



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO.**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON**

**“TEORÍA Y APLICACIONES DE CONEXIONES
ATORNILLADAS”**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

KARLA CARINA ROBLES VÁZQUEZ

ASESOR:

ING. ARTURO MACÍAS FERREIRA



FES Aragón

MÉXICO 2012.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a su vez a La Facultad de Estudios Superiores Aragón por que ahora que estoy muy cerca de concluir de manera formal mis estudios me siento muy orgullosa de haber formado parte de esta Honorable Institución.

De la misma manera agradezco enormemente a todos los catedráticos con los que tuve el placer de haber tomado clases por que no solo compartieron conmigo su gran conocimiento sino también por que hicieron crecer en mi esa ambición por ser mejor persona, mejor ser humano por lo que estoy y estaré eternamente agradecida.

A mi asesor de tesis el Ing. Arturo Macías Ferreira un agradecimiento muy especial por el apoyo que me brindo al realizar esta investigación, por confiar en mi, por su paciencia y por compartirme su conocimiento.

DEDICATORIAS

El haber llegado hasta donde estoy el día de hoy ha sido no solo mi esfuerzo si no el de todas las personas que han demostrado estar conmigo en las buenas y en las malas, que se que me quieren y que al igual que a mi esta Tesis significa mucho, por eso la he dedicado a todos ustedes con mucho amor...

A mi abuelita Micaela Vázquez por que fue pieza fundamental para que yo terminara mis estudios por que me impulsaste y por que siempre estuviste ahí aconsejándome, guiándome y nunca me dejaste sola, te quiero abuelita.

A mi mamá Rosa María Vázquez por que fuiste padre y madre a la vez y eso no habrá sido fácil pero confiaste en mí, me motivaste y siempre me diste tu bendición.

A mis hermanos Mariana y Eduardo Robles por que son mi mayor fortaleza, mi apoyo, y siempre les agradeceré el que me impulsaran para llegar a la meta y no darme por vencida. Los admiro y les agradezco con todo el corazón lo que han hecho por mí.

No puedo dejar de lado a mis tíos la Familia De la parra Vázquez y a la Familia Valencia Sánchez que han estado conmigo siempre y nunca dejaron de apoyarme.

A mis amigos a todos aquellos que me brindaron su amistad y que creyeron en mí, a los que hicieron de los momentos turbios pedazos para volverlos felicidad y llenarlos de alegría a ti Antonio Romero, Irais Juárez, Saira Hernández, Tania Gutiérrez, y a todos aquellos con los que compartí momentos inolvidables.

A mis suegros que no quitaron el dedo del renglón para que yo hiciera posible este sueño.

Y no puede faltar mi mayor motivación la personita por la que soy la mujer más feliz del mundo a quien están dedicados todos mis triunfos, mis sueños, el mejor regalo que dios me dio para bendecirme, mi hija Naomi Tonantzin.

A mi pareja Andrés Molina Ortiz por su paciencia, comprensión, apoyo y amor.

Y todos ustedes y este logro no fueran posibles si Dios no lo hubiese permitido. Gracias señor por dejarme vivir este momento y por todas estas personitas tan increíbles que dejaste entrar en mi vida.

INDICE

INTRODUCCIÓN	VIII
CAPITULO I. GENERALIDADES	01
1.1 Tipos de Construcción en Acero	01
1.2 Tipos de Conectores	03
1.3 Conexiones comunes	06
1.3.1 Conexiones de Traslape o a Tope	07
1.3.2 Ángulos de Marcos	07
1.3.3 Placas de esfuerzo cortante	07
1.3.4 Asientos de vigas	09
1.3.5 Conexiones directas al alma	10
1.3.6 Ménsulas	11
1.3.7 Conexiones Resistentes a momento	11
1.3.8 Conexiones mínimas	12
1.3.9 Conexiones excéntricas	13
1.3.10 Placas de relleno	13
1.3.11 Juntas cepilladas	13
1.3.12 Miembros en compresión con uniones de apoyo por aplastamientos	14
1.3.13 Conexiones de miembros en tensión y en compresión en armaduras	14
CAPITULO II. CONEXIONES CON SUJETADORES	15
2.1 Clases de cargas en el sujetador	15
2.2 Orificios para sujetadores	15
2.3 Sujetadores tipo aplastamiento	17
2.4 Sujetadores tipo fricción	18

2.5 fallas de juntas con sujetadores	19
2.6 Resistencia de un sujetador al cortante	20
2.7 Resistencia de un sujetador al aplastamiento y al cortante extremo	24
2.8 Sección bruta y neta	28
2.9 Diseño y calculo de conexiones traslapadas con sujetadores	32
2.10 Ángulos de conexión fijados con sujetadores	34
2.11 Conexiones de placa extrema por cortante	37
2.12 Asientos flexibles para viga	38
2.13 Conexiones excéntricas de sujetador	41
2.14 Carga en el plano cortante del sujetador	42
2.15 Carga fuera del plano de cortante del sujetador	44
2.16 Conexiones resistentes a momento a base de sujetadores	48
CAPITULO III. TORNILLOS	50
3.1 Tornillos, Barras roscadas y Remaches	50
3.2 Remaches y tornillos	50
3.2.1 Tornillos de alta resistencia	50
3.2.2 Tornillos “al contacto” o pretensionados	51
3.2.3 Tornillos de alta resistencia (en conexiones por fricción) en Combinación con remaches	54

3.2.4	Área efectiva de aplastamiento	54
3.2.5	Juntas por aplastamiento y juntas de fricción (o de deslizamiento Crítico)	54
3.2.6	Tamaño de los agujeros	54
3.2.7	Agarres largos	57
3.2.8	Separaciones mínimas	57
3.2.9	Distancia mínima al borde	57
3.2.10	Separación y distancia al borde máximas	58
3.3	Tensión o corte	58
3.3.1	Tensión y corte combinadas en conexiones por aplastamiento	59
3.3.2	Tornillos de alta resistencia en juntas que trabajan por fricción	59
3.3.3	Tensión y corte combinados en conexiones por fricción	63
3.3.4	Resistencia al aplastamiento en los agujeros para tornillos	63
3.4	Resistencia de diseño de ruptura	65
3.4.1	Ruptura al corte	65
3.4.2	Ruptura por tensión	65
3.4.3	Resistencia de ruptura en bloque por cortante y tensión	65
3.4.4	Elementos de conexión	66
3.4.5	Resistencia de diseño de elementos de conexión en tensión	66
3.4.6	Otros elementos de conexión	67

3.4.7 Empalmes	67
3.4.8 Resistencia de diseño por aplastamiento	67
3.4.9 Conexiones rígidas entre vigas y columnas	68
CAPITULO IV. EJERCICIOS	69
CAPITULO V. ESPACIFICACIONES	100
5.1 Tornillos, características e identificación para tornillos estructurales	100
5.2 Tornillos estándar cabeza cuadrada	101
5.3 Tuercas cuadradas regulares	102
5.4 Tuercas hexagonales regulares	103
5.5 Tornillos estándar cabeza hexagonal	104
5.6 Tornillo de cabeza y tuerca cuadrada	105
5.7 Longitud necesaria para cualquier agarre de tornillos	107
5.8 Tornillo estándar A307 Resistencia al Esfuerzo cortante y Aplastamiento	108
5.9 Tornillo de alta resistencia A325 Resistencia al esfuerzo cortante y Fricción	109
5.10 Tornillos de alta Resistencia A490 Resistencia al esfuerzo cortante y fricción	110
5.11 Apriete (torque) en libras-pie y kgs.-m, que se requiere en las diferentes calidades del tornillo al empalmarse en las estructuras de acero.	111
5.12 Tabla de esfuerzos permisibles como función de F_u	112
CONCLUSIONES	113
BIBLIOGRAFIA	114

INTRODUCCIÓN

Los edificios modernos se construyen de diversas maneras. Sin embargo, en la construcción a base de marcos, los muros así como los pisos y el techo se apoyan en un conjunto estructural de vigas, trabes, columnas y miembros similares.

Hace algunos años la construcción con muros de carga dejó de ser, en general, económica y práctica excepto en edificios de poca altura, hoy con el surgimiento de unidades de mampostería de alta resistencia y particularmente de morteros de alta adhesividad, ha resurgido el interés en la construcción de gran altura de muros de carga basados en subsistemas dimensional y funcionalmente coordinados, por ejemplo muro exterior, piso plafón, cancelas y elementos similares de edificios que se pueden ensamblar para crear edificios de una gran variedad de tamaños y tipos. La integración estructural se volverá sumamente importante y se puede esperar que el marco estructural desempeñe un papel importante.

Por lo tanto es muy probable que los marcos estructurales sigan siendo tan importantes en el futuro como lo son en la construcción de hoy, sirviendo esencialmente como una cobertura de control ambiental envolvente, es decir, para controlar la luz, temperatura, sonido, humedad, etc.

El marco estructural también puede relevar a los muros y divisiones interiores de una función estructural primaria, y al hacerlo se obtiene mucha mayor flexibilidad en la planeación arquitectónica, incluyendo la posibilidad de planear un espacio interior cambiante. El marco estructural también ofrece ventajas en términos de facilidad de fabricación y transporte, velocidad de erección y coordinación de ramas de la construcción. Todas estas características tienen un gran valor para el cumplimiento de los complejos requisitos de la construcción actual.

Es importante recordar que al igual que generalmente hay más de un esquema arquitectónico que cubrirá los requisitos de ocupación, así también habrá varias soluciones estructurales satisfactorias. Los esquemas arquitectónicos estructurales deben

ser compatibles, es decir, deben armonizar bien sin recurrir a indebidas distribuciones estructurales completas y extravagantes por ello se realiza un estudio previo al análisis de vigas, trabes y columnas como miembros estructurales específicos. Sin embargo la mayoría de las fallas estructurales que ocurren están relacionadas generalmente con las conexiones, no tanto con los miembros si.

Para hacerlo hay que establecer una diferenciación entre la conexión, que es un ensamble total de la junta, y los conectores que usan para lograr este ensamble. Existen diversos tipos de conectores que se pueden usar de modo exclusivo o combinados, así como varios tipos de conexión.

Objetivo

La presente tesis tiene como objetivo primordial el presentar una propuesta de apuntes tipo guía para los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil que estén interesados en el área de Estructuras, ya que las conexiones que aquí se tratan son de conocimiento base para esta área, puesto que abarca una teoría muy completa y unos ejercicios muy prácticos.

Utilidad de la tesis

El presente compendio está elaborado para los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil que estén cursando asignaturas como lo son Construcción de Estructuras, Análisis estructural, Diseño Estructural o tal vez una de las optativas como lo es Diseño avanzado de Estructuras de Acero, entre otras.

Así en el Capítulo I se describe brevemente las Generalidades de las Conexiones Atornilladas iniciando con los Tipos de Construcción en Acero, la diferencia entre la conexión y el conector y posteriormente se hace un despliegue de las Conexiones más comunes y su principal utilidad en las grandes obras de infraestructura.

En el Capitulo II se menciona todo lo relevante a los Sujetadores, las clases, los orificios, los tipos, Fallas de juntas, Resistencias, Ángulos y todo lo que puede abarcar un sujetador en las conexiones y la importancia que estos tiene.

El Capitulo III hace mención a una parte muy importante del tema de esta tesis pues esta enfocado a los Tornillos, Barras Roscadas y Remaches, a sus tipos, tamaños, áreas, distancias, separaciones, etc. Así también nos deja claro cuales son los más comerciales y económicos en la actualidad.

En el Capitulo IV se da solución a una serie de ejercicios entre los que se muestran unos cuantos ejemplos a Tensión, todos enfocados a las Conexiones Atornilladas.

El Capitulo V esta dado a las Especificaciones donde se muestran tablas con los tornillos más comerciales y recomendados en la actualidad, con sus respectivas características, como calidades y resistencias.

Finalmente, se emiten las conclusiones y recomendaciones más importantes a las que se pueda llegar con la presente investigación.

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 TIPOS DE CONSTRUCCIONES EN ACERO

Las especificaciones del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA) reconoce 3 tipos básicos de construcción en acero cada uno relacionado con la manera en que los miembros se sujetan entre si por lo tanto, se elaboran tres supuestos básicos de diseño sobre el tamaño de los miembros y los tipos de conexión en que se basan y se mencionan a continuación.

En el tipo 1, denominado comúnmente “estructura rígida” (marco continuo), se supone que las conexiones entre viga y columna tienen suficiente rigidez para mantener sin cambio los ángulos originales entre los miembros que se interceptan. En las especificaciones del IMCA permite sin consideraciones el tipo de construcción 1. Cuando está se usa, el marco del edificio es estáticamente indeterminado. Es necesario hacer un cuidadoso análisis de esfuerzos y que los valores de esfuerzo unitario de trabajo permitido por la especificación no se excedan en el diseño de los miembros y las conexiones.

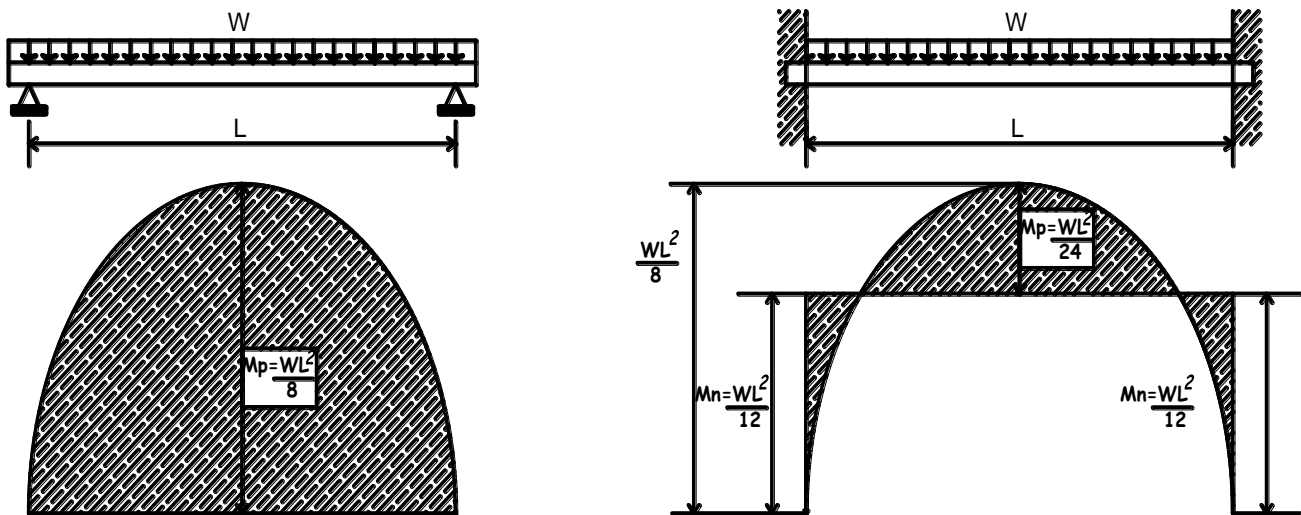
En el tipo 2, comúnmente denominado “estructuración simple” (no empotrado simplemente apoyado) se supone que, en lo que respecta a las cargas por gravedad, los extremos de vigas y trabes están conectadas para tomar solamente fuerzas cortantes y que son libres de rotar bajo cargas de gravedad. En este tipo de construcción está permitido si utiliza algún sistema estructural para transmitir fuerzas laterales sobre el marco, como las debidas al viento y a cargas sísmicas, un sistema como este es como el “acordado contra viento”, en el cual se selecciona y diseña un número limitado específico de conexiones entre viga y columna para resistir momentos. En esta clase de construcción del tipo 2, es necesario asegurarse de que las conexiones flexibles tengan una capacidad adecuada de rotación no elástica para evitar sobreesfuerzos de los conectores bajo cargas combinadas de gravedad y viento.

En el tipo 3 denominado comúnmente “estructuración semirrígida” (parcialmente empotrado), se supone que las conexiones de vigas y trabes poseen una capacidad de

momento confiable y conocido, intermedio peor entre la rigidez completa del tipo 1 y la flexibilidad completa del tipo 2.

Esto significa simplemente que el diseño de los miembros de un edificio a base de marcos de acero y el diseño de las conexiones que sujetan los miembros se deben llevar a cabo conforme los mismos supuestos básicos. Los miembros que se suponen están simplemente apoyados, o articulados para facilitar el diseño no pueden, lógicamente, estar sujetos rígidamente entre sí en la estructura real. De nuevo, si todas las juntas del marco se consideran rígidas o continuas en el análisis de diseño, estas se deben construir de la misma manera.

Si la viga de extremos empotrados de la figura 1.1.1 b). (los extremos están completamente restringidos contra cualquier rotación) se diseña para resistir los momentos flexionantes dados, y luego se diseñan las conexiones, para permitir la rotación libre de los extremos, como la figura 1.1.1 a), la viga no será lo suficientemente fuerte para resistir el momento flexionante debido a que realmente es una viga simplemente apoyada.



a) Viga simplemente apoyada.

b) Viga empotrada.

Figura 1.1.1 Consistencia en el diseño

De modo similar, si se supone que una conexión va a estar articulada en su diseño (rotación libre) como se ve en la figura 1.1.1 a) y luego se empotra figura 1.1.1 b), el momento flexionante inducido $\frac{w l^2}{12}$ en el extremo de la viga podría hacer que fallara la conexión.

Las Especificaciones del IMCA permiten el tipo 3 de construcción solo probando que las conexiones puedan transmitir momentos resistentes determinados, sin sobreesfuerzos. En el tipo 2, las conexiones de marcos se deben diseñar y detallar de modo que permitan la rotación libre de extremos bajo cargas por gravedad.

1.2 TIPOS DE CONECTORES

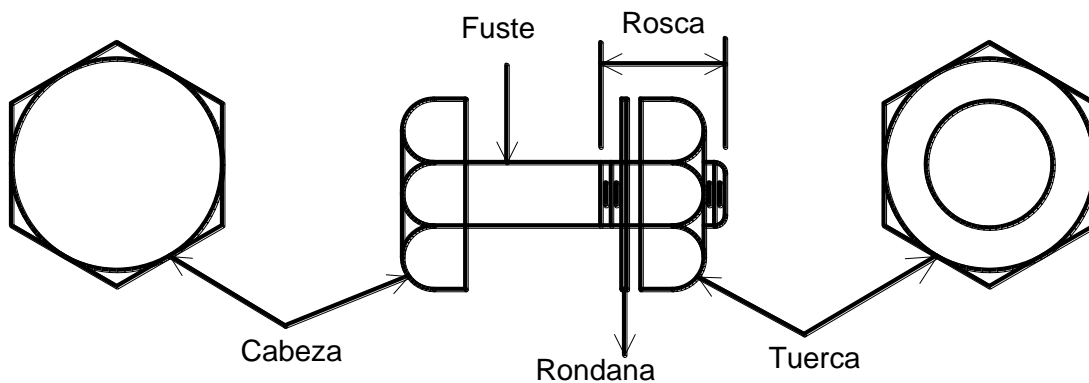
Si bien alguna una vez predominó el uso de remaches, actualmente se usa poco sobre todo en edificios.

Los dos tipos más comunes de estructuras de acero en uso actualmente son tornillos y soldadura, y los primeros son solo una parte de la familia de los sujetadores mecánicos que aparecen en el Manual del IMCA como “Tornillos, partes roscadas y Remaches” figura 1.2.1

Tornillos. Los tornillos figura 1.2.1 a) se componen de un cuerpo cilíndrico (vástago) con una cabeza. Una parte del cuerpo está roscada para recibir una tuerca. La cabeza y la tuerca pueden ser cuadradas o hexagonales, y pueden necesitar o no rondana. Los tornillos se instalan con gran facilidad, su costo es relativamente bajo y se pueden inspeccionar visualmente para ver si hay imperfecciones o daños, estas son buenas razones para usarlos. En las especificaciones del IMCA se listan cuatro tipos básicos de acero que se usa en la manufactura de tornillos, para conexiones estructurales; estos tienen su designación apropiada de American Society for Testing and Materials (ASTM). Los tornillos A307, que no tienen un esfuerzo de fluencia mínima especificada, fueron los que se usaron con más frecuencia en la práctica; pero su uso se ha limitado actualmente. Este tipo de tornillos se ha denominado a menudo como tornillo común, plano inacabado, burdo o de máquina, con este existe el problema de que la tuerca se afloje; por lo tanto en las especificaciones del IMCA prohíbe su uso en algunas conexiones importantes.

Los tornillos de alta resistencia no están restringidos de este modo; por lo tanto, ha llegado a ser el tipo cuyo uso se especifica con mayor frecuencia para edificios de acero donde se van a usar sujetadores mecánicos. En las especificaciones ya mencionadas se listan tres tipos de materiales para estos tornillos: A325, A490 y A449. Usualmente se especifica para uso general el tornillo A325, con un esfuerzo de fluencia de 85 k/pulg^2 . Su costo es cerca de 15 por ciento mayor que el, del tornillo A307. También existen tornillos A325 en tres subtipos: Tipo 1 de acero de carbono medio, tipo 2 de acero de carbono bajo y, tipo 3 de acero para intemperie, resistente a la corrosión. Usualmente el tipo 1 se suministra a menos que se especifique otra cosa. Existe un tornillo de alta resistencia aún más fuerte, (el A490, con una fluencia aproximada de 120 k/pulg^2 .) que resulta más apropiado cuando se va a conectar un material de mayor resistencia a los sujetadores. Su costo de un 35 por ciento mayor que el del A325. Los tornillos A449 se usa cuando se requiere un diámetro mayor de $1 \frac{1}{2} \text{ pulg.}$; por lo tanto, raras veces se utilizaran en edificios.

Por lo general, los tronillos se instalan mediante una llave neumática (o una similar) de impacto que se ajusta al grado de esfuerzo a que se someterán el tornillo y las cuerdas.



a) Tornillo

Figura 1.2.1 Sujetadores

Pernos soldados. Los sujetadores roscados, con un extremo soldado o un miembro o placa de acero figura 1.2.1 b), se usan con mayor frecuencia debido a sus características especiales. La soldadura se efectúa automáticamente; un extremo del cuerpo roscado se inserta en una

herramienta eléctrica manual, y el otro extremo se pone en contacto con el metal base en la posición deseada. Cuando se hace el contacto y se hace funcionar la herramienta (o pistola), el perno se funde inmediatamente en el metal base. Las pistolas para soldar, los materiales y los tipos de pernos varían según los diferentes fabricantes y por lo general se tratan de marcas registradas; por lo tanto, cada fabricante proporciona los datos de diseño y estos se deben consultar al especificar un tipo determinado de perno. Comúnmente, los fabricantes usan el material de perno con un esfuerzo de fluencia de 50 k/pulg^2 . Y un esfuerzo cortante de diseño correspondiente a 24 k/pulg^2 . Las ventajas al usar sujetadores de perno soldado son evidentes, se necesita solo la mitad del número normal de agujeros, algunos lugares no son accesibles para insertar tornillos, y no es necesario sujetar la cabeza al ajustar las tuercas. Sin embargo, los pernos soldados, son más costosos que otros tipos de sujetadores mecánicos.

