

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

***DISEÑO DE CONEXIONES VIGA-COLUMNA PARA  
ESTRUCTURAS DE ACERO ANTE EFECTOS SÍSMICOS***

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE  
UNIVERSIDAD CENTRAL DE  
VENEZUELA  
POR LOS BACHILLERES

HECTOR VAN DER VELDE  
EDIS OVIEDO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

Caracas, 2003

---

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

***DISEÑO DE CONEXIONES VIGA-COLUMNA PARA  
ESTRUCTURAS DE ACERO ANTE EFECTOS SÍSMICOS***

TUTOR JOSE MANUEL VELASQUEZ

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE  
UNIVERSIDAD CENTRAL DE  
VENEZUELA  
POR LOS BACHILLERES

HECTOR VAN DER VELDE  
EDIS OVIEDO

PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

Caracas, 2003

## ACTA

El día \_\_\_\_\_ se reunieron el jurado  
conformado por los profesores

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado  
titulado \_\_\_\_\_

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar el título  
de: \_\_\_\_\_

Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial, este  
Jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACION	
	Número	Letras

RECOMENDACIONES \_\_\_\_\_

FIRMAS DEL JURADO

\_\_\_\_\_

Caracas \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2003

---

<b>INDICE</b>	<b>Página</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo 1.</b>	
<b>Antecedentes.....</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Revisión de Normas.....</b>	<b>20</b>
<b>Capítulo 3</b>	
<b>3.1 Procedimiento de diseño según criterios FEMA.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.2 Cubre Placa (FEMA).....</b>	<b>45</b>
<b>3.1.3 Viga de Sección reducida (FEMA).....</b>	<b>47</b>
<b>3.1.4 Conexión Plancha Extrema (FEMA).....</b>	<b>49</b>
<b>3.2 Procedimiento de diseño según criterios AISC</b>	
<b>3.2.1 Cubre Placa (AISC).....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.2 Conexión Viga de sección Reducida (AISC).....</b>	<b>54</b>
<b>3.2.3 Conexión Plancha Extrema (AISC).....</b>	<b>55</b>
<b>Conclusión.....</b>	<b>56</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>57</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>60</b>

---

## RESUMEN

El presente documento presenta los criterios y procedimientos de diseño para tres tipos de conexiones de acero, según la FEMA 350 y el manual de la AISC con base a las previsiones sísmicas de la AISC 1997-2000. Los tres tipos de conexiones que se presentan son, la Cubre Placa, Plancha Extrema y Viga de Sección Reducida.

Contiene además la actualización del capítulo de las normas COVENIN 1618-98 en lo concerniente a pórticos de acero a momentos, resistencia al pandeo local del alma y ala y abollamiento del alma en columnas.

Todas las tablas de la geometría de los perfiles, resistencia al corte en la zona del panel y resistencia al pandeo local del alma y ala en la columna, se presentan en el sistema Inglés e Internacional, y por último contiene ejemplos de diseño de conexiones para cada uno de los criterios utilizados en cada tipo de conexión.

# **INTRODUCCION.**

En la construcción se ha usado el acero estructural de manera industrializada desde principios del siglo XX y en la actualidad se afianza como uno de los materiales más importantes en la construcción de estructuras, en los países desarrollados. Propiedades como su gran resistencia, capacidad de disipación de energía y elasticidad lo hacen ideal para resistir las acciones sísmicas. Sin embargo, el comportamiento de las estructuras de acero, o cualquier otro material, no depende únicamente de sus propiedades, sino además de un conocimiento claro de ellas y la disponibilidad de modelos ajustados a la realidad para un uso confiable. La manera de obtener estos modelos es a través del estudio analítico y experimental de los materiales y sus aplicaciones. La aplicación más común del acero estructural es en el diseño y construcción de edificios, mediante diferentes sistemas constructivos entre los cuales se mencionan pórticos arriostrados, pórticos a momento y sistemas duales. Los pórticos resistentes a momento en acero es un sistema usualmente utilizado en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta, cuya estabilidad depende de la resistencia de las conexiones viga-columna. Este sistema se consideraba uno de los más dúctiles antes de los sismos ocurridos en Northridge (1994) y Kobe (1995) en los cuales se detectaron en las conexiones viga-columna fallas frágiles. Estas eran diseñadas siguiendo los procedimientos Standard de la norma en la construcción de pórticos de acero resistentes a momento.

La **norma venezolana COVENIN 1618-98**, especifica como detalle de la conexión resistente a momento en pórticos Nivel de Diseño 3 (SMF: Special Moment Frame AISC) el detalle estandarizado. Así que la importancia de mantener actualizada la norma y fiel a su filosofía de protección de la vida y la propiedad este trabajo presenta unas recomendaciones para el diseño y construcción de conexiones de acero resistentes a momento que deben incluirse en la norma **COVENIN 1618-98**. Estas se basan en las modificaciones adoptadas por la AISC en las Seismic Provisions 1997 y la FEMA 350 para edificaciones de acero.

Este trabajo presenta un análisis de los problemas encontrados en las conexiones y sus posibles causas, además se plantean las debidas inclusiones y correcciones para la norma **COVENIN 1618-98** en lo concerniente a conexiones viga-columna en pórticos a momento.

## **CAPITULO 1**

### **ANTECEDENTES.**

#### **1.1 RESEÑA HISTORICA.**

En el siglo XIX en Estados Unidos especialmente en Nueva York y Chicago, que se proyectaba como los centros líderes de la economía norteamericana, fue donde se concentró la utilización del hierro en la construcción de edificaciones es así que a finales del siglo XIX se comienza emplear columnas de acero en lugar de las de hierro. Sin embargo, es en el siglo XX cuando la tecnología del acero comienza a jugar un papel importante en la construcción, se logra la construcción de grandes rascacielos durante las tres primeras décadas y más adelante estructuras tan importantes como el World Trade Center (1973) en Nueva York, el Bank of China (1989).

En contraste a los países industrializados, el uso del acero en la arquitectura y construcción latinoamericana es relativamente escaso. Al igual que en Europa las estructuras metálicas fueron preferidas para estaciones puentes y otras aplicaciones relacionadas con ferrocarriles.

A principios del siglo XX algunos países caribeños importaban estructuras metálicas de fácil montaje, pero la segunda guerra mundial y el énfasis arquitectónico en la utilización del concreto en las tres décadas siguientes prácticamente relegaron el uso del acero al caso de puentes, fábricas o galpones. Esto condujo a un desconocimiento en los avances de la construcción metálica.

Entre los países latinoamericanos que más han empleado el acero, se pueden mencionar Chile, Venezuela, Ecuador, Brasil y México, este último por su cercanía a Estados Unidos ha tenido una mayor experiencia, prueba de ello es la torre Latinoamericana con 44 pisos que ha tenido un excelente comportamiento ante los sismos, la torre de petróleos Mexicano con 50 pisos y 60 pisos.

#### **1.2 SISTEMAS ESTRUCTURALES EN ACERO.**

El acero es un material que permite diferentes soluciones estructurales que se amolden a las necesidades económicas, espaciales y de seguridad. Dentro de los sistemas estructurales usados en

la construcción de edificaciones de acero se encuentran los sistemas de pórticos resistentes a momento, pórticos arriostrados concéntricamente, pórticos arriostrados excéntricamente, la combinación de pórticos resistentes a momento con arriostramientos, bien sea concéntricos o excéntricos, sistemas tubulares, etc.

### 1.2.1 Pórticos Resistentes a Momento.

El pórtico resistente a momento es aquel que soporta las cargas a que se ve sometido mediante las deformaciones plásticas requeridas y se alcanza a través de la formación de rotulas plásticas ubicadas en lugares determinados en la luz de la viga. Las conexiones viga-columna deben diseñarse con suficiente resistencia, para garantizar la formación de rotulas plásticas a cierta distancia de la cara de la columna.(ver figura 1-2).

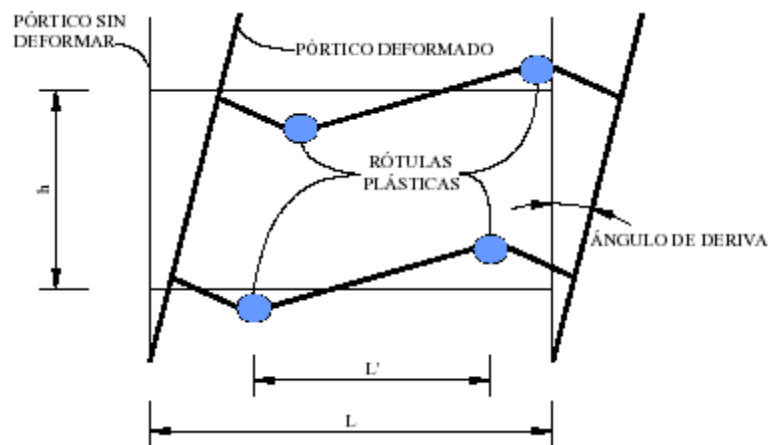


Figura 1-2. (Angulo de deriva ). Referencia. 3

### Comportamiento Plástico ideal de un pórtico resistente a momento.

Este sistema es usado comúnmente en edificios de hasta 30 pisos de altura y se considera que tienen un buen desempeño durante el sismo. Los pórticos resistentes a momentos pueden proveer diferentes capacidades de disipación de energía: mínima, moderada y especial las cuales se alcanzan mediante la utilización de detalles estructurales que permite el nivel de disipación de energía para la capacidad del pórtico. Un pórtico resistente a momento con capacidad especial de disipación de energía posee detalles que garantizan altas ductilidades y capacidad de deformación inelástica durante eventos sísmicos; tales deformaciones inelásticas incrementan el amortiguamiento y reducen la rigidez de la estructura dando como resultado menores fuerzas



sísmicas y un comportamiento en el cual la mayor parte de los elementos se desempeñan en el rango elástico sin sufrir pandeo local, disipando una cantidad considerable de energía mediante un comportamiento histerético estable. Esto hace que este tipo de pórtico sea adecuado para zonas de alta sismicidad. Los pórticos con capacidades mínima y moderada se diseñan utilizando detalles que permitan desarrollar los niveles de deformación inelástica respectiva y resultan eficientes en zonas de menor amenaza sísmica.

### 1.2.2 Pórticos Arriostrados Concentricamente.

Cuando las vigas y columnas se interconectan por medio de conexiones simples, (no resistentes a momento) el método más económico es usar arriostramientos diagonales concéntricos en “X” (arriostramiento concéntrico cuando las diagonales llegan exactamente al nodo).

Este tipo de sistema genera una estructura más rígida que un pórtico con conexiones a momento. En los pórticos resistentes a momento la flexibilidad de las vigas domina la respuesta de desplazamiento, mientras que en un pórtico arriostrado se elimina el efecto de la flexión de las vigas y columnas, debido a que el corte lo absorben las diagonales con carga axial.

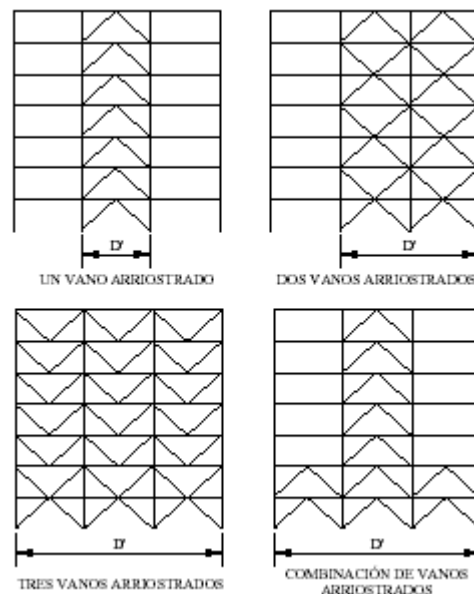


Figura 1-3.

**Tipos de arriostramientos concéntricos.**

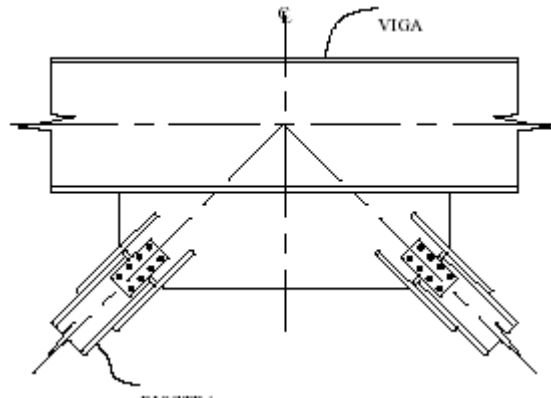


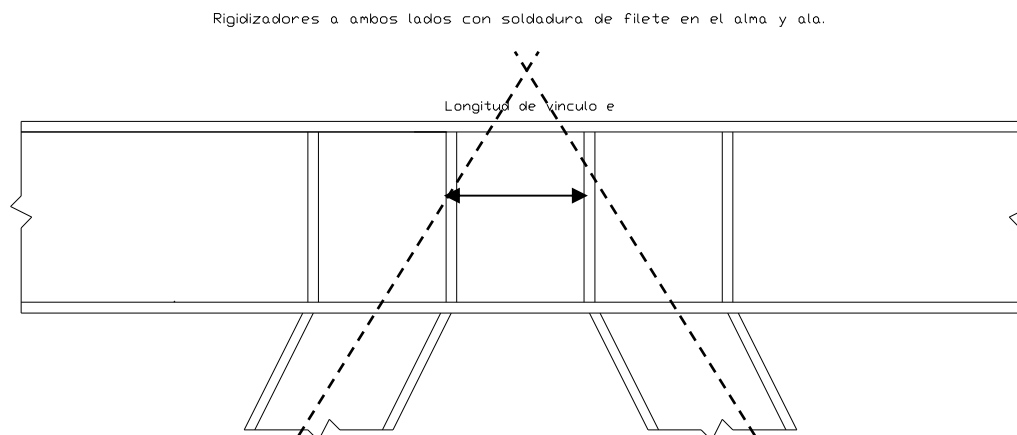
Figura 1.4. Ref. 3

### Detalle de arriostramiento concéntrico.

#### 1.2.3 Pórticos Arriostrados Excéntricamente.

Este sistema combina la gran rigidez en el rango elástico con una alta ductilidad en el rango inelástico, lo que es una excelente alternativa en zonas de alta sismicidad.

La principal características de los arriostramientos excéntricos es que al menos uno de los extremos de cada riostra se conecta con un elemento aislado de viga conocido como vínculo.



### Detalle de arriostramiento excéntrico. Ref. 3

El concepto fundamental de diseño consiste en que la cedencia y el daño del pórtico deben restringirse a los vínculos, que deben diseñarse y detallarse para ser los elementos mas dúctiles del pórtico, de manera que en ellos se formen las articulaciones plásticas.

(ver figura 1-5).

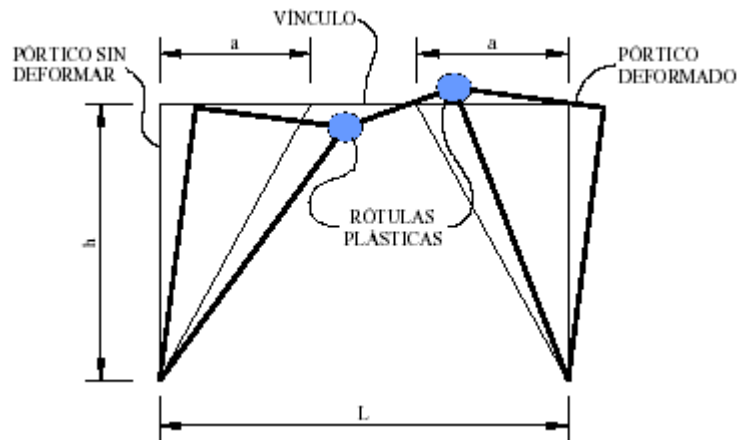


Figura 1-5. Ref. 3

### **Comportamiento ideal de arriostramiento excéntrico.**

La configuración mas ventajosa es la de una “V” invertida cuyo vínculo se encuentra en el centro de la luz (ver figura 1-5). Sus ventajas se derivan de su simetría y de que no hay unión directa del vínculo con las columnas.

### **1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.**

El uso del acero se extendió en Los Ángeles y EE.UU., en general debido a su ductilidad, versatilidad y al bajo costo que éste representa; pero fue después del sismo de Northridge que los expertos se dieron cuenta que éste no es un buen material sismorresistente, sorprendiendo el daño en una gran cantidad de edificaciones.

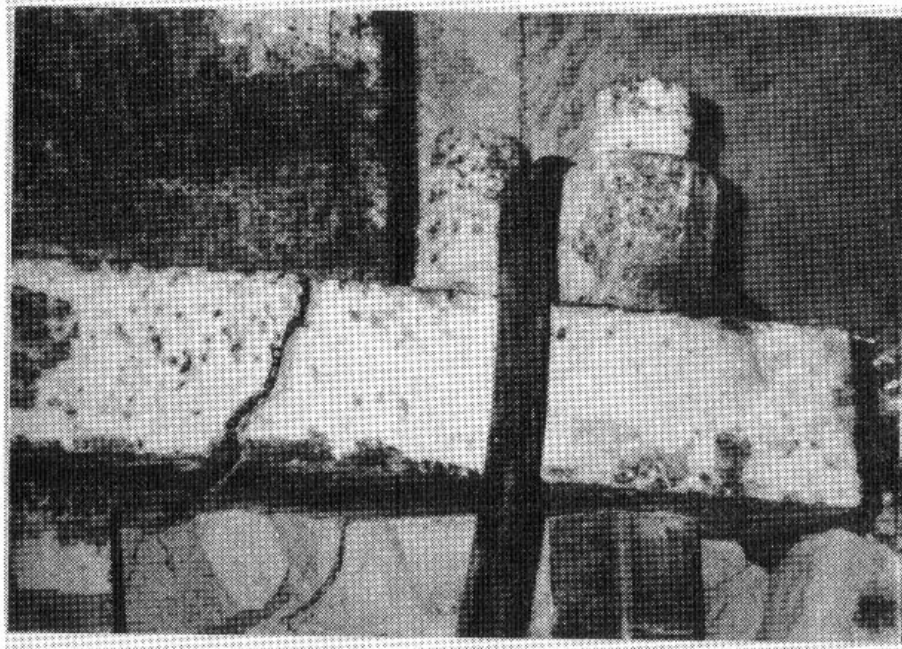
Mas de 150 edificaciones fueron dañadas, entre las que se encontraban hospitales, oficinas gubernamentales, cívicas y privadas, edificios residenciales, comerciales, e industriales. Se presentaron daños tanto en estructuras modernas como antiguas, lo cual indica que las normas de diseño empleadas no nos dan un margen de seguridad adecuado.

Los daños más severos se observaron en edificaciones que se encontraban en construcción, mientras que en una gran cantidad de edificaciones terminadas pasaban casi inadvertidas debido a que no dañaron los acabados arquitectónicos. En general las fallas observadas durante la inspección de muchas edificaciones de acero modernas se pueden agrupar en 3 categorías:

### 1.3.1 Falla en la base de las columnas:

Este tipo de falla, en muchos casos, se observa por la aparición de fisuras en la conexión soldada entre la columna y la placa base. Su principal causa es el inadecuado procedimiento constructivo de la soldadura.

La falla más dramática se presentó en un edificio, la cual consistió en la rotura de la plancha base (fig. 1.6) En la mayoría de estos casos la fractura se inicia en el pie de la conexión de la plancha base - columna y se extiende a través de todo el espesor de la plancha (fig. 1.7).

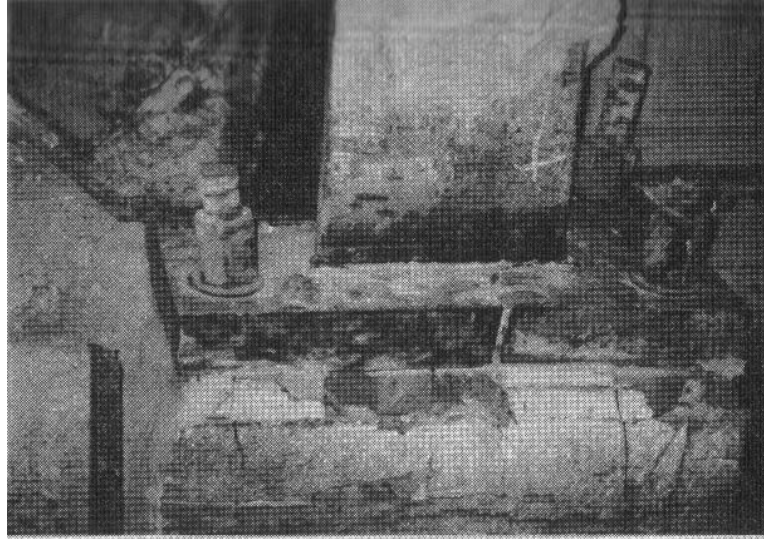


**Fig. 1.6 Fractura de la plancha base de una columna. Ref. 5**



**Fig. 1.7 El fisuramiento se inicia en el pie de la columna y posteriormente se extiende por toda el espesor de la plancha. Ref. 5**

También se han encontrado fallas en los dados de concreto sobre los cuales es apoyada la columna (fig. 1.8), aparentemente antes del fracturamiento de la plancha base ocurre un deslizamiento de las barras de anclaje a través del recubrimiento del concreto. Las barras de anclaje se encuentran empotradas a los dados de concreto, por lo que es muy difícil observar el deslizamiento en la plancha base. También se han presentado daños en los refuerzos mismos del dado de concreto (fig. 1.9), lo que indica que la plancha base ha golpeado contra el concreto, produciéndose un desplazamiento horizontal relativo entre ambos, el cual incrementa los esfuerzos cortantes transmitidos por la plancha al dado de concreto.



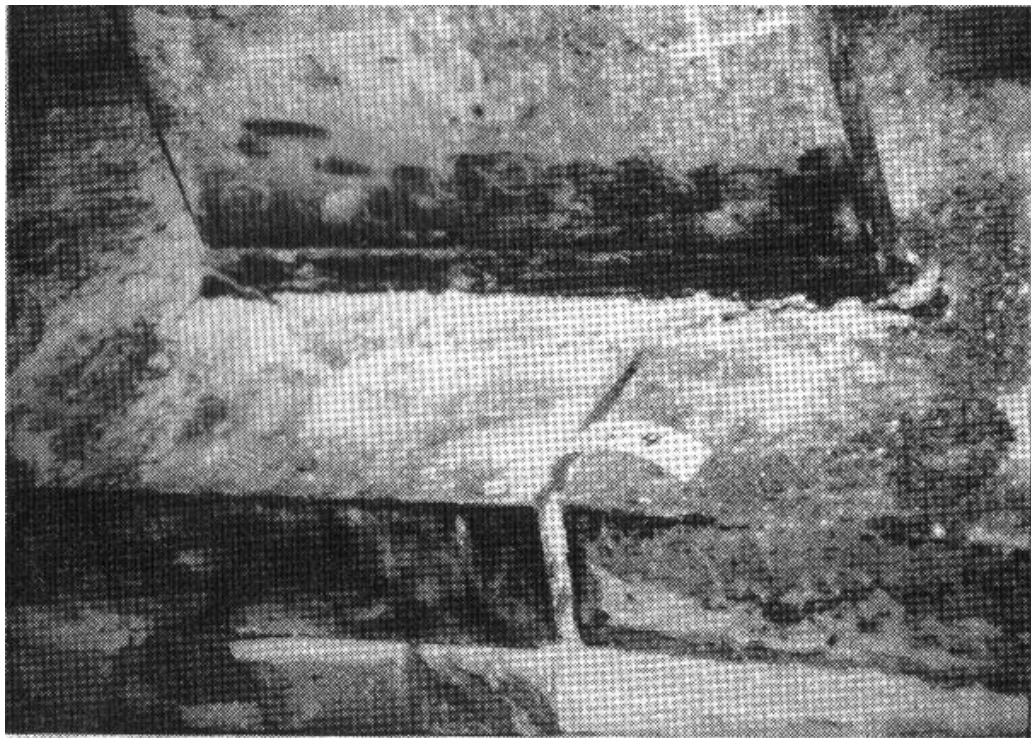
**Fig.1.8 Se pueden apreciar el daño causado por el deslizamiento de las barras de anclaje en los dados de concreto. Ref. 5**



**Fig. 1.9 Daño en el refuerzo del dado de concreto debido al impacto contra la plancha base producido por el movimiento sísmico. Ref. 5**

El impacto de la plancha base contra el concreto acentúa el efecto de la componente vertical del sismo en la estructura, esto requiere una investigación más profunda. Existe una gran cantidad de posibles razones para que se produzcan estas fracturas. Una de ellas puede ser el incremento de

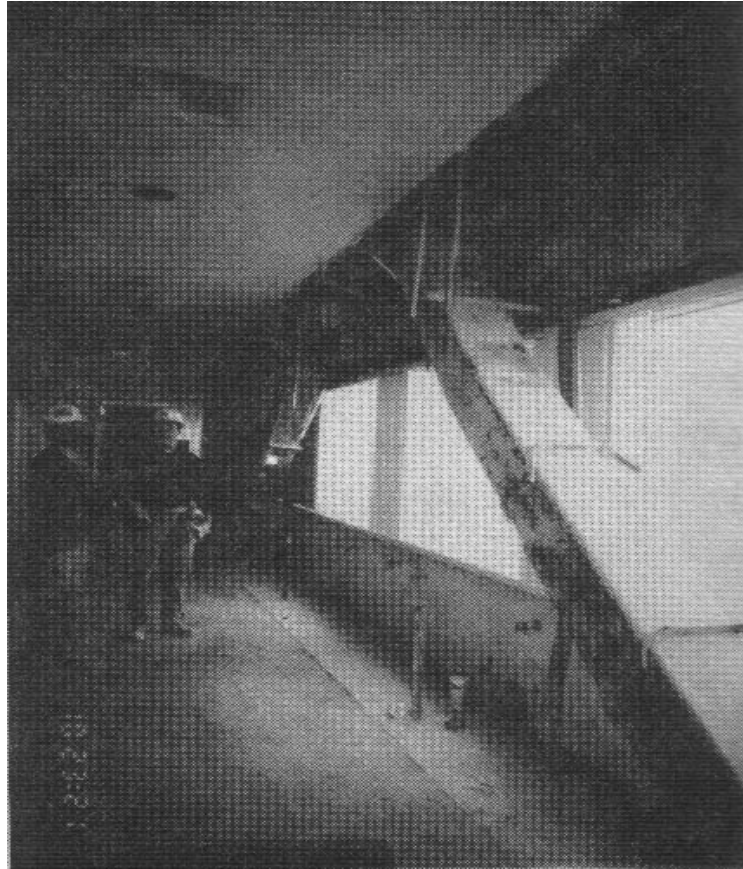
las tensiones causadas por la contracción de las soldaduras, así como por el sismo mismo. La contracción diferencial de la soldadura se ve amplificada cuando se tienen planchas de gran espesor. En la mayoría de los casos la fractura comienza en la soldadura extendiéndose a través de esta por varias pulgadas y luego cambia a una dirección vertical atravesando todo el espesor de la placa (fig.1.10). Las tensiones ya mencionadas en combinación con las tensiones causadas por los levantamientos de las columnas causan la fractura de las soldaduras. Otra causa de éstas son los grandes esfuerzos creados por la flexión de la plancha base, los cuales incrementan la fractura, la cual se propaga a través del alma de la columna.



**Fig. 1.10--9.5.1.5 Se observa como la fisura se inicia en la conexión soldada, para luego extenderse y finalmente atravesar todo el espesor de la plancha. Ref. 5**

### 1.3.2. Pandeo Global y Local en vigas y columnas:

Este tipo de falla ya se ha observado anteriormente en los miembros de acero. El pandeo global es un modo de deformación aceptable y ha sido observado en diferentes terremotos, así como se ha estudiado experimentalmente en laboratorios. Este se puede apreciar en la fig. 1.11. El problema principal con el pandeo global es que este usualmente terminan en un pandeo local, el cual después de varios ciclos de inversión de deformación produce la fractura del acero.



**Fig. 1.11--9.5.2.1 Se muestra el pandeo global de una viga de acero, la cual tuvo que ser arriostrada para su posterior reparación. Ref. 5**

Se ha demostrado experimentalmente y analíticamente que es deseable obtener una relación de ductilidad mayor que 4, con suficiente capacidad de disipación de energía para resistir los efectos del movimiento de un terremoto severo, de alta intensidad y larga duración; por esto es necesario limitar los valores de  $b/t$  más bajos a los especificados en las normas actuales. Se ha presentado pandeo local en vigas tipo "I" y columnas de SMRF durante el terremoto de Northridge, en estos casos el pandeo no se desarrolló lo suficiente para causar fallas o para disminuir la resistencia y rigidez de sus miembros, sin embargo estos deben ser reparados para evitar el futuro fisuramiento de las conexiones soldadas. El pandeo local puede servir como parámetro para tener una respuesta controlada de estas estructuras.

Se han observado que se presentan fallas prematuras debido al pandeo local para secciones tubulares rectangulares bajo la acción cargas. Este se ha detectado en al menos 2 edificios modernos. En la figura 1.12 se ilustra este tipo de pandeo.



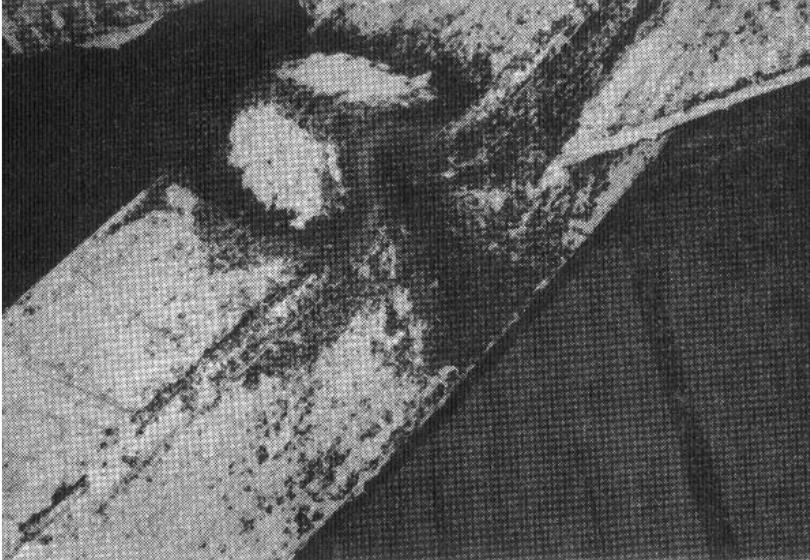


Fig. 1.12 Pandeo local ocurrido en un arriostre de sección tubular rectangular. Ref. 5

El pandeo local se ha observado en varias edificaciones después del sismo, lo cual nos indica claramente que se necesita modificar las Normas Sísmicas actuales para el diseño de estructuras acero. Debe notarse que el pandeo local en sí mismo origina deterioro gradual en el refuerzo. Las consecuencias pueden ser mucho más severas si éste origina grandes fisuras en algunas regiones, los que pueden conducir a fracturas de los arriostres, debido a la acción de esfuerzos inversos cíclicos. Esto se ha detectado en muchos arriostres después del sismo, como se muestra en la figura 1.13.

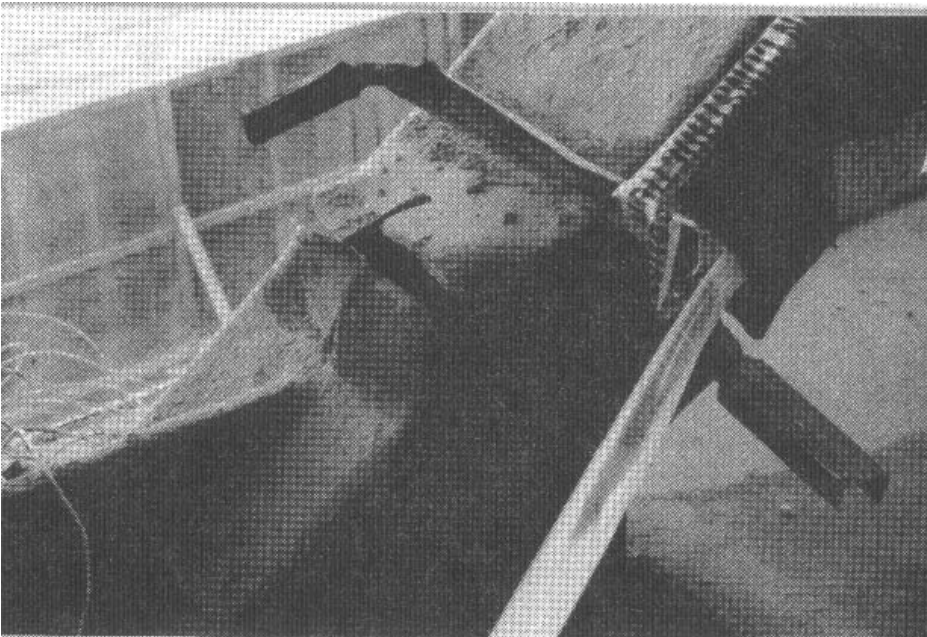


Fig. 1.13 Se aprecia como el pandeo local de una columna ha causado una fractura. Ref. 5

### 1.3.3. Fallas en conexiones soldadas:

Estas son las principales fallas que se presentaron en las edificaciones de acero durante el sismo. En la mayoría de los casos las fallas han ocurrido en la parte baja de las conexiones de viga-columna, sin embargo también, pero en un número menor se han detectado en la parte superior. Una de las posibles razones para la aparición de este tipo de falla es que la losa del piso tiende a deformarse lo que incrementa los esfuerzos en la parte inferior de la viga. Otra razón puede ser la discontinuidad de la soldadura. Debido a la presencia de la losa es más difícil inspeccionar la parte superior de la soldadura, de manera que algunas fisuras pueden pasar inadvertidas. Algunas fallas alrededor de las conexiones soldadas y en la soldadura misma son mostradas en la figura 1.14.

Es muy probable que las fisuras no se hayan propagado a todo lo largo de la soldadura viga-columna, desafortunadamente estas fisuras pueden no ser detectadas por medio de una inspección visual. En muchos casos la fractura se inicia en la intersección posterior-superior de la viga y la columna, propagándose por todo el miembro (viga o columna). Este tipo de falla se ha observado y estudiado mediante varias pruebas experimentales, así como se ha detectado en muchas de las edificaciones durante la inspección después del sismo. Sin embargo las noticias han denominado a estas fallas como "inesperadas".

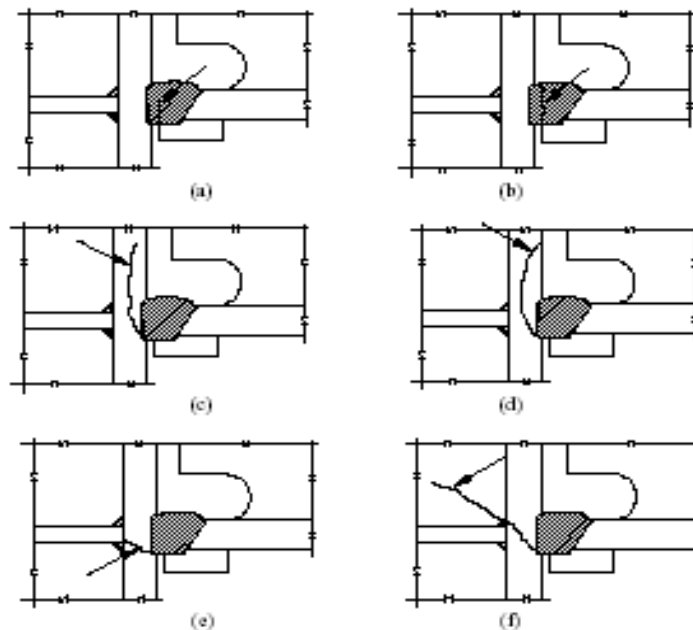


Fig. 1.14 Tipos de fallas que se presentan en una conexión viga-columna de acero. Fuente EERC.

Las figuras 1.14 (a) y 1.14 (b) corresponden a fracturas ocurridas en la soldadura en cercanías de la cara de la aleta de la columna. La fractura mostrada en la figura 1.14 (a) es

posible detectarla visualmente después de retirar la platina de respaldo o mediante ultrasonido. Se cree que en muchos de los casos esta fractura ya existía antes del sismo de Northridge.

Estas fracturas son las más comúnmente observadas.

Otro tipo de daño es el que se muestra en las figura 1.14 (c) y 1.14 (d), que se inician en la soldadura o cerca de ella subiendo a través del ala de la columna. En algunos casos la fractura se detiene en el ala figura 1.14 (c), mientras que en otros, la fractura se sale del ala a una distancia considerable de la parte superior de la soldadura figura 1.14 (d).

Las figura 1.14 (e) y 1.14 (f) muestran fracturas que atraviesan la aleta de la columna y en algunos casos continúan en el alma de ésta figura 1.14 (f).

La aparición de fisuras en el ala de la columna parecen estar relacionadas a la acumulación de esfuerzos en ella y en su conexión, estos se encuentran fuertemente influenciados por el tamaño de la sección, el tipo de acero, el procedimiento de soldadura empleado, así como por el tipo de soldadura empleado (uso de laminas continuas). Sin embargo es la primera vez que este tipo de falla se ha presentado en los EE.UU.

Como ya se menciona anteriormente el principal daño presentado se dio en las conexiones viga-columna, en donde se produjo una falla tipo frágil, debido a la rapidez con la que se presenta la fisura. Esta falla se produce debido a que este tipo de conexión transmite un momento plástico que es incapaz de resistir la columna, creando un comportamiento frágil. La unión típica entre una viga y una columna se puede apreciar en la figura 1.15, así como el detalle de la falla más común que se presenta.

## CAPÍTULO 2

# REVISIÓN DE NORMAS.

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La filosofía del diseño sismorresistente, contenida en los códigos de construcción, incluida por supuesto la COVENIN 1618-98, es proteger la seguridad pública, es decir, la vida e integridad física. Sin embargo, en los últimos años se ha incluido en la mayoría de normativas sismorresistentes del mundo el objetivo de proteger además el patrimonio, esto es, controlar el daño. Los edificios de pórticos de acero resistentes a momento en Northridge cumplieron con la premisa básica de protección de vidas, sin embargo muchos edificios que experimentaron intensidades moderadas del temblor sufrieron daños estructurales considerables [Ref. 18] no cumpliendo el propósito de control de daños implícito en los códigos.

El estudio de los daños inesperados descubiertos después del sismo de Northridge y de resultados de numerosos ensayos a escala real del tipo de conexión descrito como Pre-Northridge en el **Capítulo 1** condujeron a cambios de emergencia en las normas de construcción Norteamericanas: **Uniform Building Code (UBC-94)**, 1994 **NEHRP** en lo concerniente a conexiones resistentes a momento. Estudios posteriores llevados a cabo por **SAC Joint Venture** [Ref. 18] dentro del programa de investigación que sobre este tema se adelanta, revelaron una clara conclusión: el detalle de conexión que venía siendo usado, tal como lo prescribían los códigos en la práctica norteamericana, es inadecuado en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia.

Esta conclusión produjo cambios inevitables en las normas de construcción sismorresistente de los Estados Unidos. El tipo de conexión y especificaciones para pórticos de acero resistentes a momento que recomienda la **COVENIN 1618-98 Parte 2, Capítulo 11**, están basados en las **previsiones sísmicas de la AISC de 1992**, que se basaban a su vez en resultados de ensayos realizados en la década del 70 (**Popov, Stephen, 1972**) en los que se encontró que para las características de los miembros ensayados, una conexión en la que las alas de la viga estén soldadas, usando soldadura de penetración completa a la columna y el alma soldada o empernada, podrían desarrollar rotaciones inelásticas en el intervalo de 0,01 a 0,015 rad, lo que se consideró suficiente para el desempeño adecuado de los pórticos. Sin embargo investigaciones posteriores han demostrado que las condiciones actuales de diseño requieren intervalos de deformación inelástica mayores, entre 0,01 y 0,03 rad [Ref. 2].

Las previsiones sísmicas para edificios estructurales de acero de la AISC 1997 consideran tres tipos de pórticos resistentes a momento: **especiales**, **intermedios** (no incluidos en previsiones anteriores) y **ordinarios**. Igualmente la **COVENIN 1618-98** incluye pórticos resistentes a momento con capacidades de disipación de energía: especial (ND3), moderada (ND2) y mínima (ND1). Sin embargo los cambios realizados en las previsiones sísmicas de la AISC buscan proveer a los pórticos una capacidad de deformación inelástica mayor, que debe

ser justificada mediante ensayos de la conexión. Esto no quiere decir que se requieran ensayos específicos para cada diseño, excepto cuando el diseño es único y no existen publicaciones o resultados de ensayos disponibles que representen adecuadamente las condiciones de la conexión usada.

**TABLA 2-1**  
**TIPOS DE PÓRTICOS RESISTENTES A MOMENTO**

<b>Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, AISC 1997</b>	<b>COVENIN 1618-98</b>
Special Moment Frames (SMF)	NIVEL DE DISEÑO 3 (ND3)
Intermediate Moment Frames (IMF)	NIVEL DE DISEÑO 2 (ND2)
Ordinary Moment Frames (OMF)	NIVEL DE DISEÑO 1 (ND1)

Teniendo en cuenta la importancia de los resultados de las investigaciones adelantadas hasta el momento con especímenes de conexiones en Estados Unidos, y la importancia que vienen cobrando los sistemas estructurales de acero en Venezuela, es importante que nuestra norma se actualice al respecto.

Este trabajo se enfoca en las recomendaciones necesarias para lograr pórticos de acero resistentes a momento que presenten el comportamiento esperado bajo las cargas de servicio y cargas sísmicas de diseño.

## **2.2 ACTUALIZACIÓN DEL CAPÍTULO 11 DE LA COVENIN 1618-98**

A continuación se ilustran los cambios y actualizaciones que, a raíz del sismo de Northridge, se llevaron a cabo por el AISC en el documento Previsiones Sísmicas Para Edificios de Acero Estructural [Ref. 2]. Se actualizó el Capítulo 11, sin embargo, teniendo en cuenta el alcance de este trabajo, la atención se centra en lo correspondiente a las provisiones para conexiones viga a columna en pórticos resistentes a momento (secciones 11.1 hasta 11.4 COVENIN 1618-98) para las cuales se presentan además los comentarios pertinentes.

Para facilitar la lectura de éste Capítulo e identificar fácilmente los cambios que tuvieron lugar en las nuevas provisiones sísmicas, y que deben incluirse en la revisión de la COVENIN 1618-98, se presenta el texto actual de la misma. Las provisiones que deben borrarse de la norma aparecen **tachadas**, las inclusiones **subrayadas**, mientras que el texto que no cambia permanece igual. Adicionalmente todo el texto correspondiente a normas y provisiones aparece desplazado a la derecha, en cursiva y en un tamaño menor.

