sujetadores para instalaciones eléctricas, hidro sanitarias o de otro tipo. |
| 5 | En la zona protegida no se deberá colocar arriostramientos laterales, ya que en esta zona se esperan deformación inelástica. |
| 6 | En zonas protegidas, la soldadura de pre armado en las placas de respaldo deberá situarse donde puedan ser incorporadas a la soldadura final. |

Fuente: Elaboración propia con base de datos de American Institute of Steel Construction

(2016c); Crisafulli (2018)

Anexo E*Características y Limitaciones para Miembros Estructurales***Tabla 6***Características y Limitaciones en vigas "I"*

| Ítem | Descripción |
|-------------|---|
| 1 | Las vigas de sección "I" podrán ser laminadas o armadas. |
| 2 | En el caso de perfiles armados, el alma y las alas de las vigas deben ser conectados continuamente con soldadura de ranura de penetración completa y reforzarse con soldadura de filete con un espesor de mínimo 8 mm o el espesor del alma de la viga (se escoge el mayor), esto se realizará en la zona comprendida desde el extremo de la viga hasta una distancia mayor a la ubicación de la rótula plástica (S_h), esta zona no deberá ser menor que el peralte de la viga (American Institute of Steel Construction, 2016a, p. 23). |
| 3 | El peralte de la viga no debe sobrepasar al del perfil W36 para perfiles laminados, y para perfiles armados no debe exceder el peralte permitido para perfiles laminados de ala ancha |
| 4 | El peso máximo de la viga será de 447 kg/m |
| 5 | El espesor del ala no debe sobrepasar de 44 mm o 1¾ de pulgada |
| 6 | La relación luz libre – peralte no debe ser menor a 7 para pórticos resistentes a momento SMF |
| 7 | La relación ancho – espesor de las alas y el alma de la viga deben satisfacer los requisitos de las Provisiones Sísmicas del AISC (ver Tabla 8). |
| 8 | Cuando sea necesario colocar arriostramiento lateral, deberá localizarse a una distancia menor a $d/2$ ("d" es el peralte) desde el extremo de la sección reducida más lejano a la cara de la columna |

Fuente: Elaboración propia con base de datos de AISC (2016a)

Tabla 7*Características y Limitaciones para Columna Cajón*

| Ítem | Descripción |
|-------------|--|
| 1 | Las columnas cajón deben ser secciones armadas. |
| 2 | La relación entre el ancho y espesor $\left(\frac{h}{t_w}\right)$ de las planchas utilizadas como almas, tienen que cumplir con los requisitos de provisiones sísmicas de la Tabla 9 de igual manera el arriostramiento lateral de la columna (placas de continuidad) deberá cumplir con las consideraciones de la Tabla 13. |
| 3 | Las columnas armadas tipo cajón no deben exceder en ninguna de sus dimensiones los 610 mm, la misma condición se requiere para columnas de ala ancha encajonadas. |
| 4 | No existe límites de espesor, ni de peso. |

Fuente: Elaboración propia con base de datos de AISC (2016a)

Anexo F*Relación Ancho – Espesor para Miembros Sísmicamente Compactos***Tabla 8***Relación Ancho – Espesor Para Vigas Sísmicamente Compactas*

| Descripción | Relación | Límite máximo |
|--|-----------------|-----------------------------|
| Flexión en las de vigas "I" laminadas o armadas | $\frac{b}{t}$ | $0,30 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ |
| Almas de perfiles "I" laminadas o armados | $\frac{h}{t_w}$ | $2,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ |

Fuente: Elaboración propia con base de datos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
(2015b)

Tabla 9*Relación Ancho – Espesor Para Columnas Cajón Rellenas Sísmicamente Compactas*

| Descripción | Relación | Límite máximo |
|---|-----------------|-----------------------------|
| Paredes de miembros rectangulares rellenos | $\frac{b}{t}$ | $1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ |

Fuente: Elaboración propia con base de datos del AMERICAN INSTITUTE OF STEEL
CONSTRUCTION (2015)

Anexo G*Parámetros de Diseño y Construcción de los Elementos de la Conexión de Análisis***Sección Reducida en el Ala de la Viga “I”****Tabla 10***Parámetros Constructivos de la Sección Reducida en el Ala de la Viga*