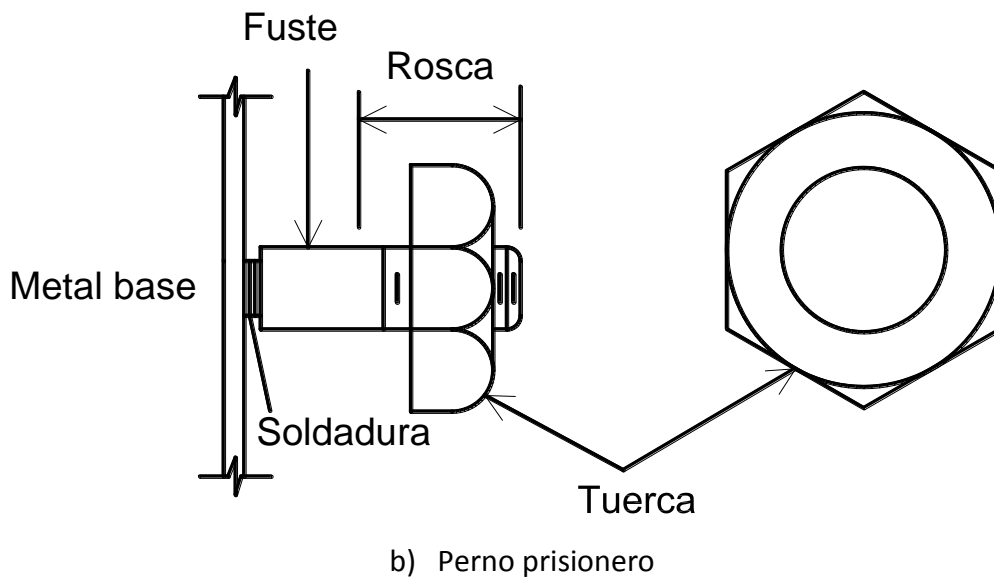
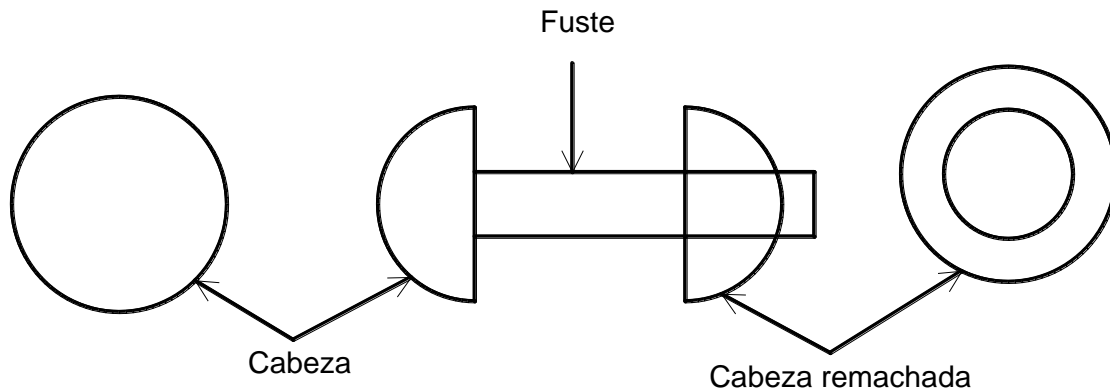


Figura 1.2.1 Sujetadores

Remaches. Algunas fábricas continúan elaborando remaches de manera limitada. Un remache consiste en un vástago, cilíndrico con una cabeza en un extremo figura 1.2.1 c). El vástago es lo suficientemente largo para atravesar las partes a conectar y que aun le quede bastante material para formar la segunda cabeza al remacharlo. Su diámetro es ligeramente menor que el agujero preparado para recibirlo, de modo que cuando el remache se expanda con el calor, aun se pueda insertar en el agujero. El extremo formado se remacha mediante

un martillo neumático con un dado de la misma forma que la cabeza moldeada. Una vez remachado se usa un segundo martillo neumático con un dado con la forma deseada para la segunda cabeza, para moldearla y lograr así la conexión. En las Especificaciones del IMCA se listan dos tipos básicos de acero para remaches, un A 502 grado 1 y un A 502, grado 2. Sus esfuerzos de fluencia respectivos son de aproximadamente 28 y 30 k/pulg². Para propósitos generales, por lo común se especifica el grado 1 (acero de carbono) y cuando se desea un acero de mayor resistencia, el grado 2 (acero de carbono manganeso).

Aunque el costo de los tornillos de alta resistencia es casi el doble del de los remaches, usualmente el costo total de una construcción remachada es mayor, debido al aumento de trabajo y el equipo requerido.



c) Remaches

Figura 1.2.1 Sujetadores

1.3 CONEXIONES COMUNES

Los diferentes tipos de conexiones que se ven en la práctica son demasiados numerosos para listarlos aquí y los detalles de cada tipo variarán también en el tipo de conector, es decir, remaches, tornillos y soldadura, tienen sus propias ventajas y desventajas específicas. A continuación se dan varios ejemplos de las conexiones de uso más frecuente en edificios de acero, junto con el tipo de conector (tornillo o soldadura) que se usa. Las conexiones que se muestran en las figuras 1.3.1 a la 1.3.5.1 permiten suficiente rotación para suponer que las vigas están simplemente apoyadas y por tanto son adecuadas para el tipo de construcción 2.

1.3.1 Traslapada o a tope

Este tipo de conexión figura 1.3.1.1 es generalmente la más sencilla usada cuando dos miembros están básicamente en el mismo plano. Se puede acomodar de modo que requieran o no piezas adicionales de metal para completar la conexión. La conexión de traslape o empalme puede estar a tensión o a compresión.

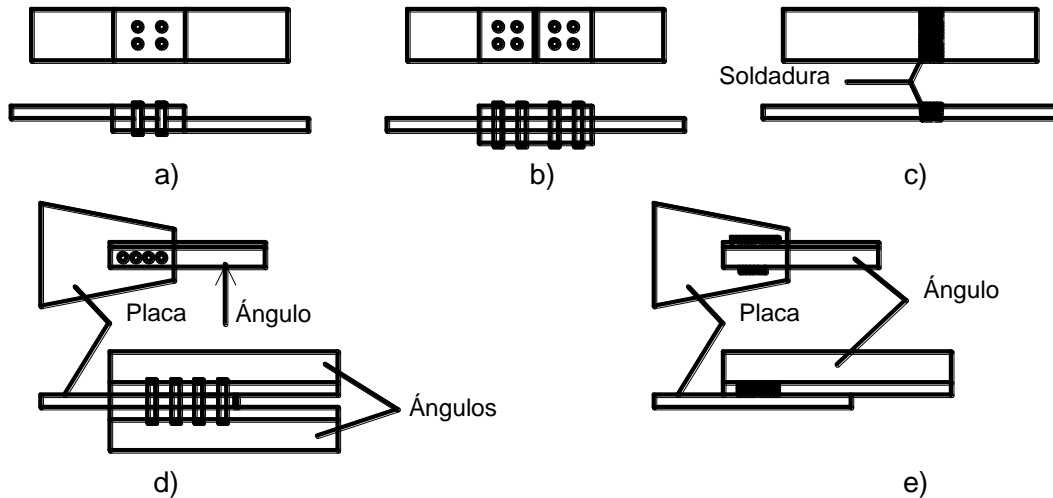


Figura 1.3.1.1 Conexiones de traslape y a tope

1.3.2 Ángulos de marcos

Los miembros estructurales perpendiculares entre sí y que forman marcos, usualmente requieren el uso de un ángulo para efectuar su conexión. Se pueden usar tornillos o soldadura. Una vez puesto en posición los miembros, se acostumbra sujetarlos temporalmente en su lugar con pasadores, tornillos o soldadura de puntos hasta hacer la conexión permanente. Como se muestra en la figura 1.3.2.1 Ángulos de conexión.

1.3.3 Placas de esfuerzo cortante

Se puede usar una placa de cortante soldada al extremo de una viga, en lugar de los pares de ángulos que se usan en los marcos. Luego se usan tornillos para conectar la placa al miembro soportante. Las conexiones con placas de cortante requieren que la fabricación de la viga tenga mínimas tolerancias ya que se supone que los extremos de ésta se cortan de manera paralela y a la longitud exacta. Figura 1.3.3.1

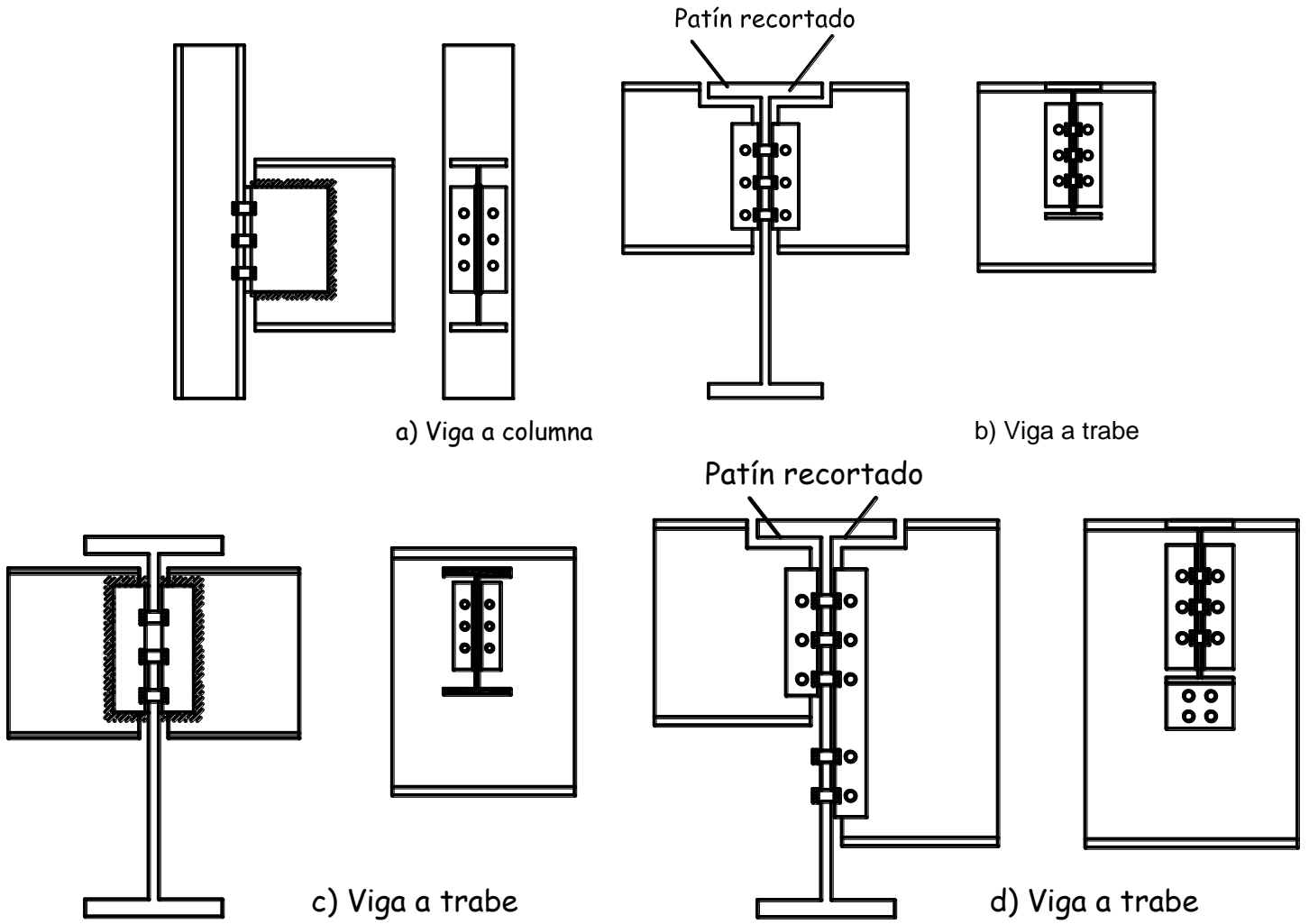


Figura 1.3.2.1 Ángulos de conexión

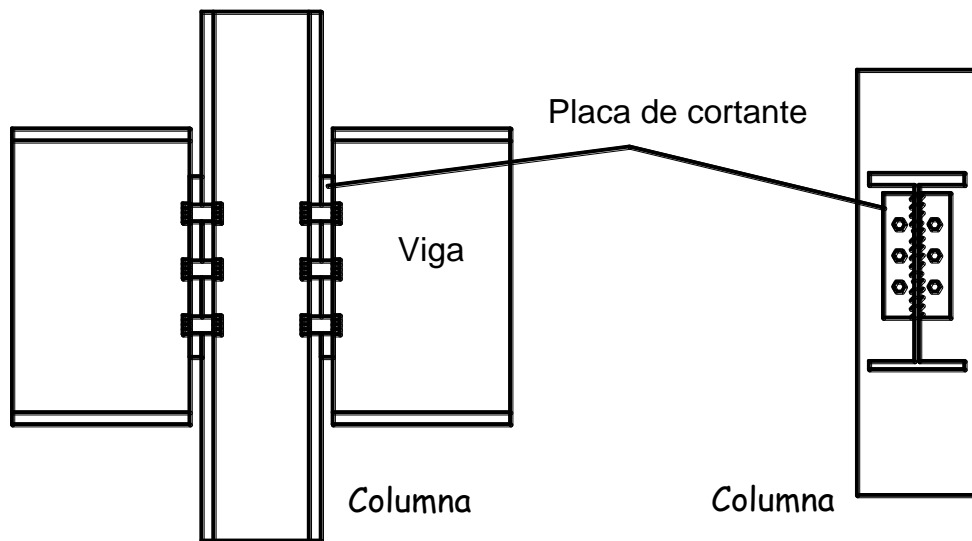


Figura 1.3.3.1 Placa cortante de extremo entre viga y columna.

1.3.4 Asientos de vigas

En este tipo de conexión figuras 1.3.4.1 y 1.3.4.2. Los asientos de vigas proporcionan un borde o asiento para apoyar a la viga mientras se hace la conexión permanente. El ángulo de ajuste de la parte superior de la viga proporciona apoyo lateral en este punto solamente y se supone que no soporta carga. Los asientos de vigas flexibles son los más sencillos y convenientes. Como el espesor del ángulo de asiento proporciona la única resistencia contra la flexión en el patín sobresaliente, este se debe rigidizar cuando la carga es demasiado grande.

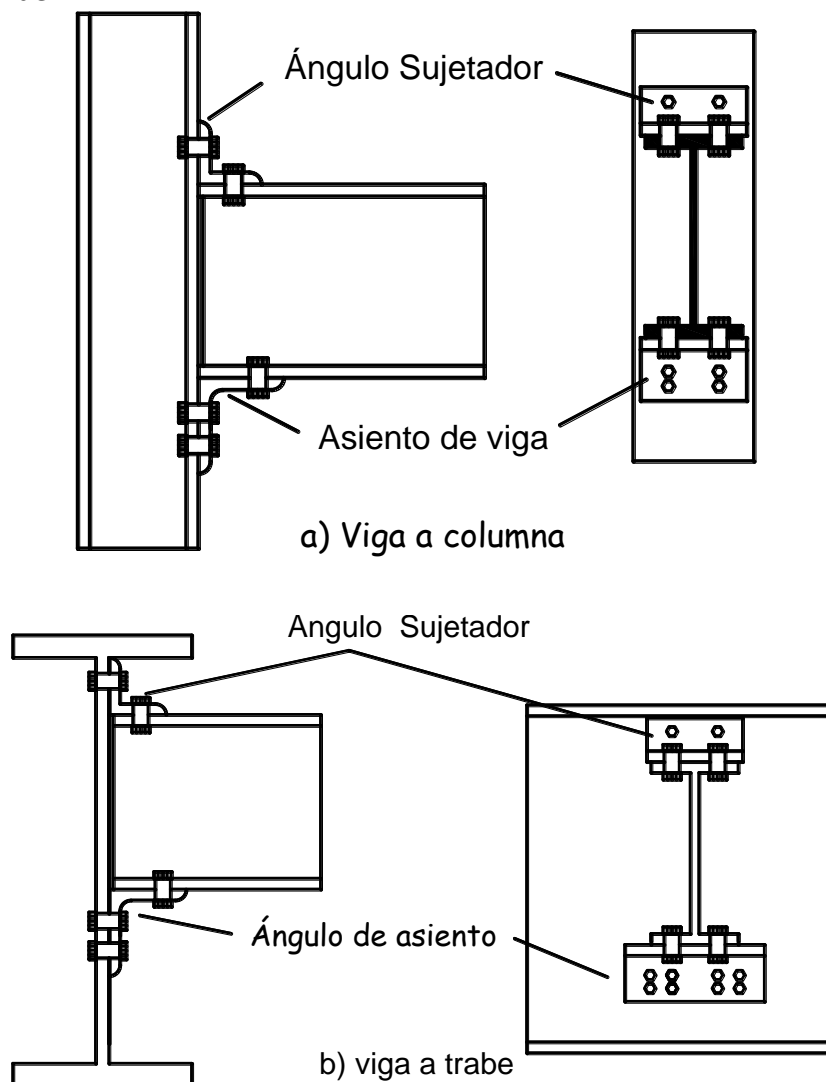


Figura 1.3.4.1 Asientos flexibles de viga

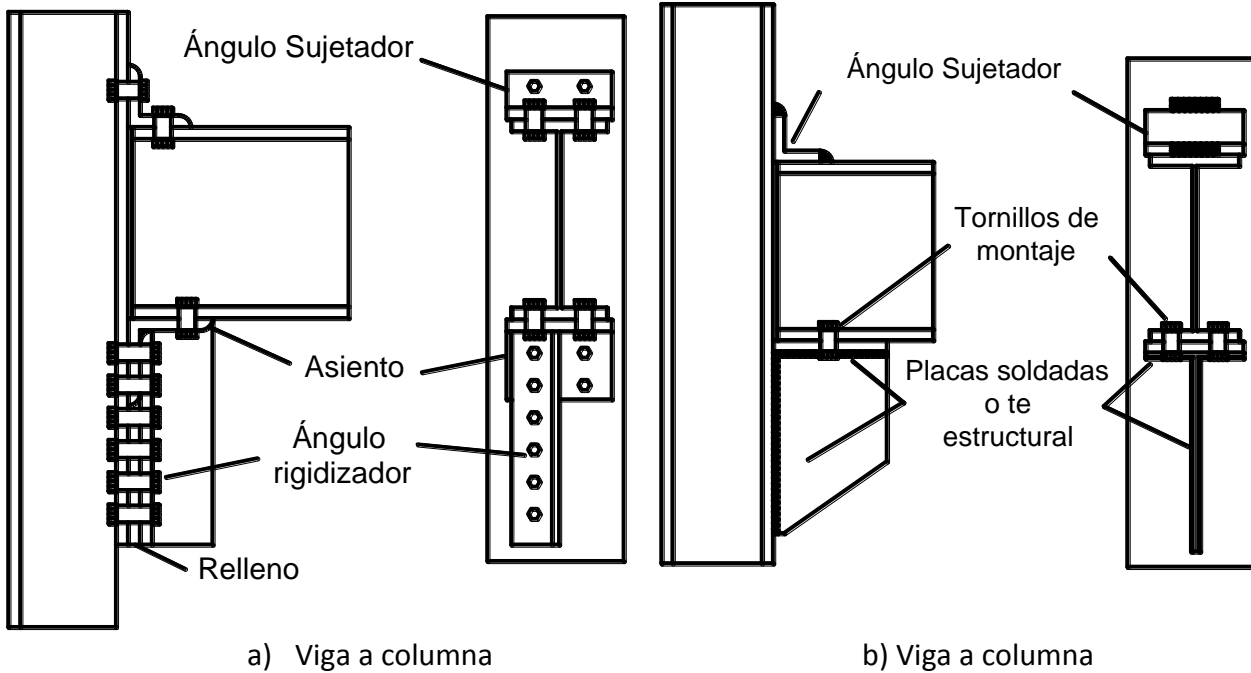


Figura 1.3.4.2 Asientos rigidizados de viga

1.3.5 Conexiones directas al alma

Conexiones directas del alma figura 1.3.5.1. Para conexiones entre viga y columna, algunas veces se asegura directamente el alma de la viga al patín de la columna. El ángulo de asiento se usa solamente para facilitar el montaje y se supone que no soporta carga. Se puede usar soldadura, así como remaches y tornillos.

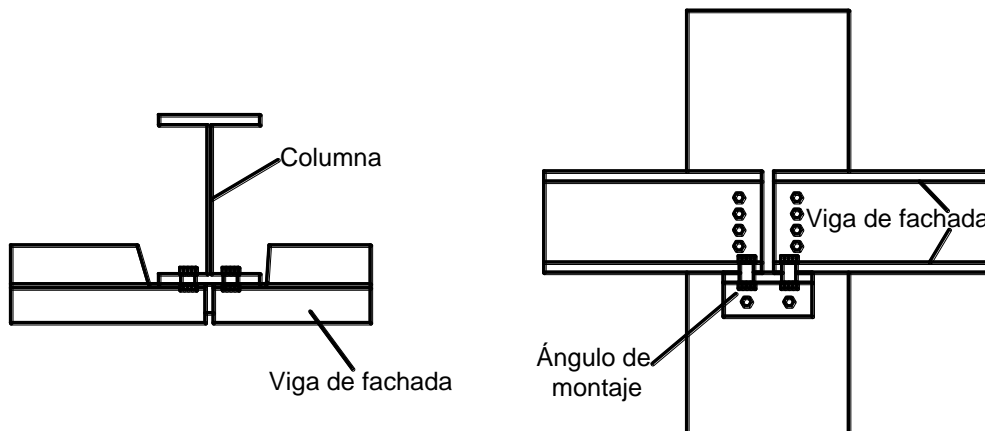


Figura 1.3.5.1 Conexión de vigas de fachada

1.3.6 Ménsulas

El tipo de conexión a base de ménsulas es necesario siempre que los dos miembros que se van a sujetar entre sí no se interceptan. Estructuralmente no es un tipo conveniente de conexión ya que se introduce una pronunciada excentricidad tanto en la conexión como en uno de los miembros a sujetar. Figura 1.3.6.1

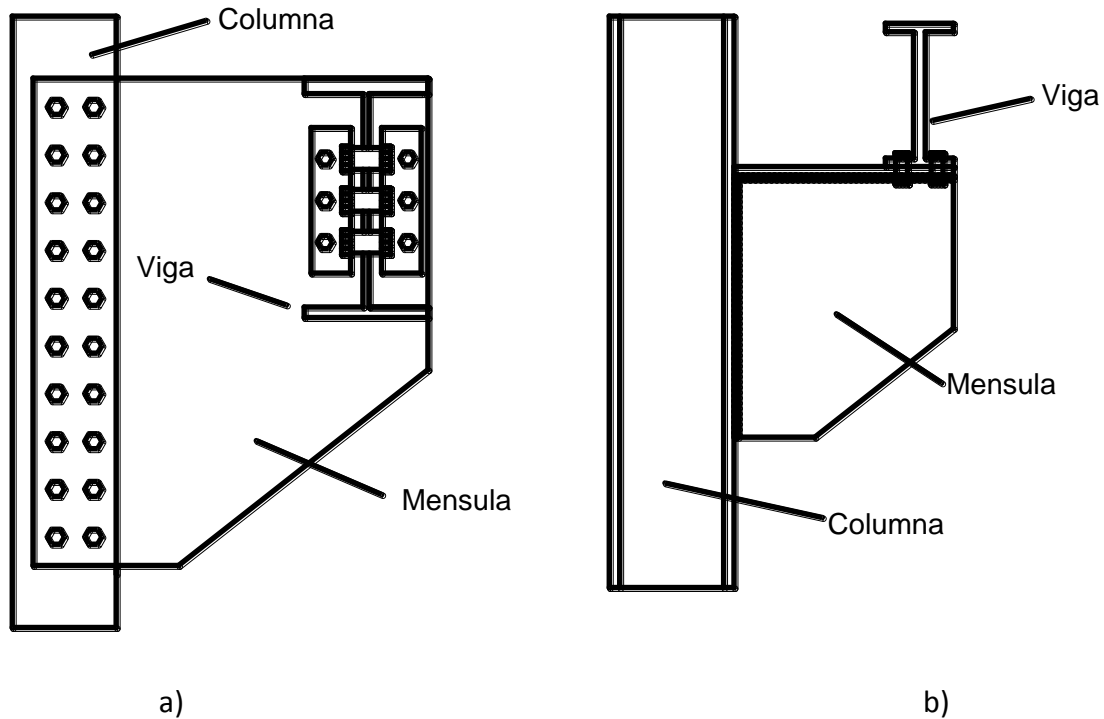


Figura 1.3.6.1 Conexiones de ménsula.