El texto correspondiente a comentarios, dónde estos son pertinentes, aparece con el formato usado hasta el momento en este trabajo. El siguiente párrafo ilustra las convenciones utilizadas:

*Las frases que fueron eliminadas se representaran tachadas de esta forma: ~~Esta frase es representativa~~*

*Las frases agregadas se representaran con un subrayado Esta frase es representativa.*

*Y donde no exista ni tachado ni subrayado no hay modificación.*

## **PARTE 2 SISTEMAS ESTRUCTURALES EN ACERO.**

### **CAPITULO 11 REQUISITOS SISMORESISTENTES PARA PORTICOS DE ACERO.**

#### **COVENIN-MINDUR**

##### **11.1 ALCANCE.**

Este Capitulo contiene los requisitos mínimos de diseño sismorresistente para cada Nivel de Diseño de los pórticos de acero solos o en combinación con pórticos arriostrados que forman parte del sistema resistente a sismos.

##### **11.2 REQUISITOS PARA PORTICOS DE ACERO CON NIVEL DE DISEÑO ND1**

Se espera que los miembros, juntas y conexiones de los pórticos de acero proyectados, detallados, inspeccionados y construidos con el Nivel de Diseño ND1 sean capaces de soportar limitadas deformaciones inelásticas cuando sean sometidos a las fuerzas resultantes de los movimientos sísmicos de diseño que actúan conjuntamente con otras acciones, tal como se definió en el Capitulo 9.

Los pórticos con Nivel de Diseño ND1 cumplirán con todos lo requisitos de este articulo.

## **AISC: Seismic provisions**

### **11. PORTICO RESISTENTE A MOMENTO CON CAPACIDAD MINIMA DE DISIPACION DE ENERGIA (OMF).**

#### **11.1. Alcance.**

*“Pórtico resistente a momento con capacidad mínima de disipación de energía (OMF) se espera que resista deformaciones inelásticas mínimas en sus miembros y conexiones cuando estén sujetó a las fuerzas resultantes del sismo de diseño. OMF reunirá los requisitos en esta Sección.”*

## **COVENIN-MINDUR**

### **11.2.1 Conexiones viga-columna.**

“Las conexiones viga-columna se harán con pernos de alta resistencia o soldadura. Las conexiones podrán ser conexiones Tipo TR, conexiones rígidas, o Tipo PR, conexiones semirrígidas, que cumplen respectivamente con los requisitos de las secciones 11.2.2 y 11.2.3.”

## **AISC: Seismic provision**

### **11.2. Conexiones viga-columna.**

**11.2a.** *“Las conexiones viga-columna deberán ser realizadas con soldaduras y/o pernos de alta resistencia. Se permiten conexiones que sean total (FR) o parcialmente restringidas (PR) cumpliendo con lo siguiente.”*

## **COVENIN-MINDUR**

### **11.2.2 Conexiones rígidas.**

“Las conexiones viga-columna que forman parte del sistema resistente a sismo se diseñará para un momento flector  $M_U$  igual o mayor que  $1.1 R_Y M_P$  el momento de la viga o el máximo momento que puede ser transmitido por el sistema, cualquiera que sea el menor.

En las conexiones con juntas de alas soldadas, se eliminarán las platinas de respaldo y de extensión, y la soldadura se reparará incluyendo el uso de un filete de soldadura como refuerzo, excepto que en el ala superior se permitirá dejar la platina de respaldo si está fijada en su borde inferior al ala de la columna por medio de un filete continuo de soldadura.

No se utilizara soldadura de ranura de penetración parcial o soldaduras de filete para resistir las fuerzas de tracción en las conexiones.

~~Alternativamente, el diseño de todas las juntas viga — columna y las conexiones del~~

~~sistema resistente a sismos se basara en resultados de ensayos bajo cargas cíclicas, realizados y calificados según el Anexo F, y que hayan demostrado que tienen al menos una capacidad de rotación inelástica de 0.01 radianes. Los resultados experimentales consistirán de al menos dos ensayos bajo cargas cíclicas.”~~

### **AISC: Seismic provision**

**“1. Se diseñarán conexiones FR** que sean parte del sistema sismo resistente para una resistencia requerida a flexión  $M_u$  que sea el menor entre **1.1RyMp** de la viga o el momento del máximo que pueda alcanzar el sistema. Para las conexiones con alas soldadas, las planchas de respaldo del ala y las planchas de extensión deberán ser removidas excepto que la plancha de respaldo del ala superior si esta conectada al ala de la columna con una soldadura de filete continúa en el borde inferior de la soldadura de penetración completa. Después de remover las planchas de respaldo, se deberá reparar la superficie y agregar un cordón de soldadura de filete.

*Las planchas de extensión deberán removerse la superficie pulirse y suavizarse. No deberán usarse soldaduras de penetración parcial ni de filete por un solo lado para resistir fuerzas de tensión en las conexiones. La soldadura de penetración parcial y de filete por los dos lados que resisten fuerzas de tensión, las conexiones deberán diseñarse para resistir el esfuerzo requerido de **1.1Ry Fy Ag** del elemento o parte conectada”*

### **COVENIN-MINDUR**

#### **11.2.3 Conexiones semirrígidas.**

“Se autorizará el uso de las conexiones semirrígidas descritas en el artículo 3.4, cuando se cumpla los siguientes requisitos:

1. la resistencia minorada de la conexión satisface los requisitos del Artículo 11.2.
2. la resistencia teórica a flexión de la conexión es igual o mayor que la mitad del momento plástico de las vigas o columnas conectadas; cualquier que sea el menor.
3. la conexión ha demostrado en ensayos bajo cargas cíclicas que tiene una adecuada capacidad de rotación para la deriva del entrepiso calculada conforme a los requisitos de la norma venezolana COVENIN – MINDUR 1618-98 *Edificaciones Sismorresistentes*.
4. en el diseño se ha considerado la rigidez y la resistencia de las conexiones semirrígidas, incluyendo los efectos sobre la estabilidad del conjunto de la edificación.”

### **AISC: Seismic provision**

**2. “Se permiten conexiones PR momento** cuando los requisitos siguientes se reúnen:

1. Tales conexiones mantendrán la resistencia de diseño especificada en



### **Sección 11.2a.1.**

2. *La resistencia nominal a flexión de la conexión no será menor que el 50% del  $M_p$  menor entre la viga o columna conectada.*
3. *La rigidez y resistencia de las conexiones PR a momento serán consideradas en el diseño, incluyendo los efectos de estabilidad del pórtico.”*

## **COVENIN-MINDUR**

### **11.2.4 Solicitaciones por fuerza cortante en las conexiones.**

“En las conexiones totalmente restringidas viga – columna, Tipo TR, la fuerza cortante mayorada,  $V_u$ , se determinará para la combinación de solicitaciones 1.2 CP +  $\gamma$  CV mas el corte que resulta del momento mayorado  $M_u$  definido en la sección 11.2.2.

En las conexiones parcialmente restringidas, Tipo PR, la fuerza cortante mayorada,  $V_u$ , se obtendrá usando la combinación de solicitaciones 1.2 CP +  $\gamma$  CV mas el corte que resulta del máximo momento en el extremo de la viga que la conexión semirígida sea capaz de resistir.

El factor  $\gamma$  que afecta a las acciones variables CV corresponde al porcentaje de las mismas utilizando en la determinación del peso total de la edificación, según el Artículo 7.1 de la norma venezolana COVENIN – MINDUR 1618-98.”

### **AISC: Seismic provision**

*“11.2b. Para las conexiones FR momento, la resistencia a corte requerida  $V_u$  de una conexión viga-columna se determinará usando la carga de combinación **1.2D+0.5L+0.2S** más la cortante que es el resultado de la aplicación de **1.1Ry Fy Z** en el sentido opuesto en cada extremo de la viga. Alternativamente, el uso de un valor menor de  $V_u$  se permite si está justificado por un análisis racional.*

*En las conexiones de PR momento,  $V_u$  se determinará de la combinación de carga anterior, mas la cortante resultante del máximo momento del extremo de máximo que las conexiones PR a momento sea capaz de resistir.”*

## **COVENIN-MINDUR**

### **11.2.5 Planchas de Continuidad.**

“En las conexiones totalmente restringidas, Tipo TR, ejecutadas por medio de soldadura directa de las alas de las vigas o de las planchas de conexión a las alas de las columnas, se

colocaron planchas de continuidad para transmitir las fuerzas de las alas de las vigas al alma o almas de la columna. El espesor de las planchas de continuidad será como mínimo el espesor del ala de la viga o de la plancha de conexión del ala de la viga. Las juntas de las planchas de continuidad a las alas de la columna se harán con soldadura de ranura de penetración completa, o con soldaduras de ranura de penetración parcial por ambas caras de la plancha combinada con refuerzos de soldadura de filete, o con soldadura de filete en ambas caras de las planchas.

La resistencia minorada de las soldaduras será al menos igual a la resistencia minorada del área de contacto de la plancha con el ala de la columna. La conexión de la plancha de continuidad al alma de la columna tendrá una resistencia minorada al corte igual al menor valor entre los siguientes:

1. La suma de las resistencias minoradas en las conexiones de la plancha a las alas de la columna.
2. La resistencia minorada al corte del área de contacto de la plancha con el alma de la columna.
3. La resistencia minorada de la soldadura requerida para desarrollar la resistencia minorada al corte de la zona del panel de la columna.
4. La fuerza transmitida por las planchas de continuidad.

Las planchas de continuidad podrán ser obviadas únicamente cuando se demuestre experimentalmente que la conexión tiene la capacidad de rotación inelástica exigida en la sección 11.2.2 sin ellas.”

### **AISC, seismic provision**

#### **Planchas de continuidad.**

*“Cuando las **conexiones FR a momento** se conecten soldando las alas de la viga o las planchas de conexión de las alas a la viga directamente a las alas de la columna, se deben usar planchas de continuidad para transmitir las fuerzas de las alas de la viga al alma de la columna. Estas deberán tener un espesor mínimo igual al de las alas de la viga o al de las planchas de conexión de las alas de la viga. En las juntas soldadas de la plancha de continuidad a las alas de la columna deberá usarse, soldadura de penetración completa, soldadura de penetración parcial por ambos lados reforzada con soldadura de filete, y deberán tener una resistencia de diseño que sea por lo menos igual a la resistencia de diseño del área de contacto con el ala de la columna.*

*Las juntas soldadas de las planchas de continuidad al alma de la columna deberán tener una resistencia de diseño al corte que sea por lo menos igual a la menor de:*

***a.** La sumatoria de las resistencias de diseño en las conexiones de la plancha de continuidad a las alas de la columna.*

*b. La resistencia de diseño a cortante del área de contacto de la plancha con el alma de la columna.*

*c. La resistencia de diseño de la soldadura que desarrolle la resistencia de diseño a cortante de la zona de panel de la columna.*

*d. La fuerza real transmitida por rigidizador.*

*No se requieren planchas de continuidad si las conexiones ensayadas demuestran que la rotación inelástica necesaria puede lograrse sin su uso.”*

## **COVENIN-MINDUR**

### **11.3 REQUISITOS PARA PORTICOS DE ACERO CON NIVEL DE DISEÑO ND2.**

“Se espera que los miembros, juntas y conexiones de los pórticos de acero proyectados, detallados, inspeccionados y construidos con el nivel de diseño ND2 sean capaces de soportar deformaciones inelásticas moderadas cuando sean sometidas a las fuerzas resultantes de los movimientos sísmicos de diseño que actúan conjuntamente con otras acciones, tal como se definió en el capítulo 9. Los pórticos que satisfagan los requisitos del presente artículo serán diseñados de manera que las deformaciones inelásticas inducidas por el sismo sean por la cadencia de los miembros del pórtico cuando se usen conexiones de momento, Tipo TR, o por la cadencia de los elementos de las conexiones cuando se utilicen conexiones semirrigidas, Tipo PR.

Los pórticos con nivel de diseño ND2 cumplirán con todos los requisitos establecidos en el artículo 11.4 para el nivel de diseño ND3, excepto las modificaciones que se indican a continuación:”

#### **AISC: Seismic provision.**

### **10. PORTICO RESISTENTE A MOMENTO CON CAPACIDAD MODERADA DE DISIPACION DE ENERGIA (FMI).**

#### **10.1. Alcance.**

*“Pórtico a momento capacidad moderada (FMI) se espera que resista deformación inelástica limitada en sus miembros y conexiones cuando estén sujetos a las fuerzas que son el resultado de los movimientos del sismo de diseño. FMI cumplirán los requisitos de esta sección”.*

#### **COVENIN-MINDUR**

#### **11.3.1 Relación ancho / espesor.**

~~“Las vigas y columnas cumplirán con los valores límites ancho / espesor para secciones compactas,  $L_p$ , de la tabla 4.1. Cuando el valor de la fórmula (11-3) sea igual o menor que 1.25, las columnas cumplirán con el valor límite ancho / espesor de las secciones para diseño plástico,  $L_{pd}$ , de la Tabla 4.1.~~

### **11.3.2 Arriostramiento lateral de las vigas**

~~—Las vigas deberán tener ambas alas soportadas lateralmente, bien sea directa o indirectamente. La longitud no arriestrada entre los apoyos laterales no excederá de  $0.12 ( E / F_y ) r_y$ . Adicionalmente se colocaran arriostramientos laterales en los puntos de aplicación de las cargas concentradas, de cambios de sección transversal y donde el análisis indique que se formara una rotula plástica durante las deformaciones inelásticas del pórtico dúctil resistente a momentos.”~~

### **10.3. Planchas de continuidad.**

*“Se proporcionarán planchas de continuidad con la conexión probada.”*

### **11.3.3 Conexiones y juntas viga – columna.**

“El diseño de todas las juntas viga- columna y conexiones del sistema resistente a sismos se basara en resultados de ensayos bajo cargas cíclicas, realizados y calificados conforme con el Anexo F y que hayan demostrado que tiene al menos una capacidad de rotación inelástica de 0.02 radianes. Los resultados experimentales consistirán de al menos dos ensayos bajo cargas cíclicas que satisfacen los requisitos del artículo 11.4.

Los resultados experimentales deberán demostrar que la resistencia a flexión de la conexión determinada en la cara de la columna, es al menos igual al momento plástico teórico,  $M_p$ , de las vigas ensayadas bajo los requisitos de rotación inelástica (vease al Anexo C), salvo las excepciones que se contemplan a continuación:

1. Cuando el momento resistente de la viga este controlado por el pandeo local de las alas en lugar de por lo limites de cadencia de la misma, o cuando en las conexiones que incorporan vigas con sección reducida, la resistencia mínima a flexión será 0.8 veces el valor de  $M_p$  de las vigas ensayadas.
2. Cuando se demuestre mediante un análisis que incluya consideraciones sobre la estabilidad total de la estructura y el efecto P-D, que la deriva adicional debida a las deformaciones en la conexión no perjudican a la estructura, podrán utilizarse conexiones que se acomoden a la demanda de rotación y mantiene la resistencia minorada requerida en el articulo 11.3.”

### **10.2 Conexiones Viga-Columna.**

*10.2a. “El diseño de todas las conexiones y juntas viga-columna usadas en el sistema sismo resistente deberá estar basado en resultados de pruebas cíclicas calificadas de acuerdo con el procedimiento Standard de ensayo que demuestra un ángulo de deriva de entrepiso de por lo menos 0.02 radianes. Los resultados calificados de los ensayos cíclicos consistirán en por lo menos dos pruebas cíclicas y cumplirá los requisitos en **Sección 9.2<sup>a</sup>**.”*

*10.2b. “Los ensayos de las conexiones viga-columna demostrar una resistencia a la*

flexión , en la cara de la columna por lo menos igual al momento plástico nominal de la viga  $M_p$  cuando se presente la rotación inelástica requerida), exceptúe como sigue:

*a. Cuando el pandeo local de la viga gobierne la resistencia a flexión de la misma, o cuando se usen conexiones que incorporen **Secciones de Viga Reducida**, la resistencia a flexión mínima será **0.8Mp** de la viga ensayada.*

*b. Se permiten conexiones que acoplen las rotaciones requeridas entre los elementos de conexión y mantenga la resistencia de diseño especificada, con tal de que pueda ser demostrado por un análisis racional que demuestre que cualquier deriva adicional debido a la deformación de conexión pueda ser tomado por la estructura. El tal análisis racional incluirá los efectos de estabilidad de todo el pórtico que incluye efectos de segundos orden.*

*c. La resistencia de corte requerida  $V_u$  de la conexión viga-columna se determinara con la carga de combinación **1.2D+0.5L+0.2S** más el corte que es el resultado de la aplicación de un momento de magnitud igual a **1.1R<sub>y</sub> F<sub>y</sub> Z** en el sentido opuesto en cada extremo de la viga. Como alternativa,  $V_u$  se podrá justificar mediante un análisis racional. La resistencia requerida al corte no puede exceder el valor que resulta de aplicar la **Carga de Combinación 4-1.0.**”*

## **11.4 REQUISITOS PARA PORTICOS DE ACERO CON NIVEL DE DISEÑO ND3**

“ Los miembros, juntas y conexiones de los pórticos de acero proyectados, desarrollados, inspeccionados y construidos con el Nivel de Diseño ND3 sean capaces de soportar deformaciones inelásticas significativas cuando sean sometidos a las fuerzas resultantes de los movimientos sísmicos de diseño que actúan conjuntamente con otras acciones, tal como se definió en el capítulo 9. Los pórticos con Nivel de Diseño ND3 cumplirán con todos los requisitos de este artículo.”

### **AISC: Seismic provision**

## **9. PORTICO RESISTENTE A MOMENTO CON CAPACIDAD ESPECIAL DE DISIPACION DE ENERGIA (SMF).**

### **9.1. Alcance.**

“ Los pórticos resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía (SMF) se espera que resista deformaciones inelásticas significativas cuando estén sujetos a las fuerzas resultantes de los movimientos del sismo de diseño. **SMF** reunirá los requisitos de esta sección.”

## **COVENIN-MINDUR**

### **11.4.1 Relación ancho / espesor.**

“Las vigas cumplirán con los valores límites ancho / espesor de las alas para secciones para

diseño plástico,  $\lambda_{pd}$ , y las columnas con los valores límites ancho / espesor para secciones compactas  $\lambda_p$ , establecidas en la tabla 4.1. Cuando el valor de la fórmula (11-3) sea igual o menor que 1.25, las columnas cumplirán con el valor límite ancho / espesor de ala secciones para diseño plástico,  $\lambda_{pd}$ , de la tabla 4-1.”

### AISC: Seismic provision

**9.4. b. Relaciones ancho espesor:** “Las vigas de los pórticos *SMF* obedecerán  $\lambda_p$  establecidos en la **Tabla I-9-1**. Cuando la relación de la **Ecuación 9-3** es menor o igual que  $1.25$ , las columnas deberán cumplir con los  $\lambda_p$  en la **Tabla I-9-1**. De lo contrario, las columnas deberán cumplir con los  $\lambda_p$  en Especificación de **LRFD Tabla B5.1**.”

Tabla I-9-1.

#### Relaciones límite ancho-espesor $\lambda_p$ para elementos a compresión

Descripción de elementos	Relación Ancho-Espesor	Relación límites ancho espesor del elemento $\lambda_p$
Alas de perfiles Sección I, vigas híbridas o soldadas y canales sometidos a flexión	$\frac{bf}{2tf}$	$\frac{bf}{2tf} = \frac{436}{\sqrt{F_y}}$ (MKS)
Almas sometidas a combinación de flexión y compresión axial	$\frac{h}{tw}$	$\frac{h}{tw} = 0.125$ $1365\sqrt{\phi_y} \cdot \left(1 - 1.54 \frac{P_u}{\phi_b \cdot P_y}\right)$
		$\frac{h}{tw} > 0.125$ $\frac{4361}{\sqrt{F_y}} \cdot \left(1 - 1.84 \frac{P_u}{0.9P_y}\right)$
Secciones circulares en compresión axial o flexión	$\frac{d}{t}$	$\frac{9100}{F_y}$
Secciones tubulares rectangulares compresión axial o flexión	$\frac{d}{t}$ o $\frac{hc}{t}$	$\frac{290}{\sqrt{F_y}}$

### COVENIN-MINDUR

#### 11.4.2 Área de las alas de las vigas.

“ En las regiones de formación de rotulas plásticas no se permitirán cambios abruptos en el área de las vigas. Se permitirá el taladro o recorte de las alas de las vigas cuando experimentalmente se demuestre que la sección resultante puede desarrollar rotulas plásticas estables que satisfacen los requisitos de la subsección 11.4.4.2. Las vigas de sección reducida, tal como se define en el Anexo G, satisfarán los requisitos de capacidad del artículo 11.4.”

## **AISC: Seismic provision**

### **9.4 Limitaciones a las vigas y a las columnas.**

**9.4. a. “Área del ala de la viga:** *No habrá cambios abruptos en las áreas de las alas de la viga en regiones de articulación plástica. El taladrado de agujeros en las alas o el recorte del ancho de las alas de la viga es permitido si se demuestra mediante ensayos que la configuración resultante puede desarrollar articulaciones plásticas estables que reúnan los requisitos en la sección 9.2.b. La Sección de la Viga Reducida cumplirá con la resistencia de diseño especificada en la sección 1. )”*

## **COVENIN-MINDUR**

### **11.4.3 Arriostramiento lateral de las vigas.**

“Las vigas deberán tener ambas alas soportadas lateralmente, bien sea directa o indirectamente. La longitud no arriostrada entre los apoyos laterales no excederá de  $0.084 (E/F_y) r_y$ . Adicionalmente se colocaran arriostramientos laterales en los puntos de aplicación de las cargas concentradas, de cambios de sección transversal y donde el análisis indique que se formara una rotula plástica durante las deformaciones inelásticas del pórtico dúctil resistente a momentos.

En las vigas de sección reducida, la colocación de los arriostramientos laterales será consistente con los usados durante los ensayos realizados según el Anexo F. los arriostramientos laterales adyacentes a la zona de sección reducida cumplirán con los requisitos que se exigen a los arriostramientos de la viga eslabón en la sección 13.2.4.”

## **AISC: Seismic provision**

### **9.8 Apoyo lateral de Viga.**

*“Se apoyarán lateralmente directamente o indirectamente ambas alas de la viga. La longitud sin arriostramiento entre los apoyos laterales no excederá  $2500r_y/F_y$  ( $17500r_y/F_y$ ). Además se pondrán apoyos laterales en los puntos de aplicación de las cargas concentradas, cambios en la sección transversal y otros sitios donde el análisis indique que se formara una rotula plástica durante las deformaciones inelásticas del SMF.*

*Si se usan miembros con Secciones de Viga Reducidas en pórticos SMF, ensayados de acuerdo con el procedimiento Standard del Anexo S, la colocación de soporte lateral para el miembro será consistente con el usado en los ensayos. Cualquier soporte lateral adyacente a la Sección de la Viga Reducida deberá cumplir con los requisitos de la **sección 15.5.**)”*

## **COVENIN-MINDUR**

### **11.4.4 Conexiones y juntas viga – columna.**

**11.4.4.1** “El diseño de todas las juntas viga – columna y las conexiones del sistema resistente a sismos se basaran en resultados bajo cargas cíclicas, realizados y

calificados conforme con el Anexo F y que hayan demostrado que ~~tienen al menos una capacidad de rotación inelástica de 0.03~~ ángulo de deriva de por lo menos 0.04 radianes. Los resultados experimentales calificados consistirán de al menos dos ensayos bajo cargas cíclicas que satisfacen uno de los siguientes requisitos:”

### **AISC: Seismic provision**

#### **9.2. Conexiones viga-columna.**

*9.2a. “El diseño de todas las conexiones viga-columna usadas en el sistema de resistencia lateral deberá basarse en resultados de pruebas cíclicas de calificación de acuerdo con el procedimiento estándar de ensayo de la **Anexo S** que demuestren un ángulo de deriva de por lo menos 0.04 radianes. Los resultados de las pruebas calificadas consistirán por lo menos de dos pruebas cíclicas y se permitirán ser basado en uno de los requisitos siguientes:*

*1. Ensayos realizados específicamente para el proyecto y representativo de las dimensiones de los miembros, resistencia de los materiales, configuraciones de las conexiones, y compatibilidad de los procesos de conexión a ser utilizados en el proyecto.”*

### **COVENIN-MINDUR**

“La Pruebas realizadas en investigaciones o pruebas documentadas para otros proyectos que demuestren en acuerdo con las condiciones del proyecto.).

La interpolación o la extrapolación de los resultados experimentales para miembros de dimensiones diferentes a los ensayos deberán justificarse mediante un análisis que demuestre que la distribución de las tensiones y la magnitud de las tensiones internas son consistentes con la de los especímenes ensayados, y que se han tomado en cuenta los efectos potencialmente adversos de mayor escala, espesor de la soldadura y variación en las propiedades de los materiales. La extrapolación de los resultados experimentales se limitara a combinaciones de miembros de dimensiones similares.”

### **AISC: continuación Conexiones viga-columna**

*“ Interpolación o extrapolación de resultados de la prueba para diferentes tamaños de miembro deberán justificarse mediante el análisis racional que demuestren que las distribuciones y magnitudes de esfuerzos internos son consistentes con los modelos ensayados, probadas considerando los efectos negativos de miembros y espesores de soldadura mas grande, así como variaciones en las propiedades del materiales. La extrapolación de resultados de los ensayos deberán basarse en las combinaciones similares de los tamaños de los miembros.”*

### **COVENIN-MINDUR**

“ Las conexiones diseñadas con base en los resultados experimentales, se fabricaran y construirán usando los materiales, configuraciones, procesos, y aseguramiento de la calidad lo mas semejantemente posible a los usados en los ensayos. Los controles y métodos de aseguramiento de la calidad cumplirán como mínimo con los requisitos del capítulo 32.



Cuando el valor de la tensión de cadencia mínima especificada,  $F_y$ , determinado experimentalmente en las vigas sea inferior en un 15% al valor de la tensión cedente esperada,  $F_y$ , no se utilizarán los resultados experimentales para calificar el ensayo. De igual manera no se calificará el ensayo cuando  $F_y$  determinado experimentalmente en las columnas y los elementos de conexión presente una variación, por exceso o por defecto, mayor del 15% con respecto al valor de la tensión cedente esperada,  $F_y$ .”

### **AISC: continuación Conexiones viga-columna**

*“2. Pruebas realizadas específicamente por el proyecto y que representen adecuadamente los tamaños, resistencias del material, configuraciones de la conexión y el montaje de la misma.*

*Las conexiones deberán construirse usando materiales, configuraciones, procesos de montaje, y los métodos de control de calidad que represente lo mas cercanamente posible las condiciones de la conexión ensayada. Como mínimo, los métodos de control de calidad deben cumplir con los requerimientos de la **sección 16**.*

*Las columnas y elementos de conexión con una resistencia a la cedencia ensayada que este a más de 15% sobre o debajo de  $F_y$  (resistencia a la cedencia esperada) no se usará en pruebas de calificación.”*

### **COVENIN-MINDUR**

**“11.4.4.2** Los resultados experimentales deberán demostrar que la resistencia a flexión de la conexión determinada en la cara de la columna, es al menos igual al momento plástico teórico,  $M_p$ , de las vigas ensayadas bajo los requisitos de rotación inelástica (ver el Anexo F), salvo las excepciones que se contemplan a continuación:

1. Cuando el momento resistente de la viga este controlado por el pandeo local de las alas en lugar de por los límites de cedencia de la misma, o cuando en las conexiones que incorporen vigas con sección reducida, la resistencia mínima a flexión será 0.8 veces el valor de  $M_p$  de las vigas ensayadas.

2. Cuando se demuestre mediante análisis que incluya consideraciones sobre la estabilidad total de la estructura y el efecto P-D, que la deriva adicional debida a las deformaciones en la conexión no perjudican a la estructura, podrán utilizarse las conexiones que se acomodan a la demanda de rotación y mantienen la resistencia minorada requerida en la sección 11.4.”

### **AISC: Seismic provision**

**“9.2b.** *Los ensayos de las conexiones viga-columna deben demostrar una resistencia a la flexión, en la cara de la columna, por lo menos igual al momento plástico nominal de la viga  $M_p$  cuando se presente la rotación inelástica requerida (vea Anexo S), a excepción de lo siguiente como sigue:*

*a. Cuando el pandeo local de la viga gobierne la resistencia a flexión de la misma o cuando se usen conexiones que incorporen **secciones reducidas de viga**, la resistencia mínima a la flexión deberá ser 0.8Mp de la viga ensayada.*

*b. Se permitirá el uso de conexiones que se adecuen a las rotaciones requeridas entre los elementos conectados y conserven la resistencia de diseño especificada siempre y cuando se demuestre con un análisis racional que cualquier deriva adicional debida a la deformación de la conexión pueda ser tomada por la estructura. El análisis racional incluirá los efectos de estabilidad de todo el pórtico incluyendo efectos de segundo orden.”*

## COVENIN-MINDUR

### “11.4.4.3 Solicitaciones por fuerza cortante en las conexiones.

La fuerza cortante mayorada,  $V_u$ , en una conexión viga – columna se determinara usando la combinación de solicitaciones 1.2 CP +  $\gamma$  CV mas el corte que resulta de aplicar momentos de sentidos opuestos en los extremos de la viga, iguales a 1.1 Ry Fy Z. El factor  $\gamma$  que afecta a las acciones variables CV corresponden al porcentaje de las mismas utilizado en la determinación del peso total de la edificación, según el artículo 7.1 de la norma venezolana COVENIN-MINDUR 1618-98. Alternativamente, podrá justificarse mediante análisis estructural el uso de un valor menor para  $V_u$ . El corte mayorado,  $V_u$ , no excederá el corte que resulta de la combinación de solicitaciones (10-9).”

### AISC: Seismic provision

*“9.2c. La resistencia requerida al corte  $V_u$  de una conexión viga-columna se determinara con la carga de combinación 1.2D+0.5L+0.2S más el corte que resulta de la aplicación de 1.1RyFyZ en sentido contrario en cada extremo de la viga. Alternativamente, un valor menor de  $V_u$  se permite si se justifica por un análisis racional. La resistencia requerida al corte no excederá el valor que resultado de aplicar la Carga de Combinación 4-1.”*

## COVENIN-MINDUR

### 11.4.5 “Zona del panel en conexiones viga-columna.

En la zona del panel de las conexiones viga – columna, cuyas respectivas almas son paralelas, se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

#### (a) Fuerza cortante.

La fuerza cortante mayorada,  $V_u$ , en la zona de panel, se calculara aplicando las combinaciones de solicitaciones (10-9) y (10-10) a las vigas que se conectan a la columna en el plano del pórtico. Sin embargo,  $V_u$  no excederá las fuerzas cortantes calculadas con 0.8 SM\*pb de las vigas conectadas a las alas de la columna.”

La resistencia minorada al corte de la zona de panel,  $F_i R_v$ , se determinara con  $F_{iv}=0.75$  y la formula, según corresponda:

Cuando  $N_u \leq 0.75 N_y$ .

$$\phi R_v = 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_p \cdot \left[ 1 + \frac{3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2}{d_v \cdot d_c \cdot t_p} \right] \quad (20-11).$$

Cuando  $N_u > 0.75 N_y$ , la resistencia teórica  $R_v$  se calculará con la fórmula (20-12):

$$\phi R_v = 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_{wc} \cdot \left[ 1 + \frac{3 b_{fc} t_{fc}^2}{d_v d_c t_p} \right] \cdot \left( 1.9 - \frac{1.2 P_u}{P_y} \right) \quad (20-12)$$

En estas fórmulas.

$F_y$  = resistencia especificada a la cedencia del acero en la zona de panel.

$b_{fc}$  = ancho del ala de la columna.

$d_v$  = altura total de la viga.

$d_c$  = altura total de la sección transversal de la columna.

$t_{fc}$  = espesor de ala de la columna.

$t_p$  = espesor total de la zona de panel, incluidas las planchas adosadas.

### AISC: Seismic provision

**“ 9.3a Resistencia al corte:** *El espesor requerido de la zona de panel se determinará de acuerdo con el método usado para dimensionar la zona de panel de la conexión ensayada. Como mínimo, la resistencia a cortante requerida  $V_u$  de la zona de panel deberá determinarse de la sumatoria de momentos en las caras de la columna partiendo de los momentos esperados en los puntos de rotulas plásticas.*

NOTA: En este documento para señalar las dimensiones de los perfiles de vigas la FEMA utiliza como subíndice la letra “v” (viga) y la AISC utiliza la letra “b” (beam)

*La resistencia de diseño al corte  $F_v \cdot R_v$  de la zona panel se determinará con la siguiente ecuación usando  $F_v = 1$ . Cuando  $P_u \leq 0.75 P_y$ ”,*

$$V_n = 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_p \cdot \left\{ 1 + \frac{3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2}{d_v \cdot d_c \cdot t_p} \right\} \quad (9.1).$$

*Cuando  $P_u > 0.75 P_y$ ,  $R_v$  que usa especificación de LFRD ecuación K1-12 se calculará.*

*$t_p$  = el espesor total de zona de panel que incluye planchas (doble), inch (mm).*

*$d_c$  = altura total de la sección transversal de la columna, inch.*

*$b_{fc}$  = ancho del ala de la columna, inch (mm).*

$t_{cf}$  = espesor de ala de la columna, inch (mm).

$d_b$  = altura total de la viga, inch (mm).

$F_y$  = resistencia especificada mínima a la cedencia, del acero en la zona de panel, ksi (Mpa).

## COVENIN-MINDUR

(b) Espesor de la zona de panel.

El espesor individual de las almas de la columna y de las planchas adosadas, cuando sean utilizadas, deberá satisfacer la condición:

$$t \geq \frac{(d_z + w_z)}{90} \quad (11-1).$$

$d_z$  = La altura de la zona de panel entre las planchas de continuidad (rigidizador de alas).

$t$  = Espesor del alma de la columna o de la plancha adosada.

$w_z$  = El ancho de la zona de panel entre las alas de la columna.

“Alternativamente, cuando se prevenga el pandeo local del alma de la columna y las planchas adosadas por medio de soldaduras de tapón entre ellas, el espesor total de la zona del panel cumplirá con la formula (11-1).”

## AISC: Seismic provision

**“9.3b. Espesor de zona de panel:** *El espesor individual del alma de la columna y las planchas dobles,  $t$  deberá cumplir con el requisito siguiente:*

$$t \geq (d_t + W_z)/90 \quad (9-2).$$

Donde

$t$  = el espesor del alma de la columna o de la plancha doble, inch (mm).

$d_t$  = la altura de la zona de panel entre las planchas de continuidad, inch (mm).

$W_z$  = el ancho de la zona del panel entre las alas de la columna, inch (mm).

*Alternativamente, cuando el pandeo local alma de la columna y la plancha doble se previene con soldaduras del tapón entre ellos, el espesor de zona de panel total satisfará ecuación 9.2.”*

## COVENIN-MINDUR

(c) Planchas adosadas en la zona de panel.

“Las planchas adosadas se soldaran a las alas de la columna mediante soldadura de ranura de penetración completa o soldadura de filete capaces de desarrollar la resistencia minorada a

corte del espesor total de las planchas adosadas. Cuando las planchas adosadas se coloquen contra el alma de la columna, a todo lo ancho de la plancha en sus bordes superior e inferior para desarrollar proporcionalmente el total de las fuerzas transmitidas por la plancha adosada.

Cuando las planchas adosadas se coloquen alejadas del alma de la columna, se colocaran simétricamente en par y soldadas a las planchas de continuidad para desarrollar la porción de la fuerza total que se transmite a las planchas adosadas.”

#### **AISC: Seismic provision**

**“9.3c. zona de panel con planchas dobles:** *Las planchas dobles que se coloquen para aumentar la resistencia de diseño de la zona de panel, o para reducir la relación entre la altura del alma y su espesor, se conectarán a las alas de la columna, bien sea con soldadura al tope o de filete, en tal forma que se desarrollen la resistencia de diseño al corte de la plancha. Cuando las planchas dobles se disponen separadas del alma de la columna, deberán ser colocadas en pares simétricos y soldadas a las planchas de continuidad para desarrollar la parte de la fuerza total que es transmitida a las planchas dobles.”*

#### **COVENIN-MINDUR**

##### **11.4.6 Planchas de continuidad.**

“ Las planchas de continuidad a usar serán equiparables a las usadas en las conexiones ensayadas”.

#### **AISC: Seismic provision**

##### **9.5. Planchas de continuidad.**

*“Deberán suministrarse planchas de continuidad de acuerdo con las conexiones ensayadas”.*

#### **COVENIN-MINDUR**

##### **11.4.7 Relación de momentos en los nodos.**

“En los nodos de los sistemas resistentes a sismo se cumplirá con la siguiente condición:

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} \geq 1.0 \quad (11-2).$$

Donde:

$\sum M_{pc}^*$  = Sumatoria de los momentos en el punto de intersección de los ejes baricentricos de la viga y columna, determinado como la proyección de la suma de la resistencia teórica a flexión plástica de la columna en los extremos superior e inferior de la conexión a momento de la viga, incluyendo las cartelas cuando existan, menos las fuerzas normales de la columna. Se permitirá tomar:

$$\sum M_{pc}^* = \sum Z_c (F_{yc} - \frac{N_{uc}}{A})$$

Donde no coincida los ejes de la viga concurrentes en un mismo plano, se tomara como eje el valor promedio.

$\sum M_{pb}^*$  = Sumatoria de los momentos en el punto de intersección de los ejes baricentricos de las vigas y la columna determinado por la proyección de la suma de las resistencias esperadas a flexión en la rotula plástica sobre el eje de la columna.  
Se permitirá tomar:

$$\sum M_{pb}^* = \sum (1.1R_y * M_p + M_v)$$

donde  $M_v$  es el momento adicional que se produce al trasladar el cortante en la rotula plástica al centro de la columna.

Alternativamente, se permite tomar  $\sum M_{pc}^*$  de los resultados de ensayos que satisfagan los requisitos de la subseccion 11.4.4.1 o por análisis basado en los resultados de ensayos.

En las conexiones con vigas de sección reducida, se permitirá tomar  $\sum M_{pb}^* = \sum (1.1R_y * M_p + M_v)$ , donde  $Z$  es le menor modulo de sección plástico de la viga de sección reducida.

En la formula (11-2) las variables tienen el siguiente significado:

$A$  = área de la columna, cm.

$F_{yc}$  = tensión cedente mínima especificada del acero de la columna, kgf/cm<sup>2</sup>.

$N_{uc}$  = sollicitación mayorada de compresión normal de la columna (un numero positivo), kgf.

$Z_c$  = modulo de sección plástico de la columna, cm<sup>3</sup>.

Los requisitos de esta sección no se aplicaran en cualquiera de los casos cubiertos por las subsecciones 11.4.7.1 y 11.4.7.2, siempre que las columnas cumplan con los requisitos de las secciones 11.4.1 y 11.4.2.”

#### **AISC: Seismic provision**

#### **“9.6. Relación de momento viga-columna**

*En cualquier conexión viga-columna deberá cumplirse la siguiente relación:*

$$SM^*_{pc}/SM^*_{pb} > 1.0 \quad (9.3).$$

*Donde*

$SM^*_{pc}$  = La sumatoria de los momentos en la columna por encima y debajo de la junta en la intersección de las líneas centrales de las vigas y columnas.  $SM^*_{pc}$  se determina sumando los valores estimados de las resistencias nominales a flexión de las columnas por encima y debajo de la línea central de la viga con una reducción que tiene en cuenta la fuerza

axial en la columna. Se permite tomar  $SM^*pc = SZc(Fyc - Puc/Ag)$ .

Cuando las líneas centrales de las vigas contrarias que llegan a un mismo nodo no coincidan, se usaran la línea media (promedio) entre líneas centrales.

$SM^*pb$  = La sumatoria de momento(s) en la(s) viga(s) en la intersección de las líneas centrales de viga y columna.

$SM^*pb$  se determina sumando los valores de las resistencias esperadas a flexión de la viga en los puntos de rotulas plásticas en la línea central de la columna.

Se permitía tomar  $SM^*pb = S(1.1RyMp + Mv)$ , donde  $Mv$  es el momento adicional debido a la amplificación por cortante desde el punto de rotula plástica hasta la línea central de la columna. Como alternativa, se permite determinar  $SM^*pb$  de los resultados de la prueba como requirió en **sección 9.2.a** o por medio de análisis racional basado en ensayos. Cuando se usan conexiones con Secciones de Viga Reducidas, se permite tomar:

$$SM^*pb = S(1.1RyFyZ + Mv)$$

donde  $Z$  es módulo plástico mínimo en la Sección de la Viga Reducida.

$Ag$  = el área gruesa o bruta de columna,  $inch^2$  ( $mm^2$ ).

$Fyc$  = resistencia mínima especificada a la cedencia de la columna,  $ksi$  ( $Mpa$ ).

$Puc$  = resistencia axial requerida en la columna (compresión), kips (un número positivo).

$Zc$  = módulo plástico de sección de la columna,  $inch^3$  ( $mm^3$ ).

Cuando las columnas satisfacen los requisitos de la **sección 9.4**, estos requisitos no aplican en los casos de las **secciones 9.6.a y 9.6.b**

## COVENIN-MINDUR

**11.4.7.1** “Columnas sometidas a  $N_{uc} < 0.3A * F_{yc}$  para todas las combinaciones de solicitaciones diferentes a las (10-9) y (10-10) que se encuentren en las siguientes situaciones:

1. Columnas de edificaciones de un piso o del último entrepiso de una estructura de múltiples entrepisos.
2. Columnas donde :
  - (1) La suma de las resistencias minoradas de corte de todas las columnas exentas sea menos del 20% de la demanda por corte en el entrepiso; y
  - (2) La suma de las resistencias minoradas a corte de todas las columnas exentas en cada una de las líneas de columnas dentro de ese entrepiso sea menor

que el 33 % de las solicitaciones mayoradas de corte en esa línea de columna. Para los propósitos de esta excepción, se define línea de columnas como una sola línea de columnas o líneas de columnas paralelas comprendidas dentro del 10 % de la dimensión en planta perpendicular a la línea de columnas.”

#### **AISC: Seismic provision**

**“9.6a.** *Columnas con  $P_{uc} < 0.3F_y c A_g$  para todas las combinaciones de carga diferente a las especificadas en las **Combinaciones de Carga 4-1 y 4-2**, que cumplan cualquiera de los siguientes requerimientos:*

*1. Columnas usadas en edificios de un nivel o en el último nivel de un edificio de varios pisos.*

*2. Columnas donde: (1) la suma de los esfuerzos cortante de diseño de todas las columnas exenta en el piso sea menor del 20% del esfuerzo cortante de piso requerida; y (2) la suma de los esfuerzos cortante de diseño de todas las columnas exentas en cada línea de columna en el piso sea menor que el 33% del esfuerzo cortante requerido en la línea de columna de piso. Para el propósito de esta excepción, una línea de columna se define como una sola línea de columnas o línea paralelas de columnas localizada dentro de 10% de la dimensión perpendicular a la línea de columnas.”*

#### **COVENIN-MINDUR**

**11.4.7.2** “En cualquier entrepiso donde la relación resistencia minorada / solicitaciones mayoradas de corte sea mayor que el 50 % del entrepiso superior contiguo.”