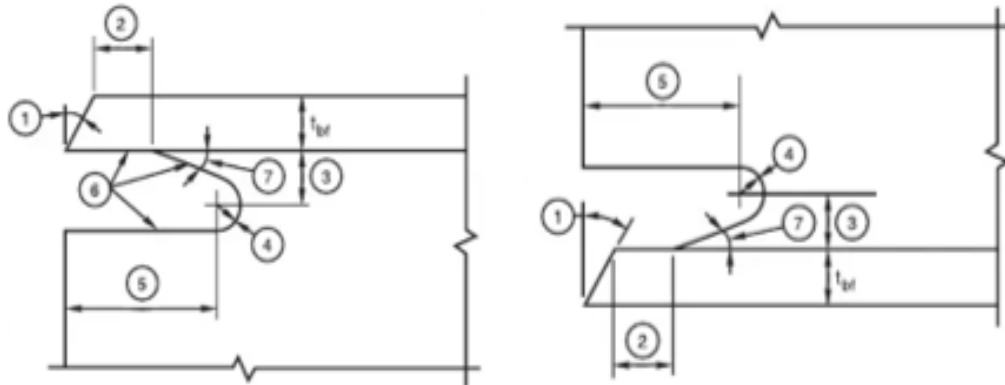
| Ítem | Descripción |
|-------------|--|
| 1 | La porción del ala de la viga recortada no deberá superar el 50% de la sección para evitar una pérdida excesiva de resistencia o rigidez. |
| 2 | La sección reducida se debe realizar mediante un corte térmico provocando una curva suave en dirección longitudinal de la viga para minimizar imperfecciones que ocasionen transiciones bruscas. |
| 3 | La rugosidad máxima permitida en la superficie cortada es de 13 micras |
| 4 | Se deberán pulir las aristas provocadas por el corte, removiendo los bordes afilados; no se requiere de un radio mínimo o bisel. |
| 5 | La tolerancia del corte térmico será de máximo ± 6 mm a partir de la línea teórica y en cualquier sección de la viga el ancho efectivo del ala tiene una tolerancia de ± 10 mm. |
| 6 | En caso de imperfecciones y muescas (agujeros) en la superficie de la sección reducida, se podrá reparar puliendo solo cuando la profundidad no exceda los 6 mm. Las muescas severas luego de ser pulidos deben ser sometidos a un ensayo de partículas magnéticas para verificar que la profundidad total de la muesca haya sido eliminada |
| 7 | Utilizar procesos de pulido que no incrementen la profundidad del corte de la RBS en más de 6 mm a partir de la línea teórica |
| 8 | Las socavaciones y muescas con profundidad mayor a 6 mm y menor a 13 mm, así como también en casos que la reparación mediante pulido pueda aumentar la profundidad del corte de la sección reducida sobrepasando la tolerancia antes mencionada, se podrá reparar a través de soldadura. Previo a la utilización de soldadura se debe precalentar la zona a reparar a una temperatura de como mínimo 66°C. |
| 9 | Cuando las socavaciones y las muescas superan la profundidad de 13 mm deben ser reparadas mediante procesos previamente aprobados por un fiscalizador estructural. |

Fuente: Elaboración propia con base de datos del AISC (2016b)

Orificios de Acceso de Soldadura

Figura 27

Geometría Orificios de Acceso de Soldadura



Fuente: American Welding Society (2009)

1. Bisel requerido para la soldadura de ranura de penetración completa
2. El valor mayor entre t_{bf} y 12 mm (1/2 pulg.)
3. Dimensión mínima será $\frac{3}{4} t_{bf}$ o 20 mm; y la dimensión máxima será $t_{bf} + 6$ mm
4. El radio mínimo será de 10 mm (3/8 pulg.)
5. $3 t_{bf}$ (± 12 mm)
6. La rugosidad de la superficie deberá ser menor a 13 μm y debe estar libre de imperfecciones y agujeros adicionales.
7. El ángulo de la superficie del ala debe exceder los 25° (American Welding Society, 2009).

Tabla 11*Requerimientos Para Orificios de Acceso Para Soldadura*

| Ítem | Descripción |
|-------------|--|
| 1 | Los orificios de acceso de soldadura deben tener suficiente espacio para el acero de respaldo, en el caso que se requiera. |
| 2 | Los orificios de acceso de soldadura en perfiles laminados en caliente y perfiles armados deben estar libres de muescas y esquinas afiladas. |
| 3 | Los orificios de acceso a soldadura pueden terminar perpendicular al ala de la viga siempre y cuando la soldadura no llegue hasta el final, sino que termina a una distancia de al menos el espesor de la soldadura. |
| 4 | El AWS D1.8 recomienda realizar el corte de estos orificios a través de oxicorte o plasma, y posteriormente lijar y pulir la superficie. |
| 5 | Si la transición curva de la perforación de acceso y los destajes en estas vigas son realizadas con taladro o perforaciones aserradas, no requieren ser pulidas. |

Fuente: Elaboración propia con base de datos del AISC (2016b); American Welding Society (2009)

Placa de Corte**Tabla 12***Especificaciones Para Placa de Corte*

| Ítem | Descripción |
|-------------|---|
| 1 | La placa de corte tendrá una longitud igual a la distancia entre los orificios de acceso de soldadura adicionado 6.35 mm por lado. |
| 2 | La placa debe tener como mínimo 9,5 mm de espesor. |
| 3 | Esta placa puede tener forma rectangular o forma de filete (trapezoidal) |
| 4 | Para unir la placa al alma de viga deberá usarse soldadura filete de 4,8 mm como mínimo y en el otro extremo de la placa de corte debe usarse soldadura filete de mínimo 8 mm para conectarla con la columna. |
| 5 | La placa de corte puede usarse como respaldo para montaje |