1.3.7 Conexiones resistentes a momento

Se pueden usar tornillos o soldadura en las conexiones resistentes a momento. Se puede usar cualquiera de las conexiones del cortante ya mencionados para tomar la fuerza vertical. Además se requiere algún medio para transmitir la fuerza horizontal de los patines de la viga. Estas conexiones previenen la rotación de un miembro respecto al otro; sin embargo, puede haber cierta rotación en toda la junta, dependiendo de la rigidez relativa de los miembros. Figura 1.3.7.1

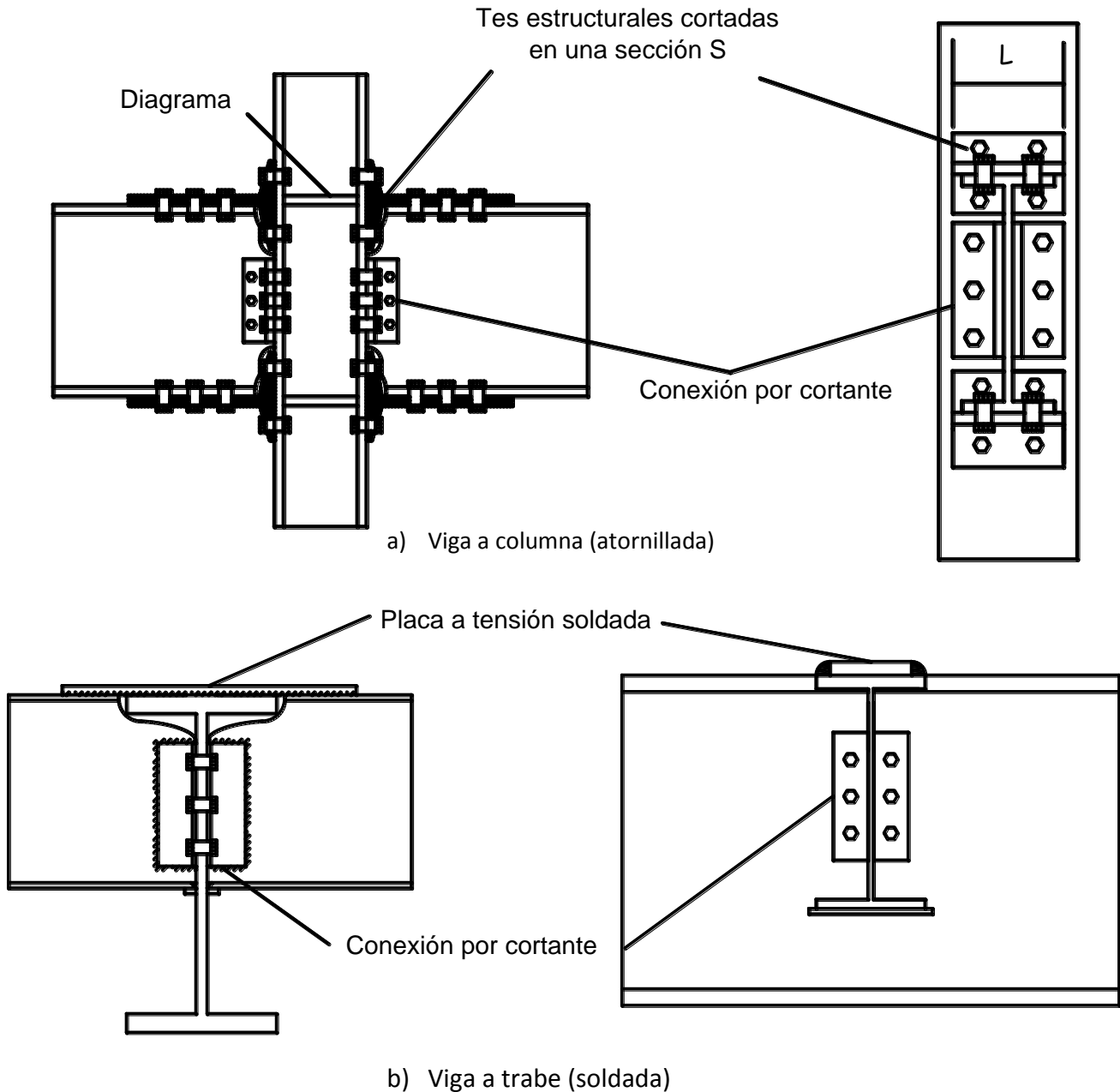


Figura 1.3.7.1 Conexiones resistentes a momento

1.3.8. Conexiones Mínimas.

Las conexiones diseñadas para transmitir fuerzas calculadas deben ser capaces de resistir una fuerza de diseño no menor de 50 KN (5000Kg). Excepto para las barras de celosías, tirantes y polines o largueros, se diseñaran para soportar no menos de 3000Kg.

1.3.9 Conexiones Excéntricas.

Debe tenerse en cuenta en el diseño las excentricidades que se generan en las conexiones, incluso cuando provengan que los ejes de los miembros no concurren en un punto. El centro de gravedad del grupo de remaches, tornillos o soldadura, colocados en el extremo de un miembro sometido a la acción de una fuerza axial debe coincidir con el eje de gravedad del miembro; cuando esto no suceda, debe tomarse en cuenta el efecto de las excentricidades resultantes, excepto en conexiones de ángulos sencillos, ángulos dobles y otros elementos similares cargados estáticamente, en los que no es necesario balancear las soldaduras para lograr la coincidencia iniciada arriba ni tener en cuenta la excentricidad entre el eje del miembro y las líneas de gramil de remaches o tornillos.

1.3.10 Placas de Relleno.

Cuando un tornillo pasa a través de placas de relleno de grueso no mayor a 6mm, no se reduce su resistencia de diseño al corte. Si el grueso de las placas de relleno es mayor de 6mm, debe satisfacer alguno de los requisitos siguientes:

- a) Si el grueso de los rellenos no excede 19mm, se reduce la resistencia de diseño de los tornillos multiplicándola por el factor $1-0.0154(t-6)$, donde t es el grueso total de los rellenos, en mm.
- b) Los rellenos se prolongan más allá de la junta, y la prolongación se aseguran con tornillos suficientes para distribuir uniformemente, en la sección transversal combinada del elemento conectado y los rellenos, la fuerza total en el elemento conectado.
- c) Se aumenta el tamaño de la junta, para colocar un número de tornillos equivalente al número total requerido en el inciso b.
- d) La junta se diseña como de desplazamiento crítico, con tornillos de alta resistencia.

1.3.11 Juntas cepilladas.

Pueden usarse juntas cepilladas en miembros en compresión que transmitan la fuerza de compresión por contacto directo, siempre que se coloquen los elementos de unión

necesarios para transmitir cualquier otro tipo de sollicitación que pueda aparecer durante el montaje de la estructura o durante su operación posterior. Además se colocaran los elementos de unión necesarios para asegurar que las distintas partes que forman las juntas se conservan en posición correcta; estos elementos serán capaces de transmitir como mínimo 50% de la fuerza de compresión de diseño que obre en el miembro.

1.3.12 Miembros en compresión con uniones de apoyo por aplastamiento.

Las columnas apoyadas en placas o aisladas para apoyarse por aplastamiento en empalmes tendrán suficientes remaches, tornillos o soldaduras, para mantener la posición relativa de todas las partes. Otros miembros en compresión alisados para apoyarse por aplastamiento, tendrán sus materiales de empalme, con sus remaches, tornillos o soldaduras colocados para mantener alineados todas las partes y diseños para poder transmitir el 50 % de la carga calculada.

Todas las conexiones anteriores se diseñaran para resistir cualquier tensión que pudiera producirse por las fuerzas laterales especificadas, actuando conjuntamente con el 75% del esfuerzo calculado por carga muerta pero sin cargas vivas.

1.3.13 Conexiones de miembros en tensión y en compresión en armaduras.

Las conexiones en los extremos de miembros en tensión o en compresión en armadura, desarrollan la fuerza requerida por la carga de diseño, pero no menos el 50% de la capacidad efectiva del miembro, según su tipo de esfuerzo.

CAPITULO II. CONEXIONES CON SUJETADORES

2.1 CLASES DE CARGAS EN EL SUJETADOR

La mayoría de las conexiones se diseñan y construyen de modo que el propio, sujetador este sujeto a, una carga perpendicular a su vástago figura 2.1.1 a). Cuando este es el caso, el sujetador se denomina “tipo cortante”; todos los sujetadores de las figuras 1.3.1.1 a la 1.3.4.1 son del tipo cortante bajo cargas normales. De aquí en adelante se usara esta designación aunque en algunos casos, por ejemplo sujetadores a fricción, el vástago mismo no este sujeto a esfuerzo cortante. Así mismo, hay ocasiones en que un sujetador está realmente a tensión figura 2.1.1 b), por ejemplo conexiones tipo suspensor. Se recomienda el uso de tornillos de alta resistencia únicamente en conexiones a fricción o remaches para desarrollar este tipo de carga. En la figura 1.3.7.1 se muestra una conexión atornillada resistente a momento. Los tornillos que sujetan la te estructural al patín de la columna están sujetos a tensión; los otros tornillos de la conexión están sujetos a esfuerzos cortantes.

La tercera clase de carga es una combinación de esfuerzo cortante y tensión figura 2.1.1 c). En la figura 1.3.4.2 a) se muestran asientos de vigas rigidizados y acartelados que cargan a los sujetadores con tensión y cortante combinados.

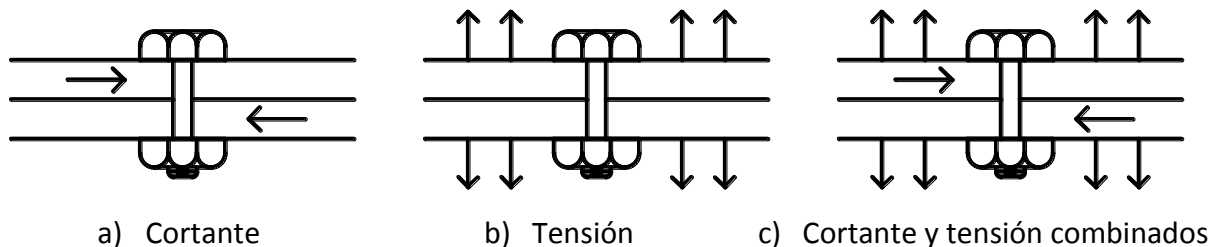


Figura 2.1.1 Tipos de cargas del sujetador

2.2 ORIFICIOS PARA SUJETADORES

La determinación del tamaño, tipo y distribución de orificios para los sujetadores es una parte importante del procedimiento del diseño. Usualmente, los agujeros se hacen mediante punzonado con datos estándar. No obstante, si el material es demasiado grueso (por

ejemplo, mayor que el diámetro del sujetador que se va usar) los orificios se deben taladrar, o bien semipunzunar y fresar. Los ranurados requieren trabajo adicional.

En la figura 2.2.1 a) se muestra el tipo de orificio estándar o de uso más frecuente. A menos que se especifique otro tipo de orificio, este estándar, (STD) se utilizara. Es redondo y solo ligeramente más grande ($1/16$ pulg.) que el sujetador permitiendo una tolerancia razonable durante su fabricación en la figura 2.2.1 se muestran otros cuatro tipo de perforaciones admitidos por las especificaciones del IMCA. Para diámetros mayores de $7/8$ pulg. Se debe consultar las especificaciones.

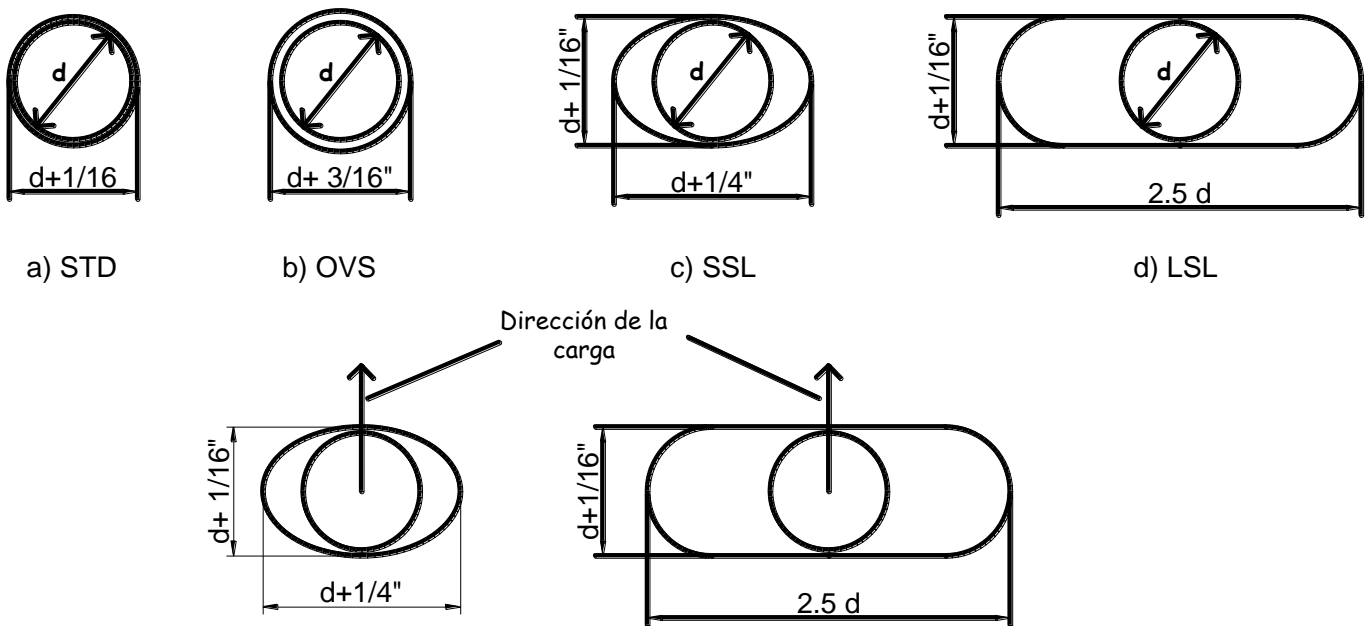


Figura 2.2.1 Orificios para sujetador de diámetro iguales o menores, a $7/8$ a) Orificio estándar, b) Orificio ensanchado, c) Orificio ranurado corto, d) Orificio ranurado largo y e) Orificio corto o largo ranurado de acuerdo a la dirección de la carga.

La razón principal para usar orificios mayores o ranurados es para proporcionar una mayor flexibilidad ensamble y ajuste de la estructura de acero. Si la estructura tiene una geometría completa y /o elementos largos es aconsejable utilizar uno de estos tipos especiales de orificio. Debe notarse que el tiempo NSL figura 2.2.1 e) es un orificio ranurado corto o largo; sin embargo, la ranura debe estar orientada de modo que la dirección de la carga sea

adecuada a la longitud de la ranura. Todos los orificios ranurados o de mayor tamaño requieren el uso de rondanas.

Otro importante aspecto del “tipo de especificación del orificio” es el del diseño de la resistencia de la conexión.

2.3 SUJETADORES TIPO APLASTAMIENTO

Un buen ejemplo de un sujetador tipo aplastamiento es el tornillo estandar A307 en una junta de traslape sencilla como la mostrada en la figura 2.3.1. El orificio es ligeramente mayor que el vástago del tornillo, de modo que inicialmente hay holgura. Aún cuando la tuerca en el tornillo este ajustada sin holgura, la pequeña cantidad de fricción se anula fácilmente con la aplicación de la carga (p) y las piezas se deslizan hasta que empiezan a juntarse. Obsérvese que las superficies en contacto están en los lados opuestos del vástago del tornillo, a lo largo de todo el diámetro del tornillo y el espesor de las piezas que están conectadas. Cuando se usan tornillos A307, siempre se deben diseñar para servir como sujetadores tipo aplastamiento. También esto mismo se aplica a los remaches. El grado de pretensado que acompaña al enfriamiento de los remaches es impreciso. Por lo tanto, se ignoran todas las fuerzas de fricción y los remaches se diseñan tipo aplastamiento.

Los tornillos de alta resistencia (A325 o A490) se pueden usar como sujetadores tipo aplastamiento o tipo fricción. Los reglamentos pasados permitían el uso de tornillos de alta resistencia como el A307, es decir un ajuste sin holgura para el tornillo. Sin embargo, el IMCA especifica el pretensado adecuado, aun cuando los sujetadores y el tipo de conexión estén clasificados y diseñados como tipo aplastamiento.

Aunque este pretensado es adecuado para prevenir el deslizamiento y el aplastamiento bajo cargas de servicio; en caso de resistencia máxima se supone que el deslizamiento se efectuará y los tornillos se diseñan conforme a ello. El tornillo de alta resistencia en una conexión tipo aplastamiento es más fuerte y económico que uno del tipo fricción. Por lo tanto, se utiliza más en las conexiones del sujetador.

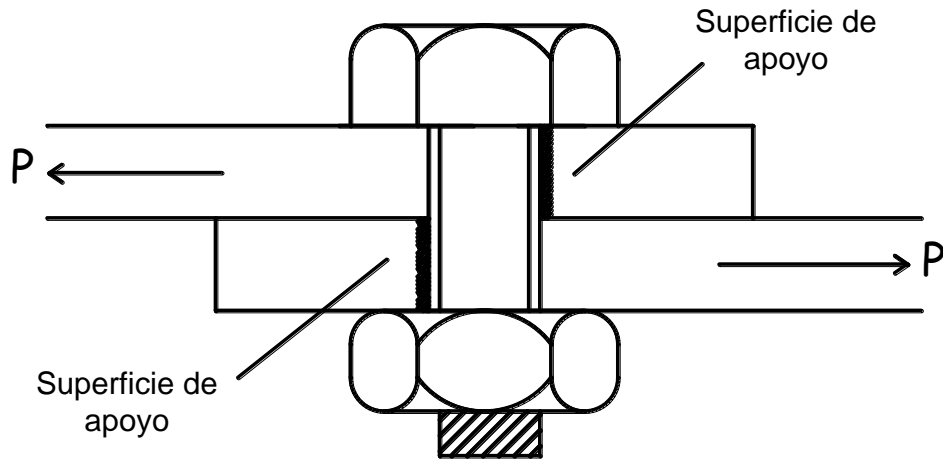


FIGURA 2.3.1 Sujetador tipo aplastamiento

2.4 SUJETADORES TIPO FRICCIÓN

Los tornillos de alta resistencia (A325 o A490) tienen una alta capacidad de resistencia a la tensión. Esta resistencia a la tensión se puede obtener instalando el tornillo y la tuerca de tal manera que el vástago del tornillo esté pretensado a muy alto grado. Este pretensado fija las partes conectadas, de tal modo que la fricción solo pueda transferir la carga cortante figura 2.4.1 La fuerza aplicada no excederá la suma de las fuerzas de fricción (f); por lo tanto, en teoría, el vástago del sujetador nunca hace contacto con los lados del orificio.

Las conexiones tipo fricción se deben usar siempre que no se desee deslizamiento bajo cargas de servicio. Asimismo, si las cargas son de naturaleza dinámica o si las cargas someten a los tornillos a tensión directa figura 2.1.1 b) y c) se recomienda enfáticamente el uso de una conexión tipo fricción.

Finalmente debe notarse que los orificios ensanchados y la mayoría de los orificios ranurados requieren el uso de conectores a fricción con rondanas. Es importante hacer estas observaciones por que la resistencia de una conexión a fricción es menor que la del tipo aplastamiento e, incluso, las conexiones tipo fricción son más costosas.

En las especificaciones del IMCA se indica que el pretensado sea del 70 por ciento de la resistencia mínima a la tensión del tornillo. Cuando esta capacidad de esfuerzo varia un poco con el tamaño del tornillo, en la especificación también se lista la carga de pretensado de

acuerdo a cada tamaño del tornillo. Por ejemplo, el tornillo A325 de $\frac{3}{4}$ pulg. Debe estar tensado a 28 kips, mientras que el mismo tamaño de tornillo de material A490 debe estarlo a 35 kips. Este pretensado se debe hacer mediante el uso de llaves calibradas de impacto. El método de “vuelta de tuerca” es muy confiable, es menos costoso, y, por tanto, el de uso más frecuente. En este método la tuerca se ajusta primero mediante llaves ordinarias (ajustando tanto como lo permitan las herramientas), luego se usa una llave de brazo largo para hacer el tensado adicional, usualmente de un tercio a tres cuartos de vuelta dependiendo del grado de acero y de las dimensiones del tornillo. Además actualmente se usa una variedad de indicadores pretensado para hacer este trabajo. Las más comunes son las rondanas patentadas situadas bajo las salientes de la tuerca o el tornillo que indican que se ha obtenido el pretensado adecuado.

Una consideración adicional al diseñar conexiones a fricción es el estado de la superficie del área de contacto a fricción (superficie de unión). Usualmente la capa de pintura se evita en las áreas de conexión, dándoles lo que se considera la característica estándar. Esta es un área limpia identificada como superficie clase A. Un tratamiento especial de la superficie de unión permite esfuerzos mayores; En las especificaciones del IMCA se listan esfuerzos permisibles para diversos tipos de superficies.

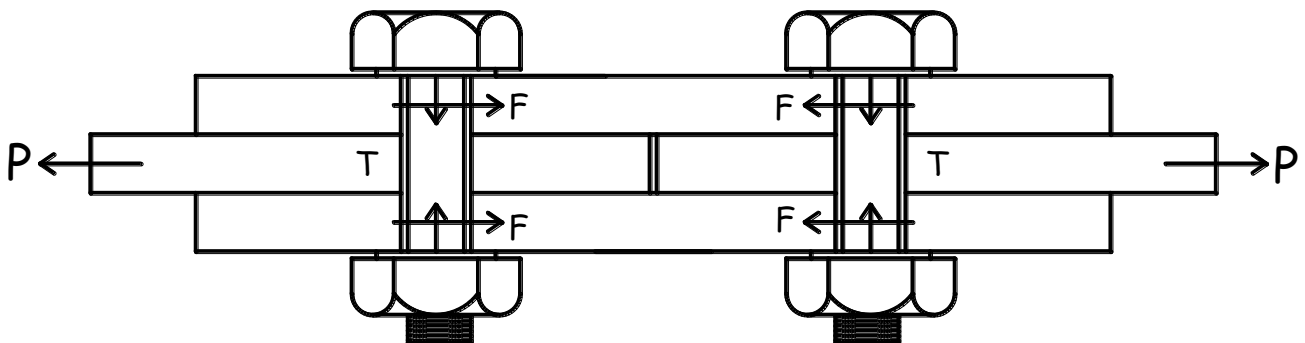


FIGURA 2.4.1 Conexión de tipo fricción con tornillos de alta resistencia.