#### **AISC: Seismic provision**

**“9.6b.** *Columnas en cualquier piso con una relación entre la resistencia de diseño al corte y la resistencia requerida al corte 50% mayor que la del piso inmediatamente superior.”*

## **CAPÍTULO 3**



# PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO.

## INTRODUCCION.

Como criterio general para aplicar en las diferentes conexiones cual sea el caso se revisara la capacidad de los elementos estructurales (pandeo local del ala y alma, resistencia a la cedencia y cedencia), resistencia al corte y momento, revisión de la soldadura (longitud y tamaño), y revisión de pernos (diámetro, longitud y resistencia).

### 3.1-Criterios de la FEMA.

#### 3.1.1.1 Detalle de la soldadura:

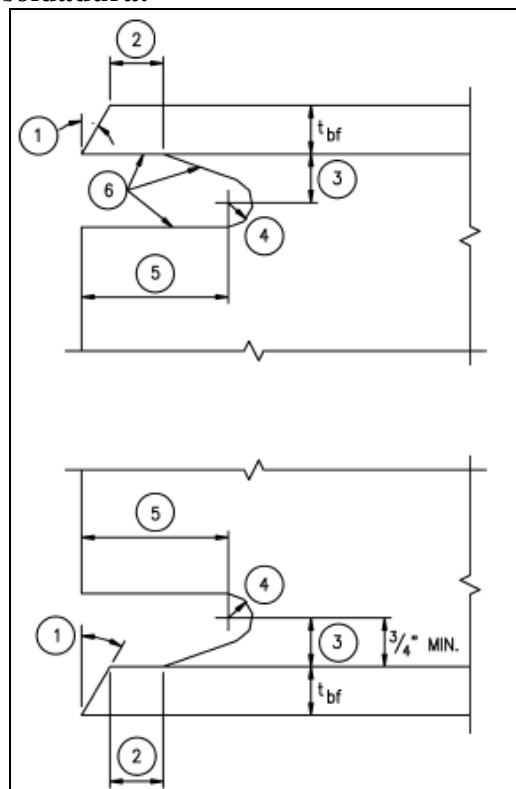


Figura 3-1.

Detalles del cuadro superior.

1. Biselado como es requerido por AWS D1.1 para el procedimiento de soldadura de ranura seleccionada.

2. El mas largo entre  $t_{bf}$  o  $1/2''$ . (más  $1/2 t_{bf}$ , o menos  $1/4 t_{bf}$ )

3.  $3/4$  tbf a tbf,  $3/4$ " mínimo ( $\pm 1/4$ " )

4. Radio mínimo  $3/8$ " .

5.  $3$  tbf ( $\pm 1/2$ " ).

6. Ver FEMA-353, Las Especificaciones recomendadas y Convicción de Calidad Guidelines para la construcción de Momen-marco de acero para las aplicaciones sísmicas. *Las Especificaciones recomendadas y Control de Calidad para la construcción de Momen-marco de acero para las aplicaciones sísmicas.*

### 3.1.1.2 Como determinar las rotulas plásticas.

Determinación de momento plástico  $M_{pr}$  en las rotulas plásticas. Para conexiones totalmente restringidas el desarrollo del momento plástico  $M_{pr}$  probable de las rotulas plásticas en vigas o planchas, se determinara como:

$$M_{pr} = C_{pr} \cdot R_y \cdot Z_e \cdot F_y$$

$M_{pr}$  = momento plástico probable en la rotula plástica.

$C_{pr}$  = un factor de para maximizar le resistencia que incluye rigidez, restricción local, refuerzo adicional y otras condiciones de la conexión. Para mayoría de los tipos de conexiones,  $C_{pr}$  es dado por la formula :

$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y}$$

Un valor de 1.2 puede ser usado para todos los casos, excepto donde es notado que en el diseño de la conexión incluido con precalificaciones dada mas adelante en estos criterios recomendados.

$R_y$  = coeficiente, aplicado a la viga o al material de la viga, obtenido de la previsiones sísmicas de la AISC 1997.

$Z_e$  = El modulo plástico efectivo de la sección (o conexión localizado en la rotula plástica.

*Para conexiones que no desarrollan una rotula plástica en la viga, la resistencia de la rotula plástica debe ser calculada, por el mecanismo de flexión de la viga como es confirmado por pruebas, considerando la variación de propiedades de materiales del elemento flexible*

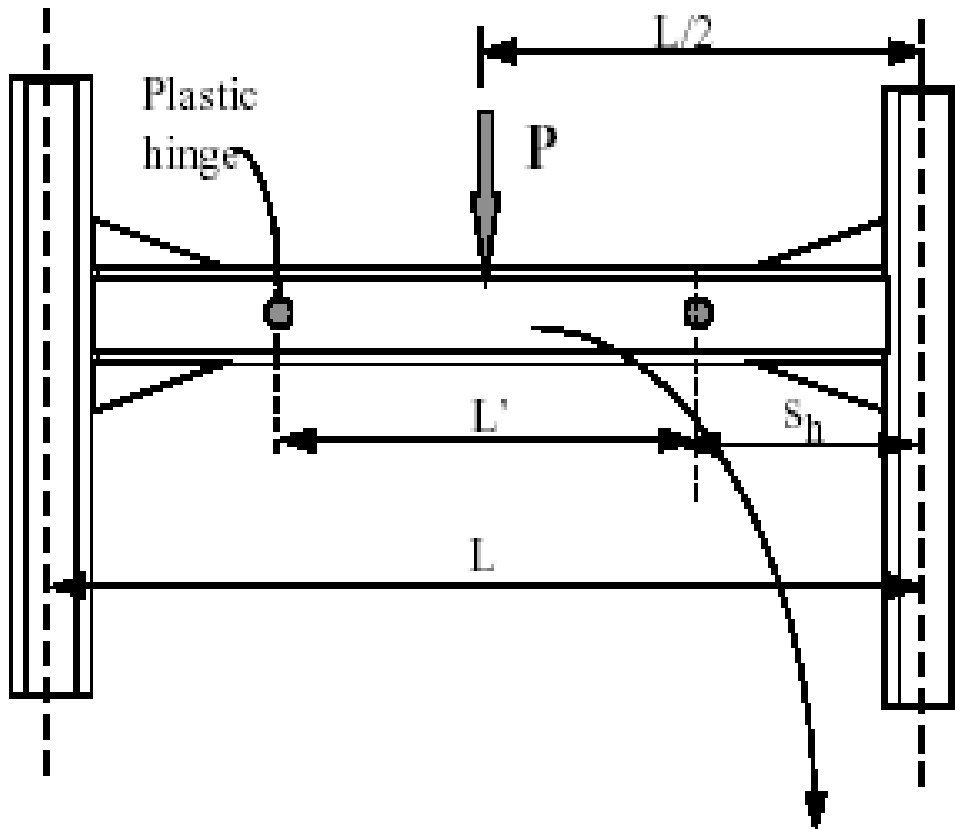


Figura 3-2

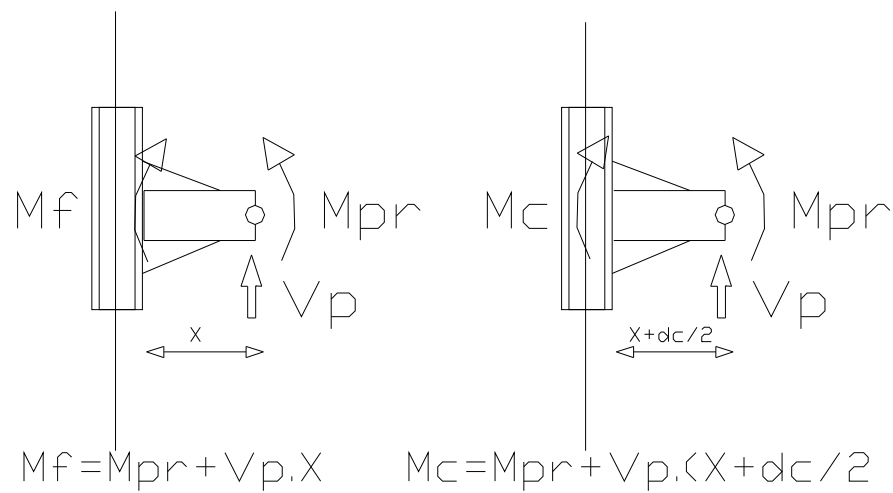


Figura 3-3 (Solicitaciones actuantes en la conexión viga –columna)

### Detallado de plancha de corte, rigidizadores y soldadura:

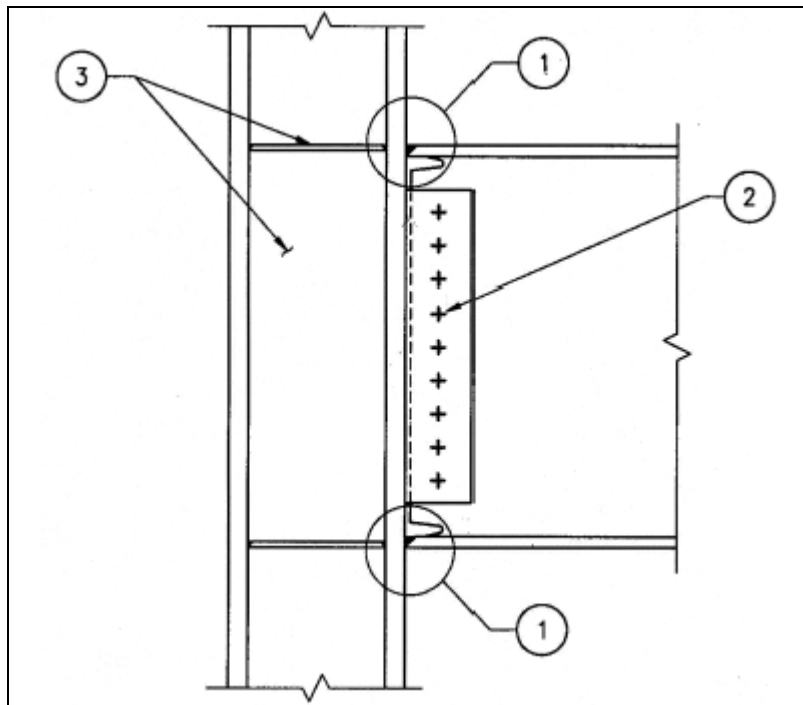


Figura 3-4. ( Detallado de soldadura, plancha de corte y rigidizadores )

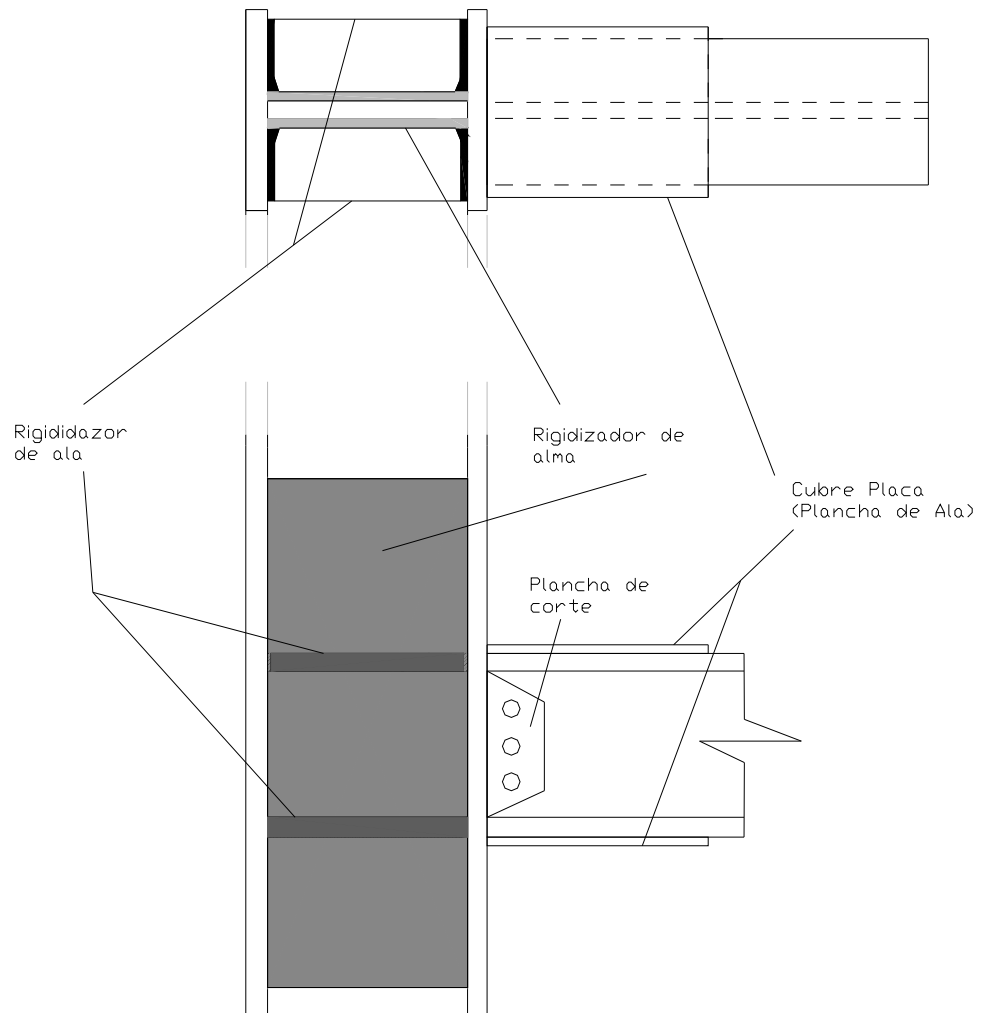
1. Hueco de ratón para permitir realizar la soldadura entre la viga y columna.
2. Pernos de unión de la viga a la plancha de corte.
3. Rigidizadores de ala y alma.

Notas:

Ver Figura 3-4

1. Requisitos de soldadura abajo y arriba del ala. Categoría de QC/QA AH/T.  
Refiérase para detalle del agujero de acceso para la soldadura Figura 3-1.
2. Perno a corte. Use pernos de pretensión A325 o A490. Soldadura al ala de la columna con soldadura del filete ambos lados, o con CJP, para desarrollar la resistencia total al corte de la plancha. Soldadura Categoría de QC/QA BL/T.
3. Ver Figura 3-6 para los requisitos de plancha dobles de alma (rigidizador de alma en la columna) y planchas de continuidad (rigidizador de ala de la viga).

### 3.1.2 Conexión viga/columna con plancha de ala (Cover Plate).



**Figura 3-5 (Cubre placa o plancha de ala)**

Esta sección provee una guía de diseño para conexiones de plancha de ala soldada totalmente restringida (WFP). Estas conexiones utilizan planchas conectadas del ala de la viga al ala de la columna.

La junta de la plancha al ala de la columna se hará con soldadura ranurada de penetración completa (groove weld), sobre el ala de la viga se usará soldadura de filete por encima y debajo de la plancha y ala respectivamente ver figura 3-5 donde se muestra el detalle típico de conexión.

#### **Procedimiento de diseño.**

**Paso 1:** Seleccionar una longitud de plancha de ala previa.

**Paso 2:** Decidir el ancho de plancha de ala basado en el ancho de ala de la viga.

**Paso 3:** Calcular  $M_{pr}$ ,  $M_c$ , y  $M_{yf}$  según la sección 3.1.2 y la figura 3-3.

**Paso 4:** Cálculo basado en la ecuación:

$$tp = \frac{M_{yf}}{R_y \cdot F_y \cdot b_p \cdot \left( d_b + \frac{tp_{bot} + tp_{top}}{2} \right)}$$

Donde:

$b_p$  = ancho de la plancha de ala en la cara de la columna. Las planchas agujereadas deberán ser revisadas por sección crítica y los espesores de las planchas de ala superior e inferior respectivamente.

$tp_{bot}$  and  $tp_{top}$  = espesor de la plancha de ala superior e inferior, respectivamente.

$d_b$  = altura de la viga.

$M_{yf}$  = momento en la cara de la columna.

**Paso 5:** Cálculo de la longitud y espesor de la soldadura de la plancha de ala a la viga:

$$l_w \cdot t_w = \frac{M_f}{0.707 \cdot F_w}$$

$l_w$  = longitud total de la soldadura (Fig. 3-5)

$F_w$  = Resistencia de diseño nominal de soldadura de *AISC-LRFD* =  $0.60F_{EXX}$

$$t_{w(max)} = t_p - \frac{1}{16} in$$

Si las dimensiones de la plancha no permiten suficiente soldadura, regresar al paso 1 y seleccionar una nueva longitud de plancha.

**Paso 6:** Determine el espesor requerido de la zona de panel. Para este calculo

sustituir  $d_b + (t_{plt} + t_{plb})$  por  $d_b$  y  $d_b + \frac{t_{plt} + t_{plb}}{2}$  por  $d_b - t_{fb}$

$$t = \frac{C_y * M_c * \frac{h - d_b}{h}}{0.9 * 0.6 * F_y * R_y * d_c * (d_b - t_{fb})}$$

Si “t” calculado es mayor que el espesor del alma de la columna, proveer doble plancha o incrementar el tamaño de la columna con un espesor de alma adecuado.

**Paso 7:** Determine la plancha de continuidad requerida según:

$$t_{cf} < 0.4 \cdot \sqrt{1.8 \cdot b_f \cdot t_f \cdot \frac{F_{yb} \cdot R_{yb}}{F_{yc} \cdot R_{yc}}}$$

$$t_{cf} < \frac{b_f}{6}$$

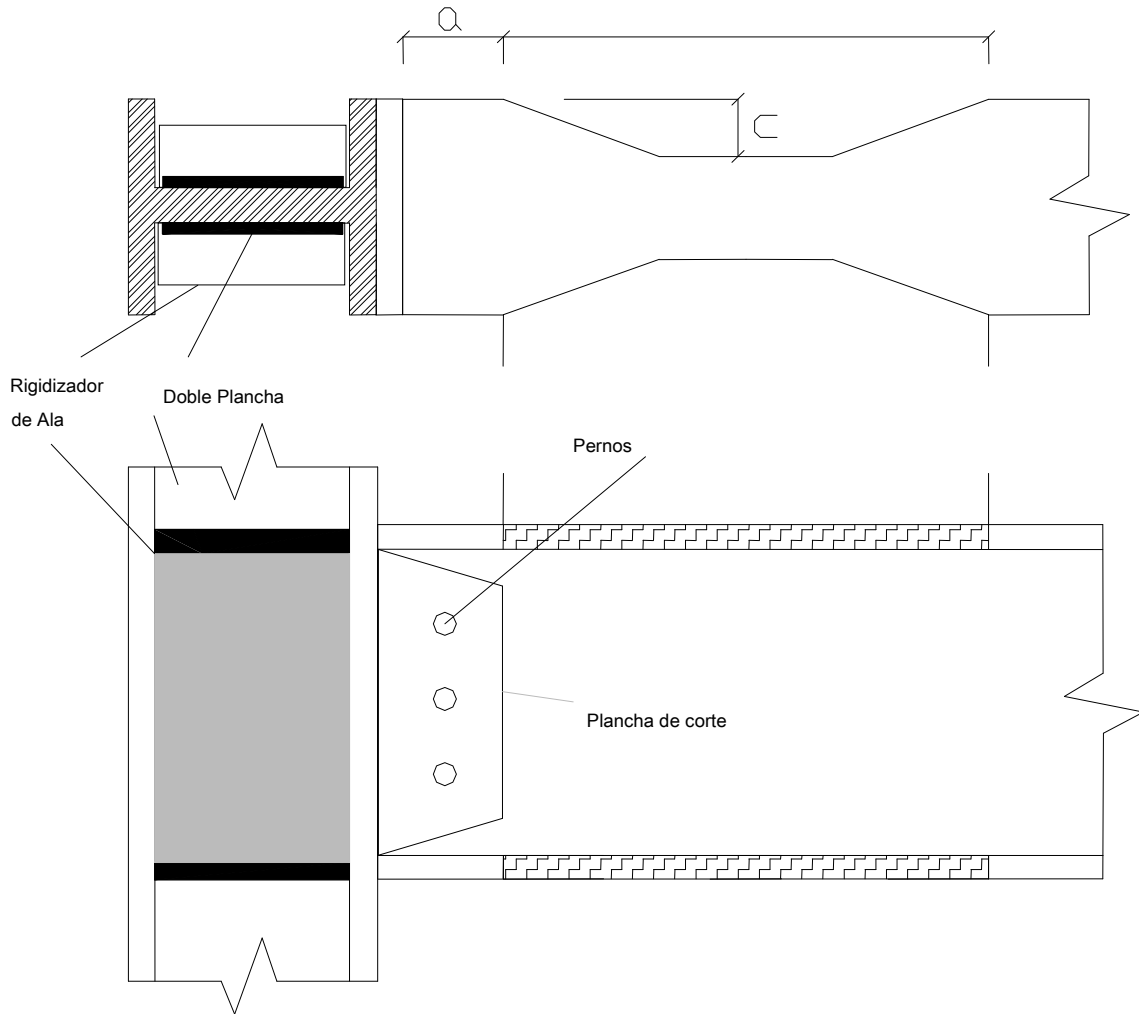
Si las planchas de continuidad (rigidizadores de alas) son requeridas, estas deben ser calculadas según las especificaciones de la AISC-LRFD

**Paso 8:** Detalle de la conexión como se muestra en la Figura 3-5.

### 3.1.3 Viga de sección reducida (VSR).

Esta sección provee los procedimientos para el diseño de conexiones totalmente restringidas para vigas de sección reducida (VSR = RBS). Esta conexión utiliza radio circular cortando ambos lados del ala tanto en la parte superior como inferior de la viga lo cual reduce el área del ala sobre la longitud cerca del extremo de la viga.

La soldadura del ala de la viga a la columna se hará con penetración completa (groove welds), conociendo los requerimientos de la FEMA-353, las Especificaciones recomendadas y Calidad para la construcción de pórticos a Momento de Acero con Aplicaciones Sísmicas. En este tipo de conexión no reforzada es usado metal de soldadura para la unión de las alas de la viga a la columna. Las uniones de alma pueden ser soldadura ranurada de penetración completa o con planchas de corte empernadas o soldada. La figura 3-6 muestra detalles típicos para este tipo de conexión. Este tipo de conexión es precalificada para pórticos de nivel de diseño 1 y 3 (OMF y SMF).



**Figura 3-6. Conexión viga de sección reducida (VSR)**

**Procedimiento de diseño.**

**Paso 1:** Determine la longitud y reducción del ala de la viga basado en lo siguiente:

$$a \cong (0.5 \text{ a } 0.75)bf \quad (3-15).$$

$$b \cong (0.65 \text{ a } 0.85)d_b \quad (3-16).$$

donde  $a$  y  $b$  son como muestra la Figura 3-6,  $b_f$  y  $d_b$  son el ancho y altura de la viga respectivamente.



**Paso 2:** Determine la profundidad  $c$  del ala reducida de acuerdo a lo siguiente:

- a) Asumir  $c = 0.20b_f$ .
- b) Calcular el modulo de sección de la viga reducida  $Z_{rbs}$ .
- c) Calcular  $M_f$  según la Figura 3-3 usando  $C_{pr} = 1.15$ .
- d) Si  $M_{pr} < C_{pr} R_y Z_b F_y$  el diseño es aceptable. Si  $M_f$  es mayor que el límite, se incrementara el tamaño del perfil.
- e). El valor de  $C$  no deberá exceder 0.25  $b_f$ .

**Paso 3:** Calcular  $M_f$  y  $M_c$  Basado en la figura 3-3.

**Paso 4:** Calcular el corte en la cara de la columna según la ecuación:

$$V_f = 2 \frac{M_f}{L - d_c}$$

**Paso 5:** Diseño de la conexión a corte de la viga - columna. Si se usa soldadura no se requiere grandes cálculos. Si se usa planchas de corte empernadas, la plancha y los pernos deberán ser diseñados para el corte calculado en el paso 4.

Los pernos deberán ser diseñados para presión usando el factor  $F_y$  de resistencia igual a la unidad.

**Paso 6:** Diseño de la zona de panel, diseño de rigidizadores de alma, (con el mismo procedimiento del ejemplo de la cubre placa)

**Paso 7:** Revisión de la plancha de continuidad requerida, (con el mismo procedimiento del ejemplo de la cubre placa).

**Paso 8:** Detalle de la conexión como se muestra en la figura 3-6

### 3.1.4. Conexión de plancha extrema emperrada no rigidizada.

La plancha extrema emperrada no rigidizada es hecha en taller soldando la plancha en el extremo de la viga usando soldadura de penetración completa para el ala de la viga y la plancha (1) para la plancha de corte en el alma de la viga se usara soldadura de filete (2). En campo se emperrara a la columna la plancha.

Este tipo de conexión puede ser usada en pórticos de nivel de diseño 1 y 3 (OMF y SMF) ver figura 3-7 ref: FEMA 350.

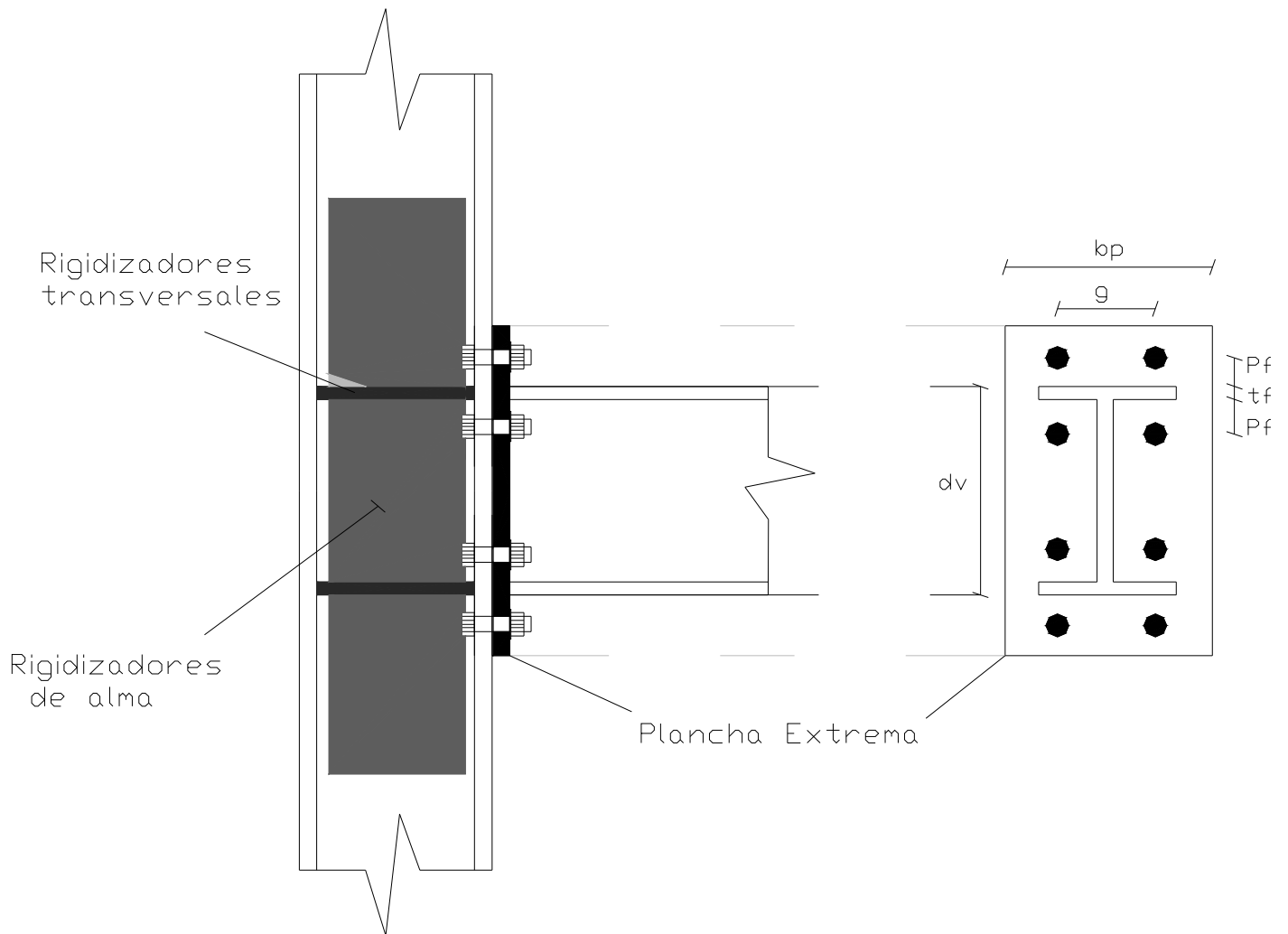


Figura 3-7 Conexión con Plancha Extrema

### Procedimiento de diseño.

La conexión se diseñará para que la cedencia ocurra como una combinación de flexión de la viga y la cedencia en la zona de panel o como flexión de la viga exclusivamente.

Los pernos y soldaduras en la plancha extrema deben diseñarse para que la cedencia no ocurra en estos elementos.

El diseño deberá cumplir con los pasos debajo indicados. Se definen varios de los parámetros usados en las ecuaciones en la Figura 3-3 y en AISC-LRFD.

**Paso 1:** Cálculo de  $M_{fy}$  y  $M_c$  de acuerdo con el método de la 3.1.2 y la figura 3-3

**Paso 2:** Seleccione el tamaño de los pernos resolviendo la siguiente ecuación para el Tub y seleccione el tipo y área de perno requerida:

$$Mf < 2T_{ub} \cdot (d_o + d_i)$$

donde:

Tub= pernos 90A para A325

= pernos 113 para A490

**Paso 3:** Verifique la suficiencia del tamaño del perno seleccionado para evitar la falla al corte, asegurando que el área  $A_b$  del perno satisface la fórmula:

$$A_b \geq \frac{\frac{2Mf}{L - dc} + Vg}{3F_v}$$

**Paso 4:** Determine el espesor mínimo de la plancha extrema  $t_p$  para evitar el pandeo de la plancha de la ecuación:

$$t_p = \sqrt{\frac{Mf}{0.8F_{yp} \left[ (db - pt) \left( \frac{bp}{2} \left( \frac{1}{pf} + \frac{1}{S} \right) + (pf + S) \frac{2}{g} \right) + \frac{bp}{2} \left( \frac{db}{pf} + \frac{1}{2} \right) \right]}}$$

donde:

$$S = \sqrt{bp \cdot g}$$

$g$  = esta definido en la figura 3-7

**Paso 5:** Determine el espesor mínimo requerido de la plancha extrema para evitar la cedencia al corte de la ecuación:

$$t_p = \frac{Mf}{1.1F_{yb} b_p (d_b - t_{bf})}$$

**Paso 6:** Determine el mínimo espesor del ala de la columna requerido para resistir la tensión

del ala de la viga de la ecuación:  $t_{fc} = \sqrt{\frac{\frac{Mf}{d_b - t_{fb}} C_l}{2F_{yc} c}}$  donde:  $C_l = \frac{g}{2} - k_1$

$k_1$  = es la distancia desde el center line del alma de la columna al tobillo del ala de filete como

se define en el manual de la AISC. Si el espesor del ala de la columna es menor que el requerido, se requerirá plancha de continuidad, calculada como es indicada anteriormente.

**Paso 7:** si son requerida planchas continua, el espesor del ala de la columna debe ser

adicionalmente chequeado para mediante las siguiente ecuaciones:

$$t_{fc} > \sqrt{\frac{M_f}{0.8F_{yc}Y_c} \frac{2(d_b - t_{fb})}{c}}$$

donde  $Y_c = \left(\frac{c}{2} + s\right) \left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_1}\right) + (C_2 + C_1) \left(\frac{4}{c} + \frac{2}{s}\right)$

$$C_1 = \frac{g}{2} - k_1 \quad C_2 = \frac{b_{fc} - g}{2} \quad s = \sqrt{\frac{C_1 C_2}{C_2 + C_1} (2b_{fc} + 4k_1)}$$

Si  $t_c$  es menor que el valor calculado, se debe seleccionar una columna con un perfil de mayor espesor de ala.

**Paso 8:** Chequeo de del espesor del ala de la columna para resistencia a la compresión de

acuerdo a lo siguiente:  $t_{fc} > \frac{M_f}{(d_b - t_{fb})(6k + 2t_{pl} + t_{bf})F_{yc}}$  donde k es la distancia indicada en el manual de la AISC. Si  $t_{fc}$  que el dado por esta ecuación se requieren rigidizadores de ala.

**Paso 9:** Chequeo de la capacidad de corte en la zona del panel . Para esto  $d_b$  puede ser tomado como la distancia desde un borde de la plancha extrema al centro del ala de la viga en el ala apuesta.

**Paso 10:** Detallado de la conexión mostrada en la figura 3-7.

## 3.2- Criterios de la AISC.

### 3.2.1 – CONEXIONES TIPO CUBREPLACA (COVER PLATE)

En este tipo de conexión se agregan planchas de refuerzo a las alas de la viga. Estas planchas se sueldan mediante soldaduras de filete proporcionadas para transmitir las fuerzas de la plancha a las alas (ver Fig. 3-8). La plancha de refuerzo inferior se suelda a la columna en el taller y el ala inferior de la viga se suelda en campo a la columna y a la plancha de refuerzo. El ala de la viga y plancha de refuerzo superiores se sueldan en campo a el ala de la columna. El funcionamiento deseado en esta conexión consiste en desplazar la rotación de las rótulas plásticas mediante el refuerzo tanto de la viga, por intermedio de las planchas, como de la junta soldada en la cara de la columna. La conexión del alma puede hacerse usando soldadura o pernos de alta resistencia. Este tipo de conexión se convirtió en la más usada inmediatamente después del sismo de Northridge debido a que fue una de las primeras ensayadas que alcanzó nivel de rotación plástica aceptable. Uno de los factores críticos que debe tenerse en cuenta en el diseño de este tipo de conexiones es el espesor total del ala de la viga y la plancha de refuerzo.

Durante el diseño se debe tratar de minimizar éste espesor porque de esta forma se reducirá el tamaño de la soldadura de penetración completa entre estos elementos y la columna. Aunque no existe una especificación por parte de la AWS o la AISC una recomendación aproximada consiste en limitar el espesor total a la menor dimensión entre: dos veces el espesor del ala de la viga, y el espesor total de la columna. [Ref. 18].

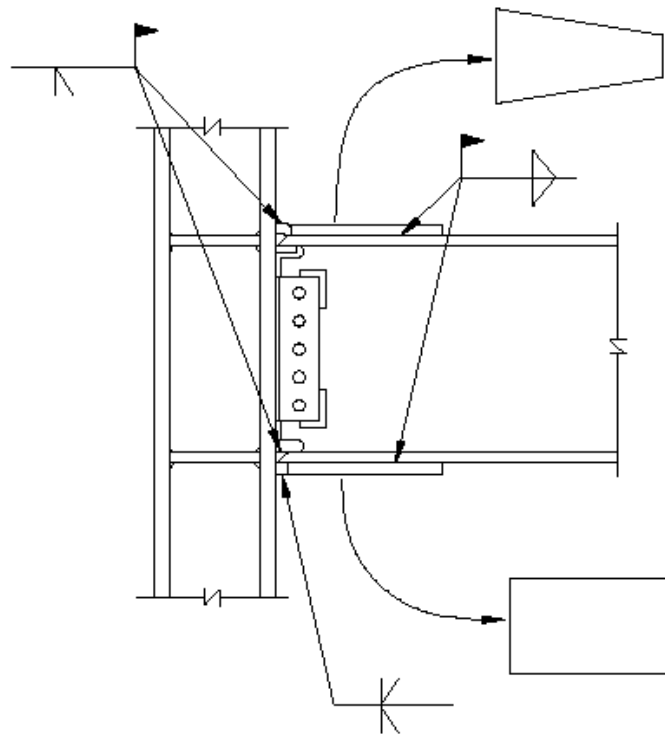


Figura 3-8 Detallado de Cubre placa y plancha de corte

### 3.2.2-CONEXIÓN CON SECCIÓN DE VIGA REDUCIDA (RBS: REDUCED BEAM SECTION).

En este sistema de conexión se reduce la sección de la viga en un segmento determinado, con el fin de localizar, dentro del mismo segmento, la rótula plástica, alejada de la cara de la columna, y disminuir las tensiones máximas promedio en la cara de la columna. Existen varias maneras de reducir la sección de la viga, una de ellas consiste en remover una porción del ala de la viga de manera simétrica alrededor del eje de la misma, lo que se ha denominado como el perfil “hueso de perro” (dog bone); otro método consiste en taladrar una serie de agujeros en el ala de la viga.

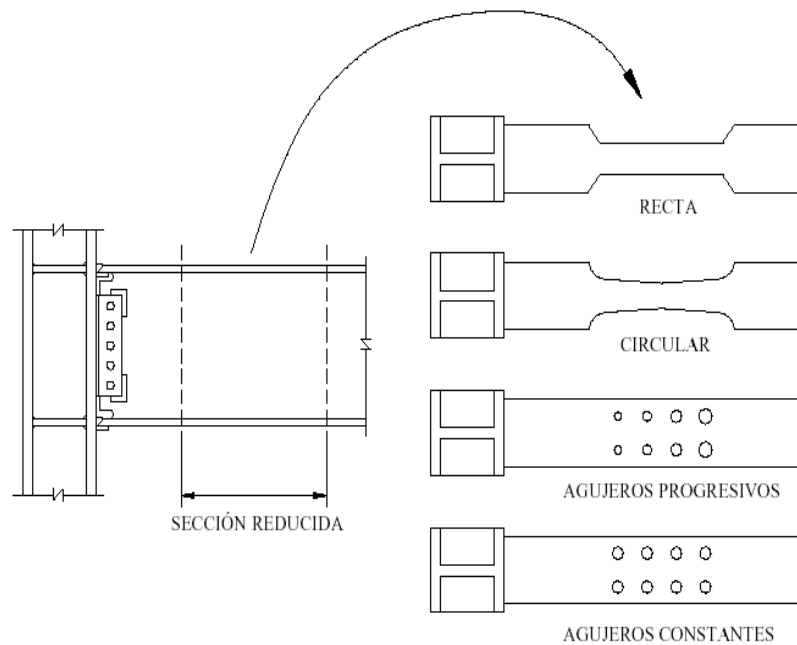


Figura 3-9 (Conexiones VSR)

El tipo de conexión con sección reducida ha sido ensayado exitosamente y ha mostrado un comportamiento plástico satisfactorio [Ref. 13] en numerosos ensayos, sin embargo es necesario tener especial cuidado con la forma utilizada para hacer las reducciones de sección, estas deben ser transiciones suaves para evitar efectos de concentración de tensiones. El comportamiento de esta conexión es directamente dependiente de la calidad de las soldaduras de penetración completa entre las alas de la viga y columna y del comportamiento transversal de las alas de la columna. Una de las principales desventajas de este tipo de conexión es que requiere el uso de vigas más grandes para mantener la resistencia requerida en la sección reducida, con una cantidad adicional de material. En países como Estados Unidos, en los que la mano de obra es más costosa, el sobre costo por el incremento en material puede compensarse por el ahorro generado por el uso de una conexión sencilla entre viga y columna. Sin embargo en países, en el que los costos de la mano de obra son baratos, comparados con los costos del acero, el uso de esta solución puede ser inadecuada desde el punto de vista económico.

### 3.2.3- CONEXIONES DE PLANCHA EXTREMA (END-PLATE)

Este tipo de conexión consiste en una plancha que se suelda, en el taller, al extremo de la viga, que posteriormente se emperna en campo al ala de la columna (ver figura 3-10). Existen variaciones de esta conexión según el número de pernos usados.

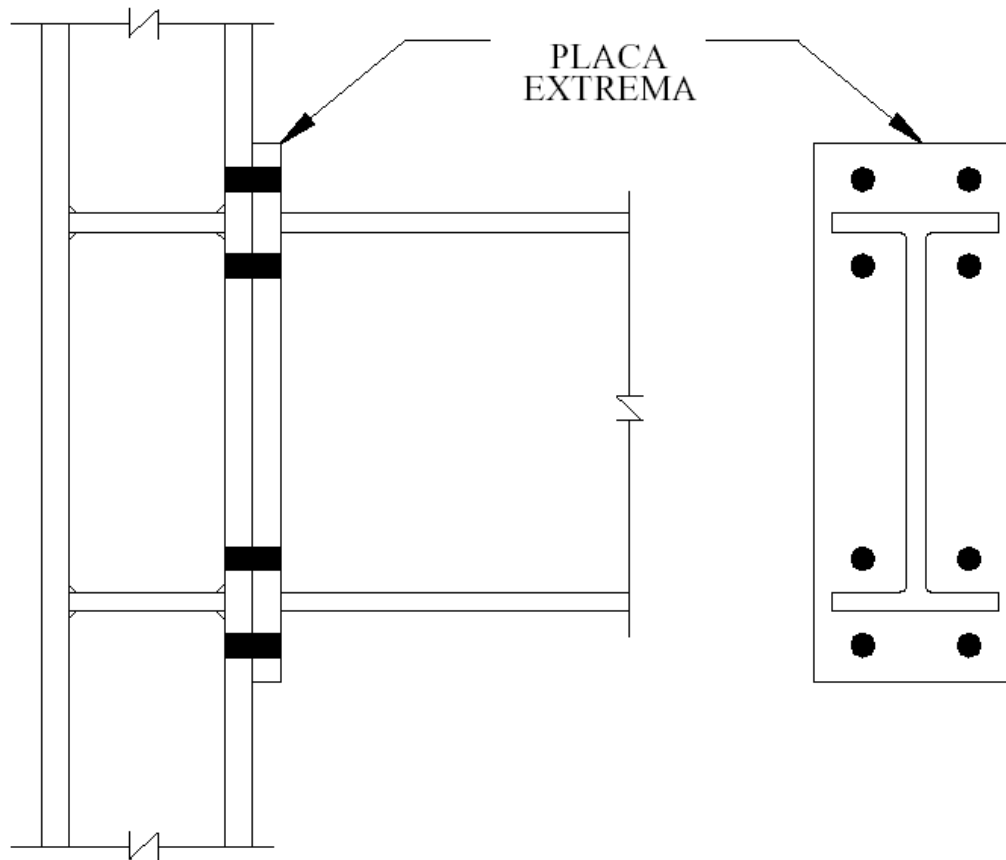


Figura 3-10. (Conexión Plancha Extrema)

Las conexiones de plancha o placa extrema han sido ampliamente ensayadas demostrando un comportamiento satisfactorio [Ref. 11, 12] en la construcción de edificios de acero en Estados Unidos después del sismo de Northridge. La principal ventaja de este tipo de conexión consiste en ser una conexión que utiliza soldadura hecha en el taller y se emperna en el campo. La fuerza transmitida por las alas de la viga se distribuye en un área mayor del ala de la columna que en el caso de las conexiones Pre-Northridge.

El uso de este tipo de conexión presenta algunas dificultades de tipo constructivo debido a la exactitud necesaria en cuanto a la longitud de la viga, y la escuadra de las planchas y la columna; sin embargo estas dificultades son superables sin mayor incidencia económica.

# Conclusiones

Este trabajo de grado contiene la actualización de las normas de la AISC y su equivalente en las normas COVENIN, en lo concerniente al diseño de conexiones viga-columna para estructuras de acero ante efectos sísmicos. Hemos podido presentar lo que fue modificado y eliminado de las normas AISC para las conexiones de acero.