Fuente: Elaboración propia con base de datos de Machado & Quishpe (2014); American Institute of Steel Construction (2016c)

Placa de Continuidad

Tabla 13

Requerimientos Para Placa de Continuidad

| Ítem | Descripción |
|------|---|
| 1 | El ancho de las placas de continuidad para columnas cajón deberá ser mayor que el ancho del ala de la viga de sección “I”. |
| 2 | Para nudos exteriores, el espesor de la placa de continuidad tendrá un espesor de al menos el 50% del espesor del ala de la viga “I” y para conexiones en nudos internos la placa de continuidad deberá ser al menos igual al mayor espesor de las alas de las vigas ubicadas en cada cara de la columna. |
| 3 | En el caso de columnas esquineras, las placas de continuidad serán curvas con un radio mínimo de 13 mm. |
| 4 | Las placas de continuidad deberán ser soldadas a la cara interna de la columna mediante soldadura de ranura de penetración completa. |
| 5 | La placa de respaldo utilizada para colocar la placa de continuidad en la cara interna de la columna puede ser soldada con filete, sin necesidad de retirarla. |
| 6 | En caso de no ser removida la placa de respaldo, deberá ser soldado con filete continuo de 8 mm en su borde ubicado bajo la soldadura de ranura de penetración completa (SRPC) de la placa de continuidad. |
| 7 | En caso que se desee retirar las placas de respaldo se deberá pulir hasta encontrar metal sano y reforzar la placa de continuidad con soldadura de filete continuo de mínimo 8mm. |

Fuente: Elaboración propia con base de datos de AISC (2016a); Crisafulli (2018)

Placas de Respaldo






Tabla 14

Requerimientos en Placas de Respaldo Para Montaje

| Ítem | Descripción |
|------|--|
| 1 | La placa de respaldo deberá tener como mínimo el ancho del patín de la viga que conecta más medio centímetro a cada lado. |
| 2 | Cuando se coloca acero de respaldo en la cara de la columna a la altura del patín inferior de la viga (la viga se asienta sobre la placa de respaldo), luego de montar la conexión este respaldo deberá removerse y la soldadura pulirse de raíz hasta encontrar el metal sano y volver a soldar con un filete de refuerzo de 8 mm como mínimo. |
| 3 | En cambio, si la placa de respaldo es colocada en la cara de la columna al nivel del patín superior de la viga (la viga se sujeta en la placa de respaldo a través de su orificio de acceso situado en la parte inferior del ala superior de la viga), el respaldo no se deberá retirar, sino que se deberá conectar a la columna con una soldadura de filete continua de 8 mm en su borde ubicado bajo la soldadura de ranura de penetración completa (SRPC). |
| 4 | No debe soldarse de ninguna manera la placa de respaldo a la parte inferior del patín de la viga. |

Fuente: Elaboración propia con base de datos del American Institute of Steel Construction (2016^a); American Institute of Steel Construction (2016c)

Anexo H*Tipos de Juntas Usadas Comúnmente*

| TIPOS DE JUNTAS | |
|-----------------|--|
| Traslape (a) |  |
| A tope (b) |  |
| T (c) |  |
| Esquina (d) |  |
| De Borde (e) |  |

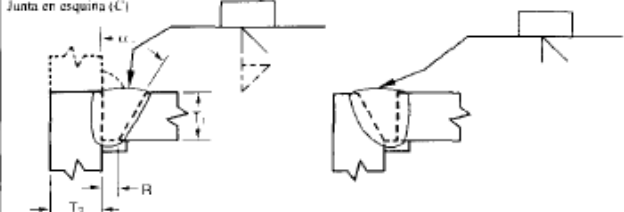
Fuente: Vinnakota (2006)

Anexo I

WPSs Necesarios Para Soldar una Conexión RBS.

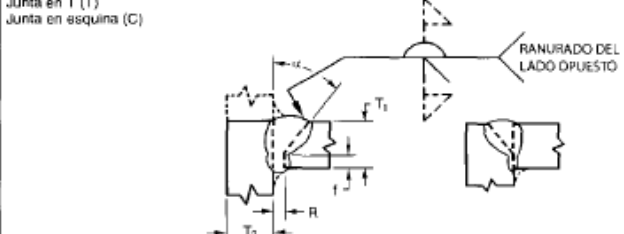
Los WPSs que se requieren para realizar una conexión con viga de sección reducida y columna cajón rellena de hormigón fueron tomados de la sección 3 del AWS D1.1/ D1.1M: 2015