2.5 FALLAS DE JUNTAS CON SUJETADORES

Los cuatro principales tipos de falla de juntas con sujetadores sometidos a cortante se muestran en la figura 2.5.1; se omite cualquier tipo de fijación y se abarca el tipo

aplastamiento. En todos los casos se debe de considerar la posibilidad de falla tanto por cortante como por aplastamiento; mientras que las fallas en la sección completa y por cortante en el extremo figura 2.5.1 c) y d) son posibles sólo cuando la junta está sujeta a tensión. Se supone que el sujetador ocupa completamente el orificio y permite una transferencia directa del esfuerzo de compresión a través del sujetador. La posibilidad de falla ante la flexión se ignora, excepto en sujetadores inusualmente largos. Por ejemplo, en el sujetador de la figura 2.5.1 provocará cierta flexión real y tal vez más en la figura 2.6.2, pero con una conexión correctamente diseñada y dentro del tamaño que se usa normalmente en la construcción de edificios, esto no se torna crítico y, por tanto, no requiere calcularse.

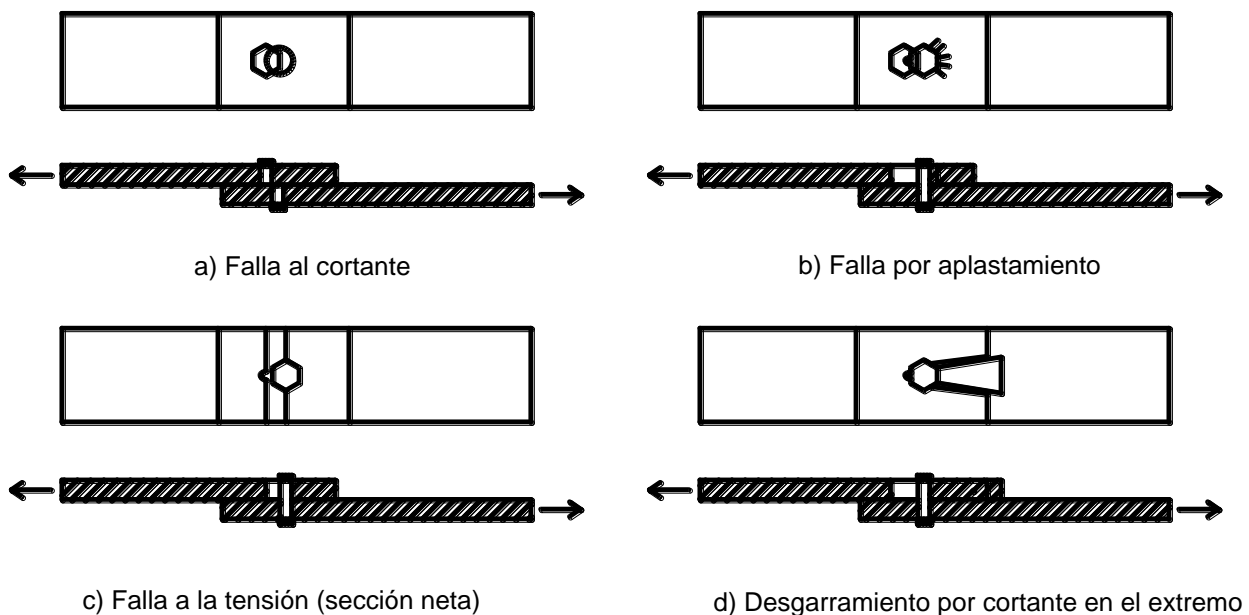


FIGURA 2.5.1 Falla de una junta de sujetador

2.6 RESISTENCIA DE UN SUJETADOR AL CORTANTE

La junta mostrada en la figura 2.6.1 está construida de tal modo que el sujetador tiende a cortarse en un solo plano. En este caso, se dice que el sujetador está en cortante simple y que transfiere la carga (P) de una placa a la otra. La junta de la figura 2.6.2 tiene dos planos

de cortante; por lo tanto, el sujetador esta en doble cortante y transfiere la carga (P) a las dos placas exteriores.

La resistencia permisible de las conexiones de sujetador se basa en la resistencia última, y las características de ductibilidad de toda la conexión, han sido verificadas mediante pruebas y ajustadas mediante un factor de seguridad de 2. Por lo tanto, no se responde a la pregunta sobre los esfuerzos reales desarrollados bajo cargas de diseño. Sin embargo, los procedimientos de diseño propuesto por las especificaciones del IMCA provienen de un esfuerzo nominal ocasionado por las cargas de servicio reales. Estos esfuerzos nominales siempre se calculan a partir del tamaño nominal del vástago del sujetador.

La resistencia de un sujetador al cortante depende del área de la sección transversal del vástago y del esfuerzo cortante unitario permisible del sujetador.

Las especificaciones del IMCA establecen esfuerzos cortantes permisibles para todos los sujetadores, excepto pernos soldados. Estos esfuerzos permisibles se listan en la tabla 2.6.1 En esta se ve que los tornillos de alta resistencia que se usan en conexiones tipo aplastamiento tienen un mayor esfuerzo cortante permisible que las conexiones a fricción. Además, se permiten esfuerzos mayores cuando las roscas del tornillo están fuera del plano de cortante (esto se designa con una X después del número de ASTM). No obstante habitualmente se utiliza la designación N cuando las roscas no quedan fueran del plano del cortante. Así mismo la designación F representa una conexión tipo fricción. El esfuerzo cortante para tornillos A307 es válido en cualquier posición de la rosca.

El símbolo BV (valor de tornillo) o RV (valor de remache) se usa para representar la resistencia de un solo tornillo o remache. Para cortante, está determinada por el producto del esfuerzo cortante permisible y el área, es decir,

$$BV_S = F_V A_V$$

Donde

BV_S =Valor del tornillo al cortante (kips).

F_V =Esfuerzo cortante unitario permisible (K/pulg^2) de la tabla 3.1.

A_V =Área nominal de la sección transversal ($\pi d^2/4$) del vástago (pulgadas cuadradas).

La resistencia de un sujetador sometido a doble cortante es, por supuesto, el doble del valor del cortante simple.

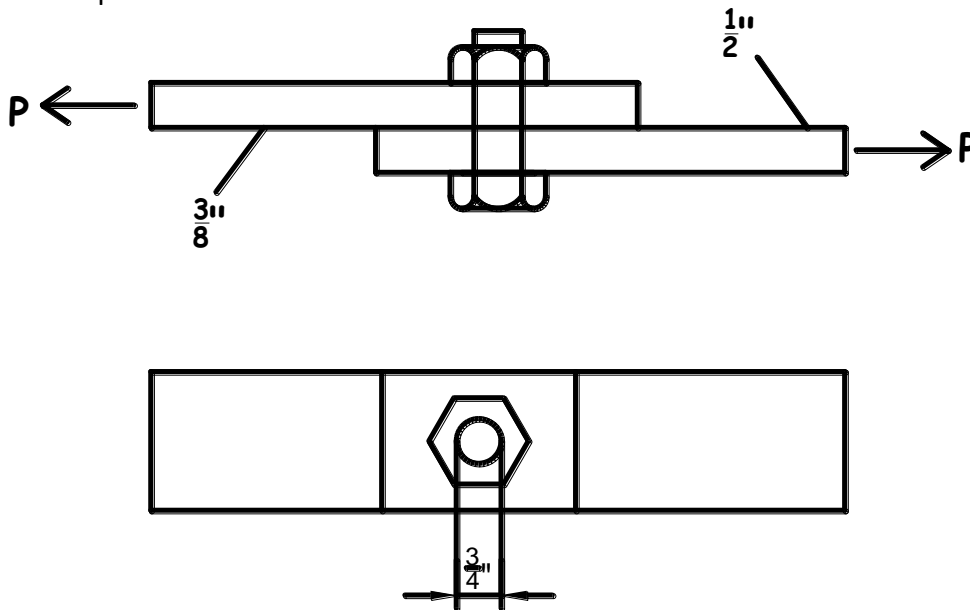


FIGURA 2.6.1 Sujetador sometido a cortante simple

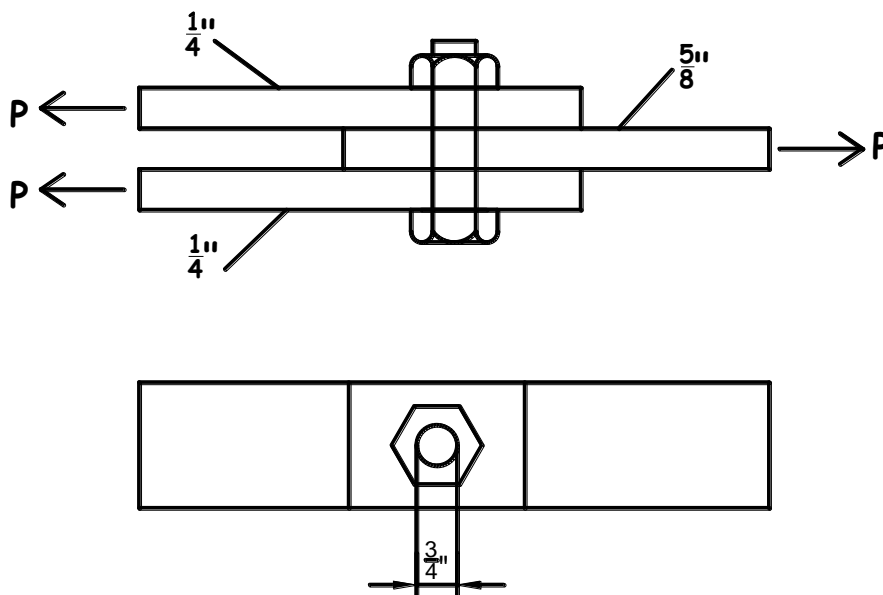


FIGURA 2.6.2 Sujetador sometido a doble cortante

	Designación del sujetador	Agujeros ^a	Cortante permisible F_v	Aplastamiento permisible F_p	Tensión permisible F_t		
Conexión tipo aplastamiento	Tornillos A307	STD	10.0		20.0		
	Remaches 502-1	STD	17.5		23.0		
	Remaches 502-2	STD	22.0		29.0		
	Tornillos A325 N	STD	21.0		1.5 F_u o $L_e F_u$	44.0	
		NSL					
	Tornillos A325 X	STD	30.0		————— 2d	44.0	
		NSL					
	Tornillos A490 N	STD	28.0		el que sea más pequeño	54.0	
NSL							
Tornillos A490 X	STD	40.0			54.0		
Conexión tipo fricción	Tornillos A325 F	STD	17.5	1.5 F_u o $L_e F_u$	44.0		
		NSL					
		OVS	15.0			44.0	
		SSL					
		LSL	12.5			44.0	
		Tornillos A490 F	STD		22.0		————— 2d
	NSL						
	OVS		19.0	el que sea más pequeño	54.0		
	SSL						
	LSL	16.0		54.0			

Tabla 2.6.1 Esfuerzo permisible en sujetadores (k/pulg²).

2.7 RESISTENCIA DE UN SUJETADOR AL APLASTAMIENTO Y AL CORTANTE EN EXTREMO

La resistencia al aplastamiento de un sujetador se debe calcular tanto en las conexiones de aplastamiento como de fricción. De nuevo, el procedimiento de diseño exige que se ignore el efecto de fijación en la conexión a fricción.

El aplastamiento supuesto sobre un sujetador es la fuerza ejercida sobre ese sujetador por el acero que atraviesa. Aunque el área de aplastamiento es la superficie cilíndrica de contacto entre el vástago del sujetador y el miembro de acero perforado, el área que se usa en el cálculo es el área proyectada de la superficie, es decir, el área de un rectángulo, cuyas dimensiones son el diámetro del sujetador y el espesor del metal perforado. Expresado esto en forma de ecuación, el área de aplastamiento es

$$A_b = dt$$

Si dos placas de diferentes espesores se sujetan entre sí como la figura 2.6.1, es evidente que la capacidad por aplastamiento estará determinada por el espesor de la placa más delgada. En este caso el área del sujetador de $\frac{3}{4}$ pulg es

$$A_b = 0.75 (0.375) = 0.281 \text{ pulg}^2$$

La resistencia de aplastamiento de un sujetador es igual al esfuerzo de aplastamiento permisible F_p por el área de aplastamiento, o sea

$$BV_b = F_p A_b$$

Es necesario examinar más afondo este esfuerzo de aplastamiento permisible.

Se ha demostrado a través de pruebas reales que ni el sujetador ni el metal en contacto con el vástago del sujetador fallan realmente por aplastamiento. Las pruebas muestran que la resistencia al aplastamiento depende de la resistencia a la tensión de la parte conectada, el espaciado de los sujetadores y la distancia desde el sujetador al extremo del material. El límite superior de la resistencia al aplastamiento se ha establecido como $1.5 F_u$, donde F_u es la resistencia tensil mínima especificada de la parte conectada. En el apéndice A de las

especificaciones del IMCA aparece una tabla con los valores de F_u para diferentes grados de acero.

Si se supone que las placas de la conexión de la figura 2.6.1 son de acero A36 con una resistencia tensil mínima especificada de 58 K/pulg², el esfuerzo de aplastamiento máximo será

$$F_b = 1.5(58) = 87 \text{ pulg.}^2$$

Y la capacidad de aplastamiento del sujetador es

$$BV_b = 87 (0.281) = 24.4 \text{ K/pulg}^2$$

En la junta de la figura 2.6.2, el espesor de la placa más delgada es de $\frac{1}{4}$ de pulg, pero las dos placas de $\frac{1}{4}$ de pulg, actúan en la misma dirección; por lo tanto, la carga (P) se debe dividir entre ellas. Si se colocan los sujetadores de $\frac{3}{4}$ pulg, el área de aplastamiento actuando a la izquierda de esta junta es

$$A_b = (0.25 + 0.25)0.75 = 0.375 \text{ pulg}^2$$

El área de aplastamiento de la placa de $\frac{5}{8}$ pulg a la derecha es

$$A_b = 0.625(0.75) = 0.469 \text{ pulg}^2$$

Se ve que el espesor menor total en cada dirección establecerá la capacidad límite por aplastamiento del sujetador. La resistencia de aplastamiento máximo permisible ($F_p = 1.5 F_u$) se puede usar solamente si el espaciamiento de los sujetadores y la distancia al extremo (en el sentido del esfuerzo) cumple con ciertas especificaciones limitantes; si no, F_p se debe reducir. En la figura 2.7.1 se muestran tres sujetadores en una línea paralela al sentido del esfuerzo. El espaciamiento entre sujetadores se toma siempre de centro a centro de estos. La distancia al extremo se mide desde el centro del sujetador al extremo del miembro, paralelamente al sentido del esfuerzo. Se ve que esta distancia (L_e) es también la longitud desde el centro de un sujetador al lado más cercano del siguiente orificio en sentido paralelo

al esfuerzo. La distancia al borde se mide desde el centro de un sujetador al borde del material, perpendicularmente a la dirección del esfuerzo.

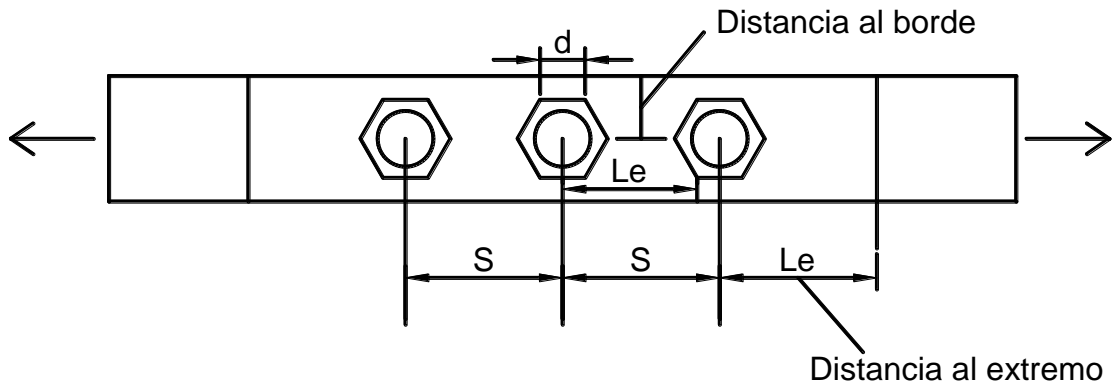


FIGURA 2.7.1 Espaciamiento y distancias al extremo y al borde.

Para evitar intersticios y combaduras del material cerca de su borde, se establece una mínima distancia al borde. Esta distancia mínima al borde también es la distancia mínima al extremo. En la tabla 2.6.1 se dan los valores de las especificaciones del IMCA para estas distancias mínimas, siendo las variables el diámetro del sujetador y la condición al borde del material. Esta tabla es solamente para orificios estándar. Los orificios ensanchados y ranurados requieren que se aumente sobre estas distancias.

Como se dijo antes, las variables que determinan el esfuerzo de aplastamiento permisible son la resistencia a la tensión de la parte, el diámetro del sujetador y el espaciamiento (o, más específicamente, L_e).

Se ha mostrado mediante pruebas que hay una relación lineal entre las relaciones de estos parámetros, es decir,

$$\frac{F_p}{F_u} = \frac{L_e}{d}$$

En esta forma, F_p es el esfuerzo de aplastamiento desarrollado. Despejando F_p y usando un factor de seguridad de 2, se obtiene el esfuerzo de aplastamiento permisible con el límite superior de $1.5 F_u$, o sea

$$F_p = \frac{L_e F_u}{2d} \leq 1.5 F_U$$

Esta ecuación se puede ajustar aun más para representar la carga real P del sujetador y la distancia requerida al extremo L. Sea $F_p = P/dt$, entonces

$$\frac{P}{dt} = \frac{L_e F_u}{2d}$$

Y

$$L_e = \frac{2P}{tF_u}$$

Asimismo, se ve que el espaciamento necesario entre centro y centro es

$$S = \frac{2P}{tF_u} + \frac{d}{2}$$

Estos requisitos de espaciamento, distancia al extremo y valores de aplastamiento son para orificios estándar. En los orificios ensanchados y ranurados se necesita aumentar estas distancias.

Diámetro del Sujetador (pulg.)	A los bordes Recortados (pulg.)	En bordes laminados o cortados con soplete (pulg.)
$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$
$\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{7}{8}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	1
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{8}$
1	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$
$1\frac{1}{8}$	2	$1\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{5}{8}$
Más de $1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{4}$ X diámetro	$1\frac{3}{4}$ X diámetro

TABLA 2.7.1 Distancias mínimas al extremo y al borde

El espaciamiento usual de sujetadores es de 3 pulgadas y, cuando se utiliza, es adecuado para un esfuerzo de aplastamiento de $1.5 F_u$ para sujetadores de un tamaño de hasta incluso $3/4$ de pulg.

2.8 SECCIÓN BRUTA Y NETA

El esfuerzo unitario en miembros a tensión se considera uniforme en toda la sección transversal. Expresado en forma de ecuación,

$$f_t = \frac{P_t}{A}$$

Donde

f_t = esfuerzo de tensión unitario (lb/pulg²)

P_t = fuerza total (lb)

A = área total resistente al esfuerzo.

La presencia de orificios para el sujetador reduce el área efectiva disponible para resistir el esfuerzo. Es obvio que la resistencia de un miembro a tensión debe basarse en el área disponible para resistir el esfuerzo una vez punzonados o fresados los orificios a su tamaño total. Esto se denomina "sección neta". Los orificios para sujetadores se punzonan $1/16$ pulg más grandes que el diámetro del sujetador. El punzonamiento de orificios en acero daña una pequeña cantidad de metal alrededor del perímetro del orificio.

Cuando se trata de un solo orificio, es decir, una sola fila de sujetadores a lo largo de la línea de esfuerzo, la sección neta A se calcula multiplicando el espesor del miembro por su ancho neto (ancho del miembro menos del diámetro del orificio). Por ejemplo en la figura 2.8.1 a), la sección neta es

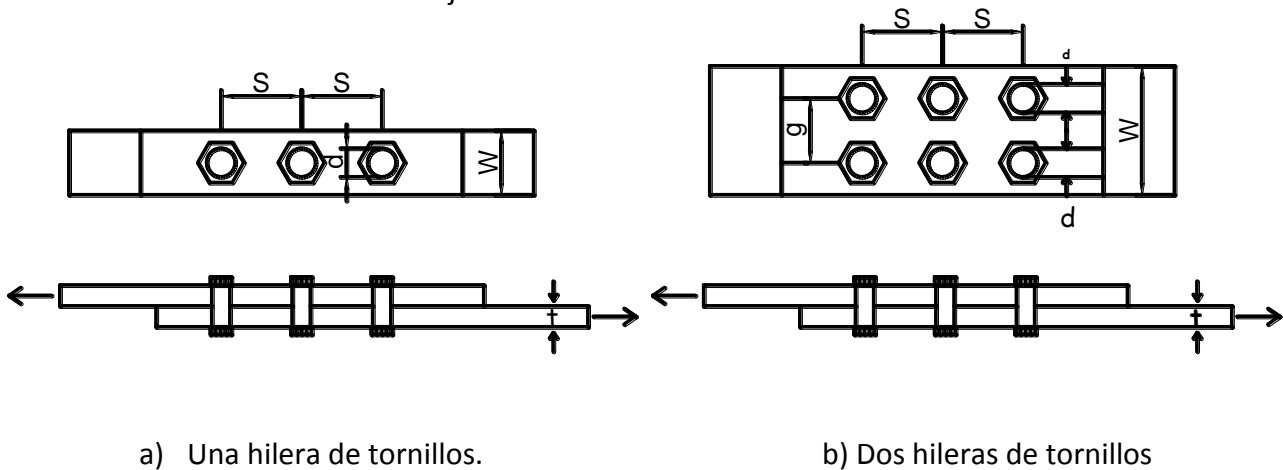
$$A_{net} = t(W - d)$$

Cuando se trata de más de una fila de orificios y estos no están desfasados, sino como los mostrados en la figura 2.8.1 b), la sección neta es

$$A_{net} = t(W - nd)$$

Donde n es el número de orificios que atraviesan la sección (en la figura 2.8.1, $n = 2$).

Los sujetadores se pueden colocar de diversas maneras dependiendo del área disponible y de la forma de los miembros que se van a conectar. Se pueden ahorrar material colocando los sujetadores de manera tan compacta como sea posible. Sin embargo, un espaciamento menor puede reducir la capacidad de aplastamiento de un sujetador. Por lo general una fila de sujetadores se forma de una fila de estos situados paralelamente a la línea de esfuerzos de un miembro. En la figura 2.8.1 a) se muestra una fila de sujetadores, y en b), dos filas de éstos. El paso del sujetador es un término que indica el espaciamento de centro a centro de los sujetadores en una fila. El símbolo s se usa para indicar el paso o separación. El gramil del sujetador g) es otro término que indica una dimensión, esta vez medida perpendicularmente a la línea de esfuerzo en la junta. En una junta de traslape, el gramil sería la distancia de centro a centro entre filas de sujetadores.



a) Una hilera de tornillos.

b) Dos hileras de tornillos

FIGURA 2.8.1 Sección neta

En las figuras 2.8.2 a) y b) se muestran sujetadores situados en las filas escalonadas o en un patrón en zig-zag. Las líneas puntuadas indican las posibles líneas de falla a la tensión. Sería razonable configurar la sección neta en base a la línea más corta, ya que, con una placa de espesor constante, ésta comprendería el área más pequeña. Sin embargo, en la práctica esta falla generalmente no se representa de esta manera. El área sobre la diagonal, entre B y C en la figura 2.8.2 a), en realidad es capaz de resistir mayores esfuerzos. Por lo tanto, en las

especificaciones del IMCA se recomienda una formula empírica para calcular secciones netas con filas en zig-zag de sujetadores, que se deben aplicar a todas las posibles líneas de falla a la tensión.

$$A_{net} = t \left(W - nd + \Sigma \frac{s^2}{4g} \right)$$

Donde:

A = área neta.