Por otro lado, se presentaron los procedimientos de diseño de la FEMA 350 a sí como los de la AISC, para los tres tipos de conexiones estudiadas en este trabajo de grado. Para que junto con las tablas de la geometría de los perfiles, la tabla de resistencia al corte en la zona del panel y las tablas de resistencia al pandeo local del alma y el ala en la columna, se puedan aplicar.

Por último, se presentaron ejemplos de ayuda para el usuario de manera de facilitar la aplicación de los procedimientos de diseño y de los cuales se puede apreciar que la FEMA 350 es un poco más exigente en lo concerniente a la rigidez de la zona del panel.



# Recomendaciones

Los criterios y procedimientos presentados en este trabajo de grado, se pueden utilizar como guía para extender a otro tipo de conexión no incluida en este; tipificando las conexiones con los materiales usados en el país.

Las tablas que determinan la resistencia de diseño de la columna, se generaron considerando un  $F_y$  específico de 50 Ksi o 3500 Kgf/cm<sup>2</sup> aproximadamente, esto implica que de usar un  $F_y$  distinto se deberá generar otra tablas. Por lo tanto se recomienda la programación de las ecuaciones que generan estas tablas, considerando la variación del  $F_y$ .

# Referencias

1. AISC LRFD, *Manual of Steel Construction- Load and Resistance Factor Design*, third Ed; American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
2. AISC, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL; 146 pp.
3. AISC, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings Supplement N°1*, February 15, 1999; 12 pp.
4. AISC, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings Supplement N°2*, November 10, 2000; 37 pp.
5. AISC, **STEEL DESIGN GUIDE 13; *Stiffening of Wide Flange Columns at Moment Connections: Wind and Seismic Applications***; American Institute of Steel Construction, Chicago, IL 2001; 100 pp.
6. AISC, **STEEL DESIGN GUIDE 16; *Flush and Extended Multiple-Row Moment End-Plate Connections***. American Institute of Steel Construction, Chicago, IL 2002; 65 pp.
7. COVENIN 1618-98; ***ESTRUCTURAS DE ACERO PARA EDIFICACIONES. METODO DE LOS ESTADOS LIMITES***; capítulo 11, 1998.
8. FEMA 350, *Federal Emergency Management Agency*.
9. MOORE K, MALLEY J, y ENGELHARDT M, ***STEEL TIPS Structural Steel Educational Council, Design of Reduced Beam Section (RBS) Moment Frame Connections***.
10. ENGELHARDT, Michael; SABOL Thomas. ***Lessons Learned From the Northridge Earthquakes; Steel Moment Frame Performance***.

11. **MURRAY, Thomas M; MENG, Ronald L.** *Seismic Performance of bolted End-Plate Moment Connections. AISC 1997*
12. **MURRAY, Thomas M; SUMMER, Emmett A.** *Testing and Design of Extended Moment End-Plate connections for Seismic Loading.*
13. **POPOV, Egor P; BALAN, Toader A; YANG, Tzong-Shuoh.** *Post-Northridge Earthquake Seismic Steel Moment Connections.*
14. **POPOV, Egor P; B BLONDET, Marcial; STEPANOV, Lev.** *Experimental Studies on The Cyclic Response of Full-Scale Steel Beam-Column Connections. Post-Northridge Earthquake Seismic Steel Moment Connections. XXI World Conference on Earthquake Engineering 2000.*
15. **AISC home page** < <http://www.aisc.org> (Mayo 2000).
16. **UANG, C. M; BONDAD, D. M.** *Dynamic Testing of Full-Scale Steel Moment Connections. XI World Conference on Earthquake Engineering 1996.*
17. **SAC.** *Interim Guidelines Advisory No2 Supplement to FEMA-267 Interim Guidelines: Evaluation, Repair, Modification and Welded Steel Moment Frames Structures. Report No SAC-99-01.*
18. **SAC.** *Guidelines: Evaluation, Repair, Modification and Design of Steel Moment Frames. Report No SAC-95-02. Sacramento, California. 1995*
19. **YU, Qui-Song; UANG, Chia-Ming.** *Cyclic Performance and Retrofit Design of Pre-Northridge Steel Moment Connection With Welded Haunch. XII World Conference on Earthquake Engineering 2000.*

# **Anexos:**

**Anexo A.1** Tabla de geometría de los perfiles Americanos W  
(Sistema Ingles).

**Anexo A.2** Tabla de geometría de los perfiles Americanos W  
(Sistema MKS).

**Anexo B.1** Tabla de resistencia al corte en la zona del panel  
(Sistema Inglés)

**Anexo B.2** Tabla de resistencia al corte en la zona del panel  
(Sistema MKS)

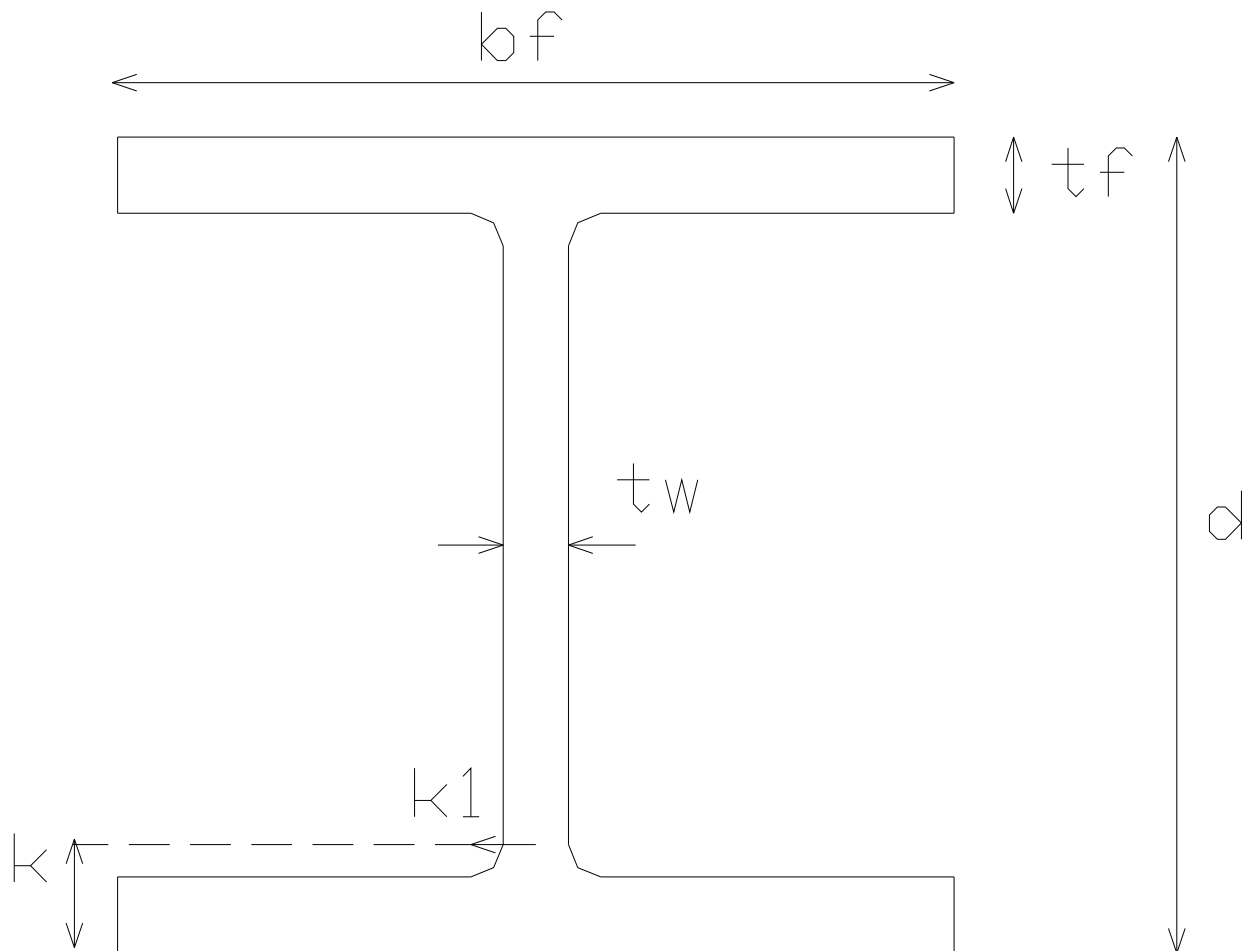
**Anexo C.1** Tabla de resistencia al pandeo local del alma y ala en  
la columna (Sistema Inglés)

**Anexo C.2** Tabla de resistencia al pandeo local del alma y ala en  
la columna (Sistema MKS)

**Ejemplos**

# Anexo A.1:

## Tabla de geometría de perfiles Americanos (Sistema Ingles)





**A.1 CONTINUACION PERFILES W  
SISTEMA INGLES**

**Fy= 50 ksi Ry= 1,1**

Area A	altura d	alma		ala		EJE X				EJE Y				k	Mpr	
		espesor		ancho		I <sub>x</sub>	S <sub>x</sub>	r <sub>x</sub>	Z <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	r <sub>y</sub>	Z <sub>y</sub>			
		t <sub>w</sub>	t <sub>w</sub> /2	bf	tf											pulg <sup>4</sup>
pulg <sup>2</sup>	pulg	pulg		pulg		pulg <sup>4</sup>	pulg <sup>3</sup>	pulg	pulg <sup>3</sup>	pulg <sup>4</sup>	pulg <sup>3</sup>	pulg	pulg <sup>3</sup>	pulg	kip*pulg	
W33X201	59,2	33,7	0,7	0,4	15,7	1,2	11600	686	14,0	749	749	95	3,56	147	1,94	41195
X169	49,5	33,8	0,7	0,3	11,5	1,2	9290	549	13,7	310	310	54	2,5	84	1,92	17050
x152	44,8	33,5	0,6	0,3	11,6	1,1	8160	487	13,5	273	273	47	2,47	74	1,76	15015
x141	41,6	33,3	0,6	0,3	11,5	1,0	7450	448	13,4	246	246	43	2,43	67	1,66	13530
x130	38,3	33,1	0,5	0,3	11,5	0,9	6710	406	13,2	218	218	38	2,39	60	1,56	11990
x118	34,7	32,9	0,6	0,3	11,5	0,7	5900	359	13,0	187	187	33	2,32	51	1,44	10285
x391	115,0	33,2	1,4	0,7	15,6	2,4	20700	1250	13,4	1450	1550	198	3,67	310	3,23	79750
x357	105,0	32,8	1,2	0,6	15,5	2,2	18700	1140	13,3	1320	1390	179	3,64	279	3,03	72600
x326	95,8	32,4	1,1	0,6	15,4	2,1	16800	1040	13,2	1190	1240	162	3,6	252	2,84	65450
W30x292	85,9	32,0	1,0	0,5	15,3	1,9	14900	930	13,2	1060	1100	144	3,58	223	2,64	58300
x261	76,9	31,6	0,9	0,5	15,2	1,7	13100	829	13,1	943	959	127	3,53	196	2,44	51865
x235	69,2	31,3	0,8	0,4	15,1	1,5	11700	748	13,0	847	855	114	3,51	175	2,29	46585
x211	62,2	30,9	0,8	0,4	15,1	1,3	10300	665	12,9	751	757	100	3,49	155	2,10	41305
x191	56,3	30,7	0,7	0,4	15,0	1,2	9200	600	12,8	675	673	90	3,46	138	1,97	37125
x173	51,0	30,4	0,7	0,3	15,0	1,1	8230	541	12,7	607	598	80	3,42	123	1,85	33385
X148	43,5	30,7	0,7	0,3	10,5	1,2	6680	436	12,4	500	227	43	2,28	68	1,83	27500
x132	38,9	30,3	0,6	0,3	10,5	1,0	5770	380	12,2	437	196	37	2,25	58	1,65	24035
x124	36,5	30,2	0,6	0,3	10,5	0,9	5360	355	12,1	408	181	34	2,23	54	1,58	22440
x116	34,2	30,0	0,6	0,3	10,5	0,9	4930	329	12,0	378	164	31	2,19	49	1,50	20790
x108	31,7	29,8	0,5	0,3	10,5	0,8	4470	299	11,9	346	146	28	2,15	44	1,41	19030
x99	29,1	29,7	0,5	0,3	10,5	0,7	3990	269	11,7	312	128	25	2,10	39	1,32	17160
x90	26,4	29,5	0,5	0,2	10,4	0,6	3610	245	11,7	283	115	22	2,09	35	1,26	15565
W27X539	159,0	32,5	2,0	1,0	15,3	3,5	25600	1570	12,7	1890	2110	277	3,65	437	4,33	103950
x368	108,0	30,4	1,4	0,7	14,7	2,5	16200	1060	12,2	1240	1310	179	3,48	279	3,27	68200
x307	90,4	29,6	1,2	0,6	14,4	2,1	13100	887	12,00	1030	1050	146	3,41	227	2,88	56650
x281	82,9	29,3	1,1	0,5	14,4	1,9	11900	814	12,00	936	953	133	3,39	206	2,72	51480
x258	76,0	29,0	1,0	0,5	14,3	1,8	10800	745	11,90	852	859	120	3,36	187	2,56	46860
x235	69,4	28,7	0,9	0,5	14,2	1,6	9700	677	11,80	772	769	108	3,33	168	2,4	42460
x217	64,0	28,4	0,8	0,4	14,1	1,5	8910	627	11,80	711	704	100	3,32	154	2,29	39105
x194	57,2	28,1	0,8	0,4	14,0	1,3	7860	559	11,70	631	619	88	3,29	136	2,13	34705
x178	52,5	27,8	0,7	0,4	14,1	1,2	7020	505	11,60	570	555	79	3,25	122	1,98	31350
x161	47,6	27,6	0,7	0,3	14,0	1,1	6310	458	11,50	515	497	71	3,23	109	1,87	28325
x146	43,1	27,4	0,6	0,3	14,0	1,0	5660	414	11,50	464	443	64	3,20	98	1,76	25520
X129	37,8	27,6	0,6	0,3	10,0	1,1	4760	345	11,20	395	184	37	2,21	58	1,7	21725
x114	33,5	27,3	0,6	0,3	10,1	0,9	4080	299	11,00	343	159	32	2,18	49	1,53	18865
x102	30,0	27,1	0,5	0,3	10,0	0,8	3620	267	11,00	305	139	28	2,15	43	1,43	16775
x94	27,7	26,9	0,5	0,2	10,0	0,7	3270	243	10,90	278	124	25	2,12	39	1,34	15290
x84	24,8	26,7	0,5	0,2	10,0	0,6	2850	213	10,70	244	106	21	2,07	33	1,24	13420
x370	109,0	28,0	1,5	0,8	13,7	2,7	13400	957	11,10	1130	1160	170	3,27	267	3,22	62150
x335	98,4	27,5	1,4	0,7	13,5	2,5	11900	864	11,00	1020	1030	152	3,23	238	2,98	56100
x306	89,8	27,1	1,3	0,6	13,4	2,5	10700	789	10,90	922	919	137	3,20	214	2,78	50710
W24x279	82,0	26,7	1,2	0,6	13,3	2,1	9600	718	10,80	835	823	124	3,17	193	2,59	45925
x250	73,5	26,3	1,0	0,5	13,2	1,9	8490	644	10,70	744	724	110	3,14	171	2,39	40920
x229	67,2	26,0	1,0	0,5	13,1	1,7	7650	588	10,70	675	651	99	3,11	154	2,23	37125
x207	60,7	25,7	0,9	0,4	13,0	1,6	6820	531	10,60	606	578	89	3,08	137	2,07	33330
x192	56,3	25,5	0,8	0,4	13,0	1,5	6260	491	10,50	559	530	82	3,07	126	1,96	30745
x176	51,7	25,2	0,8	0,4	12,9	1,3	5680	450	10,50	511	479	74	3,04	115	1,84	28105
x162	47,7	25,0	0,7	0,4	13,0	1,2	5170	414	10,40	468	443	68	3,05	105	1,72	25740
x146	43,0	24,7	0,7	0,3	12,9	1,1	4580	371	10,30	418	391	61	3,01	93	1,59	22990
x131	38,5	24,5	0,6	0,3	12,9	1,0	4020	329	10,20	370	340	53	2,97	82	1,46	20350
x117	34,4	24,3	0,6	0,3	12,8	0,9	3540	291	10,10	327	297	47	2,94	71	1,35	17985
x104	30,6	24,1	0,5	0,3	12,8	0,8	3100	258	10,10	289	259	41	2,91	62	1,25	15895
W24X103	30,3	24,5	0,6	0,3	9,0	0,98	3000	245	9,96	280	119	27	1,99	42	1,48	15400
x94	27,7	24,3	0,5	0,3	9,1	0,88	2700	222	9,87	254	109	24	1,98	38	1,38	13970

**A.1 CONTINUACION PERFILES W  
SISTEMA INGLES**

**Fy= 50 ksi Ry= 1,1**

	Area A pulg <sup>2</sup>	altura d pulg	alma				ala				EJE X				EJE Y			
			espesor		ancho		grosor		I <sub>x</sub> pulg <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> pulg <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> pulg	Z <sub>x</sub> pulg <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> pulg <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> pulg <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> pulg	Z <sub>y</sub> pulg <sup>3</sup>	k pulg	Mpr kip*pulg
			t <sub>w</sub>	t <sub>w</sub> /2	bf	tf	tw	tw/2										
			pulg		pulg		pulg		pulg		pulg		pulg		pulg		pulg	
W24x84	24,7	24,1	0,5	0,2	9,0	0,77	2370	196	9,79	224	94,4	21	1,95	33	1,27	12320		
x76	22,4	23,9	0,4	0,2	9,0	0,68	2100	176	9,69	200	82,5	18	1,92	29	1,18	11000		
x68	20,1	23,7	0,4	0,2	9,0	0,59	1830	154	9,55	177	70,4	16	1,87	25	1,09	9735		
X62	18,3	23,7	0,4	0,2	7,0	0,59	1560	132	9,24	154	34,5	10	1,37	16	1,19	8470		
x55	16,3	23,6	0,4	0,2	7,0	0,51	1360	115	9,13	135	29,1	8	1,34	13	1,11	7425		
W21X201	59,2	23,0	0,9	0,5	12,6	1,63	5310	461	9,47	530	542	86	3,02	133	2,13	29150		
x182	53,6	22,7	0,8	0,4	12,5	1,48	4730	417	9,40	476	483	77	3,00	119	1,98	26180		
x166	48,8	22,5	0,8	0,4	12,4	1,36	4280	380	9,36	432	435	70	2,99	108	1,86	23760		
x147	43,2	22,1	0,7	0,4	12,5	1,15	3630	329	9,17	373	376	60	2,95	93	1,65	20515		
x132	38,8	21,8	0,7	0,3	12,4	1,03	3220	295	9,12	333	333	54	2,93	82	1,54	18315		
x122	35,9	21,7	0,6	0,3	12,4	0,96	2960	273	9,09	307	305	49	2,92	76	1,46	16885		
x111	32,7	21,5	0,6	0,3	12,3	0,88	2670	249	9,05	279	274	45	2,90	68	1,38	15345		
x101	29,8	21,4	0,5	0,3	12,3	0,80	2420	227	9,02	253	248	40	2,89	62	1,3	13915		
x93	27,9	21,6	0,6	0,3	8,4	0,93	2070	192	8,70	221	92,9	22	1,84	35	1,43	12155		
x83	24,3	21,4	0,5	0,3	8,4	0,84	1830	171	8,67	196	81,4	20	1,83	31	1,34	10780		
x73	21,5	21,2	0,5	0,2	8,3	0,74	1600	151	8,64	172	70,6	17	1,81	27	1,24	9460		
x68	20,0	21,1	0,4	0,2	8,3	0,69	1480	140	8,60	160	64,7	16	1,80	24	1,19	8800		
x62	18,3	21,0	0,4	0,2	8,2	0,62	1330	127	8,54	144	57,5	14	1,77	22	1,12	7920		
x55	16,2	20,8	0,4	0,2	8,2	0,52	1140	110	8,40	126	48,4	12	1,73	18	1,02	6930		
x48	14,1	20,6	0,4	0,2	8,1	0,43	959	93	8,24	107	38,7	10	1,66	15	0,93	5885		
X57	16,7	21,1	0,4	0,2	6,6	0,65	1170	111	8,36	129	30,6	9	1,35	15	1,15	7095		
x50	14,7	20,8	0,4	0,2	6,5	0,54	984	94,5	8,18	110	24,9	7	1,30	12	1,04	6050		
x44	13,0	20,7	0,4	0,2	6,5	0,45	843	81,6	8,06	95	20,7	6	1,26	10	0,95	5247		
W18x175	51,3	20,0	0,9	0,4	11,4	1,59	3450	344	8,20	398	391	69	2,76	106	1,99	21890		
x158	46,3	19,7	0,8	0,4	11,3	1,44	3060	310	8,12	356	347	61	2,74	95	1,84	19580		
x143	42,1	19,5	0,7	0,4	11,2	1,32	2750	282	8,09	322	311	56	2,72	85	1,72	17710		
x130	38,2	19,3	0,67	0,34	11,2	1,20	2460	256	8,03	290	278	50	2,70	77	1,6	15950		
W18	35,1	19,0	0,66	0,33	11,3	1,06	2190	231	7,90	262	253	45	2,69	69	1,46	14410		
x106	31,1	18,7	0,59	0,30	11,2	0,94	1910	204	7,84	230	220	39	2,66	61	1,34	12650		
x97	28,5	18,6	0,54	0,27	11,1	0,87	1750	188	7,82	211	201	36	2,65	55	1,27	11605		
x86	25,3	18,4	0,48	0,24	11,1	0,77	1530	166	7,77	186	175	32	2,63	48	1,17	10230		
x76	22,3	18,2	0,43	0,21	11,0	0,68	1330	146	7,73	163	152	28	2,61	42	1,08	8965		
X71	20,8	18,5	0,50	0,25	7,6	0,81	1170	127	7,50	146	60,3	16	1,7	25	1,21	8030		
x65	19,1	18,4	0,45	0,23	7,6	0,75	1070	117	7,49	133	54,8	14	1,69	23	1,15	7315		
x60	17,6	18,2	0,42	0,21	7,6	0,70	984	108	7,47	123	50,1	13	1,68	21	1,1	6765		
x55	16,2	18,1	0,39	0,20	7,5	0,63	890	98	7,41	112	44,9	12	1,67	19	1,03	6160		
x50	14,7	18,0	0,36	0,18	7,5	0,57	800	89	7,38	101	40,1	11	1,65	17	0,97	5555		
x46	13,5	18,1	0,36	0,18	6,1	0,61	712	79	7,25	91	22,5	7	1,29	12	1,01	4988,5		
x40	11,8	17,9	0,32	0,16	6,0	0,53	612	68	7,21	78	19,1	6	1,27	10	0,93	4312		
x35	10,3	17,7	0,30	0,15	6,0	0,43	510	58	7,04	67	15,3	5	1,22	8	0,83	3657,5		
W16X100	29,7	17,0	0,59	0,29	10,4	0,99	1500	177	7,10	200	186	36	2,50	55	1,69	11000		
x89	26,4	16,8	0,53	0,26	10,4	0,88	1310	157	7,05	177	163	31	2,48	48	1,58	9735		
x77	22,9	16,5	0,46	0,23	10,3	0,76	1120	136	7,00	152	138	27	2,46	41	1,47	8360		
x67	20,0	16,3	0,40	0,20	10,2	0,67	970	119	6,97	132	119	23	2,44	36	1,37	7260		
X57	16,8	16,4	0,43	0,22	7,1	0,72	758	92	6,72	105	43,1	12	1,60	19	1,12	5775		
x50	14,7	16,3	0,38	0,19	7,1	0,63	659	81	6,68	92	37,2	11	1,59	16	1,03	5060		
x45	13,3	16,1	0,35	0,17	7,0	0,57	586	73	6,65	82	32,8	9	1,57	15	0,97	4526,5		
x40	11,8	16,0	0,31	0,15	7,0	0,51	518	65	6,63	73	28,9	8	1,57	13	0,91	4015		
x36	10,6	15,9	0,30	0,15	7,0	0,43	448	57	6,51	64	24,5	7	1,52	11	0,83	3520		
X31	9,1	15,9	0,28	0,14	5,5	0,44	375	47	6,41	54	12,4	4	1,17	7	0,84	2970		
x26	7,7	15,7	0,25	0,13	5,5	0,35	301	38	6,26	44	9,59	3	1,12	5	0,75	2431		
W14x808	237,0	22,8	3,74	1,87	18,6	5,12	16000	1400	8,20	1830	5510	594	4,82	927	5,72	100650		
x730	215,0	22,4	3,07	1,54	17,9	4,91	14300	1280	8,17	1660	4720	527	4,69	816	5,51	91300		
x665	196,0	21,6	2,83	1,42	17,7	4,52	12400	1150	7,98	1480	4170	472	4,62	730	5,12	81400		
x43	12,6	14	0,31	0,15	8,00	0,53	428	63	5,82	70	45,2	11	1,89	17	1,12	3828		
x38	11,2	14	0,31	0,16	6,77	0,52	385	55	5,87	62	26,7	8	1,55	12	0,92	3383		
x34	10,0	14	0,29	0,14	6,75	0,46	340	49	5,83	55	23,3	7	1,53	11	0,86	3003		



**A.1 CONTINUACION PERFILES W**

**SISTEMA INGLES**

**Fy= 50 ksi Ry= 1,1**

	Area A	altura d	alma		ala		EJE X				EJE Y				k	Mpr
			espesor		ancho	grosor	I <sub>x</sub>	S <sub>x</sub>	r <sub>x</sub>	Z <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	r <sub>y</sub>	Z <sub>y</sub>		
			t <sub>w</sub>	t <sub>w</sub> /2	bf	tf										
			pulg <sup>2</sup>	pulg	pulg	pulg	pulg <sup>4</sup>	pulg <sup>3</sup>	pulg	pulg <sup>3</sup>	pulg <sup>4</sup>	pulg <sup>3</sup>	pulg	pulg <sup>3</sup>		
W14x30	8,9	14	0,27	0,14	6,73	0,39	291	42	5,73	47	19,6	6	1,49	9	0,79	2602
x26	7,7	14	0,26	0,13	5,03	0,42	245	35	5,65	40	8,9	4	1,08	6	0,82	2211
x22	6,5	14	0,23	0,12	5,00	0,34	199	29	5,54	33	7,0	3	1,04	4	0,74	1826
W12x336	98,8	17	1,78	0,89	13,40	2,96	4060	483	6,41	603	1190,0	177	3,47	274	3,55	33165
x305	89,6	16	1,63	0,82	13,20	2,71	3550	435	6,29	537	1050,0	159	3,42	244	3,30	29535
x279	81,9	16	1,53	0,77	13,10	2,47	3110	393	6,16	481	937,0	143	3,38	220	3,07	26455
x252	74,0	15	1,40	0,70	13,00	2,25	2720	353	6,06	428	828,0	127	3,34	196	2,85	23540
x230	67,7	15	1,29	0,65	12,90	2,07	2420	321	5,97	386	742,0	115	3,31	177	2,67	21230
x210	61,8	15	1,18	0,59	12,80	1,90	2140	292	5,89	348	664,0	104	3,28	159	2,50	19140
x190	55,8	14	1,06	0,53	12,70	1,74	1890	263	5,82	311	589,0	93	3,25	143	2,33	17105
x170	50,0	14	0,96	0,48	12,60	1,56	1650	235	5,74	275	517,0	82	3,22	126	2,16	15125
x152	44,7	14	0,87	0,44	12,50	1,40	1430	209	5,66	243	454,0	73	3,19	111	2,00	13365
x136	39,9	13	0,79	0,40	12,40	1,25	1240	186	5,58	214	398,0	64	3,16	98	1,85	11770
x120	35,3	13	0,71	0,36	12,30	1,11	1070	163	5,51	186	345,0	56	3,13	85	1,70	10230
x106	31,2	13	0,61	0,31	12,20	0,99	933	145	5,47	164	301,0	49	3,11	75	1,59	9020
x96	28,2	13	0,55	0,28	12,20	0,90	833	131	5,44	147	270,0	44	3,09	68	1,50	8085
x87	25,6	13	0,52	0,26	12,10	0,81	740	118	5,38	132	241,0	40	3,07	60	1,41	7260
x79	23,2	12	0,47	0,24	12,10	0,74	662	107	5,34	119	216,0	36	3,05	54	1,33	6545
x72	21,1	12	0,43	0,22	12,00	0,67	597	97	5,31	108	195,0	32	3,04	49	1,27	5940
x65	19,1	12	0,39	0,20	12,00	0,61	533	88	5,28	97	174,0	29	3,02	44	1,20	5324
x58	17,0	12	0,36	0,18	10,00	0,64	475	78	5,28	86	107,0	21	2,51	33	1,24	4752
x53	15,6	12	0,35	0,17	9,99	0,58	425	71	5,23	78	95,8	19	2,48	29	1,17	4285
x50	14,6	12	0,37	0,19	8,08	0,64	391	64	5,18	72	56,3	14	1,96	21	1,14	3955
x45	13,1	12	0,34	0,17	8,05	0,58	348	58	5,15	64	50,0	12	1,95	19	1,08	3531
x40	11,7	12	0,30	0,15	8,01	0,52	307	52	5,13	57	44,1	11	1,94	17	1,02	3135
x35	10,3	12,5	0,30	0,15	6,56	0,52	285	46	5,25	51	24,5	7	1,54	12	0,82	2816
x30	8,8	12,3	0,26	0,13	6,52	0,44	238	39	5,21	43	20,3	6	1,52	10	0,74	2371
x26	7,7	12,2	0,23	0,12	6,49	0,38	204	33	5,17	37	17,3	5	1,51	8	0,68	2046
x22	6,5	12,3	0,26	0,13	4,03	0,43	156	25	4,91	29	4,66	2	0,85	4	0,73	1612
x19	5,6	12,2	0,24	0,12	4,01	0,35	130	21	4,82	25	3,76	2	0,82	3	0,65	1359
x16	4,7	12,0	0,22	0,11	3,99	0,27	103	17	4,67	20	2,82	1	0,77	2	0,57	1106
x14	4,2	11,9	0,20	0,10	3,97	0,23	88,6	15	4,62	17	2,36	1	0,75	2	0,53	957
W10x112	32,9	11,4	0,76	0,38	10,40	1,25	716	126	4,66	147	236	45	2,68	69	1,75	8085
x100	29,4	11,1	0,68	0,34	10,30	1,12	623	112	4,60	130	207	40	2,65	61	1,62	7150
x88	25,9	10,8	0,61	0,30	10,30	0,99	534	99	4,54	113	179	35	2,63	53	1,49	6215
x77	22,6	10,6	0,53	0,27	10,20	0,87	455	86	4,49	98	154	30	2,6	46	1,37	5368
x68	20,0	10,4	0,47	0,24	10,10	0,77	394	76	4,44	85	134	26	2,59	40	1,27	4692
x60	17,6	10,2	0,42	0,21	10,10	0,68	341	67	4,39	75	116	23	2,57	35	1,18	4103
x54	15,8	10,1	0,37	0,19	10,00	0,62	303	60	4,37	67	103	21	2,56	31	1,12	3663
x49	14,4	10,0	0,34	0,17	10,00	0,56	272	55	4,35	60	93,4	19	2,54	28	1,06	3322
x45	13,3	10,1	0,35	0,18	8,02	0,62	248	49	4,32	55	53,4	13	2,01	20	1,12	3020
x39	11,5	9,9	0,32	0,16	7,99	0,53	209	42	4,27	47	45	11	1,98	17	1,03	2574
x33	9,7	9,7	0,29	0,15	7,96	0,44	171	35	4,19	39	36,6	9	1,94	14	0,94	2134
x30	8,8	10,5	0,30	0,15	5,81	0,51	170	32	4,38	37	16,7	6	1,37	9	0,81	2013
x26	7,6	10,3	0,26	0,13	5,77	0,44	144	28	4,35	31	14,1	5	1,36	8	0,74	1722
x22	6,5	10,2	0,24	0,12	5,75	0,36	118	23	4,27	26	11,4	4	1,33	6	0,66	1430
x19	5,6	10,2	0,25	0,13	4,02	0,40	96,3	19	4,14	22	4,29	2	0,87	3	0,70	1188
x17	5,0	10,1	0,24	0,12	4,01	0,33	81,9	16	4,05	19	3,56	2	0,85	3	0,63	1029
x15	4,4	10,0	0,23	0,12	4,00	0,27	68,9	14	3,95	16	2,89	1	0,81	2	0,57	880
x12	3,5	9,9	0,19	0,10	3,96	0,21	53,8	11	3,90	13	2,18	1	0,79	2	0,51	693
W8x67	19,7	9,0	0,57	0,29	8,28	0,94	272	60	3,72	70	88,6	21	2,12	33	1,33	3856
x58	17,1	8,8	0,51	0,26	8,22	0,81	228	52	3,65	60	75,1	18	2,1	28	1,20	3289
x48	14,1	8,5	0,40	0,20	8,11	0,69	184	43	3,61	49	60,9	15	2,08	23	1,08	2695
x40	11,7	8,3	0,36	0,18	8,07	0,56	146,0	36	3,53	40	49,1	12	2,04	19	0,95	2189
x35	10,3	8,1	0,31	0,16	8,02	0,50	127,0	31	3,51	35	42,6	11	2,03	16	0,89	1909
x31	9,1	8,0	0,29	0,14	8,00	0,44	110,0	28	3,47	30	37,1	9	2,02	14	0,83	1672
x28	8,2	8,1	0,29	0,14	6,54	0,47	98,0	24	3,45	27	21,7	7	1,62	10	0,86	1496
x24	7,1	7,9	0,25	0,12	6,50	0,40	82,7	21	3,42	23	18,3	6	1,61	9	0,79	1271
x21	6,2	8,3	0,25	0,13	5,27	0,40	75,3	18	3,49	20	9,77	4	1,26	6	0,70	1122

**A.1 CONTINUACION PERFILES W  
SISTEMA INGLES**

**Fy= 50 ksi Ry= 1,1**

	Area A	altura d	alma		ala		EJE X				EJE Y				k	Mpr
			espesor		ancho	grosor	I <sub>x</sub>	S <sub>x</sub>	r <sub>x</sub>	Z <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	S <sub>y</sub>	r <sub>y</sub>	Z <sub>y</sub>		
			t <sub>w</sub>	t <sub>w</sub> /2	b <sub>f</sub>	t <sub>f</sub>										
			pulg <sup>2</sup>	pulg	pulg		pulg		pulg <sup>4</sup>	pulg <sup>3</sup>	pulg	pulg <sup>3</sup>	pulg <sup>4</sup>	pulg <sup>3</sup>		
<b>W8x18</b>	5,3	8,1	0,23	0,12	5,25	0,33	61,9	15	3,43	17	7,97	3	1,23	5	0,63	935
<b>x15</b>	4,4	8,1	0,25	0,12	4,01	0,32	48,0	12	3,29	14	3,41	2	0,88	3	0,62	748
<b>x13</b>	3,8	8,0	0,23	0,12	4,00	0,26	39,6	10	3,21	11	2,73	1	0,84	2	0,56	627
<b>x10</b>	3,0	7,9	0,17	0,09	3,94	0,21	30,8	8	3,22	9	2,09	1	0,84	2	0,51	488
<b>W6x25</b>	7,4	6,4	0,32	0,16	6,08	0,46	53,6	17	2,70	19	17,1	6	1,52	9	0,75	1045
<b>x20</b>	5,9	6,2	0,26	0,13	6,02	0,37	41,5	13	2,66	15	13,3	4	1,50	7	0,66	825
<b>x15</b>	4,5	6,0	0,23	0,12	5,99	0,26	29,3	10	2,56	11	9,32	3	1,45	5	0,56	594
<b>x16</b>	4,7	6,3	0,26	0,13	4,03	0,41	32,1	10	2,60	12	4,43	2	0,97	3	0,66	644
<b>x12</b>	3,6	6,0	0,23	0,12	4,00	0,28	22,1	7	2,49	8	2,99	2	0,92	2	0,53	457
<b>x9</b>	2,7	5,9	0,17	0,09	3,94	0,22	16,4	6	2,47	6	2,2	1	0,91	2	0,47	343
<b>x8.5</b>	2,5	5,8	0,17	0,09	3,94	0,19	14,8	5	2,43	6	1,98	1	0,89	2	0,44	314
<b>W5x19</b>	5,6	5,2	0,27	0,14	5,03	0,43	26,3	10	2,17	12	9,13	4	1,28	6	0,73	638
<b>x16</b>	4,7	5,0	0,24	0,12	5,00	0,36	21,4	9	2,13	10	7,51	3	1,26	5	0,66	530
<b>W4x13</b>	3,8	4,2	0,28	0,14	4,06	0,35	11,3	5	1,72	6	3,86	2	1,00	3	0,56	345

# Anexo A.2 Geometría de perfiles en sistema MKS

A.2 TABLA DE GEOMETRIA DE PERFILES W  
SISTEMA INTERNACIONAL

Fy= 3515 kgf/cm<sup>2</sup> Ry= 1,1

	Area A cm <sup>2</sup>	altura d cm	alma		ala		EJE X				EJE Y				k	Mpr ton/m
			espesor		ancho bf	grosor tf	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> cm	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> cm	Z <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>		
			t <sub>w</sub> cm	t <sub>w</sub> /2 cm												
<b>W44X335</b>	634	112	2,59	1,30	40,64	4,50	1294480	23106	45,21	2655	49948	2474	8,89	3867	6,50	103
<b>x290</b>	554	111	2,21	1,10	40,13	4,01	1127987	20320	45,21	23270	43704	2163	8,86	3376	6,02	900
<b>x262</b>	498	110	2,01	1,00	40,13	3,61	1007280	18354	44,96	20812	38585	1934	8,79	2999	5,61	805
<b>x230</b>	437	109	1,80	0,90	40,13	3,10	865761	15912	44,45	18026	33132	1655	8,71	2573	5,11	697
<b>W40X593</b>	1123	109	4,55	2,27	42,42	8,20	2097806	38346	43,18	45228	104890	4949	9,65	7882	11,20	1749
<b>x503</b>	955	107	3,91	1,96	41,66	7,01	1735685	32446	42,67	38018	85327	4097	9,45	6473	10,01	1470
<b>x431</b>	819	105	3,40	1,70	41,15	5,99	1448485	27694	42,16	32119	70343	3409	9,27	5375	8,99	1242
<b>x397</b>	755	104	3,10	1,55	40,89	5,59	1331941	25564	42,16	29497	64100	3130	9,25	4916	8,59	1141
<b>x372</b>	703	103	2,95	1,47	40,89	5,21	1232045	23925	41,91	27530	59105	2901	9,14	4556	8,20	1065
<b>x362</b>	690	103	2,84	1,42	40,64	5,11	1202909	23270	41,91	26875	57440	2835	9,14	4425	8,10	1039
<b>x324</b>	615	102	2,54	1,27	40,39	4,60	1065552	20975	41,66	23925	50780	2507	9,09	3917	7,59	925
<b>x297</b>	564	101	2,36	1,18	40,13	4,19	965657	19173	41,40	21795	45369	2261	8,99	3523	7,19	843
<b>x277</b>	525	101	2,11	1,05	40,13	4,01	911547	18026	41,66	20484	43288	2163	9,09	3343	7,01	792
<b>x249</b>	473	100	1,91	0,95	40,13	3,61	815814	16272	41,40	18354	38543	1934	9,02	2982	6,60	710
<b>x215</b>	408	99	1,65	0,83	40,13	3,10	695106	14076	41,15	15797	33132	1655	8,99	2556	6,10	611
<b>x199</b>	377	98	1,65	0,83	40,13	2,72	620185	12618	40,64	14240	28928	1445	8,76	2245	5,72	551
<b>x392</b>	742	106	3,61	1,80	31,50	6,40	1244532	23597	40,89	28022	33423	2130	6,71	3474	9,40	1084
<b>x331</b>	629	104	3,10	1,55	30,99	5,41	1028092	19828	40,39	23434	26805	1737	6,53	2819	8,41	906
<b>x327</b>	619	104	3,00	1,50	30,73	5,41	1019767	19664	40,64	23106	26639	1721	6,55	2786	8,41	893
<b>x278</b>	528	102	2,59	1,30	30,48	4,60	853274	16715	40,13	19501	21686	1427	6,40	2294	7,59	754
<b>x264</b>	501	102	2,44	1,22	30,23	4,39	807489	15912	40,13	18517	20520	1354	6,40	2163	7,39	716
<b>x235</b>	445	101	2,11	1,05	30,23	4,01	724243	14339	40,39	16551	18481	1222	6,45	1934	7,01	640
<b>x211</b>	400	100	1,91	0,95	29,97	3,61	645159	12880	40,13	14847	16233	1083	6,38	1721	6,60	574
<b>x183</b>	347	99	1,65	0,83	29,97	3,10	553588	11192	39,88	12831	13985	932	6,35	1468	6,10	496
<b>x167</b>	317	98	1,65	0,83	29,97	2,59	482828	9832	38,86	11356	11779	785	6,10	1245	5,61	439
<b>x149</b>	283	97	1,60	0,80	29,97	2,11	407907	8407	38,10	9799	9532	636	5,82	1019	5,11	379
<b>x798</b>	1516	107	6,05	3,02	45,72	10,90	2605609	48833	41,40	58666	174817	7653	10,74	12176	13,31	2269
<b>x650</b>	1232	103	5,00	2,50	44,70	8,99	2035372	39657	40,64	46867	134443	6014	10,44	9504	11,40	1812
<b>W36x527</b>	1000	100	4,09	2,04	43,69	7,39	1594166	31955	39,88	37363	103642	4736	10,19	7440	9,80	1445
<b>x439</b>	832	97	3,45	1,73	43,18	6,20	1290317	26547	39,37	30644	82830	3851	9,98	6014	8,61	1185
<b>x393</b>	748	96	3,10	1,55	42,67	5,59	1144636	23761	39,12	27366	72840	3409	9,91	5326	8,00	1058
<b>x359</b>	677	95	2,84	1,42	42,42	5,11	1032254	21631	38,86	24744	65348	3081	9,30	4785	7,52	957
<b>x328</b>	622	94	2,59	1,30	42,16	4,70	936521	19828	38,86	22614	59105	2802	9,75	4343	7,11	874
<b>x300</b>	570	93	2,40	1,20	42,42	4,27	844950	18190	38,61	20648	54110	2556	9,73	3949	6,68	798
<b>x280</b>	532	93	2,25	1,12	42,16	3,99	786677	16879	38,35	19173	49948	2360	9,68	3654	6,40	741
<b>x260</b>	494	92	2,13	1,07	42,16	3,66	720080	15617	38,10	17698	45369	2163	9,60	3343	6,07	684
<b>x245</b>	465	92	2,03	1,02	41,91	3,43	670133	14666	38,10	16551	42039	2016	9,53	3114	5,84	640
<b>x230</b>	436	91	1,93	0,97	41,91	3,20	624347	13716	37,85	15453	39126	1868	9,47	2884	5,61	598
<b>X256</b>	486	95	2,44	1,22	30,99	4,39	699269	14666	37,85	17043	21977	1417	6,73	2245	6,30	659
<b>x232</b>	439	94	2,21	1,10	30,73	3,99	624347	13257	37,59	15338	19480	1265	6,65	1999	5,89	593
<b>x210</b>	399	93	2,11	1,05	30,99	3,45	549425	11782	37,08	13650	17107	1106	6,55	1753	5,36	528
<b>x194</b>	368	93	1,94	0,97	30,73	3,20	503640	10881	37,08	12569	15609	1014	6,50	1601	5,11	486
<b>x182</b>	346	92	1,84	0,92	30,73	3,00	470342	10209	36,83	11766	14443	944	6,48	1486	4,90	455
<b>x170</b>	323	92	1,73	0,86	30,48	2,79	437043	9521	36,83	10947	13319	872	6,43	1373	4,70	423
<b>x160</b>	303	91	1,65	0,83	30,48	2,59	406242	8882	36,58	10226	12279	805	6,35	1267	4,50	395
<b>x150</b>	285	91	1,59	0,79	30,48	2,39	376273	8259	36,32	9521	11238	739	6,27	1162	4,29	368
<b>x135</b>	256	90	1,52	0,76	30,48	2,01	324661	7194	35,56	8341	9365	618	6,05	978	3,91	323
<b>W33x387</b>	735	91	3,20	1,60	41,15	5,79	1011442	22123	37,08	26547	67429	3277	9,58	5113	7,80	1027
<b>X354</b>	671	90	2,95	1,47	40,89	5,31	915709	20320	36,83	23925	60770	2966	9,50	4621	7,32	925
<b>x318</b>	604	89	2,64	1,32	40,64	4,80	811651	18190	36,83	21139	53694	2638	9,42	4097	6,81	817
<b>x291</b>	553	88	2,44	1,22	40,39	4,39	736730	16715	36,58	19009	48283	2393	9,35	3703	6,40	735