Unión del Patín Superior de la Viga a la Cara de la Columna con SRPC

| Soldadura en ranura con bisel simple (4) Junta en T (T) Junta en esquina (C) | | Tolerancias | | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-----------------------------------|--------------------------|---------------------|--|--|------------------------------------|-----------------------------|------------|
| | | Según detalle (véase 3.13.1) | Según acoplamiento (véase 3.13.1) | | | | | | | |
|  | | R = +2, -0 | +6, -2 | | | | | | | |
| | | f = +10°, -0° | +10°, -5° | | | | | | | |
| TODAS LAS DIMENSIONES EN mm | | | | | | | | | | |
| Proceso de soldadura | Designación de junta | Espesor del metal base (U = ilimitado) | | Preparación de la ranura | | | | Posiciones de soldadura permitidas | Gas de protección para FCAW | Notas |
| | | T ₁ | T ₂ | Abertura de la raíz | Ángulo de la ranura | | | | | |
| SMAW | TC-U4a | U | U | R = 6 | α = 45° | | | Todas | — | a, g, k, o |
| | | | | R = 10 | α = 30° | | | F, V, OH | — | a, g, k, o |
| GMAW FCAW | TC-U4a-GF | U | U | R = 5 | α = 30° | | | Todo | Se requiere | a, g, k, o |
| | | | | R = 10 | α = 30° | | | F | No se req. | a, g, k, o |
| | | | | R = 6 | α = 45° | | | Todas | No se req. | a, g, k, o |
| SAW | TC-U4a-S | U | U | R = 10 | α = 30° | | | F | — | g, k, o |
| | | | | R = 6 | α = 45° | | | | | |

Fuente: American Welding Society (2015)

Unión del Patín Inferior de la Viga con la Columna con SRPC

| Soldadura simple en ranura en J (8) Junta en T (T) Junta en esquina (C) | | Tolerancias | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|-----------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------|
| | | Según detalle (véase 3.13.1) | Según acoplamiento (véase 3.13.1) | | | | | | | |
|  | | TC-U8a y TC-U8a-GF | | | | | | | | |
| | | R = +2, -0 | +2, -3 | | | | | | | |
| | | α = +10°, -0° | +10°, -5° | | | | | | | |
| | | f = +2, -0 | ilimitado | | | | | | | |
| | | r = +6, -0 | ±1/16 | | | | | | | |
| | | TC-U8a-S | | | | | | | | |
| | | R = ±0 | +6, -0 | | | | | | | |
| | | α = +10°, -0° | +10°, -5° | | | | | | | |
| | | f = +0, -3 | ±2 | | | | | | | |
| | | r = +6, -0 | ±2 | | | | | | | |
| TODAS LAS DIMENSIONES EN mm | | | | | | | | | | |
| Proceso de soldadura | Designación de junta | Espesor del metal base (U = ilimitado) | | Preparación de la ranura | | | | Posiciones de soldadura permitidas | Gas de protección para FCAW | Notas |
| | | T ₁ | T ₂ | Abertura de la raíz | Ángulo de la ranura | Cara de la raíz | Radio del bisel | | | |
| SMAW | TC-U8a | U | U | R = 0 a 3 | α = 45° | f = 3 | r = 10 | Todas | — | d, e, g, i, k |
| | | | | R = 0 a 3 | α = 45° | f = 3 | r = 10 | F, OH | — | d, e, g, i, k |
| GMAW FCAW | TC-U8a-GF | U | U | R = 0 a 3 | α = 45° | f = 3 | r = 10 | Todas | No se requiere | a, d, g, i, k |
| SAW | TC-U8a-S | U | U | R = 0 | α = 45° | f = 6 máx. | r = 10 | F | — | d, g, i, k |

Fuente: American Welding Society (2015)

Unión Placa de Respaldo con Columna (Filete de Refuerzo 8 mm) / Unión Placa de Corte con la Viga (Filete de 4,8 mm) / Unión Parte Baja del Patín Inferior con Columna (Filete de Refuerzo 8 mm) / Unión Placa de Corte con la Columna (filete de 8 mm)

Soldadura en filete (12)
Junta en T (T)
Junta en esquina (C)
Junta traslapada (L)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