S = separación o paso.

g = gramil

d = diámetro del orificio.

Σ = suma de todos los valores de $\frac{s^2}{4g}$; en cada línea diagonal de posible falla.

El área más pequeña resultante de la aplicación de la formula anterior es el área neta sobre la cual se debe basar la resistencia de un miembro a tensión. Está área de sección neta (A_{neta}), calculada como se describió aquí y aplicable solamente a placas de empalme y de nudo, no puede ser mayor al 85 por ciento del área total. Si el 85 por ciento del área bruta es menor que el área neta real, entonces la primera viene a ser el área neta a usar.

Se debe considerar aun otra situación. A menudo, una forma estructural (ángulo, te, W, etc.) está conectada solo por una parte, por ejemplo un ala de ángulo. Por lo tanto, toda el área de la forma cerca de la conexión no esta sujeta a tensión uniforme. Tomando en consideración este aspecto, las Especificaciones del IMCA determinan que se debe usar un coeficiente adicional (C_t) para reducir el área neta a un área neta efectiva, es decir,

$$A_e = C_t A_{net}$$

El esfuerzo permisible basado en el área neta efectiva es $0.5 F_u$. Esto implica un factor de seguridad de 2. Y la capacidad de tensión será

$$P_t = 0.5F_u A_e$$

Sin embargo las Especificaciones del IMCA también estipula que el esfuerzo de tensión desarrollado basado en el área bruta no puede exceder de $0.6F_u$; por lo tanto, la máxima capacidad de tensión será

$$P_t = 0.6F_y A_g$$

Ambas se deben calcular y la menor de las dos determinará la capacidad limitante.

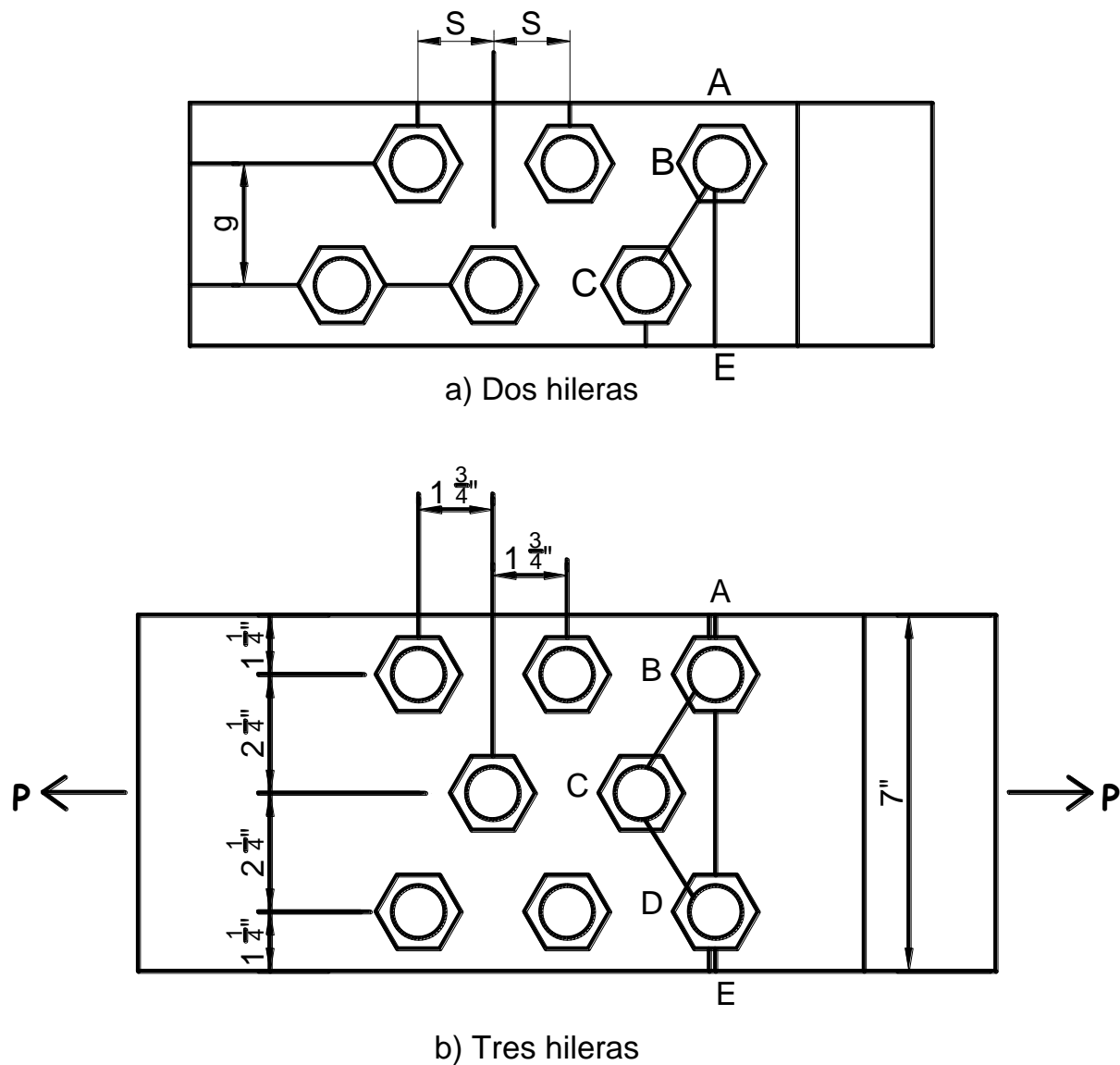


FIGURA 2.8.2 Tornillos en zigzag

2.9 DISEÑO Y CALCULO DE CONEXIONES TRASLAPADAS CON SUJETADORES

Los empalmes, suspensores y tipos similares de conexiones de traslape usualmente tienen sujetadores colocados de tal modo que el centro del grupo de sujetadores coincide con el centro de gravedad del material que se va a conectar. En estas condiciones, la conexión queda cargada concéntricamente. El diseño de conexiones concéntricas ordinarias se basa en el supuesto de que la carga está igualmente distribuida en todos los sujetadores de la conexión. Por lo tanto, el número necesario de sujetadores se puede encontrar dividiendo la carga total a transmitir entre el valor limitante de un sujetador sometido a cortante o aplastamiento, el que sea menor. En cambio, cuando se investiga una conexión para calcular la carga máxima admisible, se calcula la resistencia de un sujetador, ya sea sujeto a cortante o aplastamiento, y luego se multiplica por el número de sujetadores de la conexión. Asimismo, obsérvense que la transferencia de carga mostrada en la figura 2.9.1 es diferente de la que se ve en la figura 2.9.2. En la figura 2.9.1 se usan dos sujetadores para transferir la carga a las dos placas exteriores, y se necesitan dos más para transferir la carga de las placas exteriores, y se necesitan dos más para transferir la carga de las placas exteriores de nuevo a la placa central. En la figura 2.9.2, los sujetadores transfieren la carga directamente de una placa a la otra. De nuevo se debe destacar que si los miembros están a tensión, la sección neta también se debe calcular para determinar la carga máxima.

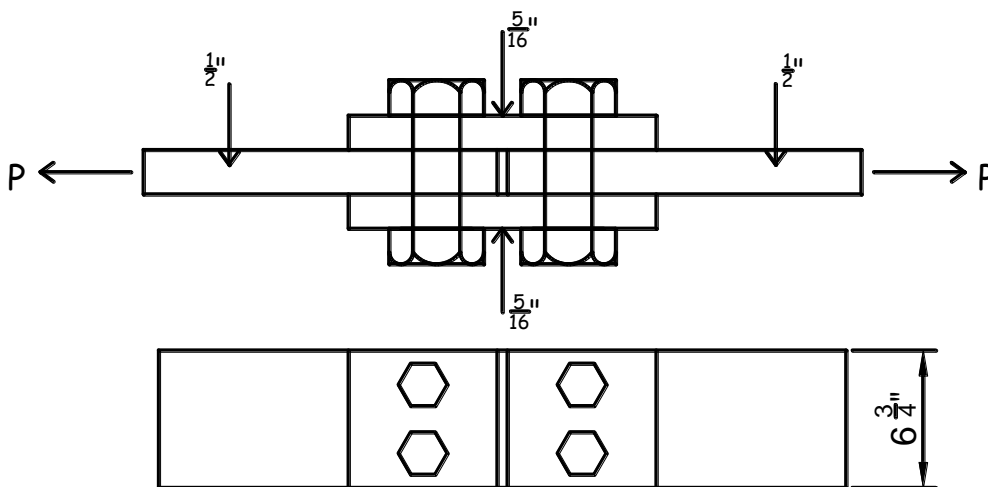


FIGURA 2.9.1 Ejemplo

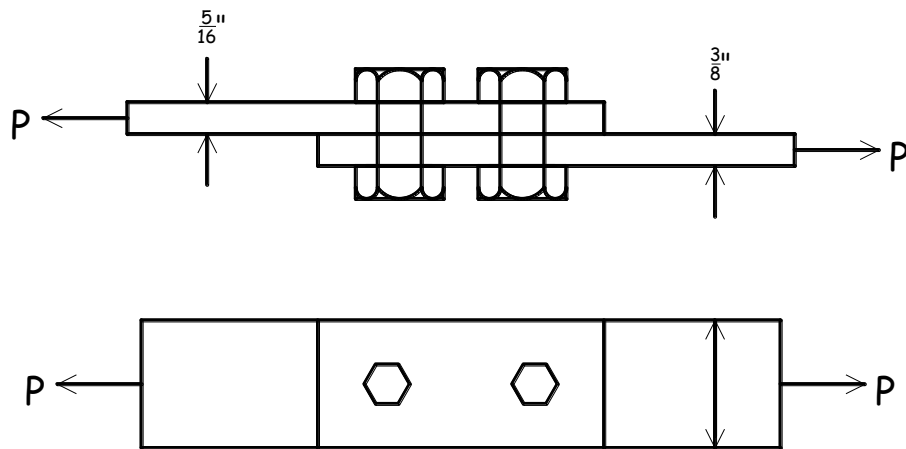


FIGURA 2.9.2 Cortante simple

En las Especificaciones del IMCA se indica que todas las conexiones diseñadas deben soportar una carga mínima de 6 kips. Además, se acostumbra usar no menos de dos sujetadores en cualquier conexión, aun cuando los cálculos indiquen que es suficiente uno; esto es simplemente una precaución ante el hecho obvio de que la falla por cualquier razón podría ser total si se usara sólo un sujetador.

En resumen:

1. Investigar el esfuerzo cortante: $BV_s = F_v A_v$
2. Investigar el aplastamiento $BV_b = F_p A_b$

Donde:

$F_p =$ la menor de $1.5 F_u$ O bien,

$$\frac{L_e F_u}{2d}$$

Donde:

$d =$ diámetro nominal del sujetador.

L_e , la longitud necesaria, $= \frac{2P}{tF_u}$

Donde $P =$ fuerza transmitida por el sujetador.

3. Calcular la sección bruta.

La carga de tensión máxima sobre la puerta es

$$P_t \leq 0.6F_y A_g$$

4. Calcular la sección neta efectiva.

Determinar el área neta.

$$A_{net} = t(W - nd) \quad \text{O}$$

$$A_{net} = t \left(W - nd + \frac{s^2}{4g} \right) \quad \text{O}$$

$$A_{net} = 0.85A_g$$

Donde

d = diámetro del agujero + 1/16 pulg.

Luego, usando la menor A_{net} determinada antes, calcular la sección neta efectiva,

$$A_e = C_t A_{net}$$

Y la carga máxima de tensión sobre la parte

$$P_t = 0.5F_u A_e$$

2.10 ANGULOS DE CONEXIÓN- FIJADOS CON SUJETADORES

El tipo de conexión fijado mostrado en la figura 1.3.2.1 es el que se usa con más frecuencia para conectar vigas de piso con otras vigas o trabes y columnas. Por lo general, los ángulos se usan en pares y las alas ligadas al alma del miembro soportado se llaman alas conectadas por que usualmente están sujetas al miembro desde el taller de fabricación, antes de transportar el ensamble al lugar de construcción del edificio. Las otras alas se llaman alas sobresalientes.

Cuando las alas conectadas de los ángulos están sujetas solamente al alma de la viga, se permite la suficiente rotación del extremo para que la conexión se clasifique como del tipo

flexible y, por tanto, apropiado para el tipo 2 de construcción (se puede suponer que las vigas están simplemente apoyadas). Además, a menos que los ángulos de conexión estén soldados, se omite cualquier excentricidad en el procedimiento del diseño, es decir, la reacción de la viga se considera como si fuera concéntrica con respecto a la fila de sujetadores que transfieren la carga del alma a los ángulos. Las reacciones de la viga también se pueden considerar como si fueran concéntricas con respecto a las filas de los sujetadores que transfieren la carga de los ángulos al miembro soportante. El espesor de los ángulos del marco se mantiene pequeño a propósito para asegurar la flexibilidad necesaria.

Los esfuerzos que se tienen que considerar son:

Cortante en el sujetador; aplastamiento en las almas de las vigas, en el patín de la columna y en el ángulo de conexión, el cortante bruto en la sección vertical a través del alma de la viga y los ángulos de conexión. El valor limitante del sujetador se calcula como sigue:

A. Ala conectada

1. Doble cortante para sujetadores que atraviesan el alma de la viga.
2. Aplastamiento en el alma.

B. Ala sobresaliente.

1. Cortante simple para sujetadores que atraviesan el alma de la trabe o el patín de la columna.
2. Aplastamiento en el alma de la trabe. Patín de columna o espesor del ángulo.

Tradicionalmente, ha habido tres tamaños estándar de ángulos para marcos: 4 X 3 ½ pulg, 4 X 6 pulg y 6 X 6 pulg. Eran los más adecuados para el uso de remaches estándar de ¾ pulg en una o dos filas verticales, con espaciamiento adecuado y gramil estándar. Sin embargo, con la generalización de los tornillos de alta resistencia, se necesita con frecuencia el uso de otros tamaños para dejar espaciamiento para la tuerca, la roldana, la saliente del tornillo y las llaves de impacto. Asimismo, es común encontrar líneas zigzagueantes de sujetadores entre las alas conectadas y las sobresalientes para dar el espaciamiento necesario.

Los datos de pruebas confirmatorias son incompletas en cuanto a ángulos de conexión con dos líneas de tornillos en un ala de 6 pulgadas. Por lo tanto, mientras que no se disponga de estos datos, se recomienda que los tornillos se limiten a una línea en el ala conectada y una línea en cada ala sobresaliente.

Por lo general el espesor de los ángulos se selecciona de tal manera que el aplastamiento en las alas del ángulo no determinen el valor de la carga del sujetador.

El espesor de los ángulos también se puede calcular limitando el esfuerzo cortante admisible a $0.40 F_y$ en el área bruta de la sección vertical a través de los ángulos de conexión. Los tamaños de ángulos y los espaciamientos de sujetadores de la figura 2.10.1 son recomendables amén de que una mayor investigación indique la necesidad de aumentar el espaciamiento. Se acostumbra distribuir simétricamente los sujetadores en las conexiones de vigas, aun cuando esto implique el uso de más sujetadores que los que se requieren realmente para resistir el esfuerzo total.

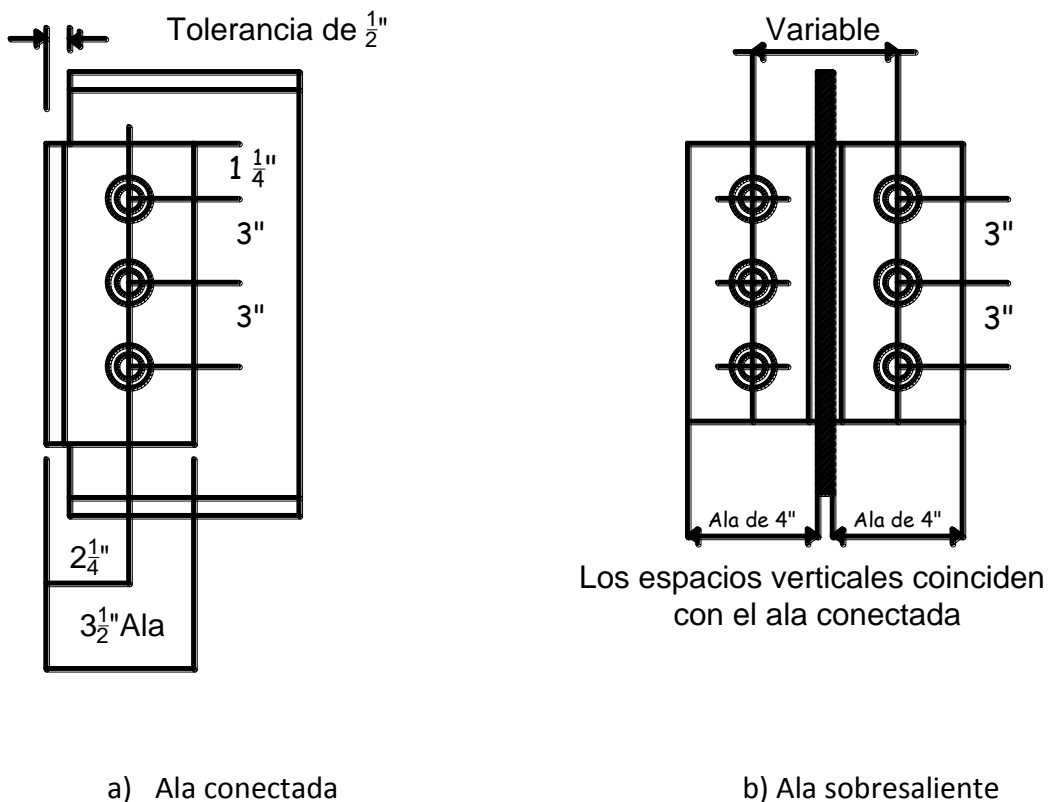


FIGURA 2.10.1

Cuando el patín superior está recortado como en las figuras 1.3.2.1 y 2.10.2, se requiere una investigación sobre el desgarramiento del alma (denominado “cortante de bloque”).

La reacción de la viga no debe exceder la resistencia combinada de cortante y tensión en las áreas netas mostradas en la figura 2.10.2. En este caso, en las Especificaciones del IMCA se limita la resistencia cortante (F_v) al 30 por ciento de la resistencia a la tensión mínima especificada (F_u). Expresado en forma de ecuación,

$$R = 0.30 F_v A_v + 0.50 F_u A_t$$

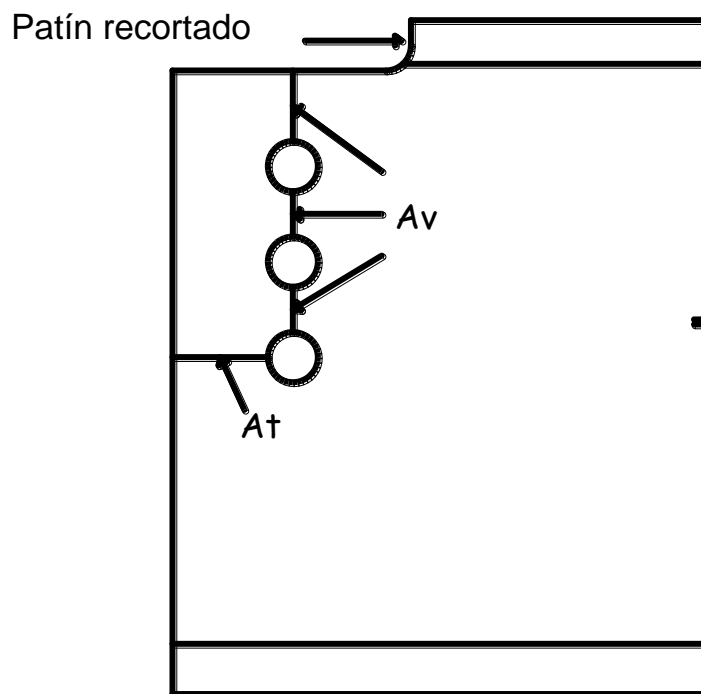


FIGURA 2.10.2 Cortante de bloque

2.11 CONEXIONES DE PLACA EXTREMA POR CORTANTE

Las modernas técnicas de fabricación han propiciado el desarrollo de conexiones de placas extremas en cortante figura 1.3.3.1 y se ha comprobado que son económicas si las reacciones de la viga están dentro de un valor promedio. Estas son conexiones de tipo flexible similares a los ángulos de conexión con una sola placa que reemplaza los pares de ángulos. Es necesario que la fabricación en taller sea precisa para asegurar que las placas, al soldarlas al alma de la viga, sean de la longitud exacta y su orientación exacta. La placa se

sujeta al miembro soportante por medio de tornillos estándar o de alta resistencia. Para garantizar una adecuada capacidad de rotación en los extremos, el espesor de la placa se limita a $3/8$ pulg, el peralte de la placa a $T=d - 2k$, y solo se permiten dos filas de tornillos. El espaciado transversal debe estar entre $3 \frac{1}{2}$ y $5 \frac{1}{2}$ pulg, y la distancia al borde debe ser de $1 \frac{1}{4}$ pulg figura 2.11.1

Con las Especificaciones descritas aquí, se supone que no hay excentricidad en el procedimiento de diseño y que los esfuerzos son los siguientes:

1. Cortante en los tornillos (cortante simple).
2. Aplastamiento en el espesor de la placa de extremo o espesor del miembro soportante, es decir, patín de la columna o alma de la trabe.

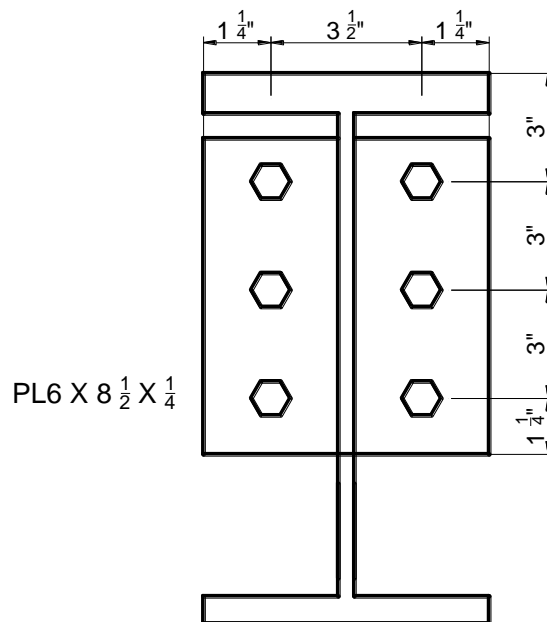


FIGURA 2.11.1 Placa cortante de extremo

2.12 ASIENTOS FLEXIBLES PARA VIGAS

Estas conexiones figura 1.3.4.1 también permiten la libre rotación del extremo necesario para la construcción tipo 2. Una ventaja de usar asientos para vigas es que cuenta con superficie sobre la cual apoyar la viga durante el montaje, eliminando así la necesidad de

grapas o tornillos temporales de montaje. La viga transmite toda su carga por apoyo directo al ángulo de asiento; el ángulo superior se usa sólo para dar apoyo lateral a la viga.