**A.2 TABLA DE GEOMETRIA DE PERFILES W  
SISTEMA INTERNACIONAL**

Fy= 3515 kgf/cm² Ry= 1,1

	Area A cm²	altura d cm	alma		ala		EJE X						EJE Y				k cm	Mpr ton*m
			espesor	ancho	grosor	I <sub>x</sub> cm⁴	S <sub>x</sub> cm³	r <sub>x</sub> cm	Z <sub>x</sub> cm³	I <sub>y</sub> cm⁴	S <sub>y</sub> cm³	r <sub>y</sub> cm	Z <sub>y</sub> cm³					
														t <sub>w</sub> cm	t <sub>w</sub> /2 cm	bf cm		
<b>W33x263</b>	500	88	2,21	1,10	40,13	3,99	661808	15060	36,32	17043	43288	2147	9,30	3310	5,99	659		
<b>x241</b>	458	87	2,11	1,05	40,39	3,56	591049	13618	35,81	15289	38834	1934	9,19	2982	5,56	591		
<b>x221</b>	421	86	1,97	0,98	40,13	3,23	536939	12438	35,81	13765	34963	1737	9,12	2687	5,23	532		
<b>x201</b>	382	86	1,82	0,91	39,88	2,92	482828	11242	35,56	12274	31176	1560	9,04	2409	4,93	475		
<b>X169</b>	319	86	1,70	0,85	29,21	3,10	386679	8996	34,80	5080	12903	883	6,35	1383	4,88	196		
<b>x152</b>	289	85	1,61	0,81	29,46	2,69	339645	7981	34,29	4474	11363	773	6,27	1211	4,47	173		
<b>x141</b>	268	85	1,54	0,77	29,21	2,44	310092	7341	34,04	4031	10239	700	6,17	1096	4,22	156		
<b>x130</b>	247	84	1,29	0,65	29,21	2,17	279291	6653	33,53	3572	9074	621	6,07	975	3,96	138		
<b>x118</b>	224	84	1,40	0,70	29,21	1,88	245577	5883	33,02	3064	7784	534	5,89	841	3,66	118		
<b>x391</b>	742	84	3,45	1,73	39,62	6,20	861599	20484	34,04	23761	64516	3245	9,32	5080	8,20	919		
<b>x357</b>	677	83	3,15	1,57	39,37	5,69	778353	18681	33,78	21631	57856	2933	9,25	4572	7,70	836		
<b>x326</b>	618	82	2,90	1,45	39,12	5,21	699269	17043	33,53	19501	51613	2655	9,14	4130	7,21	754		
<b>W30x292</b>	554	81	2,59	1,30	38,86	4,70	620185	15240	33,53	17370	45785	2360	9,09	3654	6,71	672		
<b>x261</b>	496	80	2,36	1,18	38,61	4,19	545263	13585	33,27	15453	39917	2081	8,97	3212	6,20	598		
<b>x235</b>	446	80	2,11	1,05	38,35	3,81	486991	12258	33,02	13880	35588	1868	8,92	2868	5,82	537		
<b>x211</b>	401	78	1,97	0,98	38,35	3,35	428718	10897	32,77	12307	31509	1639	8,86	2540	5,33	476		
<b>x191</b>	363	78	1,80	0,90	38,10	3,02	382933	9832	32,51	11061	28012	1467	8,79	2261	5,00	428		
<b>x173</b>	329	77	1,66	0,83	38,10	2,72	342558	8865	32,26	9947	24891	1308	8,69	2016	4,70	385		
<b>X148</b>	281	78	1,65	0,83	26,67	3,00	278043	7145	31,50	8194	9448	710	5,79	1114	4,65	317		
<b>x132</b>	251	77	1,56	0,78	26,67	2,54	240166	6227	30,99	7161	8158	610	5,72	957	4,19	277		
<b>x124</b>	235	77	1,49	0,74	26,67	2,36	223100	5817	30,73	6686	7534	564	5,66	885	4,01	259		
<b>x116</b>	221	76	1,44	0,72	26,67	2,16	205202	5391	30,48	6194	6826	513	5,56	806	3,81	240		
<b>x108</b>	205	76	1,38	0,69	26,67	1,93	186055	4900	30,23	5670	6077	457	5,46	719	3,58	219		
<b>x99</b>	188	75	1,32	0,66	26,67	1,70	166076	4408	29,72	5113	5328	401	5,33	633	3,35	198		
<b>x90</b>	170	75	1,19	0,60	26,42	1,55	150260	4015	29,72	4638	4787	362	5,31	569	3,20	179		
<b>W27x539</b>	1026	83	5,00	2,50	38,86	8,99	1065552	25728	32,26	30972	87825	4539	9,27	7161	11,00	1198		
<b>x368</b>	697	77	3,51	1,75	37,34	6,30	674295	17370	30,99	20320	54526	2933	8,84	4572	8,31	786		
<b>x307</b>	583	75	2,95	1,47	36,58	5,31	545263	14535	30,48	16879	43704	2393	8,66	3719,9	7,32	653		
<b>x281</b>	535	74	2,69	1,35	36,58	4,90	495315	13339	30,48	15338	39667	2179	8,61	3375,7	6,91	593		
<b>x258</b>	490	74	2,49	1,24	36,32	4,50	449530	12208	30,23	13962	35754	1966	8,53	3064,4	6,50	540		
<b>x235</b>	448	73	2,31	1,16	36,07	4,09	403744	11094	29,97	12651	32008	1770	8,46	2753,0	6,10	489		
<b>x217</b>	413	72	2,11	1,05	35,81	3,81	370862	10275	29,97	11651	29303	1635	8,43	2523,6	5,82	451		
<b>x194</b>	369	71	1,91	0,95	35,56	3,40	327158	9160	29,72	10340	25765	1444	8,36	2228,6	5,41	400		
<b>x178</b>	339	71	1,84	0,92	35,81	3,02	292194	8275	29,46	9341	23101	1291	8,26	1999,2	5,03	361		
<b>x161</b>	307	70	1,68	0,84	35,56	2,74	262642	7505	29,21	8439	20687	1162	8,20	1786,2	4,75	326		
<b>x146</b>	278	70	1,54	0,77	35,56	2,48	235587	6784	29,21	7604	18439	1041	8,13	1601,0	4,47	294		
<b>X129</b>	244	70	1,55	0,77	25,40	2,79	198126	5654	28,45	6473	7659	603	5,61	943,9	4,32	250		
<b>x114</b>	216	69	1,45	0,72	25,65	2,36	169822	4900	27,94	5621	6618	516	5,54	807,9	3,89	217		
<b>x102</b>	194	69	1,31	0,65	25,40	2,11	150676	4375	27,94	4998	5786	456	5,46	711,2	3,63	193		
<b>x94</b>	179	68	1,24	0,62	25,37	1,89	136108	3982	27,69	4556	5161	406	5,38	635,8	3,40	176		
<b>x84</b>	160	68	1,17	0,58	25,30	1,63	118626	3490	27,18	3998	4412	347	5,26	544,1	3,15	155		
<b>x370</b>	703	71	3,86	1,93	34,80	6,91	557750	15682	28,19	18517	48283	2786	8,31	4375,3	8,18	716		
<b>x335</b>	635	70	3,51	1,75	34,29	6,30	495315	14158	27,94	16715	42872	2491	8,20	3900,1	7,57	646		
<b>x306</b>	579	69	3,20	1,60	34,04	6,30	445368	12929	27,69	15109	38252	2245	8,13	3506,8	7,06	584		
<b>W24x279</b>	529	68	2,95	1,47	33,78	5,31	399582	11766	27,43	13683	34256	2032	8,05	3162,7	6,58	529		
<b>x250</b>	474	67	2,64	1,32	33,53	4,80	353380	10553	27,18	12192	30135	1803	7,98	2802,2	6,07	471		
<b>x229</b>	434	66	2,44	1,22	33,27	4,39	318417	9636	27,18	11061	27097	1629	7,90	2523,6	5,66	428		
<b>x207</b>	392	65	2,21	1,10	33,02	3,99	283870	8702	26,92	9931	24058	1455	7,82	2245,0	5,26	384		
<b>x192</b>	363	65	2,06	1,03	33,02	3,71	260561	8046	26,67	9160	22060	1340	7,80	2064,8	4,98	354		
<b>x176</b>	334	64	1,91	0,95	32,77	3,40	236419	7374	26,67	8374	19937	1218	7,72	1884,5	4,67	324		
<b>x162</b>	308	64	1,79	0,90	33,02	3,10	215192	6784	26,42	7669	18439	1121	7,75	1720,6	4,37	297		
<b>x146</b>	277	63	1,65	0,83	32,77	2,77	190634	6080	26,16	6850	16275	991	7,65	1527,3	4,04	265		
<b>x131</b>	248	62	1,54	0,77	32,77	2,44	167325	5391	25,91	6063	14152	869	7,54	1335,5	3,71	234		
<b>x117</b>	222	62	1,40	0,70	32,51	2,16	147346	4769	25,65	5359	12362	762	7,47	1170,0	3,43	207		





**A.1 CONTINUACION PERFILES W  
SISTEMA INGLES**

**Fy= 50 ksi Ry= 1,1**

	Area A pulg <sup>2</sup>	altura d pulg	alma				ala				EJE X				EJE Y			
			espesor		ancho		grosor		I <sub>x</sub> pulg <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> pulg <sup>3</sup>	r <sub>x</sub> pulg	Z <sub>x</sub> pulg <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> pulg <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> pulg <sup>3</sup>	r <sub>y</sub> pulg	Z <sub>y</sub> pulg <sup>3</sup>	k pulg	Mpr kip*pulg
			t <sub>w</sub>	t <sub>w</sub> /2	bf	tf	bf	tf										
			t <sub>w</sub>	t <sub>w</sub> /2	bf	tf	bf	tf										
<b>W10x26</b>	7,6	10,3	0,26	0,13	5,77	0,44	144	27,9	4,35	31,3	14,1	4,89	1,36	7,5	0,74	53,3665		
<b>x22</b>	6,5	10,2	0,24	0,12	5,75	0,36	118	23,2	4,27	26	11,4	3,97	1,33	6,1	0,66	44,33		
<b>x19</b>	5,6	10,2	0,25	0,125	4,02	0,395	96,3	18,8	4,14	21,6	4,29	2,14	0,874	3,35	0,695	36,828		
<b>x17</b>	5,0	10,1	0,24	0,12	4,01	0,33	81,9	16,2	4,05	18,7	3,56	1,78	0,845	2,8	0,63	31,8835		
<b>x15</b>	4,4	9,99	0,23	0,115	4	0,27	68,9	13,8	3,95	16	2,89	1,45	0,81	2,3	0,57	27,28		
<b>x12</b>	3,5	9,87	0,19	0,095	3,96	0,21	53,8	10,9	3,9	12,6	2,18	1,1	0,785	1,74	0,51	21,483		
<b>W8x67</b>	19,7	9	0,57	0,285	8,28	0,935	272	60,4	3,72	70,1	88,6	21,4	2,12	32,7	1,33	119,5205		
<b>x58</b>	17,1	8,75	0,51	0,255	8,22	0,81	228	52	3,65	59,8	75,1	18,3	2,1	27,9	1,2	101,959		
<b>x48</b>	14,1	8,5	0,4	0,2	8,11	0,685	184	43,2	3,61	49	60,9	15	2,08	22,9	1,08	83,545		
<b>x40</b>	11,7	8,3	0,36	0,18	8,07	0,56	146,0	36	3,53	40	49,1	12	2,04	19	0,95	2189		
<b>x35</b>	10,3	8,1	0,31	0,16	8,02	0,50	127,0	31	3,51	35	42,6	11	2,03	16	0,89	1909		
<b>x31</b>	9,1	8,0	0,29	0,14	8,00	0,44	110,0	28	3,47	30	37,1	9	2,02	14	0,83	1672		
<b>x28</b>	8,2	8,1	0,29	0,14	6,54	0,47	98,0	24	3,45	27	21,7	7	1,62	10	0,86	1496		
<b>x24</b>	7,1	7,9	0,25	0,12	6,50	0,40	82,7	21	3,42	23	18,3	6	1,61	9	0,79	1271		
<b>x21</b>	6,2	8,3	0,25	0,13	5,27	0,40	75,3	18	3,49	20	9,77	4	1,26	6	0,70	1122		
<b>x18</b>	5,3	8,1	0,23	0,12	5,25	0,33	61,9	15	3,43	17	7,97	3	1,23	5	0,63	935		
<b>x15</b>	4,4	8,1	0,25	0,12	4,01	0,32	48,0	12	3,29	14	3,41	2	0,88	3	0,62	748		
<b>x13</b>	3,8	8,0	0,23	0,12	4,00	0,26	39,6	10	3,21	11	2,73	1	0,84	2	0,56	627		
<b>x10</b>	3,0	7,9	0,17	0,09	3,94	0,21	30,8	8	3,22	9	2,09	1	0,84	2	0,51	488		
<b>W6x25</b>	7,4	6,4	0,32	0,16	6,08	0,46	53,6	17	2,70	19	17,1	6	1,52	9	0,75	1045		
<b>x20</b>	5,9	6,2	0,26	0,13	6,02	0,37	41,5	13	2,66	15	13,3	4	1,50	7	0,66	825		
<b>x15</b>	4,5	6,0	0,23	0,12	5,99	0,26	29,3	10	2,56	11	9,32	3	1,45	5	0,56	594		
<b>x16</b>	4,7	6,3	0,26	0,13	4,03	0,41	32,1	10	2,60	12	4,43	2	0,97	3	0,66	644		
<b>x12</b>	3,6	6,0	0,23	0,12	4,00	0,28	22,1	7	2,49	8	2,99	2	0,92	2	0,53	457		
<b>x9</b>	2,7	5,9	0,17	0,09	3,94	0,22	16,4	6	2,47	6	2,2	1	0,91	2	0,47	343		
<b>x8.5</b>	2,5	5,8	0,17	0,09	3,94	0,19	14,8	5	2,43	6	1,98	1	0,89	2	0,44	314		
<b>W5x19</b>	5,6	5,2	0,27	0,14	5,03	0,43	26,3	10	2,17	12	9,13	4	1,28	6	0,73	638		
<b>x16</b>	4,7	5,0	0,24	0,12	5,00	0,36	21,4	9	2,13	10	7,51	3	1,26	5	0,66	530		
<b>W4x13</b>	3,8	4,2	0,28	0,14	4,06	0,35	11,3	5	1,72	6	3,86	2	1,00	3	0,56	345		

# Anexo B.1:

## Tabla de resistencia al corte en la zona del panel (Sistema Inglés)

Para la aplicación del viento y sismos de baja intensidad. La Tabla A-1 ayudara en la determinación de la resistencia al corte en el alma de la columna en la zona de panel en conexiones de alas soldadas directamente, plancha de ala, y plancha extrema extendida.

Para las aplicaciones sísmicas altas, vea AISC (1997a). Todos los valores se dan en tres figuras significantes.

Para los perfiles W, en la tabla se entra con los valores de  $P_u / (F_y \cdot A_g)$  para determinar la resistencia de diseño al corte en el alma de la columna. Los valores tabulados son para el material con  $F_y = 50 \text{ ksi}$  ( $3515 \text{ kgf/cm}^2$ ).

Para valores de  $P_u / (F_y \cdot A_g)$  que son menor igual a 0.4 la resistencia de diseño al corte tabulado se determinara con la ecuación especificada en la LRFD K1-9, donde:

$$\phi R_n = 0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_w$$

Para los valores de  $P_u / (F_y \cdot A_g)$  que son mayor que 0.4, la resistencia de diseño al corte tabulado es determinada de la Especificación de LRFD Ecuación K1-10, donde:

$$\phi R_n = 0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_w \cdot \left(1.4 - \frac{P_u}{F_y \cdot A_g}\right)$$

Los valores intermedio de la resistencia de diseño de  $P_u / (F_y \cdot A_g)$  puede ser determinado por interpolación lineal, de las ecuaciones anteriores,

$P_u$  = fuerza axial factorizada de la columna, kips (kgf).

$F_y$  = resistencia mínima a la cedencia especifica de la columna, ksi (kgf/cm<sup>2</sup>).

$A_g$  = área gruesa de la columna, in<sup>2</sup> (cm<sup>2</sup>).

$d_c$  = altura de la columna, in (cm).

$t_w$  = el espesor del alma de la columna, in (cm).

Las resistencia de diseño tabuladas son basado en la " primera cedencia " la resistencia aprovisiona en la Especificación de la LRFD Sección K1-7(a) y será conservadora para la " post-cedencia" resistencia aprovisiona en las Especificación de la LRFD Sección K1-7(b). Alternativamente, la resistencia de diseño más alta puede ser determinada por cálculo con las últimas previsiones.



Para el propósito de esta guía de diseño, en las aplicaciones de sismos (altos y bajos) y viento se definen como sigue. El viento y las aplicaciones sísmicas bajas son aquéllos para los que la estructura se diseña para reunir los requisitos en la Especificación de la LRFD sin detalle sísmico especial. Esto incluye todas las aplicaciones para las que se piensa que la respuesta estructural permanece nominalmente en el rango elástico y el factor de modificación de respuesta  $R$  usado en la determinación de fuerzas sísmicas, no es mayor que 3.

Las aplicaciones sísmicas altas son aquéllos para los que se espera conducta inelástica en las vigas o zonas de panel como un medio de disipar la energía inducidos durante los movimientos sísmicos fuertes. Se diseñan tales edificios para reunir los requisitos en las Especificaciones de LRFD y AISC las previsiones sísmicas y el factor de modificación de respuesta  $R$  apropiado para el nivel de detalle requerido en el sistema de pórtico a momento seleccionado se usa en la determinación de fuerzas sísmicas. Adicionalmente, las conexiones del momento usadas en aplicaciones sísmicas altas tienen detallado sísmico especial.

TABLA B-1

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips												
	±0.4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
<b>W44X335</b>	1212	1151	1091	1030	969	909	848	788	727	666	606	545	485
<b>x290</b>	1024	973	922	871	819	768	717	666	614	563	512	461	410
<b>x262</b>	924	877	831	785	739	693	647	600	554	508	462	416	369
<b>x230</b>	822	781	740	699	658	617	576	535	493	452	411	370	329
<b>W40X593</b>	2078	1974	1870	1766	1663	1559	1455	1351	1247	1143	1039	935	831
<b>x503</b>	1751	1663	1575	1488	1400	1313	1225	1138	1050	963	875	788	700
<b>x431</b>	1494	1420	1345	1270	1195	1121	1046	971	897	822	747	672	598
<b>x397</b>	1351	1283	1215	1148	1080	1013	945	878	810	743	675	608	540
<b>x372</b>	1272	1208	1144	1081	1017	954	890	827	763	699	636	572	509
<b>x362</b>	1228	1166	1105	1044	982	921	859	798	737	675	614	552	491
<b>x324</b>	1085	1031	977	923	868	814	760	706	651	597	543	488	434
<b>x297</b>	999	949	899	849	800	750	700	650	600	550	500	450	400
<b>x277</b>	890	845	801	756	712	667	623	578	534	489	445	400	356
<b>x249</b>	798	758	718	678	638	598	558	519	479	439	399	359	319
<b>x215</b>	684	650	616	582	548	513	479	445	411	376	342	308	274
<b>x199</b>	679	645	611	577	543	509	475	441	408	374	340	306	272
<b>x392</b>	1595	1515	1435	1356	1276	1196	1116	1037	957	877	797	718	638
<b>x331</b>	1344	1277	1210	1142	1075	1008	941	874	806	739	672	605	538
<b>x327</b>	1300	1235	1170	1105	1040	975	910	845	780	715	650	585	520
<b>x278</b>	1107	1052	996	941	886	830	775	720	664	609	554	498	443
<b>x264</b>	1037	985	933	881	829	778	726	674	622	570	518	467	415
<b>x235</b>	890	845	801	756	712	667	623	578	534	489	445	400	356
<b>x211</b>	798	758	718	678	638	598	558	519	479	439	399	359	319
<b>x183</b>	684	650	616	582	548	513	479	445	411	376	342	308	274
<b>x167</b>	677	644	610	576	542	508	474	440	406	373	339	305	271
<b>x149</b>	650	617	585	552	520	487	455	422	390	357	325	292	260
<b>x798</b>	2699	2564	2429	2294	2159	2024	1889	1754	1619	1484	1349	1215	1080
<b>x650</b>	2154	2046	1939	1831	1723	1616	1508	1400	1293	1185	1077	969	862
<b>W36x527</b>	1704	1619	1534	1448	1363	1278	1193	1108	1022	937	852	767	682
<b>x439</b>	1406	1336	1266	1195	1125	1055	984	914	844	774	703	633	563
<b>x393</b>	1245	1183	1121	1058	996	934	872	809	747	685	623	560	498
<b>x359</b>	1131	1074	1018	961	905	848	792	735	679	622	565	509	452
<b>x328</b>	1022	971	920	868	817	766	715	664	613	562	511	460	409
<b>x300</b>	936	890	843	796	749	702	655	609	562	515	468	421	375
<b>x280</b>	872	829	785	741	698	654	611	567	523	480	436	392	349
<b>x260</b>	823	782	741	700	659	617	576	535	494	453	412	370	329
<b>x245</b>	780	741	702	663	624	585	546	507	468	429	390	351	312
<b>x230</b>	737	700	663	626	589	553	516	479	442	405	368	332	295
<b>X256</b>	969	921	872	824	776	727	679	630	582	533	485	436	388
<b>x232</b>	871	828	784	741	697	654	610	566	523	479	436	392	349
<b>x210</b>	822	781	740	699	658	617	576	535	493	452	411	370	329
<b>x194</b>	754	716	679	641	603	565	528	490	452	415	377	339	302
<b>x182</b>	711	675	640	604	568	533	497	462	426	391	355	320	284
<b>x170</b>	665	631	598	565	532	498	465	432	399	366	332	299	266
<b>x160</b>	632	600	569	537	505	474	442	411	379	347	316	284	253
<b>x150</b>	606	576	545	515	485	454	424	394	363	333	303	273	242
<b>x135</b>	577	548	519	490	461	433	404	375	346	317	288	260	231
<b>W33x387</b>	1225	1163	1102	1041	980	919	857	796	735	674	612	551	490
<b>X354</b>	1115	1059	1003	948	892	836	780	725	669	613	557	502	446
<b>x318</b>	988	939	890	840	791	741	692	642	593	544	494	445	395
<b>x291</b>	902	857	812	767	722	677	631	586	541	496	451	406	361
<b>x263</b>	810	770	729	689	648	608	567	527	486	446	405	365	324
<b>x241</b>	766	728	690	651	613	575	536	498	460	422	383	345	307
<b>x221</b>	709	674	638	603	567	532	497	461	426	390	355	319	284

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips (continuación)												
	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
x201	651	618	586	553	520	488	455	423	390	358	325	293	260
W33X169	611	581	550	520	489	459	428	397	367	336	306	275	245
x152	574	546	517	488	459	431	402	373	345	316	287	258	230
x141	544	517	490	462	435	408	381	354	326	299	272	245	218
x130	454	431	409	386	363	340	318	295	272	250	227	204	182
x118	489	464	440	415	391	366	342	318	293	269	244	220	195
x391	1219	1158	1097	1036	975	914	853	792	731	671	610	549	488
x357	1098	1043	988	933	879	824	769	714	659	604	549	494	439
x326	997	947	898	848	798	748	698	648	598	548	499	449	399
W30x292	881	837	793	749	705	661	617	573	529	485	441	397	353
x261	793	754	714	674	635	595	555	516	476	436	397	357	317
x235	701	666	631	596	561	526	491	456	421	386	351	316	281
x211	647	614	582	550	517	485	453	420	388	356	323	291	259
x191	589	559	530	500	471	441	412	383	353	324	294	265	235
x173	538	511	484	457	430	403	376	349	323	296	269	242	215
W30X148	539	512	485	458	431	404	377	350	323	296	269	242	216
x132	503	478	453	428	403	377	352	327	302	277	252	226	201
x124	477	453	429	405	382	358	334	310	286	262	239	215	191
x116	458	435	412	389	366	343	320	297	275	252	229	206	183
x108	439	417	395	373	351	329	307	285	263	241	219	197	175
x99	417	396	375	354	334	313	292	271	250	229	208	188	167
x90	374	356	337	318	299	281	262	243	225	206	187	168	150
W27X539	1729	1642	1556	1469	1383	1297	1210	1124	1037	951	864	778	691
x368	1133	1076	1019	963	906	850	793	736	680	623	566	510	453
x307	927	881	834	788	742	695	649	603	556	510	464	417	371
x281	839	797	755	713	671	629	587	545	503	461	419	377	335
x258	767	729	691	652	614	576	537	499	460	422	384	345	307
x235	705	670	635	599	564	529	494	458	423	388	353	317	282
x217	636	605	573	541	509	477	446	414	382	350	318	286	255
x194	569	541	512	484	455	427	398	370	341	313	285	256	228
x178	544	517	490	463	435	408	381	354	327	299	272	245	218
x161	492	467	443	418	393	369	344	320	295	271	246	221	197
x146	448	425	403	380	358	336	313	291	269	246	224	201	179
W27X129	455	432	409	386	364	341	318	295	273	250	227	205	182
x114	420	399	378	357	336	315	294	273	252	231	210	189	168
x102	377	358	339	320	301	283	264	245	226	207	188	170	151
x94	356	338	320	303	285	267	249	231	214	196	178	160	142
x84	332	315	298	282	265	249	232	216	199	182	166	149	133
x370	1149	1092	1034	977	919	862	804	747	689	632	575	517	460
x335	1025	973	922	871	820	768	717	666	615	564	512	461	410
x306	922	876	830	784	738	691	645	599	553	507	461	415	369
W24x279	836	794	753	711	669	627	585	544	502	460	418	376	334
x250	739	702	665	628	591	554	517	480	443	406	369	332	295
x229	674	640	607	573	539	505	472	438	404	371	337	303	270
x207	604	574	543	513	483	453	423	392	362	332	302	272	241
x192	558	530	502	474	446	418	390	362	335	307	279	251	223
x176	510	485	459	434	408	383	357	332	306	281	255	230	204
x162	476	452	428	404	381	357	333	309	286	262	238	214	190
x146	433	412	390	368	347	325	303	282	260	238	217	195	173
x131	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220	200	180	160
x117	361	343	325	307	289	271	253	235	217	198	180	162	144
x104	325	309	293	277	260	244	228	211	195	179	163	146	130
W24X103	364	346	327	309	291	273	255	236	218	200	182	164	146
x94	338	321	304	287	270	253	237	220	203	186	169	152	135

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips (continuación)												
	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
<b>W24x84</b>	306	291	275	260	245	229	214	199	183	168	153	138	122
<b>x76</b>	284	270	256	241	227	213	199	185	170	156	142	128	114
<b>x68</b>	266	252	239	226	212	199	186	173	159	146	133	120	106
<b>X62</b>	275	261	248	234	220	206	193	179	165	151	138	124	110
<b>x55</b>	252	239	227	214	201	189	176	164	151	138	126	113	101
<b>W21X201</b>	565	537	509	480	452	424	396	367	339	311	283	254	226
<b>x182</b>	509	483	458	432	407	382	356	331	305	280	254	229	203
<b>x166</b>	456	433	410	387	365	342	319	296	273	251	228	205	182
<b>x147</b>	430	408	387	365	344	322	301	279	258	236	215	193	172
<b>x132</b>	383	363	344	325	306	287	268	249	230	210	191	172	153
<b>x122</b>	352	334	316	299	281	264	246	229	211	193	176	158	141
<b>x111</b>	319	303	287	271	255	239	223	208	192	176	160	144	128
<b>x101</b>	289	274	260	246	231	217	202	188	173	159	144	130	116
<b>x93</b>	338	321	304	288	271	254	237	220	203	186	169	152	135
<b>x83</b>	298	283	268	253	238	223	208	193	179	164	149	134	119
<b>x73</b>	260	247	234	221	208	195	182	169	156	143	130	117	104
<b>x68</b>	245	233	220	208	196	184	171	159	147	135	122	110	98
<b>x62</b>	227	215	204	193	181	170	159	147	136	125	113	102	91
<b>x55</b>	211	200	190	179	168	158	147	137	126	116	105	95	84
<b>x48</b>	195	185	175	165	156	146	136	127	117	107	97	88	78
<b>X57</b>	231	219	208	196	185	173	162	150	138	127	115	104	92
<b>x50</b>	213	203	192	181	171	160	149	139	128	117	107	96	85
<b>x44</b>	196	186	176	166	156	147	137	127	117	108	98	88	78
<b>W18x175</b>	481	457	433	409	384	360	336	312	288	264	240	216	192
<b>x158</b>	431	409	388	366	345	323	302	280	259	237	215	194	172
<b>x143</b>	384	365	346	327	307	288	269	250	231	211	192	173	154
<b>x130</b>	349	332	314	297	279	262	244	227	209	192	175	157	140
<b>x119</b>	336	319	302	286	269	252	235	218	202	185	168	151	134
<b>x106</b>	298	283	268	253	238	223	209	194	179	164	149	134	119
<b>x97</b>	269	255	242	228	215	202	188	175	161	148	134	121	107
<b>x86</b>	238	227	215	203	191	179	167	155	143	131	119	107	95
<b>x76</b>	209	198	188	178	167	157	146	136	125	115	104	94	84
<b>X71</b>	247	235	223	210	198	185	173	161	148	136	124	111	99
<b>x65</b>	224	212	201	190	179	168	156	145	134	123	112	101	89
<b>x60</b>	204	194	184	173	163	153	143	133	122	112	102	92	82
<b>x55</b>	191	181	172	162	152	143	133	124	114	105	95	86	76
<b>x50</b>	173	164	155	147	138	129	121	112	104	95	86	78	69
<b>x46</b>	176	167	158	150	141	132	123	114	106	97	88	79	70
<b>x40</b>	152	145	137	129	122	114	107	99	91	84	76	69	61
<b>x35</b>	143	136	129	122	115	108	100	93	86	79	72	65	57
<b>W16X100</b>	269	255	242	228	215	201	188	175	161	148	134	121	107
<b>x89</b>	238	226	214	202	191	179	167	155	143	131	119	107	95
<b>x77</b>	203	193	182	172	162	152	142	132	122	111	101	91	81
<b>x67</b>	174	165	156	148	139	130	122	113	104	96	87	78	70
<b>X57</b>	190	181	171	162	152	143	133	124	114	105	95	86	76
<b>x50</b>	167	159	151	142	134	125	117	109	100	92	84	75	67
<b>x45</b>	150	142	135	127	120	112	105	97	90	82	75	67	60
<b>x40</b>	132	125	119	112	105	99	92	86	79	72	66	59	53
<b>x36</b>	127	120	114	108	101	95	89	82	76	70	63	57	51
<b>X31</b>	118	112	106	100	94	89	83	77	71	65	59	53	47
<b>x26</b>	106	101	95	90	85	79	74	69	64	58	53	48	42
<b>W14x808</b>	2302	2187	2072	1957	1842	1727	1612	1497	1381	1266	1151	1036	921
<b>x730</b>	1857	1764	1671	1578	1485	1393	1300	1207	1114	1021	928	836	743

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips (continuación)												
	≈0.4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
<b>W14x665</b>	1650	1568	1485	1403	1320	1238	1155	1073	990	908	825	743	660
<b>x605</b>	1467	1394	1320	1247	1174	1100	1027	954	880	807	734	660	587
<b>x550</b>	1298	1233	1168	1103	1038	974	909	844	779	714	649	584	519
<b>x500</b>	1159	1101	1043	985	927	869	811	753	695	637	579	522	464
<b>x455</b>	1036	984	933	881	829	777	725	674	622	570	518	466	415
<b>x426</b>	949	902	854	807	759	712	664	617	570	522	475	427	380
<b>x398</b>	875	831	787	743	700	656	612	568	525	481	437	394	350
<b>x370</b>	802	762	722	682	642	602	562	521	481	441	401	361	321
<b>x342</b>	728	691	655	619	582	546	509	473	437	400	364	327	291
<b>x311</b>	651	618	586	553	521	488	456	423	391	358	325	293	260
<b>x283</b>	582	553	523	494	465	436	407	378	349	320	291	262	233
<b>x257</b>	523	496	470	444	418	392	366	340	314	287	261	235	209
<b>x233</b>	462	439	416	393	370	347	324	300	277	254	231	208	185
<b>x211</b>	415	395	374	353	332	312	291	270	249	228	208	187	166
<b>x193</b>	372	354	335	317	298	279	261	242	223	205	186	168	149
<b>x176</b>	341	324	307	290	273	255	238	221	204	187	170	153	136
<b>x159</b>	302	287	272	256	241	226	211	196	181	166	151	136	121
<b>x145</b>	272	258	245	231	217	204	190	177	163	149	136	122	109
<b>x132</b>	256	243	230	218	205	192	179	166	154	141	128	115	102
<b>x120</b>	231	219	208	196	185	173	162	150	139	127	115	104	92
<b>x109</b>	203	193	182	172	162	152	142	132	122	111	101	91	81
<b>x99</b>	186	177	167	158	149	139	130	121	112	102	93	84	74
<b>x90</b>	166	158	150	141	133	125	116	108	100	91	83	75	67
<b>x82</b>	197	187	177	167	158	148	138	128	118	108	98	89	79
<b>x74</b>	173	164	155	147	138	129	121	112	104	95	86	78	69
<b>x68</b>	157	149	141	133	125	118	110	102	94	86	78	71	63
<b>x61</b>	141	134	127	120	113	106	99	91	84	77	70	63	56
<b>x53</b>	139	132	125	118	111	104	97	90	83	76	69	62	56
<b>x48</b>	127	120	114	108	101	95	89	82	76	70	63	57	51
<b>x43</b>	113	107	102	96	90	85	79	73	68	62	56	51	45
<b>x38</b>	118	112	106	100	94	89	83	77	71	65	59	53	47
<b>x34</b>	108	102	97	92	86	81	75	70	65	59	54	48	43
<b>x30</b>	101	96	91	86	80	75	70	65	60	55	50	45	40
<b>x26</b>	96	91	86	81	77	72	67	62	57	53	48	43	38
<b>x22</b>	85	81	77	72	68	64	60	55	51	47	43	38	34
<b>W12x336</b>	807	767	727	686	646	606	565	525	484	444	404	363	323
<b>x305</b>	717	681	646	610	574	538	502	466	430	395	359	323	287
<b>x279</b>	657	624	591	558	525	493	460	427	394	361	328	296	263
<b>x252</b>	582	553	524	495	466	437	407	378	349	320	291	262	233
<b>x230</b>	526	500	473	447	421	394	368	342	316	289	263	237	210
<b>x210</b>	468	445	422	398	375	351	328	304	281	258	234	211	187
<b>x190</b>	412	392	371	350	330	309	288	268	247	227	206	185	165
<b>x170</b>	363	345	327	308	290	272	254	236	218	200	181	163	145
<b>x152</b>	322	306	290	274	257	241	225	209	193	177	161	145	129
<b>x136</b>	286	272	257	243	229	214	200	186	171	157	143	129	114
<b>x120</b>	251	239	226	213	201	188	176	163	151	138	126	113	100
<b>x106</b>	212	202	191	181	170	159	149	138	127	117	106	96	85
<b>x96</b>	189	179	170	160	151	141	132	123	113	104	94	85	75
<b>x87</b>	174	165	156	148	139	130	122	113	104	96	87	78	70
<b>x79</b>	157	149	142	134	126	118	110	102	94	87	79	71	63
<b>x72</b>	143	136	129	121	114	107	100	93	86	79	71	64	57
<b>x65</b>	127	121	115	108	102	96	89	83	76	70	64	57	51
<b>x58</b>	119	113	107	101	95	89	83	77	71	65	59	53	47
<b>x53</b>	113	107	101	96	90	85	79	73	68	62	56	51	45
<b>x50</b>	122	116	110	104	98	91	85	79	73	67	61	55	49

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips (continuación)												
	≈0.4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
<b>W12x45</b>	109	104	99	93	88	82	77	71	66	60	55	49	44
<b>x40</b>	95	90	85	81	76	71	66	62	57	52	47	43	38
<b>x35</b>	101	96	91	86	81	76	71	66	61	56	51	46	41
<b>x30</b>	86	82	78	73	69	65	60	56	52	47	43	39	35
<b>x26</b>	76	72	68	64	61	57	53	49	45	42	38	34	30
<b>x22</b>	86	82	78	73	69	65	60	56	52	47	43	39	35
<b>x19</b>	77	74	70	66	62	58	54	50	46	43	39	35	31
<b>x16</b>	71	68	64	61	57	53	50	46	43	39	36	32	29
<b>x14</b>	64	61	58	55	51	48	45	42	39	35	32	29	26
<b>W10x112</b>	232	221	209	198	186	174	163	151	139	128	116	105	93
<b>x100</b>	204	194	183	173	163	153	143	132	122	112	102	92	82
<b>x88</b>	176	168	159	150	141	132	123	115	106	97	88	79	71
<b>x77</b>	152	144	137	129	121	114	106	99	91	83	76	68	61
<b>x68</b>	132	125	119	112	106	99	92	86	79	73	66	59	53
<b>x60</b>	116	110	104	98	93	87	81	75	69	64	58	52	46
<b>x54</b>	101	96	91	86	81	76	71	66	61	55	50	45	40
<b>x49</b>	92	87	82	78	73	69	64	60	55	50	46	41	37
<b>x45</b>	95	91	86	81	76	72	67	62	57	52	48	43	38
<b>x39</b>	84	80	76	72	67	63	59	55	51	46	42	38	34
<b>x33</b>	76	72	69	65	61	57	53	50	46	42	38	34	30
<b>x30</b>	85	81	77	72	68	64	60	55	51	47	43	38	34
<b>x26</b>	72	69	65	61	58	54	51	47	43	40	36	33	29
<b>x22</b>	66	63	59	56	53	50	46	43	40	36	33	30	26
<b>x19</b>	69	65	62	59	55	52	48	45	41	38	34	31	28
<b>x17</b>	65	62	59	56	52	49	46	43	39	36	33	29	26
<b>x15</b>	62	59	56	53	50	47	43	40	37	34	31	28	25
<b>x12</b>	51	48	46	43	41	38	35	33	30	28	25	23	20
<b>W8x67</b>	139	132	125	118	111	104	97	90	83	76	69	62	55
<b>x58</b>	120	114	108	102	96	90	84	78	72	66	60	54	48
<b>x48</b>	92	87	83	78	73	69	64	60	55	50	46	41	37
<b>x40</b>	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32
<b>x35</b>	68	65	61	58	54	51	48	44	41	37	34	31	27
<b>x31</b>	62	58	55	52	49	46	43	40	37	34	31	28	25
<b>W8x28</b>	62	59	56	53	50	47	43	40	37	34	31	28	25
<b>x24</b>	52	50	47	45	42	39	37	34	31	29	26	24	21
<b>x21</b>	56	53	50	48	45	42	39	36	34	31	28	25	22
<b>x18</b>	51	48	45	43	40	38	35	33	30	28	25	23	20
<b>x15</b>	54	51	48	46	43	40	38	35	32	30	27	24	21
<b>x13</b>	50	47	45	42	40	37	35	32	30	27	25	22	20
<b>x10</b>	36	34	33	31	29	27	25	24	22	20	18	16	14
<b>W6x25</b>	55	52	50	47	44	41	39	36	33	30	28	25	22
<b>x20</b>	44	41	39	37	35	33	30	28	26	24	22	20	17
<b>x15</b>	37	35	33	32	30	28	26	24	22	20	19	17	15
<b>x16</b>	44	42	40	37	35	33	31	29	26	24	22	20	18
<b>x12</b>	37	36	34	32	30	28	26	24	22	21	19	17	15
<b>x9</b>	27	26	24	23	22	20	19	18	16	15	14	12	11
<b>x8.5</b>	27	25	24	23	21	20	19	17	16	15	13	12	11
<b>W5x19</b>	38	36	34	32	30	28	26	24	23	21	19	17	15
<b>x16</b>	32	31	29	28	26	24	23	21	19	18	16	15	13
<b>W4x13</b>	31	30	28	27	25	24	22	20	19	17	16	14	13











# Anexo C.1:

## Tabla de resistencia al pandeo local del alma y ala en la columna (Sistema Inglés)

### FUERZAS DE TENSION EN EL ALA.

La fuerza locales de la columna tabulada es determinada como el menor valor del estado límite del pandeo local del ala y el alma. Para un perfil W, en la tabla se entra con los valores de N y la resistencia de diseño buscada a la tensión correspondiente (T) de la columna.

Para los estados límite el pandeo local del ala, la resistencia de diseño es determinada de la Especificación de LRFD con la Ecuación K1-1, donde:

$$\phi R_n = 0.9 \cdot 6.25 \cdot t_f^2 F_y$$

Para el estado límite del pandeo local del alma, la resistencia de diseño se determina de la Especificación LRFD Ecuación K1-2, donde:

$$\phi R_n = 1.0 \cdot (5 \cdot k + N) F_y \cdot t_w$$

La resistencia de diseño de los valores intermedio de N puede ser determinada por las ecuaciones anteriores.

$t_f$  = el espesor del ala de la columna, pulgada. (cm)

$d_c$  = la profundidad de la columna, pulgada. (cm)

$N$  = el espesor de ala de la viga o plancha de ala que entregan la fuerza concentrada, pulgada.