| Proceso de soldadura | Designación de junta | Espesor del metal base | | Diseño/Geometría de la junta | | | Posiciones de soldadura permitidas | Notas |
|----------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|-------|------------------------------------|-------|
| | | T ₁ o T ₂ | Abertura de la raíz | Tolerancias | | | | |
| | | | | Según detalle | Según acoplamiento | | | |
| SMAW | TC-F12 | <75 | R = 0 | +2, -0 | 5 máx. | Todas | a, b, d | |
| | TC-F12a | ≥75 | | | 8 máx. | | a, b, d | |
| | L-F12 | <75 | | | 5 máx. | | a, b, c | |
| | L-F12a | ≥75 | | | 8 máx. | | a, b, c | |
| GMAW FCAW | TC-F12-GF | <75 | R = 0 | +2, -0 | 5 máx. | Todas | a, b, d | |
| | TC-F12a-GF | ≥75 | | | 8 máx. | | a, b, d | |
| | L-F12-GF | <75 | | | 5 máx. | | a, b, c | |
| | L-F12a-GF | ≥75 | | | 8 máx. | | a, b, c | |
| SAW | TC-F12-S | <75 | R = 0 | +2, -0 | 5 máx. | F, H | a, b, d | |
| | TC-F12a-S | ≥75 | | | 8 máx. | | a, b, d | |
| | L-F12-S | <75 | | | 5 máx. | | a, b, c | |
| | L-F12a-S | ≥75 | | | 8 máx. | | a, b, c | |

Fuente: American Welding Society (2015)

Unión de Placa de Continuidad con Cara interna de Columna

Soldadura en ranura en escuadra (1)
Junta en T (T)
Junta en esquina (C)

TODAS LAS DIMENSIONES EN mm

| Proceso de soldadura | Designación de junta | Espesor del metal base (U = ilimitado) | | Preparación de la ranura | | | Posiciones de soldadura permitidas | Gas de protección para FCAW | Notas |
|----------------------|----------------------|--|----------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------|
| | | T ₁ | T ₂ | Abertura de la raíz | Tolerancias | | | | |
| | | | | | Según detalle (ver 3.13.1) | Según acoplamiento (ver 3.13.1) | | | |
| SMAW | TC-L1b | 6 máx. | U | $R = \frac{T_1}{2}$ | +2, -0 | +2, -3 | Todas | — | d, e, g |
| GMAW FCAW | TC-L1-GF | 10 máx. | U | R = 0 a 3 | +2, -0 | +2, -3 | Todas | No se requiere | a, d, g |
| SAW | TC-L1-S | 10 máx. | U | R = 0 | ±0 | +2, -0 | F | — | d, g |

Fuente: American Welding Society (2015)

Anexo J

Procedimiento de Diseño de la Conexión RBS

Procedimiento de Diseño de una Conexión con Viga de Sección Reducida

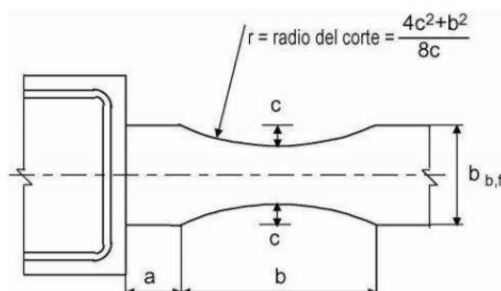
Los miembros empleados deben cumplir con los requerimientos de secciones sísmicamente compactas (ver Tabla 8 y Tabla 9) y adicionalmente, cumplirán con las limitaciones de una conexión con viga de sección reducida (ver Tabla 6 y Tabla 7).

1. Una vez asignada la sección vigas y columnas, elegir las dimensiones de a , b y c de la conexión (Figura 3). Para lo cual se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones tomadas del AISC 358 - 16:

$$0.50 b_f \leq a \leq 0.75 b_f \quad (3-1)$$

$$0.65 d \leq b \leq 0.85 d \quad (3-2)$$

$$0.10 b_f \leq c \leq 0.25 b_f \quad (3-3)$$



En donde:

a = Longitud medida desde la cara de la columna hasta el inicio de la sección reducida

b = Longitud de la sección reducida

c = Profundidad del corte en el centro de la sección reducida

d = Peralte de la viga

b_f = Ancho del ala de la viga

Para determinar los valores de a, b y c se recomienda empezar utilizando valores promedios entre los límites y verificar posteriormente si cumple con los requisitos de resistencia. Se debe tener en cuenta el cambio de sección de la viga, por lo que al chequear las derivas de piso los desplazamientos elásticos deberán ser multiplicados por 1.10, siempre y cuando la reducción del ancho de los patines de la viga sea de hasta el 50 %, en caso que se reduzca un menor porcentaje se puede realizar una interpolación para encontrar el factor de multiplicación (C. Gallegos, 2017).

2. Calcular el módulo seccional plástico en el centro de la sección reducida de la viga (Z_{RBS}).

$$Z_{RBS} = Z_b - 2 * c * t_{bf} * (d - t_{bf}) \quad (3-4)$$

En donde:

Z_b = Módulo seccional plástico de la viga

t_{bf} = Espesor del ala de la viga

d = Peralte de la viga

3. Encontrar el momento máximo probable (M_{pr}) en el centro de la sección reducida de la viga aplicando la siguiente ecuación.

$$M_{pr} = C_{pr} * R_y * F_y * Z_{RBS} \quad (3-5)$$

En donde:

F_{yb} = Esfuerzo de fluencia mínimo según el tipo de acero (ver Anexo B)