El ángulo de asiento tiene su ala conectada sujeta al miembro soportante (columna o alma de trabe) desde la fábrica. Usualmente es suficiente un ala sobresaliente (asiento) de 4 pulg con un mínimo de dos sujetadores para sujeción entre asiento y viga. En realidad, no hay carga sobre los sujetadores para la sujeción entre asiento y viga. La viga debe tener una tolerancia de $\frac{1}{2}$ pulg respecto al miembro soportante y, con frecuencia, se usa una de $\frac{3}{4}$ de pulg. Por lo tanto, sólo se dispone para el diseño de la longitud de apoyo de $3\frac{1}{4}$ pulg. Si esto no es suficiente para evitar el aplastamiento del alma de la viga, se tendría que usar un ala sobresaliente más grande.

El ala conectada del asiento de la viga debe ser suficientemente grande para aceptar el número de sujetadores necesario para transferir la reacción de la viga al miembro soportante. Usualmente se emplean 1, 2 ó 3 líneas de sujetadores, en dos o tres filas. En la figura 2.12.1 se muestran seis tipos estándar, con sus tablas de cargas admisibles correspondientes. Por supuesto, los tipos D, E y F no se pueden usar sobre los patines de las columnas, pues la fila central de sujetadores interferiría con el alma de la columna. También se usan tamaños diferentes a los que se muestran. Los sujetadores se diseñan para la fuerza cortante directa de la reacción y como el asiento es flexible, se supone que no se desarrollan esfuerzos adicionales en los sujetadores, debido a la excentricidad de la reacción.

El espesor del propio ángulo de asiento debe ser suficiente para asegurar que el ala sobresaliente no fallará ante la flexión. Esto se logra limitando el esfuerzo flexionante máximo en el extremo del filete a $0.75 F_y$ figura 2.12.2. El asiento actuará en voladizo, con una longitud e_b , o sea la distancia desde el exterior del filete del ángulo de asiento a R, que está situada al centro de la longitud de apoyo (N). Esto se puede expresar como

$$e_b = \frac{1}{2} + \frac{N}{2} - t - \frac{3}{8} \text{ pulg}$$

Entonces,

$M = e_b (R)$ El esfuerzo flexionante en el ángulo de asiento no debe exceder de $0.75 F_y$; así

$$0.75 F_y = \frac{M}{S} = \frac{e_b R}{bt^2/6}$$

Donde b = anchura del asiento de la viga

Por lo común, los asientos de viga tienen una anchura (b) igual a la longitud de 6 ó 8 pulg de la figura 2.12.1, o el patín de la columna.

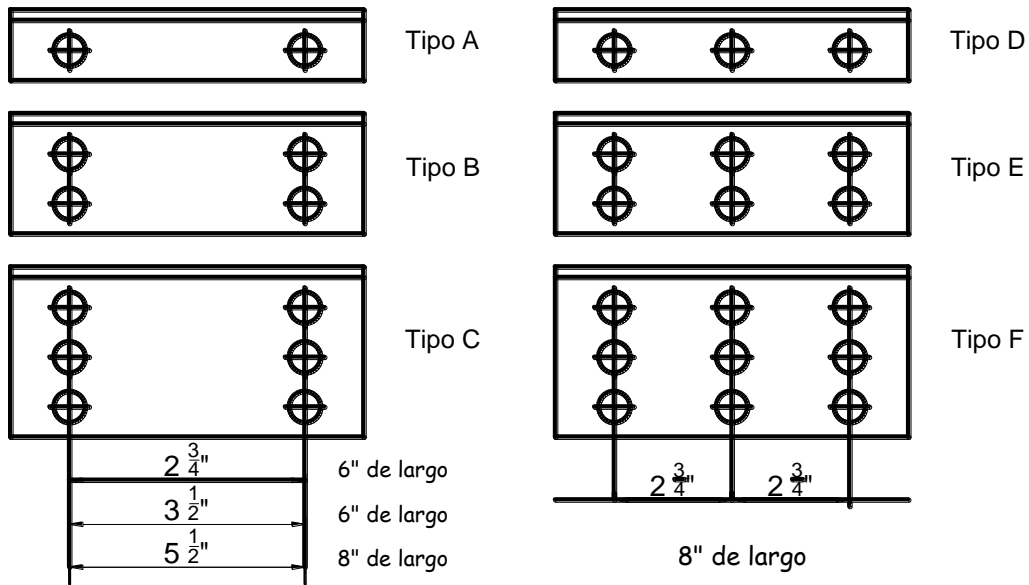


FIGURA 2.12.1 Asientos de viga estándar del AISC.

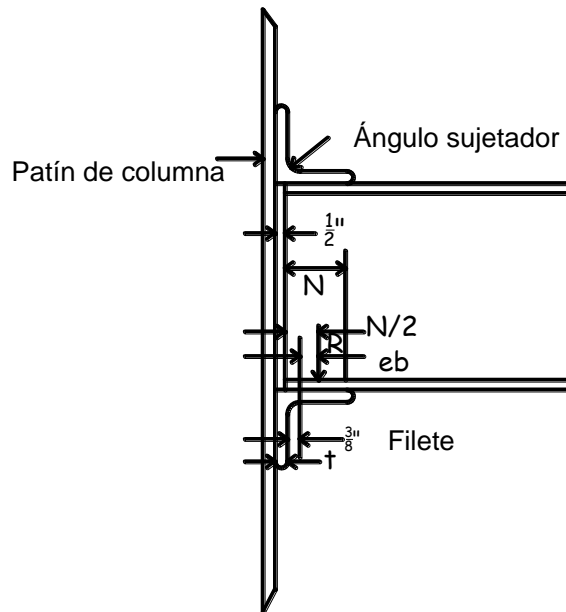
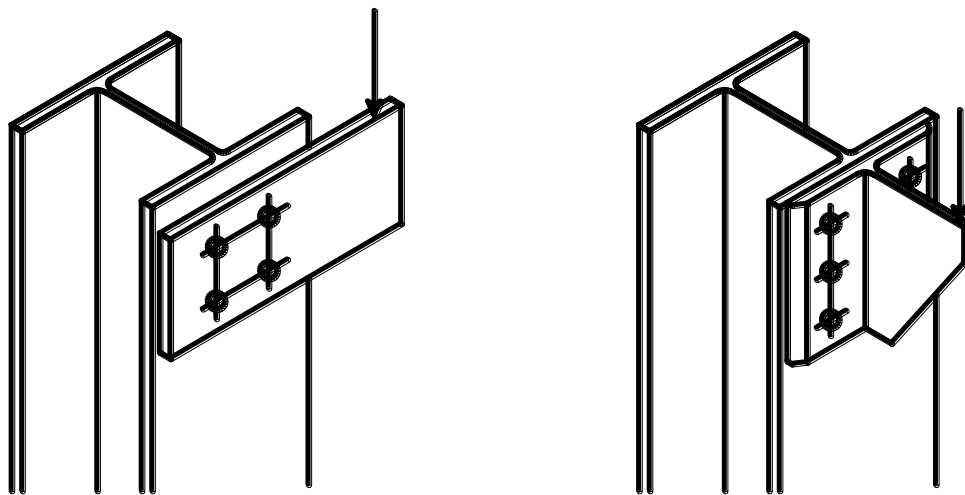


FIGURA 2.12.2 Diseño de asiento flexible para viga.

2.13 CONEXIONES EXCÉNTRICAS DE SUJETADOR

En todas las conexiones consideradas hasta aquí, los sujetadores están distribuidos simétricamente respecto a la línea de acción de la fuerza. En estas condiciones, el esfuerzo de una junta está uniformemente distribuido entre los sujetadores. Sin embargo, con frecuencia sucede que las vigas están fuera de los ejes centrales de las columnas, a tal grado que no se pueden conectar directamente al patín de la columna. Cuando esto ocurre, es necesario usar alguna forma de conexión excéntrica como la mostrada en la figura 2.13.1 a) o b), donde la carga excéntrica (indicada aquí esquemáticamente) es perpendicular a la placa o ménsula figura 1.3.6.1. Existe una diferencia especial en el diseño de la conexión, depende de si la carga actúa dentro o fuera del plano que pasa por el área cortante de los vástagos de los sujetadores.

Cuando la carga excéntrica actúa en el plano cortante de los sujetadores, como se ve en la figura 2.13.1 a), la placa gira, produciendo un cortante adicional sobre los sujetadores. Cuando la carga excéntrica actúa fuera del plano de cortante de los sujetadores como en la figura 2.13.1 b), se separan las superficies de contacto entre los miembros, sometiendo al sujetador tanto a tensión como a esfuerzo cortante. Se supone que el fenómeno estructural descrito aquí ocurre en todas las conexiones de sujetador excéntricas y es válido para todos los tipos de sujetadores.



a) Carga en el plano de cortantes del sujetador b) Carga fuera del plano de cortantes del sujetador

FIGURA 2.13.1 Conexiones excéntricas con sujetadores

2.14 CARGA EN EL PLANO CORTANTE DEL SUJETADOR

La acción de rotación causada por la carga excéntrica que actúa en el plano de cortante del sujetador se denomina par de torsión. Este par de torsión es igual al producto de la carga P y la distancia excéntrica e , medida desde el centro de gravedad del grupo de sujetadores (Z), perpendicularmente a la línea de acción de la carga figura 2.14.1.

El esfuerzo total de cada sujetador se compone de dos partes: el esfuerzo uniforme ordinario (la carga dividida entre el número de sujetadores) y el esfuerzo del par de torsión que varía con la distancia del sujetador al centro de gravedad del grupo. La junta estará proporcionada de modo que la resultante de estas dos componentes sobre cualquier sujetador no exceda del valor del sujetador máximo permisible, determinado por cortante o por aplastamiento.

Los esfuerzos en los sujetadores, producidos por el par de torsión, se pueden calcular como se ve a continuación. Si el grupo de cuatro tornillos, ilustrado diagramáticamente en la figura 2.14.1, representa a cualquier grupo de sujetadores en que todos los sujetadores son del mismo tamaño,

P = carga a soportar

Z = centro de gravedad del grupo de tornillos.

e = distancia excéntrica de la carga P .

x, y = coordenadas de cualquier tornillo en relación a el origen a Z .

d = distancia polar de cualquier tornillo respecto al origen ($d = \sqrt{x^2 + y^2}$).

f_o = esfuerzo del par de torsión en un tornillo a una distancia unitaria de Z .

f_T = esfuerzo de torsión en cualquier tornillo.

El esfuerzo de torsión en cualquier tornillo es proporcional a la distancia del tornillo desde el centro de gravedad del grupo, y es igual a la distancia de Z multiplicada por el esfuerzo de torsión en un tornillo a una distancia unitaria de Z, o sea

$$f_T = f_o d = f_o \sqrt{x^2 + y^2}$$

El esfuerzo resistente para este esfuerzo de cualquier tornillo es

$$\begin{aligned} f_T d &= f_o d^2 = f_o \left[\sqrt{x^2 + y^2} \right]^2 \\ &= f_o (x^2 + y^2) \end{aligned}$$

El momento resistente total de todos los tornillos del grupo es igual al par de torsión aplicado, o sea

$$P_e = f_o (\Sigma x^2 + \Sigma y^2)$$

$$f_o = \frac{P_e}{\Sigma x^2 + \Sigma y^2}$$

Una vez calculado f_o con la formula anterior, el esfuerzo de torsión f_T en cualquier tornillo se encuentra multiplicando este valor por la distancia del tornillo al origen. Este esfuerzo actúa en una línea perpendicular a la línea trazada desde el tornillo al centro de gravedad del grupo, como se indica en la figura 2.14.1

Para calcular el esfuerzo total resultante en cualquier sujetador, es necesario dividir primero el esfuerzo del par de torsión en sus componentes verticales y horizontales. Luego el esfuerzo uniforme sobre el sujetador (carga vertical dividida entre el número de sujetadores) se suma a la componente vertical del esfuerzo de torsión, para obtener la componente vertical total. La resultante de esta componente vertical y el componente horizontal del esfuerzo de torsión se encuentra mediante la aplicación de la conocida ecuación.

$$R = \sqrt{V^2 + H^2}$$

La resultante total del esfuerzo también se puede calcular gráficamente. En este esfuerzo total resultante R el que debe ser igual o menor que el valor máximo permisible del sujetador, determinado ya sea por cortante o por aplastamiento. Como no todos los sujetadores estarán sometidos igualmente al mismo esfuerzo, es importante calcular que sujetador tiene el máximo esfuerzo resultante. Después de analizar todo el grupo de sujetadores, se puede establecer que este sujetador crítico (con el máximo esfuerzo resultante) es el más lejano del centro de gravedad del grupo y el más cercano a la carga excéntrica aplicada.

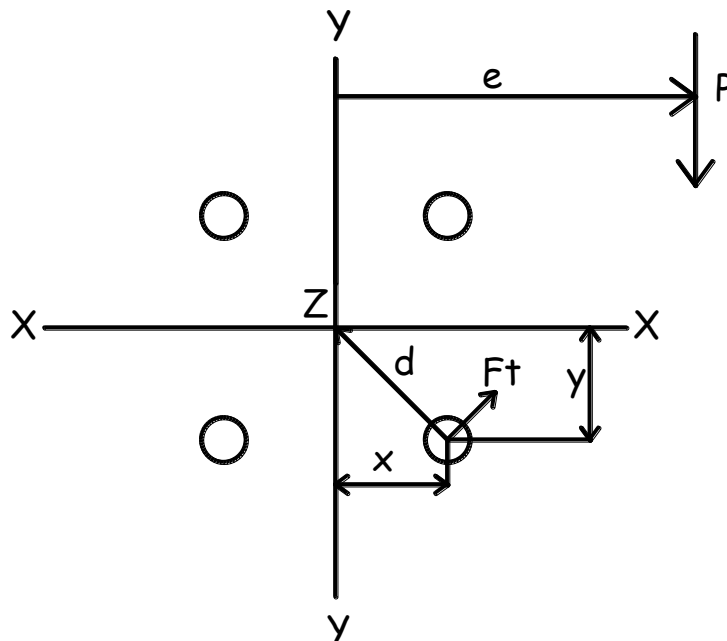


FIGURA 2.14.1 Esfuerzo de torsión

2.15 CARGA FUERA DEL PLANO DE CORTANTE DEL SUJETADOR.

Por lo general, las conexiones que soportan cargas fuera del plano del cortante del sujetador son del tipo mostrado en la figura 2.13.1 b), empleando una T_e estructural; del tipo de la figura 2.15.1, en que la placa está entre los dos ángulos, o del tipo de asiento rigidizado de que se muestra en la figura 1.3.4.2. Los sujetadores conectados al patín de la columna están sujetos a una carga fuera del plano de cortante.

La carga excéntrica tiende a separar la ménsula del patín de la columna en la parte superior y a oprimir la ménsula contra el patín en la parte inferior, Por lo tanto, empezando en la parte

superior y desplazándose hacia abajo, los sujetadores están sometidos a una fuerza de tensión decreciente. La carga también somete a los sujetadores al esfuerzo cortante directo.

Existe cierta controversia respecto al procedimiento apropiado para el diseño de conexiones de este tipo. Además de la incierta distribución de esfuerzo de tensión sobre los sujetadores y la distribución de esfuerzos de aplastamiento producidos por la ménsula que oprime contra el patín de la columna, el grado inicial de tirantez o de presfuerzo puede ser diferente en los sujetadores aislados. Cada uno de estos factores influye en la situación del eje neutro relacionando con la distribución del esfuerzo.

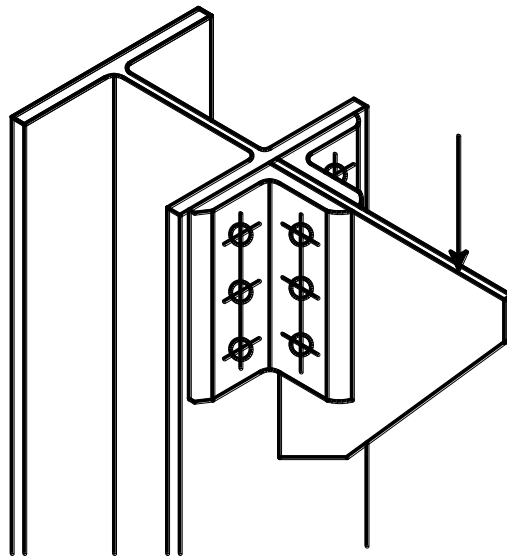


FIGURA 2.15.1 Ménsulas de placa y Ángulo

Se dijo ya que los remaches se usan raras veces en los edificios actuales y que no se recomienda el uso de tornillos A307 a tensión. Por lo tanto, este estudio estará limitado a los tornillos de alta resistencia sometidos a tensión cortante figura 2.15.2. Los tornillos de alta resistencia siempre deben estar pretensados al 70 por ciento de su capacidad de tensión, estén o no clasificados como del tipo a fricción o aplastamiento. Por lo tanto, el análisis de esfuerzo cortante y esfuerzo de tensión desarrollado ($f_v f_t$) es el mismo en ambos tipos. Es el esfuerzo permisible el que distingue uno del otro. De acuerdo con procedimientos anteriores, la resistencia permisible de las conexiones tipo aplastamiento es mayor que la de las conexiones a fricción.

El presforzado inicial de los tornillos ajusta estrechamente las placas entre sí. Este esfuerzo de compresión inicial entre las placas (f_{ci}) se puede calcular sumando todas las fuerzas del tornillo presforzado (ΣT_b) y dividiéndolas entre el área de contacto (bh) de las placas (figuras 2.15.2 a) y b).

Cuando se aplica la fuerza excéntrica, ésta tiende a separar la parte superior de las placas, aflojando por tanto el efecto de ajuste y reduciendo la presión inicial ejercida por los tornillos. También incrementa la presión en la parte inferior. El diagrama de esfuerzo de compresión y tensión causado por la carga excéntrica varía linealmente del centro de la conexión a un máximo en las partes inferior y superior figura 2.15.2 c). Esto es similar a la distribución de esfuerzo flexionante en una viga, pero esta distribución se da solo si se excede el presfuerzo inicial en la parte superior (f_{ic}). Finalmente, el esfuerzo de compresión resultante será la suma de los dos esfuerzos mostrados en la figura 2.15.2 d).

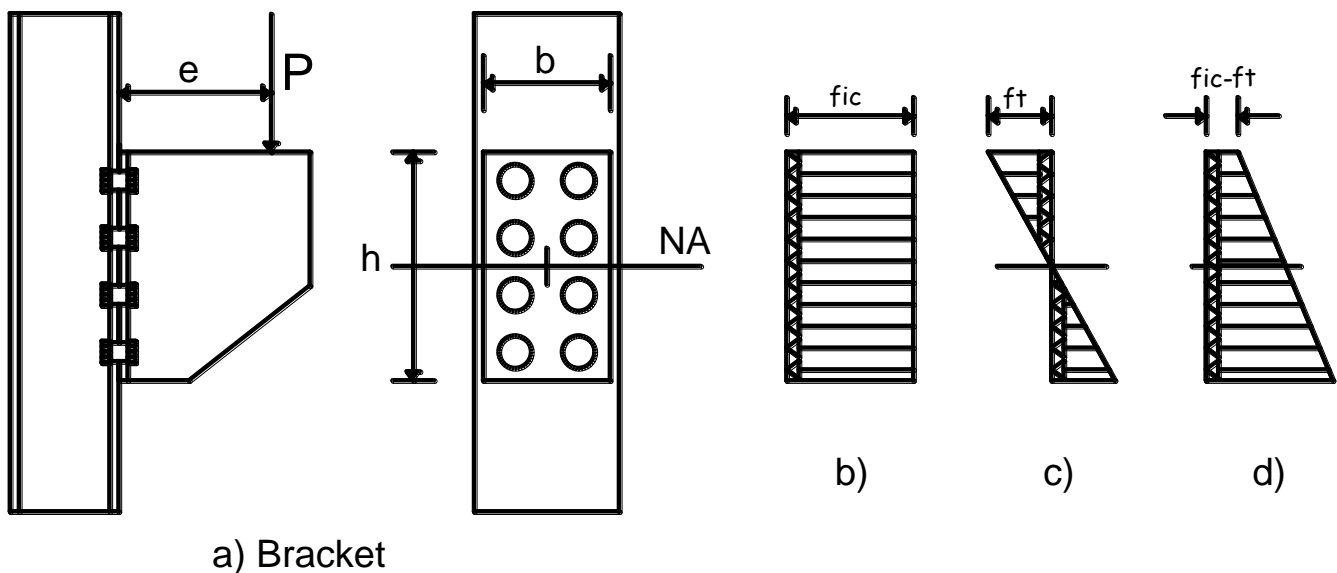


FIGURA 2.15.2 Tornillos a tensión y cortante

Se puede mostrar que, bajo estas condiciones, la distribución de esfuerzos de tensión neto en los tornillos variara de modo similar al mostrado en la figura 2.15.2 c), y esta distribución es la que se emplea más comúnmente en los procedimientos de diseño es decir, que el eje

neutro pasa por el centroide de la distribución de tornillos. El momento de inercia se calcula sobre la base de las áreas del tornillo solamente, es decir,

$$I_S = A_V \Sigma y^2$$

El esfuerzo neto de tensión del tornillo en el tornillo superior se determina con la conocida fórmula

$$f_t = \frac{P_{ec}}{I_S}$$

Donde c es la distancia desde el eje neutro al tornillo más alto. Asimismo, el esfuerzo cortante se supone igualmente dividido entre todos los tornillos, es decir,

$$f_v = \frac{P}{nA_S}$$

Como se dijo antes, los esfuerzos permisibles que f_t y f_v no pueden exceder con seguridad dependen de que si la conexión es del tipo aplastamiento o fricción.

Para conexiones tipo aplastamiento, el esfuerzo cortante desarrollado (f_v) calculado anteriormente, no puede exceder los valores de la tabla 2.6.1

Además, el esfuerzo de tensión (f_t), calculado anteriormente, no debe exceder los valores determinados en la tabla 2.15.1

Tipo de Tornillo	Rosca no excluida del plano de cortante	Rosca excluida del plano de cortante
A325	55 -1.8 $f_v \leq 44$	55 -1.4 $f_v \leq 44$
A490	68 -1.8 $f_v \leq 54$	68 -1.4 $f_v \leq 54$

TABLA 2.15.1 Esfuerzo de tensión permisible (f_t) en tornillos de conexión tipo aplastamiento, k/pulg².

2.16 CONEXIONES RESISTENTES A MOMENTO A BASE DE SUJETADORES

La razón principal para usar conexiones resistentes al momento en edificios es por que absorben fuerzas laterales. Sin embargo, aunque se usan únicamente para este propósito, también habrá momentos negativos en los extremos de la viga debidos a cargas de gravedad (verticales).

Para resistir estos momentos de extremos, se debe encontrar alguna manera de aplicar la fuerza horizontal en los patines inferior y superior. El valor de la fuerza horizontal total se puede calcular dividiendo el momento del extremo entre el peralte de la viga, es decir,

$$F_t = \frac{M}{d}$$

En la figura 1.3.7.1 a) se muestra una manera como se puede aplicar esta fuerza horizontal. La fuerza en el patín de la viga se transfiere al alma de la Te por cortante simple en los sujetadores. Luego esta fuerza se transmite al patín de la Te por flexión en el patín y, finalmente, el patín de la columna por tensión en los otros sujetadores. Los diafragmas rigidizantes sobre la columna pueden o no ser necesarios. También pueden necesitarse otros detalles.

En el diseño de este tipo de conexión, se supone que la reacción vertical de la viga es resistida totalmente por la conexión cortante y que las fuerzas horizontales las resisten totalmente las Tes.