$F_y$  = resistencia mínima específica del acero de la columna, ksi. (Kgf / cm<sup>2</sup>)

$k$  = la distancia de la cara exterior del ala al radio de curvatura en el alma, pulgada.(cm)

$t_w$  = el espesor de alma de columna, pulgada. (cm)

## FUERZA DE COMPRESION EN EL ALA.

La resistencia de pandeo local del alma por compresión tabulada será el menor valor del estado límite del pandeo local del alma y abollamiento. Para un perfil W, en la tabla se entra con el valor de N y la resistencia de diseño es determinado de la columna correspondiente (C). Cuando se diseña para dos fuerzas de compresión opuesta la resistencia de diseño será el menor valor de los estados límites de la cedencia local del alma, web crippling, y pandeo por compresión del alma. Para los estados límite del pandeo local del alma, la resistencia de diseño es determinada de la Especificación de LRFD Ecuación K1-2, donde:

$$\phi R_n = 1.0 \cdot (5k + N) F_y \cdot t_w$$

Para el estado límite del pandeo local del alma, la resistencia de diseño es determinada de la Especificación de LRFD Ecuación K1-4, donde:

$$\phi R_n = 0.75 \cdot 1132 \cdot t_w^2 \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{dc} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{F_y \cdot t_f}{t_w}}$$

Para el estado del límite de pandeo local del alma, la resistencia de diseño es determinada de la Especificación de LRFD Ecuación K1-8, donde:

$$\phi R_n = 0.90 \cdot \frac{326326 \cdot t_w^3 \sqrt{F_y}}{h}$$

La resistencia de diseño en valores intermedio de N puede ser determinada por interpolación del lineal. En la discusión anterior y ecuaciones.

$t_f$  = el espesor del ala de la columna, pulgada.(cm)

$dc$  = la profundidad de la columna, pulgada. (cm)

$N$  = el espesor de ala de la viga o plancha de ala que entregan la fuerza concentrada, pulgada. (cm)

$F_y$  = Resistencia mínima específica del acero de la columna. ksi. (Kgf / cm<sup>2</sup>)

$k$  = la distancia de la cara exterior del ala al radio de curvatura en el alma, pulgada.(cm)

$t_w$  = el espesor de alma de columna, pulgada. (cm)

$h$  =  $dc - 2k$ , pulgada. (cm)



Tabla C Resistencia local para columna con un $F_y=50$ ksi, para viento y sismos bajos																Pandeo en compresion del alma $\phi R_n$ , kips
Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling, kips																
N pulgadas (in)																
1/4		1/2		3/4		1		1 1/4		1 1/2		1 3/4		2		
T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
x116	203	219	203	226	203	233	203	240	203	247	203	254	203	268		174
x108	162	199	162	206	162	213	162	219	162	226	162	233	162	240	162	247
x99	126	178	126	185	126	191	126	198	126	204	126	211	126	217	126	224
x90	105	154	105	160	105	166	105	172	105	177	105	183	105	189	105	195
W27X539	2157	2157	2182	2182	2206	2206	2231	2231	2256	2256	2280	2280	2305	2305	2330	2330
x368	1145	1145	1163	1163	1180	1180	1197	1197	1214	1214	1232	1232	1249	1249	1266	1266
x307	850	850	864	864	879	879	893	893	908	908	922	922	937	937	951	951
x281	734	734	747	747	761	761	774	774	787	787	800	800	814	814	827	827
x258	639	639	652	652	664	664	676	676	688	688	701	701	713	713	725	725
x235	557	557	569	569	580	580	592	592	603	603	614	614	626	626	637	637
x217	486	486	496	496	506	506	517	517	527	527	537	537	548	548	558	558
x194	409	409	418	418	428	428	437	437	446	446	456	456	465	465	474	474
x178	368	368	377	377	386	386	395	395	398	404	398	413	398	422	398	431
x161	317	317	325	325	328	333	328	342	328	350	328	358	328	366	328	375
x146	267	274	267	281	267	289	267	296	267	304	267	312	267	319	267	327
W27X129	267	267	275	275	282	282	290	290	297	297	305	305	313	313	320	320
x114	225	225	232	232	239	239	243	247	243	254	243	261	243	268	243	275
x102	191	191	194	197	194	203	194	210	194	216	194	223	194	229	194	236
x94	156	170	156	176	156	183	156	189	156	195	156	201	156	207	156	213
x84	115	148	115	154	115	160	115	166	115	171	115	177	115	183	115	189
x370	1243	1243	1262	1262	1281	1281	1300	1300	1319	1319	1338	1338	1357	1357	1376	1376
x335	1045	1045	1063	1063	1080	1080	1097	1097	1114	1114	1132	1132	1149	1149	1166	1166
x306	891	891	907	907	923	923	939	939	954	954	970	970	986	986	1002	1002
W24x279	766	766	780	780	795	795	809	809	824	824	838	838	853	853	867	867
x250	634	634	647	647	660	660	673	673	686	686	699	699	712	712	725	725
x229	547	547	559	559	571	571	583	583	595	595	607	607	619	619	631	631
x207	461	461	472	472	483	483	494	494	505	505	515	515	526	526	537	537
x192	407	407	417	417	427	427	437	437	448	448	458	458	468	468	478	478
x176	354	354	364	364	373	373	383	383	392	392	401	401	411	411	420	420
x162	312	312	321	321	330	330	338	338	347	347	356	356	365	365	374	374
x146	267	267	275	275	283	283	291	291	299	299	307	307	315	315	323	323
x131	228	228	236	236	244	244	251	251	259	259	266	266	274	274	281	281
x117	193	193	199	199	203	203	203	213	203	220	203	227	203	234	203	241
x104	158	163	158	169	158	175	158	181	158	188	158	194	158	200	158	206
W24X103	210	210	217	217	224	224	231	231	238	238	245	245	252	252	259	259
x94	184	184	191	191	197	197	203	203	210	210	215	215	223	215	229	165
x84	155	155	161	161	167	167	173	173	179	179	184	184	190	190	196	126
x76	130	135	130	141	130	146	130	152	130	157	130	163	130	168	130	174
x68	96	118	96	123	96	129	96	134	96	139	96	144	96	149	96	155
W24X62	98	133	98	139	98	144	98	149	98	155	98	160	98	166	98	171
x55	72	115	72	119	72	124	72	129	72	134	72	139	72	144	72	149
W21X201	496	496	507	507	519	519	530	530	541	541	553	553	564	564	576	576
x182	421	421	432	432	442	442	452	452	463	463	473	473	483	483	494	494
x166	358	358	368	368	377	377	386	386	396	396	405	405	414	414	424	424
x147	306	306	315	315	324	324	333	333	342	342	351	351	360	360	369	369
x132	258	258	267	267	275	275	283	283	291	291	298	298	298	307	298	315
x122	227	227	234	234	242	242	249	249	257	257	259	264	259	272	259	279
x111	197	197	204	204	210	210	215	215	224	215	231	215	238	215	245	232
x101	169	169	175	175	180	181	180	188	180	194	180	200	180	206	180	213
W21x93	215	215	222	222	229	229	236	236	243	244	243	251	243	258	243	265
x83	179	179	185	185	192	192	196	198	196	205	196	211	196	218	196	224
x73	147	147	152	152	154	158	154	164	154	169	154	175	154	181	154	187
x68	132	133	132	139	132	144	132	149	132	155	132	160	132	166	132	171
x62	106	117	106	122	106	127	106	132	106	137	106	142	106	147	106	152
x55	77	100	77	105	77	110	77	114	77	119	77	124	77	128	77	133
x48	52	86	52	90	52	95	52	99	52	103	52	108	52	112	52	116
W21X57	119	122	119	127	119	132	119	137	119	142	119	147	119	152	119	157
W21x50	81	104	81	108	81	113	81	118	81	123	81	127	81	132	81	137
W21x44	57	88	57	92	57	96	57	101	57	105	57	109	57	114	57	118



Tabla C Resistencia local para columna con un $F_y=50$ ksi, para viento y sísmos bajos																Pandeo en compresión del alma $\phi R_n$ , kips	
Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. kips																	
N pulgadas (in)																	
	1/4		1/2		3/4		1		1 1/4		1 1/2		1 3/4		2		
x65	103	122	103	127	103	132	103	137	103	141	103	146	103	151	103	156	160
x58	115	116	115	121	115	125	115	130	115	134	115	139	115	143	115	148	125
x53	93	105	93	110	93	114	93	118	93	122	93	127	93	131	93	135	110
x50	110	110	115	115	115	119	115	124	115	129	115	133	115	138	115	142	133
x45	93	95	93	99	93	103	93	107	93	111	93	116	93	120	93	124	99
x40	75	79	75	83	75	86	75	90	75	94	75	96	75	98	75	100	68
x35	65	65	69	69	73	73	76	77	76	80	76	84	76	88	76	92	65
x30	51	51	54	55	54	58	54	61	54	64	54	68	54	71	54	74	42
x26	41	42	41	45	41	48	41	51	41	53	41	56	41	59	41	60	29
x22	50	50	51	54	51	57	51	60	51	63	51	67	51	70	51	73	42
x19	34	41	34	44	34	47	34	50	34	53	34	56	34	59	34	61	31
x16	20	34	20	37	20	39	20	42	20	45	20	48	20	50	20	52	26
x14	14	29	14	31	14	34	14	36	14	38	14	40	14	42	14	43	19
W10x112	340	340	349	349	359	359	368	368	378	378	387	387	396	396	406	406	1421
x100	284	284	292	292	301	301	309	309	318	318	326	326	335	335	343	343	1044
x88	233	233	240	240	248	248	256	256	263	263	271	271	276	276	286	286	739
x77	188	188	195	195	201	201	208	208	213	213	221	221	228	228	235	235	494
x68	155	155	161	161	167	167	173	173	179	179	187	187	190	190	196	196	345
x60	129	129	130	134	130	140	130	145	130	150	130	155	130	161	130	166	247
x54	106	108	106	113	106	117	106	122	106	127	106	131	106	136	106	141	168
x49	88	94	88	99	88	103	88	107	88	111	88	116	88	120	88	124	130
x45	102	102	107	107	108	111	108	116	108	120	108	124	108	129	108	133	142
x39	79	85	79	89	79	93	79	97	79	101	79	105	79	109	79	113	104
x33	53	71	53	75	53	79	53	82	53	86	53	90	53	93	53	97	81
x30	65	65	68	68	72	72	73	76	73	80	73	83	73	87	73	91	79
x26	51	51	54	55	54	58	54	61	54	64	54	68	54	71	54	74	52
x22	36	43	36	46	36	49	36	52	36	55	36	58	36	61	36	64	41
x19	44	47	44	50	44	53	44	56	44	59	44	62	44	65	44	68	46
x17	31	41	31	44	31	47	31	50	31	53	31	56	31	59	31	62	41
x15	21	36	21	39	21	41	21	44	21	47	21	50	21	53	21	56	36
x12	12	27	12	29	12	31	12	34	12	36	12	38	12	40	12	41	20
W8x67	197	197	204	204	211	211	218	218	225	225	232	232	239	239	246	247	762
x58	159	159	166	166	172	172	179	179	185	185	191	191	198	198	204	204	545
x48	113	113	118	118	123	123	128	128	132	132	138	138	143	143	148	148	263
x40	88	90	88	95	88	99	88	104	88	108	88	113	88	117	88	122	192
x35	69	73	69	77	69	81	69	84	69	88	69	92	69	96	69	100	123
x31	53	63	53	66	53	70	53	73	53	77	53	80	53	84	53	88	95
x28	61	65	61	68	61	72	61	75	61	79	61	83	61	86	61	90	95
x24	45	52	45	55	45	58	45	61	45	64	45	67	45	70	45	73	61
x21	45	47	45	50	45	53	45	56	45	59	45	63	45	66	45	69	59
x18	31	39	31	42	31	45	31	48	31	51	31	53	31	56	31	59	46
x15	28	41	28	44	28	47	28	50	28	53	28	56	28	59	28	62	56
x13	18	35	18	38	18	41	18	43	18	46	18	49	18	52	18	55	46
x10	12	24	12	26	12	28	12	29	12	31	12	33	12	34	12	36	19
W6x25	58	64	58	68	58	72	58	76	58	80	58	84	58	88	58	92	175
x20	37	46	37	50	37	53	37	56	37	59	37	63	37	66	37	69	94
x15	19	35	19	38	19	41	19	44	19	47	19	49	19	52	19	55	65
x16	46	46	46	49	46	52	46	56	46	59	46	62	46	65	46	69	92
x12	22	33	22	36	22	39	22	42	22	45	22	48	22	51	22	53	64
x9	13	22	13	24	13	26	13	28	13	30	13	33	13	35	13	37	26
x8.5	11	21	11	23	11	25	11	27	11	29	11	32	11	34	11	36	26
W5x19	52	53	52	56	52	59	52	63	52	66	52	70	52	73	52	76	139
x16	36	43	36	46	36	49	36	52	36	55	36	58	36	61	36	64	98
W4x13	33	43	33	46	33	50	33	53	33	57	33	60	33	64	33	67	188



# Anexo C.2:

Tabla C.2 Resistencia local para columna con un  $F_y=3515 \text{ kgf/cm}^2$ , para viento y sismos bajos

PERFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																Pandeo en compresion del alma $\phi R_n$ , ton
	N (cm)																
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2		
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	
<b>W44X335</b>	298	298	36	36	303	303	305	305	307	307	310	310	312	312	314	314	323
<b>x290</b>	236	236	35	35	240	240	242	242	244	244	245	245	247	247	249	249	201
<b>x262</b>	200	200	35	35	203	203	205	205	207	207	209	209	210	210	212	212	150
<b>x230</b>	163	163	35	35	167	167	168	168	170	170	171	171	173	173	175	175	109
<b>W40X593</b>	899	899	37	37	907	907	911	911	915	915	919	919	923	923	927	927	1986
<b>x503</b>	691	691	37	37	698	698	702	702	705	705	709	709	712	712	716	716	1263
<b>x431</b>	541	541	36	36	547	547	550	550	553	553	556	556	559	559	562	562	832
<b>x397</b>	470	470	36	36	476	476	479	479	481	481	484	484	487	487	489	489	628
<b>x372</b>	427	427	36	36	433	433	435	435	438	438	440	440	443	443	446	446	541
<b>x362</b>	408	408	36	36	413	413	415	415	418	418	420	420	423	423	425	425	486
<b>x324</b>	341	341	35	35	346	346	348	348	350	350	352	352	355	355	357	357	346
<b>x297</b>	301	301	35	35	305	305	307	307	309	309	311	311	313	313	315	315	279
<b>x277</b>	262	262	35	35	265	265	267	267	269	269	271	271	273	273	275	275	198
<b>x249</b>	223	223	35	35	226	226	228	228	229	229	231	231	233	233	235	235	146
<b>x215</b>	178	178	35	35	181	181	183	183	184	184	186	186	187	187	189	189	95
<b>x199</b>	146	167	35	35	146	170	146	172	146	173	146	175	146	176	146	177	95
<b>x392</b>	599	599	28	28	605	605	608	608	612	612	615	615	618	618	621	621	991
<b>x331</b>	461	461	27	27	466	466	469	469	472	472	474	474	477	477	480	480	629
<b>x327</b>	446	446	27	27	451	451	453	453	456	456	459	459	461	461	464	464	569
<b>x278</b>	348	348	27	27	353	353	355	355	357	357	360	360	362	362	364	364	367
<b>x264</b>	319	319	27	27	323	323	325	325	328	328	330	330	332	332	334	334	306
<b>x235</b>	262	262	27	27	265	265	267	267	269	269	271	271	273	273	275	275	198
<b>x211</b>	223	223	26	26	226	226	228	228	229	229	231	231	233	233	235	235	146
<b>x183</b>	178	178	26	26	181	181	183	183	184	184	186	186	187	187	189	189	95
<b>x167</b>	133	164	26	26	133	167	133	169	133	170	133	172	133	173	133	175	95
<b>x149</b>	88	145	26	26	88	148	88	149	88	149	88	152	88	18	88	154	87
<b>x798</b>	1420	1420	40	40	1430	1430	1435	1435	1441	1441	1446	1446	1451	1451	1457	1457	5062
<b>x650</b>	1007	1007	39	39	1016	1016	1021	1021	1025	1025	1029	1029	1034	1034	1038	1038	2871
<b>W36x527</b>	708	708	38	38	716	716	719	719	723	723	726	726	730	730	733	733	1569
<b>x439</b>	526	526	38	38	532	532	535	535	538	538	541	541	544	544	547	547	945
<b>x393</b>	439	439	38	38	444	444	447	447	449	449	452	452	455	455	458	458	682
<b>x359</b>	378	378	37	37	383	383	386	386	388	388	391	391	393	393	396	396	528
<b>x328</b>	326	326	37	37	331	331	333	333	335	335	338	338	340	340	342	342	399
<b>x300</b>	284	284	37	37	288	288	290	290	292	292	294	294	297	297	299	299	318
<b>x280</b>	255	255	37	37	259	259	261	261	263	263	265	265	267	267	269	269	261
<b>x260</b>	230	230	37	37	233	233	235	235	237	237	239	239	241	241	243	243	223
<b>x245</b>	210	210	37	37	214	214	216	216	218	218	219	219	221	221	223	223	192
<b>x230</b>	192	192	37	37	196	196	197	197	199	199	201	201	202	202	203	204	165
<b>X256</b>	272	272	27	27	276	276	279	279	281	281	283	283	285	285	287	287	323
<b>x232</b>	231	231	27	27	235	235	237	237	239	239	241	241	242	242	244	244	240
<b>x210</b>	200	200	27	27	204	204	206	206	208	208	210	210	212	212	213	213	208
<b>x194</b>	176	176	27	27	179	179	181	181	183	183	185	185	186	186	188	188	163
<b>x182</b>	160	160	27	27	164	164	165	165	167	167	168	168	170	170	172	172	139
<b>x170</b>	144	144	27	27	147	147	149	149	150	150	152	152	153	153	154	155	115
<b>x160</b>	132	132	27	27	133	135	133	136	133	138	133	139	133	141	133	142	100
<b>x150</b>	113	121	27	27	113	124	113	125	113	127	113	128	113	130	113	131	89
<b>x135</b>	80	106	27	27	80	109	80	110	80	111	80	113	80	114	80	115	79
<b>W33x387</b>	441	441	36	36	447	447	450	450	453	453	456	456	458	458	461	461	793
<b>X354</b>	381	381	36	36	387	387	389	389	392	392	394	394	397	397	400	400	619
<b>x318</b>	318	318	36	36	323	323	325	325	328	328	330	330	332	332	335	335	446
<b>x291</b>	276	276	35	35	281	281	283	283	285	285	287	287	289	289	291	291	352
<b>x263</b>	235	235	35	35	239	239	241	241	243	243	244	244	246	246	248	248	262
<b>x241</b>	208	208	35	35	212	212	214	214	215	215	217	217	219	219	221	221	227
<b>x221</b>	183	183	35	35	186	186	188	188	190	190	191	191	193	193	195	195	185

**Tabla C.2 Resistencia local para columna con un  $F_y=3515 \text{ kgf/cm}^2$ , para viento y sismos bajos**

PERFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																Pandeo en compresion del alma $\phi R_n$ , ton
	N (cm)																
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2		
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	
<b>W33x201</b>	159	159	35	35	162	162	164	164	165	165	167	167	168	168	169	170	145
<b>X169</b>	147	147	26	26	150	150	152	152	153	153	155	155	156	156	158	158	119
<b>x152</b>	128	128	26	26	131	131	132	132	134	134	135	135	137	137	138	138	101
<b>x141</b>	115	115	26	26	118	118	118	118	118	121	118	122	118	123	118	125	87
<b>x130</b>	91	91	26	26	93	93	93	94	93	96	93	97	93	98	93	99	52
<b>x118</b>	70	91	26	26	70	93	70	95	70	96	70	97	70	98	70	100	66
<b>x391</b>	501	501	35	35	507	507	510	510	513	513	516	516	519	519	522	522	1113
<b>x357</b>	429	429	35	35	434	434	437	437	440	440	443	443	445	445	448	448	844
<b>x326</b>	370	370	34	34	375	375	377	377	380	380	382	382	385	385	387	387	656
<b>W30x292</b>	308	308	34	34	312	312	314	314	317	317	319	319	321	321	324	324	470
<b>x261</b>	259	259	34	34	264	264	266	266	268	268	270	270	272	272	274	274	356
<b>x235</b>	217	217	34	34	221	221	223	223	225	225	227	227	229	229	230	230	253
<b>x211</b>	186	186	34	34	190	190	191	191	193	193	195	195	197	197	198	198	206
<b>x191</b>	160	160	33	33	163	163	165	165	167	167	168	168	170	170	171	171	158
<b>x173</b>	139	139	33	33	142	142	143	143	145	145	146	146	146	146	146	149	125
<b>X148</b>	136	136	23	23	139	139	141	141	142	142	144	144	145	145	146	146	120
<b>x132</b>	116	116	23	23	119	119	121	121	122	122	123	123	125	125	126	126	102
<b>x124</b>	106	106	23	23	109	109	110	110	110	111	110	113	110	114	110	115	88
<b>x116</b>	92	97	23	23	92	100	92	101	92	102	92	104	92	105	92	106	79
<b>x108</b>	74	88	23	23	74	91	74	92	74	93	74	94	74	96	74	97	71
<b>x99</b>	57	79	23	23	57	81	57	82	57	84	57	85	57	86	57	87	61
<b>x90</b>	47	68	23	23	47	70	47	71	47	72	47	73	47	74	47	76	46
<b>W27x539</b>	972	972	34	34	980	980	985	985	989	989	994	994	998	998	1002	1002	3796
<b>x368</b>	515	515	33	33	521	521	524	524	527	527	530	530	533	533	536	536	1304
<b>x307</b>	381	381	32	32	387	387	389	389	392	392	394	394	397	397	400	400	775
<b>x281</b>	329	329	32	32	334	334	336	336	339	339	341	341	344	344	346	346	591
<b>x258</b>	287	287	32	32	291	291	293	293	295	295	298	298	300	300	302	302	466
<b>x235</b>	250	250	32	32	254	254	256	256	258	258	260	260	262	262	264	264	373
<b>x217</b>	217	217	31	31	221	221	223	223	225	225	227	227	229	229	230	230	284
<b>x194</b>	183	183	31	31	186	186	188	188	190	190	191	191	193	193	195	195	209
<b>x178</b>	164	164	31	31	168	168	169	169	171	171	172	172	174	174	176	176	189
<b>x161</b>	141	141	31	31	144	144	146	146	147	147	149	149	149	150	149	152	143
<b>x146</b>	121	122	31	31	121	125	121	126	121	127	121	129	121	130	121	132	110
<b>X129</b>	119	119	22	22	122	122	123	123	124	124	126	126	127	127	128	128	111
<b>x114</b>	100	100	23	23	103	103	104	104	105	105	107	107	108	108	109	109	90
<b>x102</b>	85	85	22	22	87	87	88	88	88	89	88	90	88	92	88	93	67
<b>x94</b>	71	76	22	22	71	78	71	79	71	80	71	81	71	82	71	83	57
<b>x84</b>	52	66	22	22	52	68	52	69	52	70	52	71	52	72	52	73	48
<b>x370</b>	558	558	31	31	565	565	569	569	572	572	575	575	579	579	582	582	1928
<b>x335</b>	469	469	30	30	476	476	479	479	482	482	485	485	488	488	491	491	1444
<b>x306</b>	400	400	30	30	406	406	408	408	411	411	414	414	417	417	420	420	1099
<b>W24x279</b>	343	343	30	30	348	348	351	351	354	354	356	356	359	359	361	361	858
<b>x250</b>	284	284	29	29	289	289	291	291	293	293	296	296	298	298	300	300	619
<b>x229</b>	245	245	29	29	249	249	251	251	253	253	256	256	258	258	260	260	486
<b>x207</b>	206	206	29	29	210	210	212	212	214	214	216	216	218	218	220	220	361
<b>x192</b>	182	182	29	29	185	185	187	187	189	189	191	191	193	193	194	194	291
<b>x176</b>	158	158	29	29	162	162	163	163	165	165	167	167	168	168	170	170	232
<b>W24x162</b>	139	139	29	29	142	142	144	144	145	145	147	147	149	149	150	150	192
<b>x146</b>	119	119	29	29	122	122	123	123	124	124	126	126	127	127	129	129	151
<b>x131</b>	102	102	29	29	104	104	106	106	107	107	108	108	110	110	111	111	121
<b>x117</b>	85	85	29	29	88	88	89	89	90	90	92	92	92	93	92	94	91
<b>x104</b>	72	72	29	29	72	74	72	75	72	76	72	78	72	79	72	80	68
<b>X103</b>	94	94	20	20	96	96	97	97	98	98	100	100	101	101	102	102	91
<b>x94</b>	82	82	20	20	84	84	85	85	86	86	87	87	89	89	90	90	75

**Tabla C.2 Resistencia local para columna con un  $F_y=3515 \text{ kgf/cm}^2$ , para viento y sismos bajos**

PERFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																Pandeo en compresion del alma $\phi R_n$ , ton
	N (cm)																
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2		
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	
<b>W24x84</b>	69	69	20	20	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	57
<b>x76</b>	59	60	20	20	59	62	59	63	59	64	59	65	59	66	59	67	47
<b>x68</b>	44	52	20	20	44	54	44	55	44	56	44	57	44	58	44	59	39
<b>X62</b>	44	59	16	16	44	61	44	62	44	63	44	64	44	65	44	66	44
<b>x55</b>	33	51	16	16	33	52	33	53	33	54	33	55	33	56	33	57	34
<b>W21X201</b>	222	222	28	28	226	226	228	228	230	230	232	232	234	234	236	236	476
<b>x182</b>	188	188	28	28	192	192	194	194	196	196	197	197	199	199	201	201	361
<b>x166</b>	160	160	28	28	163	163	165	165	167	167	168	168	170	170	172	172	266
<b>x147</b>	136	136	28	28	140	140	141	141	143	143	144	144	146	146	148	148	235
<b>x132</b>	115	115	28	28	118	118	119	119	121	121	122	122	124	124	125	125	174
<b>x122</b>	101	101	28	28	103	103	105	105	106	106	107	107	109	109	110	110	136
<b>x111</b>	87	87	27	27	90	90	91	91	92	92	93	93	95	95	96	96	105
<b>x101</b>	75	75	27	27	77	77	78	78	79	79	80	80	82	82	82	83	79
<b>x93</b>	95	95	19	19	98	98	99	99	101	101	102	102	103	103	104	104	123
<b>x83</b>	79	79	19	19	82	82	83	83	84	84	85	85	86	86	87	87	86
<b>x73</b>	65	65	19	19	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	70	72	60
<b>x68</b>	59	59	18	18	60	61	60	62	60	63	60	64	60	65	60	66	50
<b>x62</b>	48	52	18	18	48	53	48	54	48	55	48	56	48	57	48	58	40
<b>x55</b>	35	44	18	18	35	46	35	47	35	48	35	48	35	49	35	50	33
<b>x48</b>	24	38	18	18	24	39	24	40	24	41	24	42	24	42	24	43	27
<b>X57</b>	54	54	15	15	54	56	54	56	54	57	54	58	54	59	54	60	42
<b>x50</b>	37	46	15	15	37	47	37	48	37	49	37	50	37	51	37	52	35
<b>x44</b>	26	38	15	15	26	40	26	41	26	42	26	42	26	43	26	44	27
<b>W18x175</b>	203	203	25	25	207	207	209	209	211	211	213	213	215	215	217	217	521
<b>x158</b>	171	171	25	25	174	174	176	176	178	178	180	180	182	182	183	183	393
<b>x143</b>	144	144	25	25	147	147	149	149	151	151	152	152	154	154	155	155	287
<b>x130</b>	123	123	25	25	126	126	128	128	129	129	131	131	132	132	134	134	221
<b>x119</b>	110	110	25	25	113	113	114	114	116	116	117	117	119	119	120	120	207
<b>x106</b>	91	91	25	25	94	94	95	95	96	96	98	98	99	99	100	100	152
<b>x97</b>	78	78	25	25	81	81	82	82	83	83	84	84	85	85	87	87	113
<b>x86</b>	65	65	25	25	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	81
<b>x76</b>	53	53	25	25	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	59	60	57
<b>X71</b>	69	69	17	17	71	71	72	72	73	73	75	75	76	76	77	77	89
<b>x65</b>	60	60	17	17	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66	67	67	67
<b>x60</b>	53	53	17	17	55	55	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	53
<b>x55</b>	46	46	17	17	48	48	49	49	50	50	51	51	51	52	51	53	44
<b>x50</b>	40	40	17	17	41	42	41	42	41	43	41	44	41	45	41	45	33
<b>x46</b>	42	42	14	14	44	44	44	44	45	45	46	46	47	47	47	48	34
<b>x40</b>	34	34	13	13	35	35	35	36	35	37	35	37	35	38	35	39	23
<b>x35</b>	23	29	13	13	23	30	23	31	23	31	23	32	23	33	23	33	20
<b>W16X100</b>	113	113	23	23	116	116	117	117	119	119	120	120	121	121	123	123	174
<b>x89</b>	95	95	23	23	98	98	98	99	98	100	98	101	98	102	98	103	126
<b>x77</b>	74	77	23	23	74	79	74	80	74	81	74	82	74	83	74	84	82
<b>x67</b>	56	62	23	23	56	64	56	65	56	66	56	67	56	68	56	68	54
<b>X57</b>	56	56	16	16	57	57	58	58	59	59	60	60	61	61	62	62	66
<b>x50</b>	45	45	16	16	47	47	48	48	49	49	49	49	50	50	51	51	46
<b>x45</b>	39	39	16	16	40	40	41	41	41	42	41	42	41	43	41	44	34
<b>x40</b>	32	32	16	16	33	33	33	34	33	35	33	35	33	36	33	37	24
<b>x36</b>	24	28	16	16	24	30	24	30	24	31	24	32	24	32	24	33	21
<b>X31</b>	25	27	12	12	25	28	25	29	25	29	25	30	25	31	25	31	17
<b>x26</b>	15	22	12	12	15	23	15	23	15	24	15	25	15	25	15	26	13
<b>W14x808</b>	2434	2434	42	42	2451	2451	2459	2459	2468	2468	2476	2476	2484	2484	2493	2493	54502
<b>x730</b>	1925	1925	40	40	1939	1939	1946	1946	1952	1952	1959	1959	1966	1966	1973	1973	30092
<b>x665</b>	1649	1649	40	40	1662	1662	1668	1668	1675	1675	1681	1681	1687	1687	1694	1694	23613

**Tabla C.2 Resistencia local para columna con un  $F_y=3515 \text{ kgf/cm}^2$ , para viento y sismos bajos**

PERFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																Pandeo en compresión del alma $\phi R_n$ , ton
	N (cm)																
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2		
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	
W14x605	1409	1409	39	39	1421	1421	1427	1427	1432	1432	1438	1438	1444	1444	1450	1450	18279
x550	1198	1198	38	38	1209	1209	1214	1214	1219	1219	1225	1225	1230	1230	1235	1235	14045
x500	1023	1023	38	38	1033	1033	1038	1038	1043	1043	1048	1048	1052	1052	1057	1057	10904
x455	877	877	38	38	886	886	891	891	895	895	900	900	904	904	909	909	8572
x426	778	778	37	37	786	786	791	791	795	795	799	799	803	803	807	807	6874
x398	694	694	37	37	702	702	706	706	710	710	714	714	718	718	722	722	5747
x370	617	617	37	37	625	625	628	628	632	632	636	636	640	640	643	643	4757
x342	540	540	37	37	546	546	550	550	553	553	557	557	560	560	564	564	3805
x311	460	460	36	36	467	467	470	470	473	473	476	476	479	479	482	482	2915
x283	393	393	36	36	399	399	402	402	405	405	408	408	411	411	414	414	2236
x257	336	336	36	36	341	341	344	344	346	346	349	349	352	352	354	354	1703
x233	284	284	35	35	289	289	291	291	293	293	296	296	298	298	301	301	1276
x211	242	242	35	35	247	247	249	249	251	251	253	253	255	255	258	258	979
x193	208	208	35	35	212	212	214	214	216	216	218	218	220	220	222	222	731
x176	182	182	35	35	185	185	187	187	189	189	191	191	193	193	195	195	595
x159	153	153	35	35	156	156	158	158	160	160	161	161	163	163	165	165	429
x145	132	132	35	35	135	135	136	136	138	138	139	139	141	141	142	142	326
x132	121	121	33	33	124	124	125	125	126	126	128	128	129	129	131	131	278
x120	104	104	33	33	107	107	108	108	110	110	111	111	112	112	113	114	213
x109	88	88	33	33	90	90	92	92	93	93	94	94	94	95	94	96	150
x99	77	77	33	33	78	79	78	80	78	81	78	82	78	83	78	85	118
x90	64	66	32	32	64	68	64	69	64	70	64	71	64	72	64	73	89
x82	85	85	23	23	87	87	88	88	90	90	91	91	92	92	93	93	138
x74	71	71	23	23	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	94
x68	63	63	22	22	64	64	65	65	66	66	66	67	66	68	66	69	74
x61	53	54	22	22	53	55	53	56	53	57	53	58	53	59	53	59	55
x53	53	53	18	18	55	55	56	56	56	57	56	57	56	58	56	59	53
x48	45	47	18	18	45	48	45	49	45	50	45	50	45	51	45	52	41
x43	36	39	18	18	36	41	36	41	36	40	36	42	36	5	36	43	29
x38	33	33	15	15	34	34	34	35	34	36	34	36	34	37	34	38	29
x34	26	28	15	15	26	30	26	30	26	31	26	31	26	32	26	33	22
x30	19	25	15	15	19	26	19	26	19	27	19	28	19	28	19	29	19
x26	23	24	11	11	23	25	23	26	23	27	23	27	23	28	23	28	16
x22	14	20	11	11	14	21	14	21	14	21	14	22	14	3	14	23	12
W12x336	721	721	30	30	728	728	732	732	736	736	740	740	744	744	748	748	6881
x305	614	614	29	29	621	621	625	625	628	628	632	632	635	635	639	639	5284
x279	536	536	29	29	543	543	546	546	550	550	553	553	557	557	560	560	4343
x252	456	456	29	29	462	462	465	465	468	468	471	471	474	474	477	477	3348
x230	393	393	29	29	399	399	402	402	405	405	408	408	411	411	414	414	2603
x210	337	337	29	29	342	342	345	345	348	348	350	350	353	353	356	356	2005
x190	282	282	28	28	287	287	290	290	292	292	294	294	297	297	299	299	1447
x170	237	237	28	28	242	242	244	244	246	246	248	248	250	250	252	252	1082
x152	199	199	28	28	203	203	205	205	207	207	209	209	211	211	213	213	803
x136	167	167	28	28	171	171	173	173	175	175	176	176	178	178	180	180	602
x120	138	138	27	27	142	142	143	143	145	145	146	146	148	148	150	150	437
x106	111	111	27	27	114	114	115	115	117	117	118	118	120	120	121	121	276
x96	95	95	27	27	97	97	98	98	100	100	101	101	102	102	103	103	203
x87	83	83	27	27	84	86	84	87	84	88	84	89	84	90	84	92	167
x79	69	72	27	27	69	74	69	75	69	76	69	77	69	78	69	79	126
x72	57	63	27	27	57	65	57	66	57	67	57	68	57	69	57	70	96
x65	47	54	27	27	47	56	47	57	47	57	47	58	47	59	47	60	72
x58	51	51	22	22	52	53	52	54	52	55	52	55	52	56	52	57	57
x53	42	47	22	22	42	48	42	49	42	50	42	50	42	51	42	52	50
x50	49	49	18	18	50	50	51	51	52	52	52	53	52	54	52	54	60

**Tabla C.2 Resistencia local para columna con un  $F_y=3515 \text{ kgf/cm}^2$ , para viento y sismos bajos**

PERFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																Pandeo en compresion del alma $\phi R_n$ , ton
	N (cm)																
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2		
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	
<b>W12x45</b>	42	42	18	18	42	43	42	44	42	45	42	46	42	46	42	47	45
<b>x40</b>	34	35	18	18	34	36	34	37	34	37	34	38	34	39	34	39	31
<b>x35</b>	29	29	15	15	30	30	31	31	31	31	32	32	33	33	33	29	
<b>x30</b>	22	22	15	15	24	24	24	24	25	25	25	25	25	26	25	26	19
<b>x26</b>	18	18	14	14	18	19	18	20	18	20	18	21	18	21	18	22	13
<b>x22</b>	22	22	9	9	23	23	23	24	23	24	23	25	23	25	23	26	19
<b>x19</b>	16	18	9	9	16	19	16	19	16	20	16	20	16	21	16	22	14
<b>x16</b>	9	15	9	9	9	16	9	16	9	17	9	17	9	18	9	18	12
<b>x14</b>	6	12	9	9	6	13	6	14	6	14	6	15	6	15	6	15	9
<b>W10x112</b>	152	152	23	23	155	155	157	157	158	158	160	160	162	162	163	163	645
<b>x100</b>	126	126	23	23	129	129	131	131	133	133	134	134	136	136	137	137	473
<b>x88</b>	104	104	23	23	106	106	108	108	109	109	110	110	112	112	113	113	335
<b>x77</b>	84	84	23	23	86	86	87	87	88	88	89	89	91	91	92	92	224
<b>x68</b>	69	69	23	23	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	156
<b>x60</b>	57	57	23	23	59	59	59	60	59	61	59	62	59	63	59	64	112
<b>x54</b>	48	48	22	22	48	49	48	50	48	51	48	52	48	53	48	54	76
<b>x49</b>	40	42	22	22	40	43	40	44	40	45	40	45	40	46	40	47	59
<b>x45</b>	45	45	18	18	47	47	48	48	48	48	49	49	49	50	49	51	65
<b>x39</b>	36	37	18	18	36	39	36	40	36	40	36	41	36	42	36	42	47
<b>x33</b>	24	31	18	18	24	33	24	33	24	34	24	35	24	35	24	36	37
<b>x30</b>	28	28	13	13	30	30	30	30	31	31	32	32	32	32	33	33	36
<b>x26</b>	22	22	13	13	24	24	24	24	25	25	25	25	25	26	25	26	24
<b>x22</b>	17	18	13	13	17	20	17	20	17	21	17	21	17	22	17	22	18
<b>x19</b>	20	20	9	9	20	21	20	22	20	22	20	23	20	24	20	24	21
<b>x17</b>	14	18	9	9	14	19	14	19	14	20	14	20	14	21	14	21	19
<b>x15</b>	9	15	9	9	9	16	9	17	9	17	9	18	9	18	9	19	16
<b>x12</b>	6	11	9	9	6	12	6	13	6	13	6	14	6	14	6	14	9
<b>W8x67</b>	87	87	18	18	90	90	91	91	92	92	94	94	95	95	96	96	346
<b>x58</b>	71	71	18	18	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	79	79	247
<b>x48</b>	50	50	18	18	52	52	53	53	53	53	54	54	55	55	56	56	119
<b>x40</b>	40	40	18	18	40	41	40	42	40	43	40	44	40	45	40	45	87
<b>x35</b>	31	32	18	18	31	33	31	34	31	35	31	35	31	36	31	37	56
<b>x31</b>	24	27	18	18	24	29	24	29	24	30	24	31	24	31	24	32	43
<b>x28</b>	28	28	15	15	28	30	28	30	28	31	28	32	28	32	28	33	43
<b>x24</b>	20	23	15	15	20	24	20	24	20	25	20	25	20	26	20	26	27
<b>x21</b>	20	20	12	12	20	22	20	22	20	23	20	23	20	24	20	24	27
<b>x18</b>	14	17	12	12	14	18	14	18	14	19	14	20	14	20	14	21	21
<b>x15</b>	13	18	9	9	13	19	13	19	13	20	13	20	13	21	13	21	25
<b>x13</b>	8	15	9	9	8	16	8	17	8	17	8	18	8	18	8	19	21
<b>x10</b>	5	10	9	9	5	11	5	11	5	11	5	12	5	1	5	13	8
<b>W6x25</b>	26	28	14	14	26	30	26	30	26	31	26	32	26	32	26	33	80
<b>x20</b>	17	20	13	13	17	21	17	22	17	22	17	23	17	24	17	24	43
<b>x15</b>	9	15	13	13	9	16	9	17	9	17	9	18	9	18	9	19	30
<b>x16</b>	20	20	9	9	21	21	21	22	21	22	21	23	21	23	21	24	42
<b>x12</b>	10	14	9	9	10	15	10	16	10	16	10	17	10	17	10	18	29
<b>x9</b>	6	9	9	9	6	10	6	10	6	11	6	11	6	12	6	12	12
<b>x8.5</b>	5	9	9	9	5	10	5	10	5	10	5	11	5	11	5	12	12
<b>W5x19</b>	23	23	11	11	24	24	24	25	24	25	24	26	24	27	24	27	63
<b>x16</b>	17	18	11	11	17	20	17	20	17	21	17	21	17	22	17	22	44
<b>W4x13</b>	15	18	9	9	15	20	15	20	15	21	15	22	15	22	15	23	85

# Ejemplos

## Ejemplos según la FEMA 350

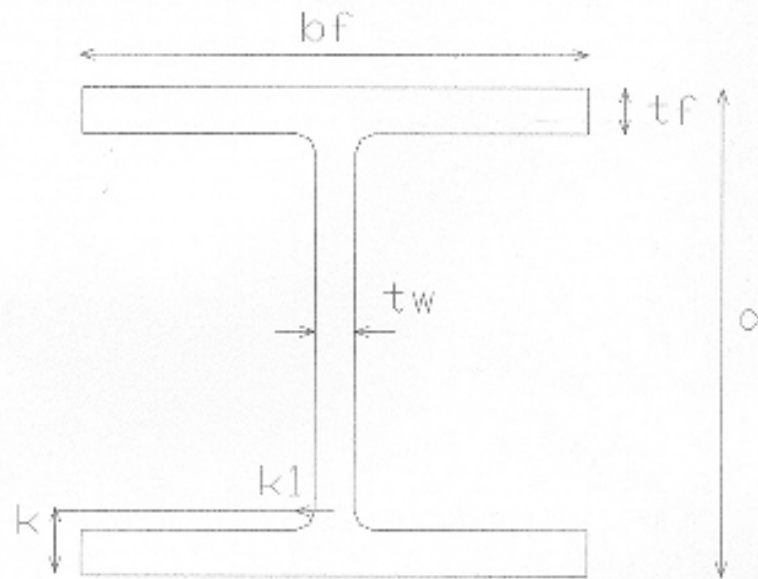
Los siguientes ejemplos son resueltos mediante los procedimientos de la FEMA 350 para el diseño de los tres tipos de conexiones tratadas en este manual.

Estos ejemplos contienen gráficos de ayuda de las conexiones para facilitar la visualización de cada uno de los pasos.