R_y = Factor de esfuerzo de Fluencia probable (ver Anexo C)

C_{pr} = Factor de endurecimiento por deformación (depende del tipo de acero), para acero A36 el valor de C_{pr} es 1.2. Este factor se lo puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$C_{pr} = \frac{F_{yb} + F_u}{2F_y} \leq 1.2 \quad (3-6)$$

F_{ub} = Resistencia mínima de tensión especificada para el tipo de acero (ver Anexo B)

4. Calcular el cortante en el centro de la sección reducida de la viga considerando ambos extremos (V_{RBS}).

$$V_{RBS} = \frac{2 * M_{pr}}{L_h} + V_{grav} \quad (3-7)$$

En donde:

M_{pr} = Momento máximo probable en la articulación plástica

L_h = Distancia entre articulaciones plásticas

$$L_h = L - 2 \left(a + \frac{b}{2} \right) \quad (3-8)$$

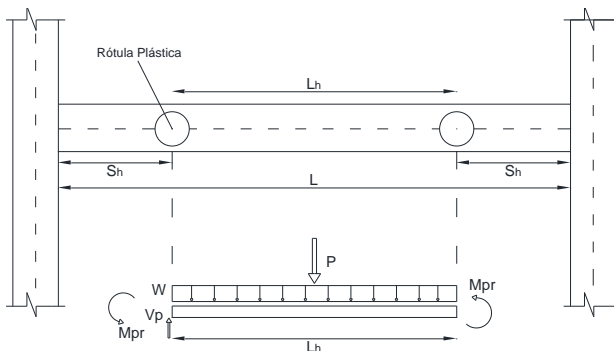
V_{grav} = Fuerza cortante considerando la distancia entre las rotulas plásticas de la viga (L_h) por la acción de cargas gravitatorias como se muestra en la figura y se calcula a través de la siguiente expresión:

$$V_{grav} = \frac{P}{2} + \frac{W * L_h}{2} \quad (3-9)$$

Nota: Para obtener los valores de “P” y “W” se aplicará la combinación de cargas $1.2 * D + 0.5 * L$

Figura 28

Fuerza Cortante por Acción de Cargas Gravitatorias en el Centro de la Rótula Plástica

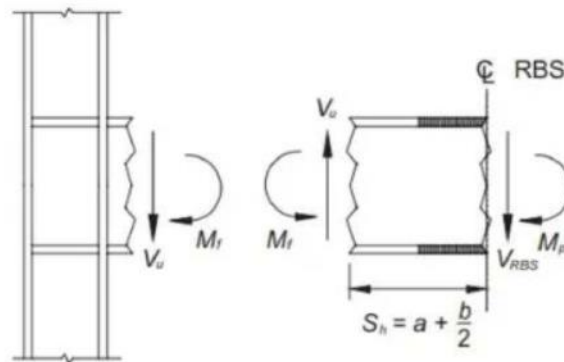


Fuente: Elaboración propia

5. Calcular el momento máximo probable en la cara de la columna (M_f). Para el cálculo de este momento se debe tomar en cuenta el centro de la sección reducida de la viga y la cara de la columna, como se puede ver en el diagrama de cuerpo libre de la Figura 29.

Figura 29

Diagrama de Cuerpo Libre Entre el Centro de la RBS y la Cara de la Columna



Fuente: AISC (2016a)

$$M_f = M_{pr} + V_{RBS} * S_h \quad (3-10)$$

En donde:

S_h = Distancia desde la cara de la columna hasta el centroide de la articulación plástica

$$S_h = a + b/2 \quad (3-11)$$

6. Encontrar el momento plástico de la viga a partir del esfuerzo de fluencia probable (M_{pe}).

$$M_{pe} = R_y * Z_b * F_{yb} \quad (3-12)$$

7. Comprobar la resistencia a flexión de la viga en la cara de la columna.

$$\phi_d * M_{pe} > M_f \quad (3-13)$$

En donde:

ϕ_d = Factor de resistencia para estado límite dúctil ($\phi_d = 1$)

En caso de no cumplirse la condición, se recomienda aumentar el valor de “c” o a su vez, disminuir las dimensiones de “a” y “b”, y repetir el procedimiento (Pillajo, 2017, p. 28).

8. Calcular la resistencia última a corte requerida por la viga y en la conexión viga – columna.

$$V_u = V_{RBS} + V_g \quad (3-14)$$

En donde:

V_g = Fuerza cortante por cargas gravitacionales en la zona comprendida entre la cara de la columna y el centroide de la articulación plástica

Adicionalmente, se debe verificar la resistencia a corte en las vigas y conocer si se requieren atiesadores transversales, de acuerdo al AISC 360-16 (capítulo G).