El diseño se hace casi siempre mediante un procedimiento de tanteo, ajustando y afinándolos detalles a medida que se conocen las diversas necesidades. Una desventaja de utilizar sujetadores (en comparación con la soldadura) en este tipo de conexión es la dificultad de proporcionar el espacio adecuado para las cabezas del sujetador y las tolerancias par el ensamble. Por esta razón, durante el diseño se deben preparar dibujos a escala detallados para asegurarse de que el ensamble se puede fabricar realmente.

Con frecuencia se usan Tes estructurales cortadas de secciones S , debido al espesor de almas y patines. En superficies de patín con pendientes se usan rondanas biseladas bajo las tuercas y el patín y los sujetadores a tensión deben resistir las fuerzas de palanca adicionales causadas por la distorsión producida por la flexión figura 2.16.1. Se supone que la fuerza de palanca (Q) es una fuerza lineal que actúa uniformemente a lo largo del borde del patín en la distancia L de la figura 1.3.7.1 a. Por lo tanto, el sujetador a tensión se debe diseñar para la fuerza combinada ($F + Q$). La flexión en el patín varía como se ve en la figura 2.16.1 a. M_1 o M_2 pueden ser críticos. Una vez determinado el valor de Q se pueden calcular los momentos flexionantes. Sin embargo, en las Especificaciones del IMCA se recomienda un procedimiento basado en la resistencia última para calcular Q .

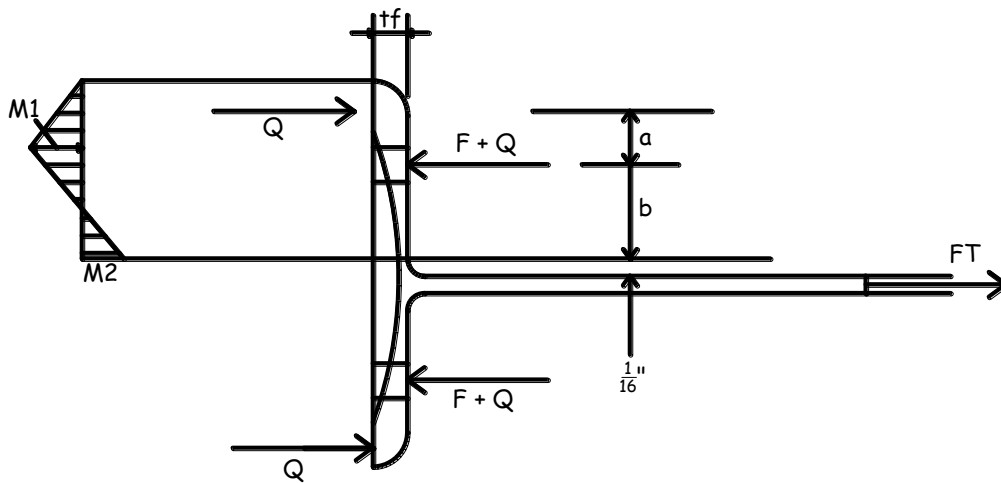


FIGURA 2.16.1 Fuerza de palanca

CAPITULO III. TORNILLOS

3.1 TORNILLOS, BARRAS ROSCADAS Y REMACHES

Los remaches fueron, los elementos de unión de estructuras de aceros más comunes del siglo XIX y hasta mediados del XX, pero en la actualidad no se emplean en construcciones nuevas, ni en el taller, ni en la obra pues han sido sustituidos, con ventaja, por la soldadura y los tornillos de alta resistencia. Sin embargo, la importancia cada vez mayor, de la evaluación rehabilitación y refuerzo de estructuras existentes hace que sea indispensable el conocimiento de las uniones remachadas.

Si se conoce, la época en que se construyó una estructura remachada, puede ser posible obtener las propiedades mecánicas de los remaches utilizados en ella, recurriendo a la literatura técnica de entonces; en caso contrario, será necesario efectuar ensayos de laboratorio para determinar esas propiedades.

3.2 REMACHES Y TORNILLOS

3.2.1 TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA.

El uso de tornillos de alta resistencia se hará conforme a las disposiciones de las Especificaciones para Juntas Estructurales con tornillos ASTM A325 o A490, última edición, tal como ha sido aprobado por el consejo de Investigación de Juntas Estructurales, Remachadas y Atornilladas.

Dependiendo del tipo de Conexión puede o no, requerirse que los tornillos se instalen apretándolos, hasta que haya en ellos, una tensión especificada mínima, no menor que la dada en la tabla 3.2.1.1 El apriete puede hacerse por alguno de los métodos siguientes: vuelta de tuerca, con un indicador directo de tensión, una llave calibrada, o con un tornillo de diseño especial.

Diámetro del Tornillo, mm (pulg.)	Tornillos A325	Tornillos A490
12.7 (1/2)	53 (5400)	67 (6800)
15.9 (5/8)	84 (8600)	107 (10900)
19.1 (3/4)	125 (12700)	156 (15900)
22.2 (7/8)	174 (17700)	218 (22200)
25.4 (1.0)	227 (23100)	284 (29000)
28.6 (1 1/8)	249 (25400)	356 (36300)
31.8 (1 ¼)	316 (32200)	454 (46300)
34.9 (1 3/8)	378 (38600)	538 (54900)
38.1 (1 ½)	458 (46700)	658 (67100)

¹Igual a 0.7 veces la resistencia mínima de ruptura en tensión de los tornillos, de acuerdo con las especificaciones ASTM para tornillos A325 y A490.

TABLA 3.2.1.1 Tensión mínima en tornillos de alta resistencia, kn (kg)

3.2.2 TORNILLOS “AL CONTACTO” A PRETENSIONADOS.

Los tornillos de alta resistencia apretados “al contacto” pueden utilizarse en todas las conexiones, excepto las que se indican a continuación.

El apriete “al contacto” se define como el que existe cuando todas las partes de una junta están en contacto firme; puede obtenerse con unos cuantos impactos de una llave impacto o con el esfuerzo máximo de un trabajador con una llave de tuercas ordinaria.

Para diseñar tornillos apretados al contacto deben utilizarse las resistencias nominales para conexiones por aplastamiento de la tabla 3.2.2.1.

En conexiones de deslizamiento crítico en las que la carga se dirija hacia un borde de una parte conectada, se deberá proporcionar una resistencia de diseño al aplastamiento adecuado, de acuerdo con los requisitos aplicables en el tema Resistencia al aplastamiento en los agujeros para tornillos, que también veremos a continuación.

Deben utilizarse tornillos de alta resistencia pretensionados en:

- a) Empalmes de columnas en todas las estructuras de 60m de altura, o más;
- b) Empalmes de columnas de estructuras comprendidas entre 50 y 60 m de altura, si su dimensión horizontal más pequeña es menor que el 40% de la altura.
- c) Empalmes de columnas en estructuras de menos de 30 m de altura, si su dimensión horizontal más pequeña es menor que el 25 % de la altura;
- d) Todas las conexiones entre vigas y columnas, y de cualquier otra viga, de las que depende el contraventeo de las columnas, en estructuras de más de 40 m de altura;
- e) Conexiones en las que no puede admitirse el deslizamiento relativo de las partes unidas, como las sujetas a fatigas o a inversiones frecuentes de cargas, o las que forman parte de estructuras muy sensibles a las deflexiones;
- f) Estructuras que soportan grúas viajeras de más de cinco toneladas de capacidad; uniones entre elementos que las soportan; uniones entre partes de las armaduras de techo y entre ellas y las columnas, uniones entre tramos de columnas, contraventeo de columnas y apoyos de las grúas;
- g) Conexiones para soportes de maquinas móviles u otras cargas vivas que produzcan impacto o inversión de esfuerzos;
- h) Conexiones en las que tornillos H- 123 (ASTM-A490) trabajan en tensión, o tensión y cortante combinados;
- i) Conexiones en las que se usan agujeros sobredimensionados o alargados, excepto cuando se empleen específicamente para permitir movimientos; y
- j) Cualquier otra conexión indicada en los planos de diseño.

En los casos restantes, las conexiones pueden hacerse con tornillos H-118 (ASTM A 307), o de alta resistencia, apretados al contacto.

Elementos de unión	Resistencia en tensión		Resistencia al cortante en conexiones por aplastamiento	
	Factor de resistencia, F_R	Resistencia Nominal, MPa (kg/cm ²)	Factor de resistencia, F_R	Resistencia Nominal, MPa (kg/cm ²)
Tornillos A307		310 (3160) ⁽¹⁾		165 (1690)
Tornillos A325, cuando la rosca no está fuera de los planos de corte.		620 (6330)		330 (3380)
Tornillos A325, cuando la rosca está fuera de los planos de corte.		620 (6330)		414 (4220)
Tornillos A490, cuando la rosca no está fuera de los planos de corte.		775 (7900)		414 (4220)
Tornillos A490, cuando la rosca está fuera de los planos de corte.	0.75	775 (7900)	0.75	518 (5280)
Partes roscadas, cuando la rosca no está fuera de los planos de corte.		0.75 F_u ⁽¹⁾		0.4 F_u ⁽¹⁾
Partes roscadas cuando la rosca está fuera de los planos de corte.		0.75 F_u ⁽¹⁾		0.5 F_u ⁽¹⁾
Remaches A502, grado1, colocados en caliente.		310 (3160) ⁽¹⁾		172 (1760) ⁽³⁾
Remaches A502, grados 2 y 3, colocados en caliente.		412 (4200) ⁽¹⁾		228 (2320) ⁽³⁾

¹ Carga estática únicamente

² Se permite que la rosca esté en los planos de corte

³ Cuando para unir miembros en tensión se empleen conexiones por aplastamiento con tornillos o remaches colocados en una longitud, medida paralelamente a la dirección de la fuerza, mayor que 1.25 m, los valores tabulados se reducirán en 20%.

La nomenclatura utilizada para designar a los tornillos y remaches es la de ASTM.

TABLA 3.2.2.1 Resistencia de diseño de remaches, tornillos y barras roscadas

3.2.3 TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA (EN CONEXIONES POR FRICCIÓN) EN COMBINACIÓN CON REMACHES.

En obras nuevas y al hacer modificaciones, cuando se combinan remaches y tornillos de alta resistencia, colocados como conexiones por fricción, pueden considerarse que comparten los esfuerzos resultantes de cargas muertas y vivas.

3.2.4 ÁREA EFECTIVA DE APLASTAMIENTO.

El área efectiva de aplastamiento de remaches y tornillos será el diámetro multiplicado por la longitud de aplastamiento, excepto que para remaches y tornillos avellanados debe reducirse a la mitad de la profundidad del avellanado.

3.2.5 JUNTAS POR APLASTAMIENTO Y JUNTAS DE FRICCIÓN (O DE DESLIZAMIENTO CRÍTICO).

Las juntas que transmiten fuerza cortante entre las partes conectadas se diseñan para que la transmisión se haga por aplastamiento entre los tornillos y las partes conectadas, o por fricción entre estas. Las primeras se denominan juntas “por aplastamiento” (bearing type joints) y las segundas “de fricción” o de “deslizamiento crítico” (slip-critical joints). En los planos deben indicarse si los tornillos de juntas por aplastamiento han de apretarse hasta darles la tensión mínima especificada. Los valores de las resistencias nominales de las tablas 3.2.2.1 y 3.3.1.1 corresponden a tornillos conectados al contacto.

3.2.6 TAMAÑO DE LOS AGUJEROS.

- a) En la tabla 3.2.6.1 se indican los tamaños máximos de los agujeros que puedan utilizarse en juntas remachadas o atornilladas. Los agujeros de placas de base de columnas pueden ser mayores si se requiere por las tolerancias admisibles en la colocación de anclas en cimientos de concreto reforzado.
- b) Siempre se utilizaran agujeros estándar, excepto cuando el diseñador especifique, en conexiones atornilladas, el uso de agujeros sobredimensionados o alargados. En

conexiones remachadas, no se permite el uso de agujeros sobredimensionados o alargados.

- c) Los agujeros sobredimensionados pueden usarse en cualquiera o en todas las partes unidas en una conexión por fricción, pero su empleo está prohibido en conexiones por aplastamiento. Si las partes exteriores tienen agujeros sobredimensionados, deben colocarse roldanas endurecidas.
- d) Los agujeros alargados cortos pueden usarse en cualquiera o en todas las partes unidas en una conexión por fricción o por aplastamiento. En conexiones por fricción los agujeros pueden tener cualquier dirección, pero en conexiones por aplastamiento su dimensión mayor puede ser perpendicular a la dirección de la carga. Si las partes exteriores tiene agujeros alargados cortos deben colocarse roldanas, las que serán endurecidas cuando los tornillos sean de alta resistencia.
- e) Los agujeros alargados largos pueden usarse solo en una de las partes comunes a cada superficie de falla individual, tanto en juntas de fricción como de aplastamiento. En conexiones por fricción los agujeros pueden tener cualquier dirección pero en conexiones por aplastamiento su dimensión mayor debe ser perpendicular a la dirección de la carga. Cuando se usan agujeros alargados largos en una parte exterior, deben colocarse roldanas de placa o una solera continua, con agujeros estándar, de tamaño suficiente para cubrir por completo los agujeros alargados.

En conexiones con tornillos de alta resistencia, las roldanas de placa o las soleras continuas serán de acero de grado estructural, de no menos de 8mm de grueso; no es necesario que estén endurecidas con tornillos de alta resistencia, se colocarán sobre la cara exterior de la roldana de placa o de la solera.

Dimensiones de los Agujeros					
Diámetro nominal del remache o tornillo		Estándar (Diámetro)		Sobredimensionados ² (Diámetro)	
mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.
12.7	$\frac{1}{2}$	14.3	$\frac{9}{16}$	15.9	$\frac{5}{8}$
15.9	$\frac{5}{8}$	17.5	$\frac{11}{16}$	20.6	$\frac{13}{16}$
19.1	$\frac{3}{4}$	20.6	$\frac{13}{16}$	23.8	$\frac{15}{16}$
22.2	$\frac{7}{8}$	23.8	$\frac{15}{16}$	27.0	$1\frac{1}{16}$
25.4	1	27.0	$1\frac{1}{16}$	31.8	$1\frac{1}{4}$
≥28.6	≥ $1\frac{1}{8}$	d + 1.5	$d + \frac{1}{16}$	d + 7.9	$d + \frac{5}{16}$

Dimensiones de los Agujeros			
Alargados cortos ² (Ancho x Longitud)		Alargados largos ² (Ancho x Longitud)	
mm	Pulg.	mm	Pulg.
14.3 X 17.5	$\frac{9}{16} \times \frac{11}{16}$	14.3 X 31.8	$\frac{9}{16} \times 1\frac{1}{4}$
17.5 X 22.2	$\frac{11}{16} \times \frac{7}{8}$	17.5 X 39.7	$\frac{11}{16} \times 1\frac{9}{16}$
20.6 X 25.4	$\frac{13}{16} \times 1$	20.6 X 47.6	$\frac{13}{16} \times 1\frac{7}{8}$
23.8 X 28.6	$1\frac{5}{16} \times 1\frac{1}{8}$	23.8 X 55.6	$\frac{15}{16} \times 2\frac{3}{16}$
27.0 X 33.3	$1\frac{1}{16} \times 1\frac{5}{16}$	27.0 X 63.5	$1\frac{1}{16} \times 2\frac{1}{2}$
(d+1.5) X (d+9.5)	$(d + \frac{1}{16}) \times (d + \frac{3}{8})$	(d+1.5) X (2.5d)	$(d + \frac{1}{16}) \times (2.5d)$

¹ Los tamaños son nominales.

² No se permiten en conexiones remachadas.

TABLA 3.2.6.1 Tamaños máximos de agujeros para remaches y tornillos.

3.2.7 AGARRES LARGOS.

Cuando la longitud de agarre de remaches, o tornillos de acero ASTM A307, sea mayor que 5 veces su diámetro su número se aumentara en 1% por cada 1.5 mm de longitud adicional.

3.2.8 SEPARACIONES MÍNIMAS.

La distancia entre centros de agujeros para remaches o tornillos, sean estándar, sobredimensionados o alargados, no será en general, menor que 3 veces el diámetro nominal del colector; de ser necesario, esta distancia puede disminuirse a $2 \frac{2}{3}$ veces el diámetro nominal.

3.2.9 DISTANCIA MÍNIMA AL BORDE.

La distancia del centro de un agujero estándar al borde de una parte conectada no será mayor que el valor aplicable de la tabla 3.2.9.1, ni que la requerida en el tema Resistencia al aplastamiento en los agujeros para tornillos.

Si el agujero sobredimensionado o alargado, la distancia del centro al borde de una parte conectada no será menor que la requerida para un agujero estándar, de acuerdo con la primera parte de este tema, más el incremento C_1 indicado en la tabla 3.3.2.2

Diámetro nominal del remache o tornillo		Bordes cortados con cizalla		Bordes laminados de perfiles, placas o soleras, o bordes cortados con soplete ³	
mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.
12.7	$\frac{1}{2}$	22.2	$\frac{7}{8}$	19.1	$\frac{3}{4}$
15.9	$\frac{5}{8}$	28.6	$1 \frac{1}{8}$	22	$\frac{7}{8}$
19.1	$\frac{3}{4}$	31.8	$1 \frac{1}{4}$	25.4	1
22.2	$\frac{7}{8}$	38.1	$1 \frac{1}{2}^{(4)}$	28.6	$1 \frac{1}{8}$
25.4	1	44.5	$1 \frac{3}{4}^{(4)}$	31.8	$1 \frac{1}{4}$
28.6	$1 \frac{1}{8}$	50.8	2	38.1	$1 \frac{1}{2}$
31.8	$1 \frac{1}{4}$	57.2	$2 \frac{1}{4}$	41.3	$1 \frac{5}{8}$
mayor que 31.8	mayor que $1 \frac{1}{4}$	1.75 X Diámetro		1.25 X Diámetro	

¹ Pueden utilizarse distancias menores si se satisfacen las ecuaciones pertinentes del tema resistencia al aplastamiento en los agujeros para tornillos.

² Para agujeros sobredimensionados o alargados los valores de esta tabla se incrementarán en las cantidades C_1 dadas en la tabla 3.7

³ Todas las distancias al borde de esta columna pueden reducirse en 3mm (1/8 pulg.) cuando el agujero está en un punto en el que los esfuerzos no exceden del 25% del esfuerzo máximo permisible en el elemento.

⁴ Pueden reducirse a 31.8mm (1 1/4 pulg.) en los extremos de ángulos y placas de cortante de conexión de vigas.

TABLA 3.2.9.1 Distancia mínima del centro de un agujero estándar al borde de la parte conectada.

3.2.10 SEPARACIÓN Y DISTANCIA AL BORDE MÁXIMAS.

La distancia máxima del centro de un tornillo o remache al borde más cercano de las partes en contacto será 12 veces el grueso de la parte conectada en consideración, sin exceder de 150mm.

La separación longitudinal entre conectores colocados en elementos en contacto continuo, consistentes en una placa y un perfil, o dos placas, será la siguiente:

- a) Para elementos pintados o sin pintar, no sujetos a corrosión, no excederá de 24 veces el grueso de la placa más delgada, o 300mm.
- b) Para miembros no pintados de acero intemperizable, sujetos a corrosión atmosférica, no será mayor que 14 veces el grueso de la placa más delgada, o 180 mm.

3.3 TENSIÓN O CORTE.

La resistencia de diseño de remaches, tornillos y barras roscadas que trabajen en tensión o cortante es igual, al producto del factor de resistencia, F_R , por el área nominal de la sección transversal de la parte de vástago no roscada, A_b , y por la resistencia nominal que corresponde a esta parte del vástago, F_n .

$$R = F_R A_b F_n$$

Los factores de resistencia y las resistencias nominales a la tensión o al cortante son, los de la tabla 3.2.2.1. Los tornillos de alta resistencia que trabajen en tensión directa se dimensionaran de manera que la fuerza de tensión de diseño, calculada sin incluir la producida por el apriete inicial, cuando lo haya, no exceda la resistencia de diseño. La fuerza en el tornillo se tomara igual a la suma de la producida, por las fuerzas extremas factorizadas, más la tensión que pueda resultar de la acción de palanca ocasionada por la deformación de las partes conectadas.

Si la conexión está sujeta a cargas repetidas, deben evitarse las fuerzas por acción de palanca, y los tornillos han de pretensionarse. El esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión F_u , de los tornillos de alta resistencia, es:

- a) Tornillo A325 de diámetro no mayor de 25mm (1pulg); $F_u = 830$ MPa (8440kg/cm²);
- b) Tornillo A325 de diámetro mayor de 25mm (1pulg); $F_u = 725$ MPa (7380kg/cm²); y
- c) Tornillo A490, de cualquier diámetro $F_u = 1035$ MPa (10550kg/cm²);

3.3.1 TENSIÓN Y CORTANTE COMBINADAS EN CONEXIONES POR APLASTAMIENTO.

Los tornillos y remaches sujetos a tensión y cortante combinados se dimensionaran de manera que la fuerza de tensión de diseño no sea mayor que la resistencia de diseño, $F_R F_t A_b$, donde F_R se tomara igual a 0.75, y el esfuerzo nominal de tensión F_t se determinara con las ecuaciones de la tabla esfuerzos de tensión nominales, F_t , para tornillos o remaches en juntas, por aplastamiento (MPa) kg/cm². Tabla 3.3.1.1 en función de F_v , esfuerzo cortante producido por las cargas de diseño F_v no debe exceder el valor $F_R F_v$ dado en la tabla 3.2.2.1.

3.3.2 TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA EN JUNTAS QUE TRABAJAN POR FRICCIÓN.

El diseño de cortante de tornillos de alta resistencia en juntas que no deben deslizar se hacen de acuerdo con los siguientes incisos (a) o (b), y se revisa por cortante de acuerdo al tema de “Tensión o cortante” ó “Tensión y cortante combinados en conexiones para

aplastamiento”, y por aplastamiento en base a los temas “Tamaños de los agujeros” y “Resistencia al aplastamiento en los agujeros para tornillos”.

a) Conexiones de deslizamiento crítico diseñadas bajo cargas de diseño (factorizadas)

La resistencia de diseño al deslizamiento por tornillo, $F_R r_{str}$ debe ser igual o mayor que la resistencia requerida por tornillo, debida a cargas factorizadas.

$$r_{str} = 1.13 \mu T_b N_S$$

Donde:

T_b =Tensión mínima por tornillos dada en tabla 4.1

N_S =Número de planos de deslizamiento, y

μ =Coeficiente de deslizamiento medio; este puede determinarse por medio de ensayos, o tomar los valores siguientes:

1. $\mu = 0.33$, superficies clase A (superficies de acero sin pintar, libres de escamas de lamiado, o superficies con recubrimiento de clase A sobre acero limpiado con chorro de arena);
2. $\mu = 0.50$, superficies clase B (superficies de acero sin pintar, limpiadas con chorro de arena, o superficies con recubrimientos de clase B sobre acero limpiado con chorro de arena);
3. $\mu = 0.35$, superficie clase C (galvanizadas con superficie rugosa).

F_R Factor de resistencia que se toma igual a:

1. $F_R = 1.0$, para agujeros estándar;
2. $F_R = 0.85$, para agujeros sobredimensionados y alargados cortos;
3. $F_R = 0.70$, para agujeros alargados transversales a la dirección de la carga; o
4. $F_R = 0.60$, para agujeros alargados largos paralelos a la dirección de la carga.

b) Conexiones de deslizamiento crítico diseñadas bajo cargas de servicio.

La resistencia de diseño al cortante por tornillo, $F_R F_v A_b$, bajo cargas de servicio, debe ser igual o mayor que la fuerza cortante que producen esas cargas en cada tornillo.