Diseño de la conexión a momento viga-columna de la plancha de ala empemada a la viga W18x50 y conectada al ala de la columna W14x99, para los miembros estructurales viga y columna el  $F_y=3500 \text{ kgf/cm}^2$  y un  $F_u= 4500 \text{ kgf/cm}^2$  . Para el material de conexión  $F_{yp}= 2500 \text{ kgf/cm}^2$  y  $F_{up}= 4000 \text{ kgf/cm}^2$ . Se usará pernos ASTM A325-N de diametro 7/8 pulgada y electrodos FEXX70 (  $4900 \text{ kgf/cm}^2$ )

**según la FEMA 350**

### 1.PROPIEDADES Y GEOMETRÍA DE LOS PERFILES, PERNOS, Y SOLICITACIONES.



Viga W18x50

$$d_v := 45.72 \text{ cm}$$

$$t_{wv} := 0.9017 \text{ cm}$$

$$b_{fv} := 19.05 \text{ cm}$$

$$t_{fv} := 1.4478 \text{ cm}$$

$$Z_{xv} := 1655.093 \text{ cm}^3$$

$$r_{yv} := 4.064 \text{ cm}$$

$$A_v := 94.839 \text{ cm}^2$$

$$S_{xv} := 1456.81 \text{ cm}^3$$

Columna 14x99

$$d_c := 36.068 \text{ cm}$$

$$t_{we} := 1.2319 \text{ cm}$$

$$b_{fc} := 37.084 \text{ cm}$$

$$t_{fc} := 1.9812 \text{ cm}$$

$$Z_{xc} := 2834.962 \text{ cm}^3$$

$$T_c := 25.4 \text{ cm}$$

$$A_c := 187.742 \text{ cm}^2$$

$$k_c := 5.239 \text{ cm}$$

#### Propiedades de los elementos Estructurales:

$$F_y := 3515.348 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_u := 4569.952 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

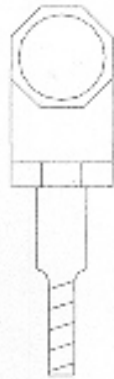
#### Propiedades de los elementos Conectores:

$$F_{ycon} := 2531.05 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{ucon} := 4077.804 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$E := 2038901.781 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

**PERNOS:**



Diametro:  $\phi_p := \frac{7}{8} \text{ in}$

Area:  $A_p := 3.877 \text{ cm}^2$

$F_{yp} := 4218.417 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

$\phi F_{vp} := 0.75 F_{yp}$

$\phi F_{vp} = 3.164 \times 10^3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

**Solicitaciones:**

$M_u := 34563.739 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$

$R_u := 20411.657 \cdot \text{kgf}$

$R_y := 1.1$

**Luz de Vano:**

$L := 9 \text{ m}$

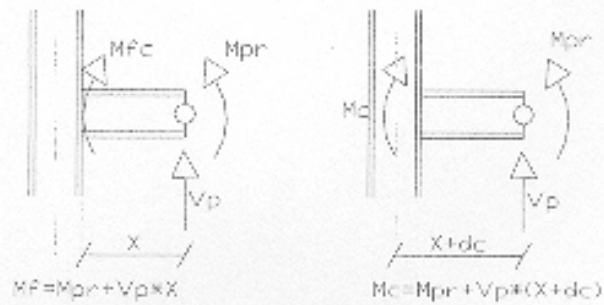
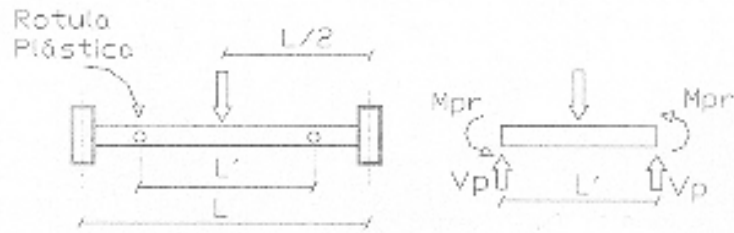
**Altura de entre piso:**

$h := 3 \text{ m}$



### 1. 1 Cubre Placa emperrada:

#### Paso 1:



$$C_{pr} := \frac{F_y + F_u}{2F_y}$$

$$C_{pr} = 1.15$$

$$M_{pr} := C_{pr} \cdot R_y \cdot Z_{xv} \cdot F_y$$

$$M_{pr} = 7.36 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$L_p := 1.76 \cdot r_{yv} \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.723 \text{ m}$$

$$V_{pr} := \frac{(2 \cdot M_{pr})}{L - 2 \cdot \left( L_p + \frac{d_c}{2} \right)}$$

$$V_{pr} = 2.834 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$M_f := M_{pr} + V_{pr} \cdot L_p$$

$$M_f = 1.224 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_c := M_{pr} + V_{pr} \cdot \left( L_p + \frac{d_c}{2} \right)$$

$$M_c = 1,275 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$C_y := \frac{1}{C_{pr} \cdot \frac{Z_{xv}}{S_{xv}}}$$

$$C_y = 0.765$$

**Paso 2:**

$$M_{yf} := C_y \cdot M_f \quad M_{yf} = 9.37 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

**Paso 3:**

Espesor requerido en la zona del panel

$$t_{req} := \frac{C_y \cdot M_c \cdot \frac{h - d_v}{h}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot R_y \cdot d_c \cdot (d_v + t_{fv})} \quad t_{req} = 2.329 \text{ cm}$$

$t_{wc} < t_{req}$  Se requiere doble plancha en el alma (rigidizadores de alma)

Espesor de los rigidizadores de alma: (AISC)

$$t_p \geq \frac{V_{pr}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_{ycon} \cdot d_c} \quad \frac{V_{pr}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_{ycon} \cdot d_c} = 0.575 \text{ cm}$$

Asumiendo :  $t_p := 0.8 \text{ cm}$

$$t := 2 \cdot t_p + t_{wc} \quad t = 2.832 \text{ cm}$$

$t > t_{req}$  OK

**Paso 4:**

Ancho de la plancha

$$L_{eh} := \left( 1 + \frac{1}{2} \right) \text{ in}$$

$$b_{pl} := b_{fv} + 2 \cdot L_{eh} \quad b_{pl} = 26.67 \text{ cm}$$

### Paso 5:

Espesor mínimo de las planchas de ala:

$$t_{plmin} := \frac{d_v - \sqrt{d_v^2 - \frac{4.4My_f}{F_y \cdot b_{pl}}}}{2}$$

$$t_{plmin} = 2.546 \text{ cm} \quad t_{pl} := 2.6 \text{ cm}$$

### Paso 6:

$$P_{uf} := \frac{M_u}{d_v} \quad P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

1. en la viga

$$\phi_{rnv} := 9.798 \cdot 10^3 \text{ kgf} \quad \text{por perno}$$

$$N^{\circ} \text{ Pernos} := \frac{P_{uf}}{\phi_{rnv}}$$

$$N^{\circ} \text{ Pernos} = 7.716 \quad N^{\circ} \text{ pernosv} := 8$$

2. en la plancha

$$\phi_{rnp} := 26353.717 \cdot \text{kgf}$$

$$N^{\circ} \text{ Pernos} := \frac{P_{uf}}{\phi_{rnp}} \quad N^{\circ} \text{ Pernos} = 2.869 \quad N^{\circ} := 3$$

$$\text{Se usara 8 pernos} \quad N^{\circ} := 8$$

$$N := 4$$

### Paso 7:

Momento en la cara de la columna para la falla de los pernos por corte

$$S1 := 1.5 \text{ in} \quad S1 = 3.81 \text{ cm}$$

$$S2 := 3 \text{ in} \quad S2 = 7.62 \text{ cm}$$

$$S3 := (N - 1) \cdot S2 \quad S3 = 22.86 \text{ cm}$$

relación de transferencia de momento:

$$L_{tfl} := \frac{L - d_c}{L - d_c - 2S1 - S3} \quad L_{tfl} = 1.037 \quad S4 := 3.81 \text{ cm}$$

$$c := b_{pl} - 2 \cdot L_{eh} \quad c = 19.05 \text{ cm}$$

$$F_{vp} := 0.75 F_{yp} \quad F_{vp} = 3.164 \times 10^3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

N° (numero de pernos)

$$N^\circ := 8$$

$$M_{falla} := 2 \cdot N^\circ \cdot A_p \cdot F_{vp} \cdot d_v \cdot L_{tfl}$$

$$M_{falla} = 9.301 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2 M_{yf} = 1.124 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

**1.2 Myf > Mfalla** **No cumple**

Aumentando el numero de pernos:

$$N^\circ_{pviga} := 10$$

$$N := 5$$

$$S3 := (N - 1) \cdot S2 \quad S3 = 30.48 \text{ cm}$$

relación de transferencia de momento:

$$L_{tfl} := \frac{L - d_c}{L - d_c - 2S1 - S3} \quad L_{tfl} = 1.046 \quad S4 := 3.81 \text{ cm}$$

$$M_{falla} := 2 \cdot N_{pviga} \cdot A_p \cdot F_{vp} \cdot d_v \cdot L_{t1}$$

$$M_{falla} = 1.173 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2M_{yf} = 1.124 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2M_{yf} < M_{falla} \quad \text{OK}$$

### Paso 8:

Momento en la cara de la columna para la falla de la sección neta de la plancha

$$d_{ph} := \phi_p + \frac{7}{8} \text{ in} \quad d_{ph} = 4.445 \text{ cm} \quad (\text{diametro del hueco del perno})$$

$$L_{t2} := \frac{L - d_c}{L - d_c - 2S1} \quad L_{t2} = 1.009$$

$$M_{falla} := 0.85 \cdot F_{ucon} \cdot [b_{pl} - 2 \cdot (d_{ph} + 0.062 \cdot \text{in})] \cdot t_{pl} \cdot (d_v + t_{pl}) \cdot L_{t2}$$

$$M_{falla} = 7.673 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2M_{yf} > M_{falla} \quad \text{No cumple}$$

Aumentando el espesor de la plancha :

$$t_{pl} := 3.75 \text{ cm}$$

$$M_{falla} := 0.85 \cdot F_{ucon} \cdot [b_{pl} - 2 \cdot (d_{ph} + 0.062 \cdot \text{in})] \cdot t_{pl} \cdot (d_v + t_{pl}) \cdot L_{t2}$$

$$M_{falla} = 1.133 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2M_{yf} < M_{falla} \quad \text{OK}$$

### Paso 9:

Momento en la cara de la columna para la falla de la sección neta del ala de la viga

$$L_{t3} := \frac{L - d_c}{L - d_c - 2 \cdot (S1 + S3)} \quad L_{t3} = 1.086$$

$$M_{falla} := F_u \cdot [Z_{xv} - 2(d_{ph} + 0.062 \text{ in}) t_{fv} - (d_v - t_{fv})] \cdot L_{t3}$$

$$1.2M_{yf} < M_{falla} \quad \text{OK}$$

### Paso 10:

Momento en la cara de la columna para la elongación de los agujeros de los pernos

$$c = 19.05 \text{ cm}$$

$$S4 = 3.81 \text{ cm}$$

$$Tn1 := 2.4 \cdot \phi F_{vp} \cdot (S3 + S1 - c) \cdot t_{fv} \quad Tn1 = 1.675 \times 10^5 \text{ kgf} \quad \text{El menor valor}$$

$$Tn2 := 2.4 F_{ucon} \cdot (S3 + S4) \cdot t_{pl} \quad Tn2 = 1.258 \times 10^6 \text{ kgf} \quad Tn2 > Tn1$$

$$Tn := Tn1$$

$$M_{falla} := Tn \cdot (d_v + t_{pl}) \cdot L_{tfl}$$

$$1.2 \text{ Myf} < M_{falla} \quad \text{OK}$$

### Paso 11:

Bloque de corte de la plancha de ala:

- Area gruesa al corte de la plancha de ala

$$A_{gvala} := t_{pl} \cdot \left[ S2 \cdot \left[ \left( \frac{N}{2} \right) - 1 \right] + L_{eh} \right] \quad A_{gvala} = 57.15 \text{ cm}^2$$

### Paso 12:

**Plancha de alma:**

1. Plancha

$$\phi_{rnp} := 12972.742 \cdot \text{kgf}$$

$$N_{pernos} := \frac{R_u}{\phi_{rnp}} \quad N_{pernos} = 1.573 \quad N := 2$$

2. Viga

$$\phi_{rnv} = 9.798 \times 10^3 \text{ kgf}$$

$$N^*_{pernos} := \frac{R_u}{\phi_{rnv}} \quad N^*_{pernos} = 2.083 \quad N := 3$$

$$\text{Se usaran 3 pernos} \quad N := 3$$

**Paso 13:**

$$0.4\sqrt{1.8bfv \cdot tfv} = 2.818 \text{ cm}$$

$$\frac{bfv}{6} = 3.175 \text{ cm}$$

$$tfc < 0.4\sqrt{1.8bfv \cdot tfv}$$

$$tfc < \frac{bfv}{6}$$

$$tpz := twv + 2tp$$

Ancho:

$$bs(\text{min}) := \frac{bfv}{3} - \frac{tpz}{2} \quad bs(\text{min}) = 5.099 \text{ cm}$$

$$bs := 5.2 \text{ cm}$$

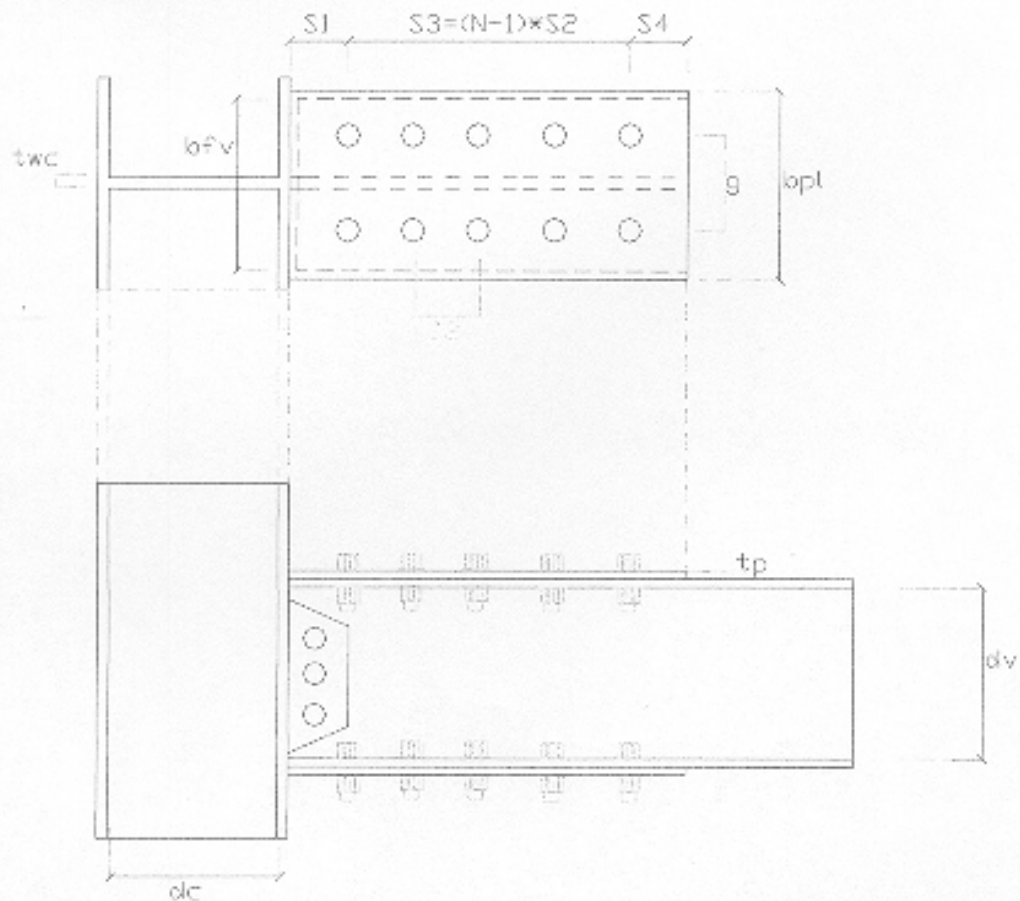
Una esquina del clip de diagonal 3/4" clip :=  $\frac{3}{4}$  in

Espesor mínimo del rigidizador:

$$ts(\text{min}) := \frac{tfv}{2} \quad ts(\text{min}) = 0.724 \text{ cm} \quad \frac{bs \cdot \sqrt{Fy}}{95} = 0.4 \text{ cm}$$

$$ts(\text{min}) \geq \frac{bs \cdot \sqrt{Fy}}{95} \quad \text{OK} \quad ts := 1 \text{ cm}$$

**Paso 14:**



## 1.2 Cubre placa soldada

### Paso 1:

Asumiendo una longitud de plancha de

$$L_{pl} := 30 \text{ cm}$$

### Paso 2:

Asumiendo un ancho de la plancha de:

$$b_{pl} = 26.67 \text{ cm}$$

### Paso 3:

$$M_{pr} = 7.36 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_c = 1.275 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_{yf} = 9.37 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

### Paso 4:

$$t_{plt} := t_{pl}$$

$$t_{plb} := t_{plt}$$

$$t_p := \frac{M_{yf}}{F_{yp} \cdot b_{pl} \cdot \left( d_v + \frac{t_{plb} + t_{plt}}{2} \right)}$$

$$t_p = 0.017 \text{ m}$$

### Paso 5:

La conexión de la plancha se hace con soldadura de filete

Usando electrodos FEXX 70

$$FEXX := 4921.487 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_w := 0.6 FEXX$$

$$F_w = 2.953 \times 10^3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$t_w(\text{max}) := t_p - \frac{1}{16} \cdot \text{in}$$

$$t_w(\text{max}) = 1.525 \text{ cm}$$

$$t_w := 1.5 \text{ cm}$$

$$l_w := \frac{M_f}{t_w \cdot 0.707 F_w L_{pl}}$$

$$l_w = 130.307 \text{ cm}$$

Segun las dimensiones de la plancha:

$$l_{w\text{dim}} := 2L_{pl} + b_{fv} - 2\text{in}$$

$$l_{w\text{dim}} = 73.97 \text{ cm}$$

$$l_w > l_{w\text{dim}}$$

**No Cumple**



Seleccionando una plancha con mayor longitud:

$$L_{pl} := 41 \text{ cm}$$

$$l_w := \frac{M_f}{t_w \cdot 0.707 F_w L_{pl}} \quad l_w = 95.346 \text{ cm}$$

Segun las dimensiones de la plancha:

$$l_{w\text{dim}} := 2L_{pl} + b_{fv} - 2i_n \quad l_{w\text{dim}} = 95.97 \text{ cm}$$

$$l_w < l_{w\text{dim}} \quad \text{OK}$$

### Paso 6:

Espesor de la zona del panel:

$$t := \frac{C_y \cdot M_c \cdot \frac{h - [d_v + (t_{plt} + t_{plb})]}{h}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot R_y \cdot d_c \cdot \left( d_v - \frac{t_{plt} + t_{plb}}{2} \right)} \quad t = 2.54 \text{ cm}$$

$t_{wc} < t$  requiere doble plancha en el alma (rigidizadores de alma)

Espesor de los rigidizadores de alma: (AISC)

$$t_p \geq \frac{V_{pr}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c}$$

$$\frac{V_{pr}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c} = 0.414 \text{ cm} \quad t_p \text{ (min)}$$

Asumiendo :  $t_p := 0.7 \text{ cm}$

$$t := 2 \cdot t_p + t_{wc} \quad t = 2.632 \text{ cm}$$

$$t > t_{req} \quad \text{OK}$$

### Paso 7:

$$0.4 \sqrt{1.8 b_{fv} \cdot t_{fv}} = 2.818 \text{ cm}$$

$$\frac{b_{fv}}{6} = 3.175 \text{ cm}$$

$$t_{fc} < 0.4 \sqrt{1.8 b_{fv} \cdot t_{fv}}$$

$$t_{fc} < \frac{b_{fv}}{6}$$

Se requiere rigidizadores de ala (transversales)

Calculo de rigidizadores:

$$tpz := twv + 2tp$$

Ancho:

$$bs(\min) := \frac{bfv}{3} - \frac{tpz}{2} \quad bs(\min) = 5.199 \text{ cm}$$

$$bs := 5.5 \text{ cm}$$

Una esquina del clip de diagonal 3/4"  $clip := \frac{3}{4} \text{ in}$

Espesor minimo del rigidizador:

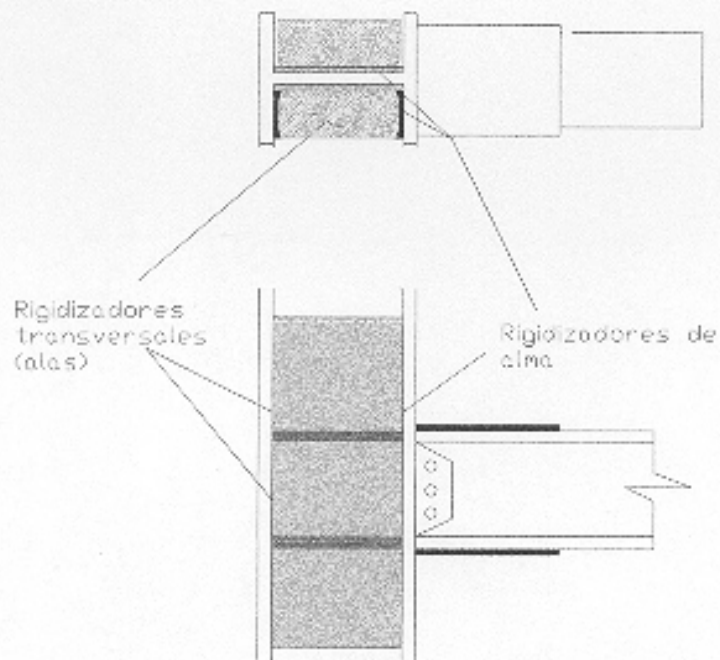
$$ts(\min) := \frac{tfv}{2} \quad ts(\min) = 0.724 \text{ cm} \quad \frac{bs \cdot \sqrt{Fy}}{95} = 0.4 \text{ cm}$$

$$ts(\min) \geq \frac{bs \cdot \sqrt{Fy}}{95} \quad \text{OK} \quad ts := 1 \text{ cm}$$

### Paso 8:

La plancha de alma de la viga para resistir el corte es la misma que la calculada en el ejemplo anterior.

#### Detalle de la conexión



## 2. Plancha extrema

Para el ejemplo se tomarán los mismos perfiles, los mismos pernos y se aplicarán las mismas solicitaciones que el ejemplo anterior. Hasta que se indique lo contrario.

### **Paso 1:**

Calculos ya hechos en el ejemplo anterior:

$$M_{pr} := 5.188 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_{pr} := 1.286 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$M_f := 5.556 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_c := 1.699 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

### **Paso 2:**

Tabla 7-14 AISC para pernos ASTM

$$\phi F_t := 4745.72 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Pernos ASTM

diametro  $\phi_p := 1 \text{ in}$

Area perno  $A_p := 0.785 \text{ in}^2$

$L_{\text{min}} := 3.175 \text{ cm}$

distancia minima de los pernos al borde de la plancha según especificaciones de la AISC (parametros de diseño)

Asumiremos  $L_e := 1.5 \text{ in}$   $L_e = 3.81 \text{ cm}$

$g := 13.978 \text{ cm}$  (parametros de diseño)

### Paso 3:

Chequeo del tamaño de perno seleccionado para evitar la falla por corte:

$$A_p = 5.065 \text{ cm}^2 \qquad \frac{2M_f}{L-d_c} = 1.355 \text{ cm}^2$$

$$A_p > \frac{2M_f}{L-d_c} \qquad \text{OK}$$

### Paso 4:

Espesor mínimo requerido de la plancha extrema para evitar su pandeo.

$$P_f := 4.45 \text{ cm} \quad (\text{Parametros de diseño})$$

$$P_t := \pi \phi_p \cdot 2^2 \cdot \frac{\phi P_t}{0.75 \cdot 4} \qquad P_t := 3.206 \cdot 10^4 \text{ kgf} \quad (\text{Fuerza del perno})$$

$$b_p := 2L_c + g \qquad b_p = 21.598 \text{ cm} \quad (\text{Ancho de la plancha extrema})$$

$$s := \sqrt{b_p \cdot g} \qquad s = 17.375 \text{ cm}$$

$$t_{pmin} := \sqrt{\frac{M_f}{0.8 \cdot F_y \cdot \left[ (d_v - P_f) \cdot \left[ \frac{b_p}{2} \cdot \left( \frac{1}{P_f} + \frac{1}{s} \right) + (P_f + s) \cdot \frac{2}{g} \right] + \frac{b_p}{2} \cdot \left( \frac{d_v}{P_f} + \frac{1}{2} \right) \right]}}$$

$$t_{pmin} = 2.308 \text{ cm}$$

### Paso 5:

Espesor mínimo de la plancha extrema requerido para evitar cizallado por flexión

$$t_{pmin} := \frac{M_f}{1.1 \cdot F_y \cdot b_p \cdot (d_v - t_{fv})} \qquad t_{pmin} = 1.503 \text{ cm}$$

### Paso 6:

Mínimo espesor requerido del ala de la columna para resistir la tensión del ala de la viga

$$\text{Asumiendo} \quad k_1 := 1.44 \text{ in}$$

$$C_1 := \frac{g}{2} - k_1 \qquad C_1 = 3.331 \text{ cm}$$

Distancia desde la línea central del  
alma de la columna

$$c := 2 \cdot P_f + t_{fv}$$

$$t_{fc}(\min) := \sqrt{\frac{\frac{M_f}{d_v - t_{fv}} \cdot C1}{2 \cdot F_y \cdot c}} \quad t_{fc}(\min) = 2.397 \text{ cm}$$

$t_{fc} < t_{fc}(\min)$  Se requiere rigidizadores de alas (rigidizadores transversales)

Ancho mínimo del rigidizador transversal (completo):

$$t_{pz} := t_{wv}$$

$$b_{smin} := \frac{b_{fv}}{3} - \frac{t_{pz}}{2} \quad b_{smin} = 5.899 \text{ cm}$$

$$b_s := 7 \text{ cm}$$

Espesor mínimo del rigidizador transversal:

$$t_{s(\min)} := \frac{t_{fv}}{2} \quad t_{s(\min)} = 0.724 \text{ cm} \quad t_{s(\min)} \geq \frac{b_s \cdot \sqrt{F_y}}{95} \quad \text{OK}$$

$$t_{s(\min)} := 4.24 \text{ cm} \quad t_s := 4.3 \text{ cm}$$

### Paso 7:

$$C2 := \frac{b_{fc} - g}{2} \quad C2 = 11.553 \text{ cm}$$

$$s := \sqrt{(2b_{fc} \cdot 4k1) \cdot \frac{C1 + C2}{C2 + 2C1}} \quad s = 29.777 \text{ cm}$$

$$Y_c := \left(s + \frac{c}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{C2} + \frac{2}{C1}\right) + (C2 + C1) \cdot \left(\frac{4}{c} + \frac{2}{s}\right) \quad Y_c = 30.761$$

$$\sqrt{\frac{\frac{M_f}{2(d_v - t_{fv})}}{0.8 \cdot F_y \cdot Y_c}} = 0.852 \text{ cm} \quad t_{fc} > 0.852 \quad \text{OK}$$

### Paso 8:

Chequeo del espesor adecuado del ala de la columna por compresión del ala de la viga

$$W14x99 \quad k := 3.51 \text{ cm}$$

$$t_p := 2.3 \text{ cm}$$

$$\frac{M_f}{(d_v - t_{fv}) \cdot (6k + 2t_p + t_{fv}) \cdot F_y} = 1.317 \text{ cm}$$

$$t_{fc} > 1.317 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

### Paso 9:

Chequeo de la zona del panel

$$h := 3 \text{ m}$$

$$C_y := \frac{1}{C_{pr} \cdot \frac{Z_{xy}}{S_{xy}}}$$

$$t_{\text{panel}} := \frac{C_y \cdot M_c \cdot \frac{h - d_v}{h}}{(0.9) \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot R_y \cdot d_c \cdot (d_v - t_{fv})} \quad t_{\text{panel}} = 3.306 \text{ cm}$$

$t_{\text{panel}} > t_{wc}$  Requiere doble plancha en el alma de la columna (rigidizador de alma)

Calculo de la doble plancha según la AISC:

Longitud mínima de la plancha:

Planchas extendidas hasta los rigidizadores de alas.

Espesor mínimo de la plancha:

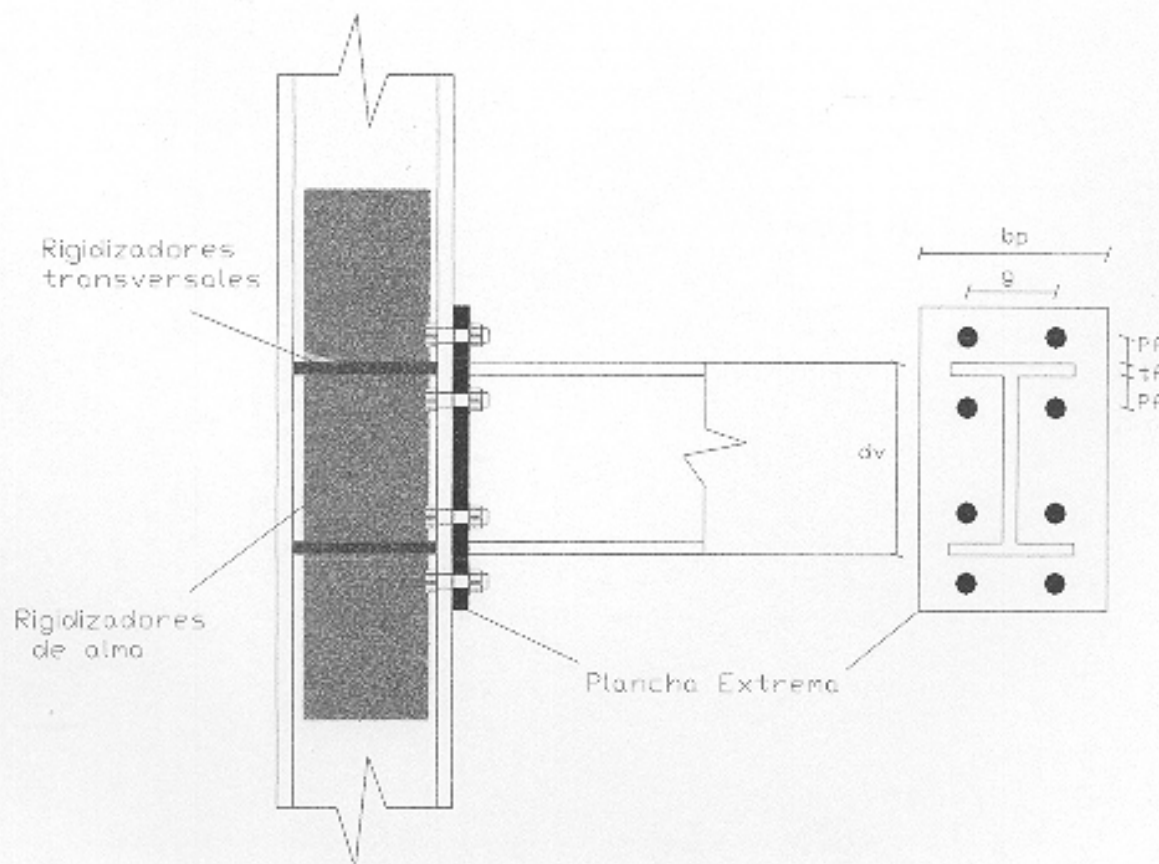
$$c_{lip} := \sqrt{2 \cdot t_s^2} \quad c_{lip} = 6.081 \text{ cm}$$

$$l := d_c - 2t_{fv}$$

$$t_{plmin} := \frac{2R_u}{0,9 \cdot 0,6 \cdot F_{ycon} \cdot (1 - 2c_{lip}) \cdot 4} \quad t_{plmin} = 0,355 \text{ cm}$$

$$t_{pl} = 0,5 \text{ cm}$$

**Paso 10:** Detallado de la conexión



## Viga de Sección Reducida

### Paso 1

Determinación de la longitud y localización de la reducción del ala

$$0.5bf < a < 0.75bfv \quad a := 0.60bfv \quad a = 11.43 \text{ cm}$$

$$0.65dv < b < 0.85dv \quad b := 0.75dv \quad b = 34.29 \text{ cm}$$

### Paso 2

Determinación de la profundidad de la reducción del ala de la viga

1. Asumiendo

$$c := 0.25bfv \quad c = 4.763 \text{ cm} \quad Ry := 1.1$$

$$Cpr := \frac{Fy + Fu}{2 \cdot Fy} \quad Cpr = 1.15$$

2.  $Zvsr := Zxv - 2 \cdot c \cdot tfv \cdot (dv - tfv) \quad Zvsr = 1.045 \times 10^3 \text{ cm}^3$

3.  $x := a + \frac{b}{2} \quad x = 28.575 \text{ cm}$

Momento en la rotula plástica

$$Mpr := Cpr \cdot Ry \cdot Zvsr \cdot Fy \quad Mpr = 4.645 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$Vpr := \frac{2Mpr}{L - 2 \left( x + \frac{dc}{2} \right)} \quad Vpr = 1.152 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$Mf := Mpr + Vpr \cdot x \quad Mf = 4.974 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

4.  $Cpr \cdot Ry \cdot Zxv \cdot Fy = 7.36 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$

$$Mf < Cpr \cdot Ry \cdot Zxv \cdot Fy$$

OK



### Paso 3:

Calculo del momento en el centro de la columna y momento de cedencia.

$$M_c := M_{pr} + V_{pr} \cdot \left( L + \frac{d_c}{2} \right) \quad M_c = 1.522 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_{yf} := C_y \cdot M_f \quad M_{yf} = 3.807 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

### Paso 4:

Corte en la cara de la columna

$$V_f := 2 \cdot \frac{M_f}{L - d_c} \quad V_f = 1.152 \times 10^4 \text{ kgf}$$

### Paso 5:

$$\phi V_f := 0.75 \cdot V_f \quad \phi V_f = 8.636 \times 10^3 \text{ kgf}$$

$$N := \frac{R_u}{\phi V_f} \quad N = 2.363 \quad N^{\circ} \text{pernos} := 3$$

### Paso 6:

$$C_y := \frac{1}{C_{pr} \cdot \frac{Z_{xv}}{S_{xv}}} \quad C_y = 0.765$$

$$t := \frac{C_y \cdot M_c \cdot \frac{h - d_v}{h}}{(0.9) \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot R_y \cdot d_c \cdot (d_v - t_{fv})} \quad t = 2.961 \text{ cm}$$

$$t > t_{wc} \quad \text{Se requiere doble plancha}$$

Diseño de la doble plancha:

Espesor mínimo de la plancha:

$$t_{clip} := \sqrt{2 \cdot t_s^2} \quad t_{clip} = 6.081 \text{ cm}$$

$$l := d_c - 2t_{fv}$$

$$t_{plmin} := \frac{2R_u}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_{ycon} \cdot (1 - 2t_{clip}) \cdot 4} \quad t_{plmin} = 0.355 \text{ cm}$$

### Paso 7:

$$0.4\sqrt{1.8bfv \cdot tfv} = 2.818 \text{ cm}$$

$$tfc < 0.4\sqrt{1.8bfv \cdot tfv}$$

$$\frac{bfv}{6} = 3.175 \text{ cm}$$

$$tfc < \frac{bfv}{6}$$

Requiere Rigidizadores transversales

Ancho mínimo del rigidizador:

$$tpz := twv$$

$$bs(\text{min}) := \frac{bfv}{3} + \frac{tpz}{2} \quad bs(\text{min}) = 6.801 \text{ cm} \quad bs := bs(\text{min})$$

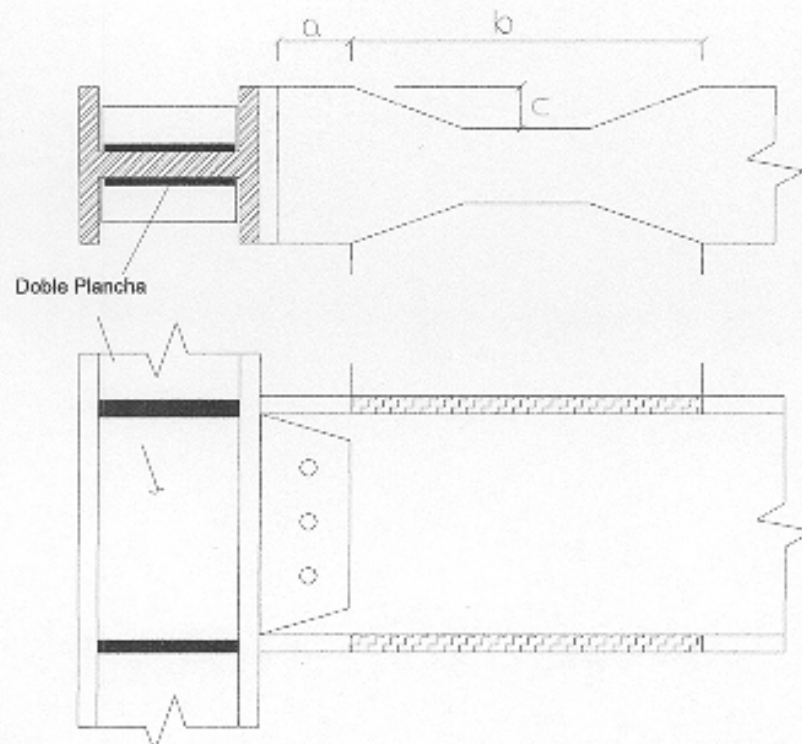
Espesor mínimo del rigidizador:

$$ts(\text{min}) := \frac{tfv}{2} \quad ts(\text{min}) = 0.724 \text{ cm} \quad ts(\text{min}) \geq \frac{bs \cdot \sqrt{Fy}}{95}$$

$$ts(\text{min}) := 4.24 \text{ cm}$$

$$ts := ts(\text{min})$$

### Paso 8:



## **Ejemplos según la AISC .**

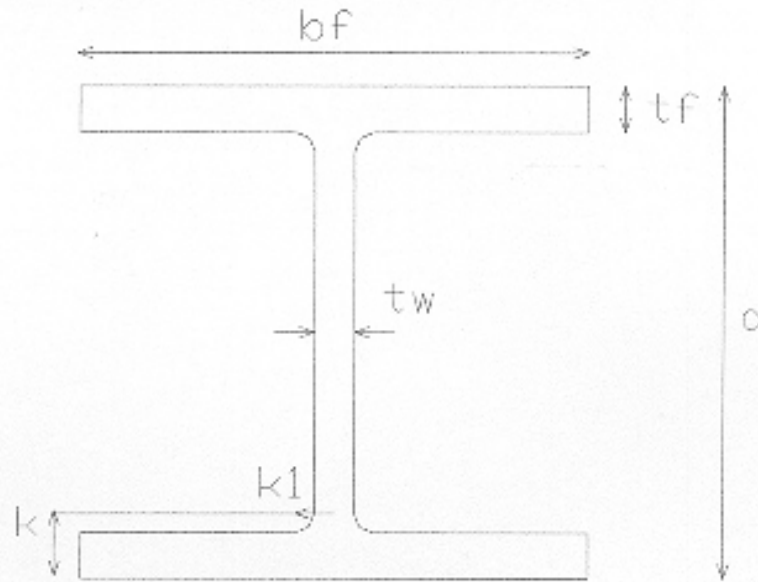
Para estos ejemplos se utilizaron los mismos perfiles utilizados anteriormente para los ejemplos de la FEMA 350 para el diseño de los tres tipos de conexiones tratadas en este manual.

Al igual que los ejemplos anteriores, estos ejemplos contienen gráficos de ayuda pero con la diferencia que el procedimiento de la AISC no es descrito con un serie de pasos enumerados como lo hace la FEMA, sino que presenta el diseño de las conexiones sin ningún esquema estricto y verificando que cumpla con lo requerimientos exigidos.