9. Diseñar la placa de corte que une el alma de la viga con la columna según la Tabla 12 y verificar que la resistencia de diseño de la placa cumpla con la condición que se presenta a continuación:

$$V_u \leq \phi_v V_v \quad (3-15)$$

En donde:

V_u = Resistencia última requerida a corte de la viga y en la conexión viga – columna

$\phi_v V_v$ = Resistencia de diseño de la placa de corte. Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\phi_v V_v = \phi_v * d_{pc} * t_{pc} * F_{y-pc} \quad (3-16)$$

ϕ_v = Factor de Resistencia para estado límite de corte ($\phi_v = 0.60$)

d_{pc} = Peralte de la placa de corte

t_{pc} = Espesor de la placa de corte

F_{y-pc} = Esfuerzo de fluencia mínimo de la placa de corte dependerá del tipo de acero (ver Anexo B)

10. Verificar que la placa de continuidad este acorde con los requerimientos que se encuentran en el Tabla 13.
11. Verificar el espesor mínimo de la zona del panel con la ecuación (1-1) y chequear la resistencia a corte.

$$\phi R_n \geq R_u \quad (3-17)$$

En donde:

ϕR_n : Resistencia de diseño a corte en el panel nodal, este valor se encuentra a partir de la siguiente expresión:

$$\phi R_n = \phi d_c * t_{cf} * F_{yc} \quad (3-18)$$

ϕ = Factor de Resistencia para estado límite de corte ($\phi_v = 0.60$)

d_c = Peralte de la columna

t_{cf} = Espesor de la columna

F_{yc} = Esfuerzo de fluencia mínimo del acero utilizado en las columnas (ver Anexo B)

R_u = Resistencia requerida a corte en la zona del panel, la misma que se la halla a través de la siguiente ecuación:

$$R_u = \frac{\Sigma M_f}{d - t_{bf}} \quad (3-19)$$

M_f = Momento máximo probable en la cara de la columna

d = Peralte de la viga

t_{bf} = Espesor del ala de la viga

12. Realizar el chequeo columna fuerte – viga débil

$$\frac{\Sigma M_{pc}^*}{\Sigma M_{pb}^*} \geq 1 \quad (3-20)$$

En donde:

ΣM_{pc}^* = Sumatoria de los momentos plásticos nominales de las columnas que llegan a la junta y se lo encuentra mediante la siguiente expresión:

$$\Sigma M_{pc}^* = \Sigma Z_c \left(F_{yc} - \frac{P_{uc}}{A_g} \right) \quad (3-21)$$

Z_c = Módulo seccional plástico de la columna

F_{yc} = Esfuerzo de fluencia mínimo del acero utilizado en las columnas (ver Anexo B)

P_{uc} = Resistencia a compresión axial de la columna.

A_g = Área gruesa de la columna

ΣM_{pb}^* = Sumatoria de los momentos plásticos nominales de las vigas que llegan a la junta y se lo encuentra mediante la siguiente expresión:

$$\Sigma M_{pb}^* = \Sigma (1.1 * R_y * F_{yb} * Z_b + M_{ub}) \quad (3-22)$$

F_{yb} = Esfuerzo de fluencia mínimo del acero utilizado en las vigas (ver Anexo B)

Z_b = Módulo seccional plástico de la viga

M_{ub} = Momento adicional en la viga producido por el corte medido desde la rótula plástica hasta el eje de columna, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$M_{ub} = V_{RBS} * \left(a + \frac{b}{2} + \frac{d_c}{2} \right) \quad (3-23)$$