Diseño de la conexión a momento viga-columna de la plancha de ala empemada a la viga W18x50 y conectada al ala de la columna W14x99, para los miembros estructurales viga y columna el  $F_y=50\text{Ksi}$  y  $F_{up}= 58 \text{ Ksi}$ , y un  $F_u= 65 \text{ Ksi}$ . Para el material de conexión  $F_{yp}= 36\text{Ksi}$  y  $F_{up}= 58\text{Ksi}$ . Se usará pernos ASTM A325-N de diametro 7/8 pulgada y electrodos FEXX70 ( 70 Ksi)

según la AISC LRFD

**1.PROPIEDADES Y GEOMETRÍA DE LOS PERFILES, PERNOS, Y SOLICITACIONES.**



Viga W18x50

$$d_v := 45.72\text{cm}$$

$$t_{wv} := 0.9017\text{cm}$$

$$b_{fv} := 19.05\text{cm}$$

$$t_{fv} := 1.4478\text{cm}$$

$$Z_{xv} := 1655.093\text{cm}^3$$

$$r_{yv} := 4.064\text{cm}$$

$$A_v := 94.839\text{cm}^2$$

$$S_{xv} := 1456.81\text{cm}^3$$

Columna 14x99

$$d_c := 36.068\text{cm}$$

$$t_{wc} := 1.2319\text{cm}$$

$$b_{fc} := 37.084\text{cm}$$

$$t_{fc} := 1.9812\text{cm}$$

$$Z_{xc} := 2834.962\text{cm}^3$$

$$T_c := 25.4\text{cm}$$

$$A_c := 187.742\text{cm}^2$$

$$k_c := 5.239\text{cm}$$

Propiedades de los elementos Estructurales:

$$F_y := 3515.348 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_u := 4569.952 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

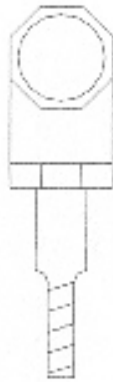
Propiedades de los elementos Conectores:

$$F_{ycon} := 2531.05 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{ucon} := 4077.804 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$E := 2038901.781 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

**PERNOS:**



Diametro:  $\phi_p := \frac{7}{8} \cdot \text{in}$

Area:  $A_p := 3.877 \text{cm}^2$

$F_{yp} := 4218.417 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

$\phi F_{vp} := 0.75 F_{yp}$

$\phi F_{vp} = 3.164 \times 10^3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

**Solicitaciones:**

$M_u := 34563.739 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$

$R_u := 20411.657 \cdot \text{kgf}$

$R_y := 1.1$

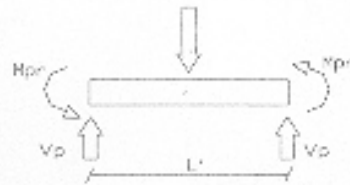
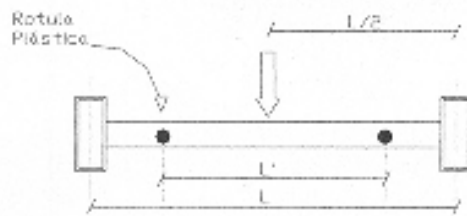
**Luz de Vano:**

$L := 9 \text{m}$

**Altura de entre piso:**

$h := 3 \text{m}$

## 2. Cálculo de los momentos plásticos



### 2.1 Momento plástico en la viga (rotula plástica)

$$L_p := 1.76 r_y v \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad L_p = 1.723 \text{ m} \quad \text{AISC(F1 - 4)}$$

$$a := \left(\frac{d_c}{2}\right) + L_p \quad a = 1.903 \text{ m}$$

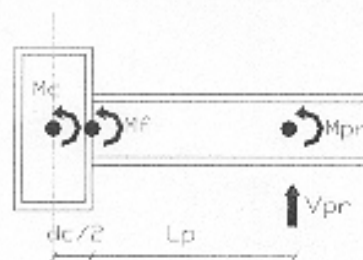
$$L' := L - 2a \quad L' = 5.194 \text{ m}$$

$$M_{pr} := 1.1 \cdot R_y \cdot Z_{xv} \cdot F_y \quad M_{pr} = 7.04 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_{pr} := \frac{2 \cdot M_{pr}}{L'} \quad V_{pr} = 2.711 \times 10^4 \text{ kgf}$$

### 2.2 Momento en la cara de la columna:

$$M_f := M_{pr} + V_{pr} \cdot \left(a - \frac{d_c}{2}\right) \quad M_f = 1.171 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$



### 2.3 Momento en la columna:

$$V_{fc} := V_{pr}$$

$$M_c := M_f + V_{fc} \cdot \frac{dc}{2} \quad M_c = 1,22 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_c := V_{fc}$$

## 3. Revisión de la capacidad a flexión de la viga

### 3.1 Revisión del pandeo local del ala y alma de la viga

Si la sumatoria de  $M_{pc}$  entre la sumatoria de  $M_{pv} < 2$  deberá cumplir con los valores de la tabla 9-1 de las previsiones sísmicas, en caso contrario cumplirá con la tabla B5.1 de las especificaciones de la LRFD

$$P_u := R_u \quad P_u = 2,041 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_y := A_v \cdot F_y \quad P_y = 3,334 \times 10^5 \text{ kgf}$$

$$\frac{P_u}{0,9 \cdot P_y} = 0,068 \quad \text{de la tabla I-9-1}$$

#### Ala:

$$\frac{b_{fv}}{2 \cdot t_{fv}} = 6,579$$

$$\frac{\left(436 \cdot \frac{\sqrt{\text{kgf}}}{\text{cm}}\right)}{\sqrt{F_y}} = 7,354$$

$$\frac{b_{fv}}{2t_{fv}} < \frac{\left(436 \cdot \frac{\sqrt{\text{kgf}}}{\text{cm}}\right)}{\sqrt{F_y}} \quad \text{OK}$$

#### Alma:

$$\frac{P_u}{0,9 \cdot F_y} < 0,125$$

$$h_v/t_w = 45,2$$

$$\frac{\left(4361 \cdot \frac{\sqrt{\text{kgf}}}{\text{cm}}\right)}{\sqrt{F_y}} \cdot \left(1 - 1,54 \cdot \frac{P_u}{0,9P_y}\right) = 65,848$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{\left(4361 \cdot \frac{\sqrt{\text{kgf}}}{\text{cm}}\right)}{\sqrt{F_y}} \cdot \left(1 - 1,54 \cdot \frac{P_u}{0,9P_y}\right)$$

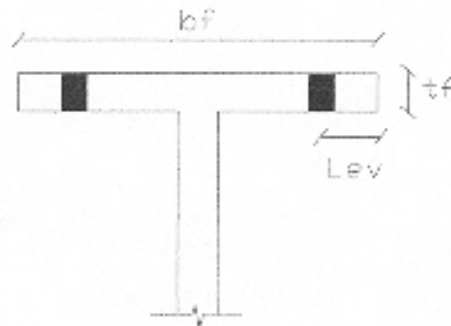
### 3.2 Modulo plástico requerido en la viga:

$$Z_{req} := \frac{M_u}{0,9 \cdot F_y} \quad Z_{req} = 1,092 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z_{xv} = 1,655 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad Z_{req} < Z_{xv} \quad \text{OK}$$

### 3.3 Revisión de la viga (modulo de sección efectivo):

Asumiendo que se se usaran dos filas de pernos en el ala



Area gruesa del ala ( $A_{fg} = b_{fv} \times t_{fv}$ )

$$A_{fg} := b_{fv} \cdot t_{fv} \quad A_{fg} = 27.581 \text{ cm}^2$$

Area neta del ala ( $A_{fn}$ )

$$A_{fn} := A_{fg} - 2 \left( \phi_p + \frac{1}{8} \cdot in \right) \cdot t_{fv} \quad A_{fn} = 20.226 \text{ cm}^2$$

como:  $0.75 \cdot F_u \cdot A_{fn} < 0.9 \cdot F_y \cdot A_{fg}$

entonces:

$$A_{fe} := \left( \frac{5}{6} \right) \cdot \left( \frac{F_u}{F_y} \right) \cdot A_{fn} \quad A_{fe} = 21.911 \text{ cm}^2$$

% de reducción del area gruesa (%R)

$$\%R := 100 - \left( \frac{A_{fe}}{A_{fg}} \right) \cdot 100 \quad \%R = 20.556$$

Modulo de sección efectivo

$$Z_e := Z_{xv} - 2 \cdot \left( \frac{\%R}{100} \right) A_{fg} \cdot \frac{d_v}{2} \quad Z_e = 1.396 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z_{req} = 1.092 \times 10^3 \text{ cm}^3 \quad Z_{req} < Z_e \quad \text{OK}$$

Revisión del corte del alma de la viga:

$$h/t_w = 45.2 \quad 2.45 \sqrt{\left( \frac{E}{F_y} \right)} = 59.004$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\left( \frac{E}{F_y} \right)}$$

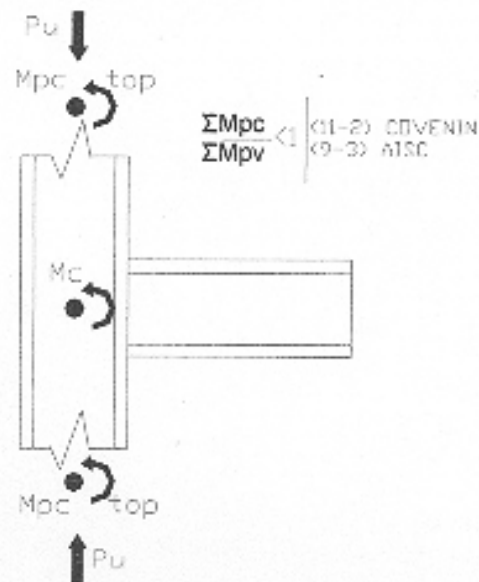
Entonces:  $\phi V_n := 0.6 \cdot F_y \cdot d_v \cdot t_{wv} \quad \phi V_n = 8.695 \times 10^4 \text{ kgf}$

$$R_u = 2.041 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi V_n > R_u \quad \text{OK}$$



### 3.4 Relación de momento



$$\Sigma M_{pc} := 2Z_{xc} \cdot \left( F_y - \frac{P_u}{A_c} \right)$$

$$\Sigma M_{pc} = 1.932 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M_{pv} := M_c$$

$$\Sigma M_{pv} = 1.22 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$\frac{\Sigma M_{pc}}{\Sigma M_{pv}} = 1.583 > 1$$

## 4. Pernos

### 4.1 Plancha del alma

#### Viga

$$\phi_{rnv} := 9797.595 \cdot \text{kgf por perno}$$

se obtiene de la tabla 7-10 LRFD ( $\phi_{rn}$ )

$$R_n := R_u \quad R_n = 2.041 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$N_{perno1} := \frac{R_n}{\phi_{rnv}} \quad N_{perno1} = 2.083 \quad N_{perno1} := 3$$

#### Plancha

$$\phi_{mp} := 12972.742 \text{ kgf}$$

se obtiene de la tabla 7-12 LRFD

$$N_{perno2} := \frac{R_n}{\phi_{mp}} \quad N_{perno2} = 1.573 \quad N_{perno2} := 2$$

El numero de pernos que manda es el de la viga, por lo tanto se usaran 3 pernos  $N_{perno} := 3$

Se asumirán las siguientes dimensiones de la plancha:

$$t_p := \frac{5}{16} \cdot \text{in} \qquad \text{Leh} := \left(1 + \frac{1}{2}\right) \text{in}$$

$$l_p := 9 \text{in} \qquad \text{Lev} := \text{Leh}$$

$$S := 3 \text{in}$$

**Revisión cedencia, ruptura y bloque de corte en la plancha de alma.**

Cedencia al corte de la plancha de alma:

$$A_{gp} := t_p \cdot l_p \qquad A_{gp} = 18.145 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_{np} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_{ycon} \cdot A_{gp} \qquad \phi R_{np} = 2.067 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$R_u = 2.041 \times 10^4 \text{ kgf} \qquad \phi R_{np} > R_u \quad \text{OK}$$

Ruptura al corte de la plancha de alma

$$A_{np} := A_{gp} - N_{perno} \cdot \left[ \phi_p + \left(\frac{1}{8}\right) \text{in} \right] t_p \qquad A_{np} = 12.097 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_{nr} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_{ucon} \cdot A_{np} \qquad \phi R_{nr} = 2.22 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$R_u = 2.041 \times 10^4 \text{ kgf} \qquad \phi R_{nr} > R_u \quad \text{OK}$$

Bloque de corte en la plancha del alma

\*área gruesa al corte (A<sub>gv</sub>) de la plancha

$$A_{gv} := l_p \cdot [S \cdot (N_{perno} - 1) + \text{Leh}] \qquad A_{gv} = 435.483 \text{ cm}^2$$

\*área neta al corte (A<sub>nv</sub>) de la plancha

$$A_{nv} := \left[ S \cdot (N_{perno} - 1) + \text{Leh} - \left[ \left[ N_{perno} - \left(\frac{1}{2}\right) \right] \cdot \left[ \phi_p + \left(\frac{1}{8}\right) \text{in} \right] \right] \right] \cdot t_p$$

$$A_{nv} = 10.081 \text{ cm}^2$$

\*area gruesa a la tracción (Agt) de la plancha:

$$Agt := tp \cdot Lev \quad Agt = 3.024 \text{ cm}^2$$

\*area neta a la tracción (Ant) de la plancha

$$Ant := Agt - \left[ Lev - 0.5 \left[ \phi p + \left( \frac{1}{8} \right) in \right] \right] \cdot tp$$

$$Ant = 1.008 \text{ cm}^2$$

Como  $Fup \cdot Ant < 0.6 \cdot Fup \cdot Anv$

$$\phi Rn = 0.75 \cdot (0.6 \cdot Fucon \cdot Anv + Fycon \cdot Agt) \quad \phi Rn = 2.424 \times 10^4 \text{ kgf}$$

**Longitud de la soldadura de filete requerida para soportar el ala de la viga en la columna.  
Se usara electrodos FEXX70**

$$FEXX := 4921.487 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

usando la siguiente ecuación de la AISC LRFD para determinar la longitud de la soldadura

$$\phi Rnsold := Ru$$

$$Dmin := \frac{\phi Rnsold}{0.75 \cdot 0.6 \cdot FEXX \cdot \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \cdot \left( \frac{1}{16} \right) \cdot lp \cdot 2} \quad Dmin = 4.561 \text{ cm}$$

comparando la soldadura mínima dada por la tabla J2-4 AISC LRFD para el espesor de plancha dado

$$Soldmin := 0.794 \text{ cm}$$

la soldadura de filete con doble vuelta a usar será:

$$dsold := 5 \text{ cm}$$

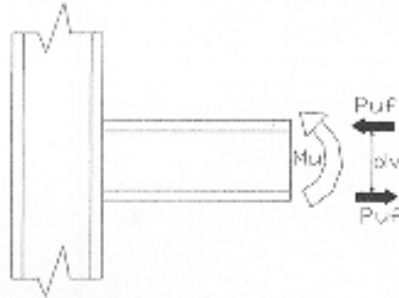
**Revisión de la zona del panel**

$$Puf := \frac{Mu}{dv} \quad Puf = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$Py := Fy \cdot Ac \quad Py = 6.6 \times 10^5 \text{ kgf}$$

como  $Puf < 0.75Py$ , entonces  $\phi Rnzp = 0.75 \cdot 0.6 \cdot Fy \cdot dc \cdot tw \cdot (1 + (3bf \cdot tf) / (dc \cdot dv \cdot tw))$

$$\phi R_{nzp} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_{wc} \cdot \left[ 1 + \frac{(3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2)}{d_v \cdot d_c \cdot t_{wc}} \right] \quad \phi R_{nzp} = 8.54 \times 10^4 \text{ kgf}$$



#### 4.2 Plancha del ala

##### Viga

$$\phi_{nv} = 9.798 \times 10^3 \text{ kgf} \quad \text{por perno}$$

$$n_{pernov1} := \frac{P_{uf}}{\phi_{nv}} \quad n_{pernov1} = 7.716 \quad n_{pernov} := 8$$

##### Plancha

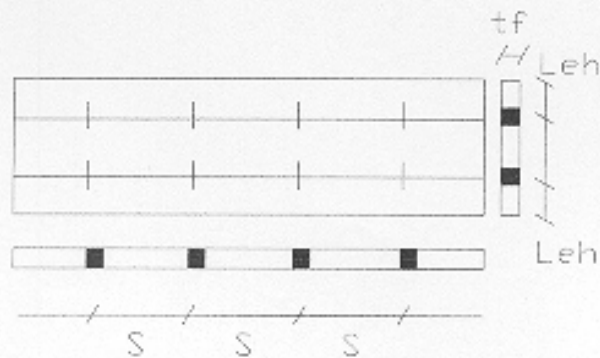
$$\phi_{np} := 26353.717 \text{ kgf} \quad \text{por perno}$$

este valor se obtiene de la tabla 7-12 AISC LRFD

$$n_{pernop1} := \frac{P_{uf}}{\phi_{np}} \quad n_{pernop1} = 2.869 \quad n_{pernop} := 3$$

Plancha de ala

Se usara 8 pernos



**dimensiones de la plancha de ala**

$$\begin{aligned} t_{pala} &:= 1.905 \text{ cm} & L_{eh} &= 3.81 \text{ cm} \\ l_{pala} &:= 18.415 \text{ cm} & S &= 7.62 \text{ cm} \\ L_{eh} &= 3.81 \text{ cm} \end{aligned}$$

**Revisión a la cedencia, ruptura y bloque de corte en la plancha de ala.**

**Cedencia a la tensión de la plancha de ala**

$$\begin{aligned} A_{gala} &:= t_{pala} \cdot l_{pala} & A_{gala} &= 35.081 \text{ cm}^2 \\ \phi R_{nc} &:= 0.9 \cdot F_{ycon} \cdot A_{gala} & \phi R_{nc} &= 7.991 \times 10^4 \text{ kgf} \\ \phi R_n &> R_u & & \text{OK} \end{aligned}$$

**Ruptura a la tensión de la plancha de alma**

$$\begin{aligned} A_{nala} &:= A_{gala} - 2 \left[ \phi_p + \left( \frac{1}{8} \right) \text{in} \right] t_{pala} & A_{nala} &= 25.403 \text{ cm}^2 \\ \phi R_{nr} &:= 0.75 \cdot F_{ucon} \cdot A_{nala} & \phi R_{nr} &= 7.769 \times 10^4 \text{ kgf} \\ P_{uf} &= 7.56 \times 10^4 \text{ kgf} & \phi R_n &> P_{uf} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

**Bloque de corte en la plancha de ala**

**\*area gruesa al corte (A<sub>gv</sub>) de la plancha de ala**

$$A_{gv} := t_{pala} \cdot \left[ S \cdot \left[ \left( \frac{n_{pernov}}{2} \right) - 1 \right] + L_{eh} \right] \quad A_{gv} = 50.806 \text{ cm}^2$$

**Planos de corte son 4**

**\*area neta al corte (A<sub>nv</sub>) de la plancha de ala**

$$A_{nv} := \left[ S \cdot \left( \frac{n_{pernov}}{2} - 1 \right) + L_{eh} - \left( \frac{n_{pernov}}{2} - 0.5 \right) \cdot \left[ \phi_p + \left( \frac{1}{8} \right) \text{in} \right] \right] \cdot t_{pala}$$

$$A_{nv} = 33.871 \text{ cm}^2$$

**Planos de corte son 4**

\*area gruesa a la tensión ( $A_{gtala}$ ) de la plancha de ala

$$A_{gtala} := t_{pala} \cdot L_{ev} \qquad A_{gtala} = 7.258 \text{ cm}^2$$

**Planos de corte son 4**  $4 \cdot A_{gtala} = 29.032 \text{ cm}^2$

\*area neta a la tensión de la plancha ( $A_{ntala}$ ) de la plancha de ala

$$A_{ntala} := A_{gtala} - \left[ L_{ev} - 0.5 \left[ \phi p + \left( \frac{1}{8} \right) \text{in} \right] \right] \cdot t_{pala} \qquad A_{ntala} = 2.419 \text{ cm}^2$$

**Planos de corte son 4**

como  $F_u \cdot A_{ntala} < 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nvala} + \phi R_{nala} = \phi (0.6 \cdot F_u \cdot A_{nvala} + F_y \cdot A_{gtala})$

$$\phi R_{nala} := 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_u \cdot A_{nvala} + F_y \cdot A_{gtala})$$

$$\phi R_{nala} \cdot 2 = 1.519 \times 10^5 \text{ kgf}$$

Longitud de soldadura de filete  
necesaria para soportar el ala en la columna.



$$Dala := \frac{P_{uf}}{0.75 \cdot 0.6 \cdot 1.5 \cdot FEXX \cdot \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \cdot \left( \frac{1}{16} \right) \cdot t_{pala} \cdot 2} \qquad Dala = 13.981 \text{ cm}$$

el tamaño mínimo de soldadura de filete de la tabla J2-4 AISC LRFD para un espesor de 3/4 pulg es de 5/16, el tamaño de soldadura a usar será de:

$$d := \left( \frac{15}{16} \right) \text{in} \qquad \text{en dos vueltas}$$

Revisión a la compresión de la plancha de ala

Se asumirá: **Inercia (I)**  $I := \frac{(I_{pala} \cdot t_{pala}^3)}{12}$   $I = 10.609 \text{ cm}^4$

$k := 0.65 \left( \phi\psi + \frac{1 \text{ in}}{8} \right)$

**Area (A)**  $A := t_{pala} \cdot l_{pala}$   $A = 35.081 \text{ cm}^2$

$L := L_{ch} + \frac{\left( \phi\psi + \frac{1 \text{ in}}{8} \right)}{2}$

$L = 5.08 \text{ cm}$

**RADIO DE GIRO (r)**

$r := \sqrt{\frac{I}{A}}$   $r = 0.55 \text{ cm}$

entonces:

$\frac{k \cdot L}{r} = 6.004$

de la tabla 3-36 de la AISC LRFD se obtiene:

$\phi F_{cr} := 2147.174 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

la resistencia a compresión de la plancha de ala será:

$\phi R_{ncomp} := \phi F_{cr} \cdot A$   $\phi R_{ncomp} = 7.532 \times 10^4 \text{ kgf}$

$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$   $P_{uff} := \phi R_{ncomp}$  **OK**

$100\% + \left( \frac{P_{uf}}{\phi R_{ncomp}} \right) \% = 1.01$

la diferencia es menor al 10% por lo tanto se tomará como aceptable

**5.- Capacidad de la columna**

5.1 Revisión de la resistencia a la tensión del ala y alma de la columna para soportar la fuerza del ala de la viga

Pandeo local del ala  $\phi R_{nLFB}$  (local flange bending Eq K1-1 AISC LRFD)

$\phi R_{nLWY} := (5k_c + t_{pala}) \cdot t_{wc} \cdot F_y$   $\phi R_{nLWY} = 1.217 \times 10^5 \text{ kgf}$

5.2 Revisión del alma de la columna para soportar la fuerza del ala de la viga en compresión

Pandeo local del ala  $\phi R_{nLFB}$  (Local Flange Bending)

$$\phi R_{nLFB} := 7.728 \cdot 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi R_{nLFB} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

WEB CRIPPLING ( $\phi R_{nWC}$ )

$$N_d := 3 \cdot \frac{t_{pala}}{dc} \quad N_d = 0.158$$

$$\phi R_{nWC} := 0.75 \left( 1131.965 \cdot \frac{\text{kgf}^{0.5}}{\text{cm}} \right) \cdot t_{wc}^2 \left[ 1 + N_d \cdot \left( \frac{t_{wc}}{t_{fc}} \right)^{1.5} \right] \cdot \sqrt{\left( F_y \cdot \frac{t_{fc}}{t_{wc}} \right)}$$

$$\phi R_{nWC} = 1.044 \times 10^5 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \phi R_{nLFB} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

5.3.- Revisión de la zona de panel

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_y = 6.6 \times 10^5 \text{ kgf} \quad \frac{P_{uf}}{P_y} = 0.115$$

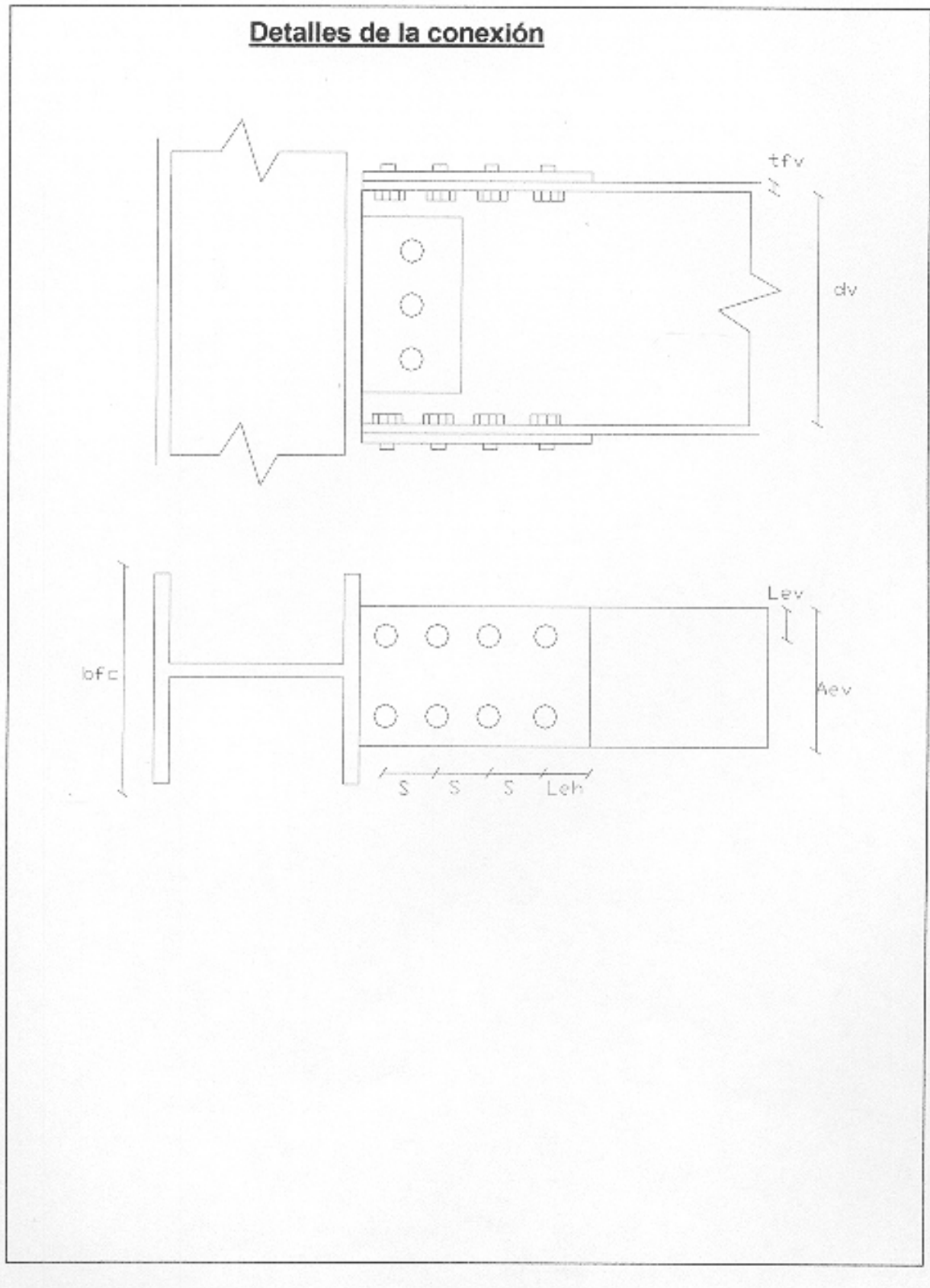
como  $P_{uf} < 0.75 P_y$  entonces

$$\phi R_{nzp} = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot dc \cdot t_w \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot b_f \cdot t_f}{dc \cdot d_v \cdot t_w} \right)$$

$$\phi R_{nzhh} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot dc \cdot t_{wc} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2}{d_v \cdot dc \cdot t_{wc}} \right)$$

$$\phi R_{nzp} = 8.54 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \phi R_{nzp} > P_{uf} \quad \text{OK}$$





## Ejemplo 2. Plancha extrema extendida

### 1. Geometría

Para este ejemplo y los siguientes, las propiedades y geometría del perfil, perno y solicitaciones serán las mismas utilizadas en el ejemplo 1, hasta que se indique lo contrario,

#### Perno ASTM

$$\phi := 1 \text{ in} \quad A_p := 0.785 \text{ in}^2$$

### 2. Capacidad de la viga

#### 2.1

$$Z_{req} = 1.092 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z_{xv} = 1.655 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z_{req} < Z_{xv} \quad \text{OK}$$

#### 2.2 Cálculo de la fuerza en el ala de la viga (P<sub>uf</sub>)

$$P_{uf} := \frac{M_u}{d_v - t_{fv}} \quad P_{uf} = 7.807 \times 10^4 \text{ kgf}$$

#### 2.3 Pernos requeridos

*numero de pernos requeridos por tensión*

$$\phi_p := 2.54 \text{ cm} \quad A_p := 5.065 \text{ cm}^2$$

de la tabla 7-14 AISC LRFD, para pernos ASTM

$$\phi F_t := 4745.72 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi_{rn} := \phi F_t \cdot A_p \quad \phi_{rn} = 2.404 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\frac{P_{uf}}{\phi_{rn}} = 3.248 \quad n_{perno} := 4$$

*numero de pernos requeridos por resistencia al deslizamiento*

de la tabla 7-15 de la AISC LRFD con pernos ASTM y el diametro del perno con orificio standard se obtiene

$$\phi_{rn} := 8618.255 \cdot \text{kgf}$$

$$\frac{R_u}{\phi_{rn}} = 2.368 \quad n_{pernode} := 3$$

$N_{perno} :=$   $n_{perno}$  si  $n_{perno} > n_{pernode}$   
si no  $n_{pernode}$

$n_{perno} > n_{pernode}$

$$N_{perno} := 4$$

#### 2.4 Revisión del corte en el perno

de la tabla 7-10 de la AISC LRFD se obtiene  $\phi_{Fv}$

$$\phi_{Fv} := 2531.05 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad A_p = 5.065 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{rn} := \phi_{Fv} \cdot A_p \quad \phi_{rn} = 1.282 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi_{Rnv} := 2 \cdot N_{perno} \cdot \phi_{rn} \quad \phi_{Rnv} = 1.026 \times 10^5 \text{ kgf}$$

$$\phi_{Rnv} > R_u \quad \text{OK}$$

distancia mínima al borde ( $L_e$ )

según las especificaciones AISC LRFD J3.4 y la tabla J3-4 AISC LRFD para pernos de 1 pulgada se obtiene:

$$L_{emin} := 3.175 \text{ cm}$$

$$L_e := 3.81 \text{ cm}$$

separación entre pernos ( $g$ )

minima separación según las especificaciones AISC LRFD sección J3.3 no deberá ser menor que  $2 \frac{2}{3}$  veces el diametro nominal del conector, pero se recomienda usar 3 veces el diámetro del perno.

$$g := 13.978 \text{ cm}$$

### 3. Calculo de la plancha extrema de la viga

#### 3.1 Calculo del ancho efectivo de la plancha extrema (bp)

$$b_{\text{pfectivo}} := 2 \cdot Le + g \quad b_{\text{pfectivo}} = 21.598 \text{ cm}$$

$$b_{fv} = 19.05 \text{ cm}$$

$$b_p = \begin{cases} b_{fv} & \text{si } b_{fv} > b_{\text{pfectivo}} \\ b_{fv} + 1 \text{ in} & \text{si } b_{fv} < b_{\text{pfectivo}} \end{cases} \quad b_p := b_{fv} + 1 \text{ in} \quad b_p = 21.59 \text{ cm}$$

**bp > bfectivo      OK**

#### 3.2 Espesor requerido de la plancha (tpreq < tp)

orificio (pf)       $pf := \phi_p + 0.5 \text{ in}$

$$pf = 3.81 \text{ cm}$$

#### \*area de la plancha de ala (Af)

$$A_f := b_{fv} \cdot t_{fv} \quad A_f = 27.581 \text{ cm}^2$$

#### \*area de la plancha de la viga (Aw)

$$A_w := b_{fv} \cdot t_{fv} \quad A_f = 27.581 \text{ cm}^2$$

$C_a := 1.45$       de la tabla 12-1 AISC LRFD

$$C_b := \sqrt{\left(\frac{b_{fv}}{b_p}\right)} \quad C_b = 0.939$$

$e_t := 0.5 \text{ in}$       **asumiendo 0.5 pulg de soldadura de filete**

$$p_e := pf - \left(\frac{\phi_p}{4}\right) - e_t \quad p_e = 1.905 \text{ cm}$$

$$\alpha_m := C_a \cdot C_b \cdot \left(\frac{A_f}{A_w}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{p_e}{\phi_p}\right)^{\frac{1}{4}} \quad \alpha_m = 1.268$$

$$M_{eu} := \alpha_m \cdot P_{uf} \cdot \frac{p_e}{4} \quad M_{eu} = 471.28 \text{ m kgf}$$

#### espesor minimo (tpmin)

$$t_{pmin} := \sqrt{\left(4 \cdot \frac{M_{eu}}{0.9F_{ycn} \cdot b_p}\right)} \quad t_{pmin} = 1.958 \text{ cm} \quad t_p := 1.905 \text{ cm}$$

**dimensiones de la plancha extrema**

$$h := dv + pf - 2 + 0.5in \cdot 2 + Le - 2 \qquad bp = 21.59 \text{ cm}$$

$$h = 63.5 \text{ cm} \qquad tp = 1.905 \text{ cm}$$

Utilizando el metodo de calculo que plantea Thomas Murray y W. Lee Shoemaker de la Steel Desing Guide 16 ( procedimiento 1)

**parametros de diseño**

$$2.54 \text{ cm} < Pf < 6.35 \text{ cm} \qquad pfo := 6.35 \text{ cm} \qquad pfi := 4.445 \text{ cm}$$

$$6.35 \text{ cm} < Pext < 13.02 \text{ cm} \qquad pext := 12.7 \text{ cm}$$

$$6.99 \text{ cm} < g < 17.78 \text{ cm} \qquad g = 13.978 \text{ cm}$$

$$40.01 \text{ cm} < h < 60.69 \text{ cm} \qquad h := dv \qquad h = 45.72 \text{ cm}$$

$$15.24 \text{ cm} < bp < 26.04 \text{ cm} \qquad bp2 := bfv \qquad bp2 = 19.05 \text{ cm}$$

$$0.95 \text{ cm} < tf < 2.54 \text{ cm} \qquad tf := tfv \qquad tf = 1.448 \text{ cm}$$

**Calculo**

$\gamma_r := 1$  para la plancha extendida

$$do := h - \left( \frac{tfv}{2} \right) + pfo \qquad do = 51.346 \text{ cm}$$

$$ho := h + pfo \qquad ho = 52.07 \text{ cm}$$

$$dl := h - 3 \left( \frac{tf}{2} \right) - pfi \qquad dl = 39.103 \text{ cm}$$

$$hl := dl + \left( \frac{1}{2} \right) tfv \qquad hl = 39.827 \text{ cm}$$

**Diametro del perno ( $\phi_{preq}$ ) requerido asumiendo que no hay apalancamiento**

$$\phi_{preq} := \sqrt{2 \cdot \frac{Mu}{\pi \cdot \phi Ft \cdot (do + dl)}} \qquad \phi_{preq} = 2.264 \text{ cm}$$

$$\phi p2 := 2.54 \text{ cm}$$

**espesor de la plancha requerido (tpreg)**

$$s := \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \sqrt{b_p \cdot g} \quad s = 8.686 \text{ cm}$$

$$P_{fi} = \begin{cases} "s" & \text{si } p_{fi} \geq s \\ \text{si no es } P_{fi} & \end{cases} \quad P_{fi} := 4.445 \text{ cm}$$

$$Y := \left(\frac{b_p}{2}\right) \left[ h_l \cdot \left(\frac{1}{P_{fi}} + \frac{1}{s}\right) + h_o \cdot \frac{1}{p_{fo}} - \frac{1}{2} \right] + \left(\frac{2}{g}\right) \cdot h_l \cdot (P_{fi} + s) \quad Y = 304.17 \text{ cm}$$

**Fuerza del perno (Pt)**

$$P_t := \pi \cdot \phi_p^2 \cdot \frac{\phi F_t}{0.75 \cdot 4} \quad P_t = 3.206 \times 10^4 \text{ kgf}$$

**Momento que no produce fuerza de apalancamiento ( $\phi M_{np}$ )**

$$\phi M_{np} := 0.75 [2 \cdot P_t \cdot (d_o + d_l)] \quad \phi M_{np} = 4.35 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

**espesor (tpreq2)**

$$t_{preq2} := \sqrt{1.11 \cdot \gamma_r \cdot \frac{\phi M_{np}}{0.9 \cdot F_{ycon} \cdot Y}} \quad t_{preq2} = 2.64 \text{ cm}$$

$$t_{p2} := 2.79 \text{ cm}$$

**comparando resultados**

	<u>AISC LRFD</u>	<u>Murray &amp; Shoemaker</u>
diametro del perno	$\phi_p = 2.54 \text{ cm}$	$\phi_{p2} = 2.54 \text{ cm}$
ancho de la plancha	$b_p = 21.59 \text{ cm}$	$b_{p2} = 19.05 \text{ cm}$
espesor de la plancha	$t_p = 1.905 \text{ cm}$	$t_{p2} = 2.79 \text{ cm}$

**Revisión a la compresión de la plancha de ala**

se asumira:

$$k := 0.65$$

$$I := L_{eh} + \frac{\left[ \phi_p + \left(\frac{1}{8}\right) \text{ in} \right]}{2}$$

**Inercia (I)**  $I := \frac{(i_{pala} \cdot t_{pala}^3)}{12} \quad I = 10.609 \text{ cm}^4$

**Area (A)**  $A := t_{pala} \cdot i_{pala} \quad A = 35.081 \text{ cm}^2$

$$L = 5.239 \text{ cm} \qquad \text{Radio de giro (r)} \quad r := \sqrt{\frac{I}{A}} \quad r = 0.55 \text{ cm}$$

de la tabla 3-36 de la AISC LRFD se obtiene:

$$\phi F_{cr} := 2147.174 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

**la resistencia a compresión de la plancha de ala será**

$$\phi R_{ncomp} := \phi F_{cr} \cdot A \qquad \phi R_{ncomp} = 7.532 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} := 7.56 \cdot 10^4 \cdot \text{kgf} \qquad \text{Puf} = \phi R_{ncomp} \quad \text{OK}$$

$$100\% + \left( \frac{P_{uf}}{\phi R_{ncomp}} \right) \% = 1.01$$

la diferencia es menor al 1% por lo tanto se tomará como aceptable

## **5. Capacidad de la columna**

### **5.1 Revisión de la resistencia a la tensión de ala y alma de la columna para soportar la fuerza del ala de la viga.**

#### **Pandeo local del ala $\phi R_{nLFB}$ (local flange bending, Eq K1-1 AISC LRFD)**

$$\phi R_{nLFB} := 0.9 \cdot 6.25 \cdot t_{fc}^2 \cdot F_y$$

$$\phi R_{nLFB} = 7.762 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf} \qquad \phi R_{nLFB} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

#### **Pandeo local del alma $\phi R_{nLWY}$ (local web yielding) (Eq K1.2 AISC LRFD)**

$$\phi R_{nLWY} := (5k_c + t_{pala}) \cdot t_{wc} \cdot F_y \qquad \phi R_{nLWY} = 1.217 \times 10^5 \text{ kgf}$$

### **5.2 Revisión del alma de la columna para soportar la fuerza del ala de la viga en compresión**

#### **Pandeo local del ala $\phi R_{nLFB}$ (local Flange Bending)**

$$\phi R_{nLFB} = 7.762 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf} \qquad \phi R_{nLFB} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

**WEB CRIPPLING ( $\phi R_{nWC}$ )**

$$N_d := 3 \cdot \frac{t_{pala}}{d_c} \quad N_d = 0.158$$

**5.3 Revisión de la zona del panel**

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \frac{P_{uf}}{P_y} = 0.115$$

$$P_y = 6.6 \times 10^5 \text{ kgf}$$

como:

$$\phi R_{nwp} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_{wc} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2}{d_v \cdot d_c \cdot t_{wc}} \right) \quad \phi R_{nwp} = 8.54 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi R_{nwp} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

se usaran los calculos obtenidos por la AISC LRFD

$$\phi_p = 2.54 \text{ cm} \quad p_f = 3.81 \text{ cm}$$

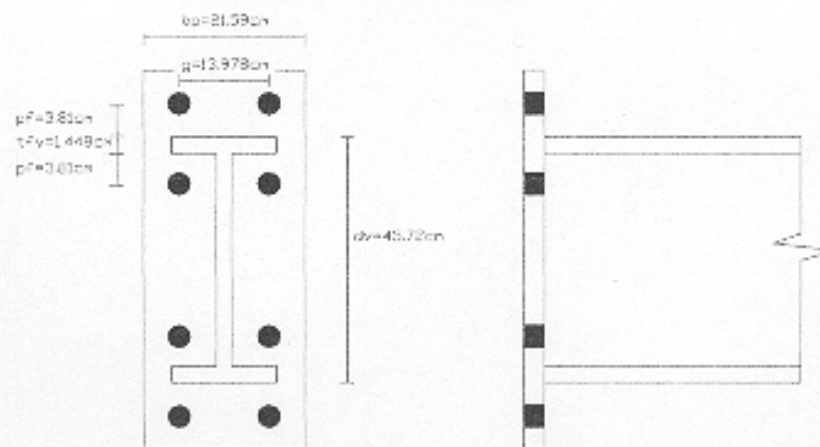
$$b_p = 21.59 \text{ cm} \quad \alpha_m := 1.133$$

$$t_p = 1.905 \text{ cm}$$

**5.4 Revisión de la columna**

ver el ejemplo 1

**6. Detallado de la Conexión**

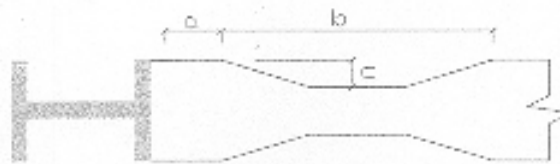




### Ejemplo 3: Viga de Sección Reducida (VSR)

#### Dimensiones de la sección reducida a, b y c.

$$\begin{array}{lll}
 0.5 \text{ bfv} < a < 0.75 \text{ bfv} & a := 0.55 \text{ bfv} & a = 10.478 \text{ cm} \\
 0.65 \text{ dv} < b < 0.85 \text{ dv} & b := 0.78 \text{ dv} & b = 35.662 \text{ cm} \\
 0.20 \text{ bfv} < c < 0.25 \text{ bfv} & c := 0.21 \text{ bfv} & c = 4 \text{ cm}
 \end{array}$$



#### 1. Revisión de la capacidad de la viga reducida (VSR)

##### 1.1 Modulo de la sección reducida (Zvsr)

$$Z_{vsr} := Z_{xv} - 2 \cdot c \cdot t_{fv} \cdot (d_v - t_{fv}) \quad Z_{vsr} = 1.142 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

##### esfuerzo de cedencia esperada en la viga (Fye)

$$F_{ye} := R_y \cdot F_y \quad F_{ye} = 3.867 \times 10^7 \text{ m}^{-2} \text{ kgf}$$

##### 1.2 Calculo del momento plástico de la sección reducida (Mpvsr)

$$M_{pvsr} := 1.15 \cdot Z_{vsr} \cdot F_{ye} \quad M_{pvsr} = 5.079 \times 10^4 \text{ m kgf}$$

$$M_u = 3.456 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_{pvsr} > M_u \quad \text{OK}$$

##### 1.3 Calculo del corte en el centro de la sección reducida a cada extremo de la viga

$$L := 9 \text{ m} \quad a = 10.478 \text{ cm} \quad b = 35.662 \text{ cm}$$

$$d_c = 36.068 \text{ cm} \quad L' := 8.073 \text{ cm}$$

##### valor del corte Vvsr

$$V_{vsr} := 2 \cdot \frac{M_{pvsr}}{L'} \quad V_{vsr} = 1.258 \times 10^6 \text{ kgf}$$

#### 1.4 Cálculo del momento en la cara de la columna (M<sub>fvsr</sub>)

$$M_{fvsr} := M_{pvsr} + V_{vsr} \cdot \left( a + \frac{b}{2} \right) \quad M_{fvsr} := 5.436 \cdot 10^4 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$$

#### 1.5 Momento plástico de la viga (M<sub>pv</sub>)

$$M_{pv} := Z_{xc} \cdot F_{yc} \quad M_{pv} = 6.4 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

el momento en la cara de la columna (M<sub>cvsr</sub>) debe estar entre el 85% y el 100% del momento plástico de la viga (**85% M<sub>pv</sub> < M<sub>cvsr</sub> < 100% M<sub>pv</sub>**)

$$\frac{M_{fvsr}}{M_{pv}} = 0.849 \quad M_{cvsr}/M_{pv} = 0.85 \quad \text{OK}$$

podemos decir que las dimensiones seleccionadas son correctas

$$a = 10.478 \text{ cm}$$

$$b = 35.662 \text{ cm}$$

$$c = 4 \text{ cm}$$

#### 1.6 Relación de momento

$$P_{uc} := V_{vsr} \quad P_{uc} = 1.258 \times 10^6 \text{ kgf}$$

$$A_c = 187.742 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma M_{pc} := 2Z_{xc} \cdot \left( F_y - \frac{P_{uc}}{A_c} \right) \quad \Sigma M_{pc} := 1.955 \cdot 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M_{pv} := M_{pvsr} + V_{vsr} \cdot \left[ \left( \frac{dc}{2} \right) + a + \frac{b}{2} \right]$$

$$\Sigma M_{pv} := 5.663 \cdot 10^4 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pv} = 3.453$$

$$\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pc} > 1 \quad \text{OK}$$

## 2. Capacidad de la columna

ve ejemplo 1

### Revisión de la zona del panel

$$P_{uf} := \frac{M_u}{d_v} \quad P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_y = 6.6 \times 10^5 \text{ kgf} \quad \frac{P_{uf}}{P_y} = 0.115$$

$P_{uf}/P_y < 0.75$  entonces

$$\phi R_{nzp} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_{wc} \cdot \left[ 1 + \frac{(3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2)}{d_v \cdot d_c \cdot t_{wc}} \right]$$

$$\phi R_{nzp} = 8.54 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \phi R_{nzp} > P_{uf} \quad \text{OK}$$