13. El diseño de los orificios de acceso de la soldadura se los realizará conforme a la Figura 27.

Anexo K

Criterios de Aceptación y Rechazo en la Inspección Visual

| ITEM | DISCONTINUIDAD | CRITERIO DE INSPECCIÓN | TIPO DE CONEXIÓN | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--------|--|--------------------------------------|-----|-----|---|-------|-----|-----|
| | | | NO TUBULAR CARGADA ESTÁTICAMENTE | NO TUBULAR CARGADA CICLICAMENTE | TUBULAR (TODAS LAS CARGAS) | | | | | | | | | | |
| 1 | <u>FISURA</u> | NO SE ACEPTA, independientemente de su tamaño o ubicación. | X | X | X | | | | | | | | | | |
| 2 | <u>FUSIÓN - SOLDADURA A METAL BASE</u> | FALTA DE FUSIÓN: NO SE ACEPTA; Existirá fusión completa entre capas adyacentes de soldadura y entre metal de soldadura y metal base. | X | X | X | | | | | | | | | | |
| 3 | <u>CRÁTER</u> | Toda depresión (cráter) será llenada para proveer el tamaño de soldadura especificado; excepto en los bordes de terminación de soldaduras de filete, fuera de su longitud efectiva. | X | X | X | | | | | | | | | | |
| 4 | <u>PERFIL DE SOLDADURA</u> | SOLAPE (OVERLAP): NO SE ACEPTA | X | X | X | | | | | | | | | | |
| | | El perfil de soldadura cumplirá los requerimientos establecidos en el AWS D1.1/2010: Figura 5.4, Tabla 5.9 y Tabla 5.10; exceptuando lo estipulado en 5.24.1, 5.24.2 y 5.24.3. | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | <u>TIEMPO DE INSPECCIÓN</u> | La Inspección visual de soldadura en todos los aceros puede iniciar inmediatamente después de que la junta soldada se haya enfriado a temperatura ambiente. Para materiales ASTM A514, A 517 y A 709 Gr. 100/100W, la inspección visual se realizará 48 horas después de que se haya completado la soldadura. | X | X | X | | | | | | | | | | |
| 6 | <u>SOLDADURAS DE TAMAÑO INFERIOR AL REQUERIDO (Tamaño incompleto)</u> | El tamaño real de una soldadura de filete en una longitud continua de soldadura, puede ser menor al tamaño especificado (L) sin corrección, aplicando lo siguiente: | X | X | X | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>L (mm)</th> <th>U (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tamaño de soldadura nominal especificado</td> <td>Decremento permisible (restado de L)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5</td> <td>≤ 2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>≤ 2,5</td> </tr> <tr> <td>≥ 8</td> <td>≤ 3</td> </tr> </tbody> </table> | | | | L (mm) | U (mm) | Tamaño de soldadura nominal especificado | Decremento permisible (restado de L) | ≤ 5 | ≤ 2 | 6 | ≤ 2,5 | ≥ 8 | ≤ 3 |
| | | L (mm) | | | | U (mm) | | | | | | | | | |
| | | Tamaño de soldadura nominal especificado | | | | Decremento permisible (restado de L) | | | | | | | | | |
| | | ≤ 5 | | | | ≤ 2 | | | | | | | | | |
| 6 | ≤ 2,5 | | | | | | | | | | | | | | |
| ≥ 8 | ≤ 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| La porción de soldadura "baja" no excederá el 10% de la longitud soldada. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Para soldaduras de unión patín-alma de vigas de alma llena fabricadas, soldaduras de tamaño incompleto (underun) serán prohibidas en los bordes, en una longitud igual a dos veces el ancho del patín, | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | <u>MORDEDURA</u> | Para materiales con espesor menor a 25mm; las mordeduras NO excederán 1mm, con las siguientes excepciones: | X | | | | | | | | | | | | |
| | | a) Mordeduras NO excederán 2mm en cualquier longitud acumulada de hasta 50mm en 300 mm de soldadura. b) Para materiales iguales o mayores a 25mm, las mordeduras NO excederán 2mm en cualquier longitud soldada. | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | <u>MORDEDURA</u> | En miembros primarios, las mordeduras no serán mayores a 0.25mm en profundidad cuando la soldadura sea transversal a los esfuerzos de tracción bajo cualquier condición de carga. Para el resto de casos: las mordeduras no serán mayores a 1mm | | X | X | | | | | | | | | | |
| 9 | <u>POROSIDAD</u> | Soldaduras de ranura CJP en juntas a tope transversales a la dirección de esfuerzos de tracción calculados NO tendrán porosidad tubular (piping porosity) visible. | X | | | | | | | | | | | | |
| | | Para el resto de soldaduras de ranura y de filete, la suma de porosidad tubular visible de diámetros iguales o mayores a 1mm NO excederá 10mm en cualquier pulgada lineal de soldadura y no excederá 20mm en cualquier longitud soldada de 300 mm. | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | <u>POROSIDAD</u> | La frecuencia de porosidad tubular en filetes de soldadura, NO excederá de UNA en cada 100 mm de longitud soldada y el máximo diámetro NO excederá los 2,5 mm. | | | | | | | | | | | | | |
| | | Excepción: para soldaduras de filete que conecten rigidizadores de alma, la suma de diámetros de la porosidad tubular NO excederá los 10mm en cualquier pulgada de longitud soldada y NO excederá los 20mm en cualquier longitud soldada de 300mm. | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | <u>POROSIDAD</u> | Soldaduras de ranura CJP en juntas a tope transversales a la dirección de esfuerzos de tracción calculados NO tendrán porosidad tubular . | | X | X | | | | | | | | | | |
| | | Para el resto de soldaduras de ranura, la frecuencia de porosidad tubular no excederá UNA en 100 mm de longitud y el diámetro máximo no excederá 2,5 mm. | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: American Welding Society (2015)

Anexo L

Validación de la encuesta a través de SPSS

Escala: Escala Validación

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|---|-------|
| Casos | Válido | 9 | 100,0 |
| | Excluido ^a | 0 | ,0 |
| | Total | 9 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| ,803 | ,777 | 5 |

Con utilización de la herramienta informática SPSS se obtuvo un Alpha de Cronbach de 0.803, el coeficiente obtenido es mayor a 0.700 por tanto se puede decir que los resultados de nuestra encuesta son válidos o fiables.