F_R se tomara igual a 1.0 para agujeros estándar, sobre dimensionados, alargados cortos y alargados largos cuando el agujero alargado es perpendicular o paralelo a la línea de acción de la fuerza.

F_v es la resistencia nominal al cortante de tornillos en conexiones de deslizamiento critico ver la tabla.3.3.2.1. Cuando la combinación de cargas incluye viento o sismo además de las cargas muertas y vivas, la fuerza cortante en el tornillo, producida por las acciones de servicio combinadas, puede multiplicarse por 0.9.

Descripción de los elementos de unión.	La rosca está en el plano de cortante.	La rosca está fuera del plano de cortante.
	410- 2.5 $F_v \leq 310$ (4150- 2.5 $F_v \leq 3200$)	
Tornillos A307	804-2.5 $F_v \leq 620$ (8200-2.5 $F_v \leq 6300$)	804-2.0 $F_v \leq 620$ (8200-2.0 $F_v \leq 6300$)
Tornillos A325	1010-2.5 $F_v \leq 775$ (10300-2.5 $F_v \leq 7900$)	1010-2.0 $F_v \leq 775$ (10300-2.0 $F_v \leq 7900$)
Tornillos A490	0.98 F_u -2.5 $F_v \leq 0.75 F_u$	0.98 F_u -2.0 $F_v \leq 0.75 F_u$
Partes roscadas		
Tornillos A449 con diámetro mayor que 38.1 mm (1 ½ pulg.)		
	407- 2.4 $F_v \leq 314$ (4150- 2.4 $F_v \leq 3200$)	
Remaches A502, Grado 1	540 - 2.4 $F_v \leq 412$ (5500-2.4 $F_v \leq 4200$)	
Remaches A502, Grado 2		

TABLA 3.3.1.1 Esfuerzos de tensión nominales, f_t , para tornillos o remaches en juntas por aplastamiento (mpa) kg./cm².

Tipo de tornillo	Agujeros estándar	Agujeros alargados largos		
		Agujeros sobredimensionados y alargados cortos	Perpendiculares a la línea de acción de la fuerza	Paralelos a la línea de acción de la fuerza
A325	117 (1200)	103 (1050)	83 (840)	69 (700)
A490	145 (1480)	124 (1270)	103 (1050)	90 (915)

¹ Los valores de la tabla están basados en superficies clase A con coeficientes de deslizamiento $\mu = 0.33$.

² Para cada plano de corte.

TABLA 3.3.2.1 Resistencia nominal al cortante, F_v , en mpa (kg/cm^2), de tornillos en conexiones en las que el deslizamiento es crítico^{1,2}

Diámetro nominal del tornillo, d		Agujeros sobredimensionados		Agujeros alargados			
				Perpendiculares al borde		Largos ¹	Paralelos al borde
mm	Pulg.	mm	Pulg.	Cortos	Pulg.		
≤ 22.2	≤ 7/8	1.5	1/16	3.2	1/8		
25.4	1	3.2	1/8	3.2	1/8	0.75d	0
≥ 28.6	≥ 1 1/8	3.2	1/8	4.8	3/16		

¹ Cuando la longitud del agujero es menor que la máxima permisible (véase tabla 3.3), C_1 puede disminuirse en la mitad de la diferencia entre la longitud máxima permisible y la longitud real del agujero.

TABLA 3.3.2.2 Valores del incremento de la distancia al borde, c_1

3.3.3 TENSIÓN Y CORTANTE COMBINADOS EN CONEXIONES POR FRICCIÓN

El diseño de conexiones de deslizamiento crítico sujetas a fuerzas de tensión se hará de acuerdo con los temas Tensión y cortante combinados en conexiones por fricción incisos a) y b) o con el tema Tornillos de alta resistencia en juntas que trabajan por fricción incisos a), y b).

- a) Conexiones de deslizamiento crítico diseñadas bajo cargas factorizadas.

Cuando una conexión de deslizamiento crítico está sujeta a una fuerza de tensión T_U que reduce la fuerza de apriete, el coeficiente de resistencia $F_R r_{str}$, calculada de acuerdo con el inciso a) del tema Tornillos de alta resistencia en juntas que trabajan por fricción, debe multiplicarse por el factor $1 - T_U/(1.13 T_b N_b)$, donde T_b es la pretensión mínima en el tornillo tabla 3.2.1.1, y N_b es el número de tornillos que resisten la fuerza de tensión factorizada T_U .

- b) Conexiones de deslizamiento crítico diseñadas bajo cargas de servicio.

Cuando una conexión de deslizamiento crítico está sujeta a una fuerza de tensión T que reduce la fuerza de apriete, la resistencia al deslizamiento por tornillo, $F_R F_v A_b$, calculada según el inciso b) del tema Tornillos de alta resistencia en juntas que trabajan por fricción, deben multiplicarse por el factor $1 - T/(0.8T_b N_b)$, donde T_b se ha definido arriba, y N_b es el número de tornillos que resisten la fuerza de tensión de servicio T .

3.3.4 RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO EN LOS AGUJEROS PARA TORNILLOS.

La resistencia al aplastamiento en agujeros para tornillo es $F_R R_n$, donde F_R se toma igual a 0.75 y R_n es la resistencia nominal al aplastamiento del material conectado, que se calcula como se indica más adelante.

La resistencia al aplastamiento debe revisarse en los dos tipos de conexiones con tornillos de alta resistencia, por aplastamiento y de deslizamiento crítico.

Los agujeros sobredimensionados y alargados, cortos o largos, paralelos a la línea de fuerza, solo pueden utilizarse conexiones por fricción, de acuerdo con el tema de tamaño de los agujeros.

En las ecuaciones siguientes:

L_c =Distancia libre, en la dirección de la fuerza, entre el borde de un agujero y el borde del agujero adyacente o del material;

d = diámetro nominal del tornillo

F_u =Esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión del material conectado; y

t =grueso de la parte conectada crítica.

R_n Se determina como sigue:

- a) Para un tornillo en una conexión para agujeros estándar sobredimensionados o alargados cortos, independientemente de la dirección de la carga, o con agujeros alargados largos paralelos ala dirección de la fuerza de aplastamiento.

Si la deformación alrededor de los agujeros, bajo cargas de servicio, es una consideración de diseño,

$$R_n = 1.2L_c tF_u \leq F_u \leq 2.4dtF_u$$

Si no lo es

$$R_n = 1.5L_c tF_u \leq 3.0dtF_u$$

- b) Para un tornillo en una conexión con agujeros alargados largos perpendiculares a la línea de fuerza,

$$R_n = 1.0L_c tF_u \leq 2.0dtF_u$$

La resistencia total al aplastamiento de una conexión es igual a la suma de las resistencias al aplastamiento de los tornillos individuales que hay en ella.

3.4 RESISTENCIA DE DISEÑO DE RUPTURA

3.4.1 RUPTURA AL CORTE.

La resistencia de diseño correspondiente al estado límite de ruptura a lo largo de una trayectoria de falla por cortante, en los elementos afectados en los miembros conectados, es igual a $F_R F_n A_{nc}$, donde F_R , se tomara igual a 0.75, $F_n = 0.60 F_u$, y A_{nc} es el área neta de corte a lo largo de la trayectoria de falla.

3.4.2 RUPTURA POR TENSIÓN.

La resistencia de diseño correspondiente al estado límite de ruptura a lo largo de una trayectoria de falla por tensión, en los elementos afectados de los miembros conectados, es igual a $F_R F_n A_{nt}$, donde F_R , se toma igual a 0.75, $F_n = F_u$, y A_{nt} es el área neta sujeta a tensión.

3.4.3 RESISTENCIA DE RUPTURA EN BLOQUE POR CORTANTE Y TENSIÓN.

En el estado límite de ruptura en bloque por cortante y tensión la resistencia es igual la suma de las resistencias de ruptura en una o más trayectorias de cortante y la resistencia a la ruptura en tensión en un segmento perpendicular a ellas. Debe revisarse en los extremos de vigas en los que haya cortado un patín para conectarlas, y en situaciones similares, como conexiones de miembros en tensión y placas de nudo.

Cuando se emplea la resistencia de ruptura en la sección neta para determinar la resistencia de un segmento, en el perpendicular a él se utiliza el esfuerzo de fluencia en la sección total.

La resistencia por ruptura del bloque por cortante y tensión, $F_R R_n$, se determina como sigue:

a) Si $F_u A_{nt} \geq 0.60 F_u A_{nc}$

$$F_R R_n = F_R (0.6 F_y A_{tc} + F_u A_{nt}) \leq F_R (0.6 F_u A_{nc} + F_u A_{nt})$$

b) Si $F_u A_{nt} < 0.60 F_u A_{nc}$

$$F_R R_n = F_R (0.6 F_u A_{nc} + F_y A_{tt}) \leq F_R (0.6 F_u A_{nc} + F_u A_{nt})$$

Donde:

F_R Se toma igual a 0.75;

A_{tt} Área total sujeta a tensión

A_{tc} Área total sujeta a cortante

A_{nt} Área total sujeta a tensión; y

A_{nc} Área neta sujeta a cortante

3.4.4 ELEMENTOS DE CONEXIÓN.

Esta sección se aplica al diseño de elementos de conexión, como placas de nudo en armaduras, ángulos, ménsulas, y la zona común a los dos miembros en las conexiones viga-columna.

3.4.5 RESISTENCIA DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONEXIÓN EN TENSIÓN.

La resistencia de diseño, $F_R R_n$, de elementos de conexión cargados estáticamente en tensión (por ejemplo, placas de nudo y de empalme) soldados, atornillados o remachados, es el valor más pequeño de los correspondientes a los estados límite de flujo plástico o ruptura en tensión, o de ruptura en bloque de cortante.

- Cuando el elemento fluye en tensión, F_R se toma igual a 0.9, $R_n = A_t F_y$;
- Cuando el elemento se fractura en tensión, F_R se toma igual a 0.75, $R_n = A_n F_u$; donde A_n es el área neta, que no debe tomarse mayor que $0.85 A_t$; y
- Para ruptura en bloque de cortante, véase el subtema "Resistencia de ruptura en bloque por cortante y tensión".

3.4.6 OTROS ELEMENTOS DE CONEXIÓN.

Se determinara la resistencia de diseño, $F_R R_n$, correspondiente al estado limite aplicable, que deberá ser igual o mayor que la resistencia requerida. R_n es la resistencia nominal apropiada a la geometría y tipo de carga del elemento de conexión. Para flujo plástico por cortante,

$$R_N = 0.60 A_t F_y$$

Donde F_R se toma igual a 0.9.

3.4.7 EMPALMES.

Las uniones entre tramos de vigas y trabes armadas realizadas por medio de soldaduras de penetración deben desarrollar la resistencia completa de la menor de las secciones empalmadas. Si se usan otros elementos de unión, las conexiones deberán desarrollar, cuando menos, la resistencia requerida para transmitir las fuerzas existentes en la sección donde se haga el empalme.

3.4.8 RESISTENCIA DE DISEÑO POR APLASTAMIENTO.

La resistencia de diseño de superficies que transmiten fuerzas por aplastamiento de una en otra es $F_R R_n$, donde F_R se toma igual a 0.75 y R_n se define enseguida para varios casos.

- a) Superficies cepilladas o con un acabado semejante.

Para superficies cepilladas, pasadores en agujeros escariados o barrenados, y extremos ajustados de atiesadores de apoyo:

$$R_n = 1.8 F_y A_a$$

- b) Rodillos o mecedoras en apoyos libre.

Si $d \leq 600\text{mm}$

$$R_n = 1.2(F_y - 900)l \quad d/20$$

Si $d > 600\text{mm}$

$$R_n = 9.3(F_y - 900)l \sqrt{d/20}$$

Donde:

F_y , Menor de los esfuerzos de fluencia de los dos materiales en contacto, en kg/cm^2 .

A_a Área de aplastamiento;

d diámetro del rodillo o la mecedora, en cm y;

l longitud de aplastamiento, en cm ;

R_n se obtiene en kg .

3.4.9 CONEXIONES RÍGIDAS ENTRE VIGAS Y COLUMNAS.

Las recomendaciones de esta sección son aplicables al diseño de conexiones entre vigas y columnas en estructuras del tipo I. Pueden ser soldadas o de alta resistencia.

CAPITULO IV. EJERCICIOS

EJERCICIO 1.- Encontrar el valor del cortante del tornillo de los siguientes ejemplos, usando orificios estándar (STD) de tornillo:

- Un tornillo A307, de $\frac{3}{4}$ pulg. de diámetro en cortante simple figura 2.6.1.
- Un tornillo A325 de alta resistencia en una conexión a fricción, de $\frac{3}{4}$ pulg. de diámetro en doble cortante figura 2.6.2.

Solución a

1.-El área del tornillo es $\pi d^2 / 4$.

$$A_v = \frac{3.14 (0.75)^2}{4} = 0.4418 \text{ pulg.}^2$$

2.-Seleccionar el esfuerzo cortante permisible en la tabla 2.6.1 Para un A307 tipo aplastamiento.

$$F_v = 10 \text{ k/pulg.}^2$$

3.- BV_s (cortante simple) = $F_v A_v$

$$BV_s = 10(0.4418) = 4.42 \text{ kips}$$

Solución b

1.- El área del tornillo de $\frac{3}{4}$ pulg es 0.4418 pulg.^2

2.- En la tabla 2.6.1 para A325 F

$$F_v = 17.5 \text{ K/pulg}^2$$

3.- BV_s (doble cortante) = $2 F_v A_v$

$$BV_s = 2(17.5)0.4418 = 15.46 \text{ kips.}$$

Los tres tamaños de sujetador estándar de uso más frecuente en edificios de acero son $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$ y 1 pulg.

EJERCICIO 2.- Encontrar el valor limitante del tornillo para el tornillo de $\frac{3}{4}$ de pulg. de la figura 2.6.2. El metal base es de acero A36 y los tornillos son de acero A325 de alta resistencia. La conexión es de tipo aplastamiento, con rosca en el plano cortante. Suponer orificios estándar (STD) y distancias de extremo para esfuerzo máximo de aplastamiento.

Solución

1.- Calcular el valor del tornillo al cortante. El vástago del tornillo está sometido a doble cortante y el área de un tornillo de $\frac{3}{4}$ de pulg es de 0.442 pulg.^2

En la tabla 2.6.1, $F_v = 21 \text{ K/pulg}^2$,

$$BV_s (\text{doble cortante}) = 2 F_v A_v$$

$$= 2(21)0.442$$

$$= 18.6 \text{ kips}$$

2.- Calcular el valor del tornillo por aplastamiento. El espesor combinado de las dos placa es de $\frac{1}{2}$ pulg el cual es menor que el de la placa de $\frac{5}{8}$ pulg, por lo tanto es determinante. El área de aplastamiento es,

$$0.5 (0.75) = 0.375 \text{ pulg.}^2$$

Asimismo,

$$F_p = 1.5 F_u = 1.5 (58) = 87 \text{ K/pulg.}^2$$

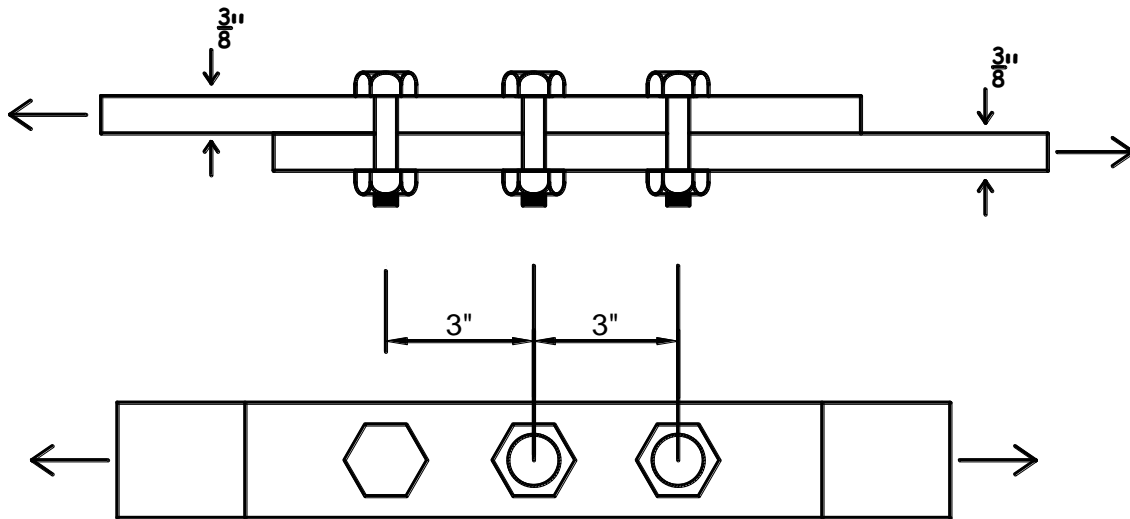
Por lo tanto,

$$BV_b (\text{apoyo}) = F_p A_b = 87 (0.375) = 32.6 \text{ kips}$$

3.- Establecer el valor limitante. El valor limitante será menor de los cálculos del cortante y aplastamiento, es decir,

$$BV = 18.6 \text{ kips.}$$

EJERCICIO 3.- Encontrar el valor limitante de tornillo de los tornillos de 1 pulg. de la siguiente figura.



El metal base es acero A36 y los tornillos son A490. La conexión es de aplastamiento con rosca fuera del plano de cortante, y los agujeros son estándar. Calcular la distancia necesaria al extremo.

Solución

1.- Determinar el valor al cortante del tornillo. El vástago del tornillo está sujeto al cortante simple y el área de un tornillo de una pulgada es 0.79 pulg.^2

En la tabla 2.6.1, $F_v = 40 \text{ k/pulg.}^2$; por lo tanto,

$$BV_v = F_v A_v = 40(0.79) = 31.6 \text{ kips.}$$

2.- Calcular el valor de aplastamiento del tornillo. La máxima presión de aplastamiento es

$$F_p = 1.5 F_u = 1.5 (58) = 87 \text{ k/pulg.}^2$$

La presión de aplastamiento basada en el espaciamento del sujetador es

$$F_p = \frac{L_e F_u}{2d}$$

Donde

$$L_e = 3 - \frac{1.125}{2} = 2.44$$

Y

$$F_p = \frac{2.44(58)}{2(1)} = 70.8 \text{ k/pulg}^2 \text{ (determinadamente)}$$

El área de aplastamiento es $A_v = 1(0.375) = 0.375 \text{ pulg.}^2$ Por lo tanto,

$$BV_b = F_p A_b = 70.8(0.375) = 26.6 \text{ kips.}$$

3.- El valor limitante del tornillo es por aplastamiento es decir, $BV = 26.6 \text{ kips.}$

4.- Usando $P = 26.6 \text{ kips}$, calcular la distancia necesaria al extremo.

$$L_e = \frac{2P}{tF_u} = \frac{2(26.6)}{0.375(58)} = 2.45 \text{ pulg.}$$

Esta distancia al extremo es mayor que la mínima listada en la tabla 2.2 y, por tanto, se debe especificar.

EJERCICIO 4.- Calcular la fuerza máxima permisible P para el empalme a tensión de la figura 2.8.2 b), determinada a partir de la sección neta, si el acero es A36 y se usan tornillos de $\frac{3}{4}$ pulg. Omitir el esfuerzo cortante y de aplastamiento. Los miembros tienen 7 pulg. de ancho y $\frac{1}{2}$ pulg. de espesor.

Solución 1

1.- Determinar cursos posibles de falla ante la tensión. Estos están indicados por las líneas punteadas A B D E Y A B C D E.

2.- Aplicando la formula de la sección neta, determinar el área para cada curso.

Curso A B D E:

$$A_{net} = t(w - nd) = \frac{1}{2} \left[7 - 2 \left(\frac{7}{8} \right) \right]$$

$$= 2.63 \text{ pulg.}^2$$

Curso A B C D E:

$$A_{net} = t \left(w - nd + \Sigma \frac{S^2}{4g} \right)$$

$$= 0.5 \left[7 - 3(0.875) + \frac{1.75^2}{4(2.25)} + \frac{1.75^2}{4(2.25)} \right]$$

$$= 0.5 [(7 - 2.63) + 0.34 + 0.34]$$

$$= 2.53 \text{ pulg}^2$$

3.- Calcular la sección neta máxima usando el 85 por ciento de la sección bruta

$$A_{m\acute{a}x.} = 0.85 (0.5)7 = 2.98 \text{ pulg.}^2$$

4.- Calcular el área neta efectiva. En este ejemplo, usando placas, no se aplica el coeficiente C_t , y $A_{(m\acute{a}x)}$ es mayor que el A_{neta} . Por lo tanto, A_e es igual a la A_{neta} más pequeña, es decir,

$$A_e = 2.53 \text{ pulg.}^2$$

5.- Calcular la máxima fuerza de tensión basada en el área neta efectiva.

$$P_t = A_e 0.5F_u = 2.53 (0.5)58 = 73.4 \text{ kips.}$$

6.- Calcular la máxima fuerza de tensión basada en el área bruta $A_g = 0.5 (7) = 3.5 \text{ pulg.}^2$

$$P_t = A_e 0.6F_y = 3.5 (0.6)36 = 75.6 \text{ kips.}$$

7.- La fuerza de tensión limitante es de 73.4 kips.

EJERCICIO 5.- Determinar la carga (P) que la junta mostrada en la figura 2.9.1 puede transmitir si se usan tornillos A325 de $\frac{3}{4}$ de pulg. y el metal base es acero A36. Los tornillos son tipo aplastamiento, y las roscas no sobresalen de los planos de cortante. Se usan orificios estándar. Calcular la distancia al extremo necesaria tanto para las placas interiores como las exteriores.

Solución 1

1.- Calcular el valor de uno de los tornillos sujetos a doble cortante. El área de cortante de un Tornillo de $\frac{3}{4}$ pulg. es de 0.4418 pulg.². En la tabla 2.6.1, la resistencia al cortante de los tornillos es de 21 k/pulg.²

$$\begin{aligned} BV_v \text{ (doble cortante)} &= 2 F_v A_v \\ &= 2 (21) 0.4418 \\ &= 18.6 \text{ k/pulg}^2 \end{aligned}$$

2.- Calcular el valor de uno de los tornillos por aplastamiento. Las dos placas exteriores tienen un espesor total de $\frac{5}{8}$ pulg. en comparación con $\frac{1}{2}$ pulg. de la placa interior. Por lo tanto, el aplastamiento en la placa interior es determinante, y el área de aplastamiento es $(\frac{1}{2})(\frac{3}{4}) = 0.375$ pulg.²

$$\begin{aligned} BV_b \text{ (apoyo)} &= 1.5 F_u A_b \\ &= 1.5 (58) 0.375 \\ &= 32.6 \text{ k/pulg}^2 \end{aligned}$$

3.- De los pasos (1) y (2), el valor limitante de un sujetador está determinado por el cortante y es de 18.6 kips. Dos tornillos transfieren la carga a las placas exteriores; por lo tanto, la carga total (P) que los tornillos pueden transmitir es

$$P = 2(18.6) = 37.2 \text{ k/pulg}^2$$

4.- Al calcular la sección neta, se observa de nuevo que el espesor total de las dos placas de $\frac{5}{16}$ pulg. es mayor que el de la placa de $\frac{1}{2}$ pulg. Por lo tanto, la placa de $\frac{1}{2}$ pulg. tendrá la menor sección neta. El orificio es $\frac{1}{8}$ de pulg. mayor que el tamaño del tornillo y la sección neta es igual a

$$A = t(w - nd) = 0.5 (6.75 - 2(0.875))$$

$$= 2.5 \text{ pulg}^2$$

Y $A_{\text{máx.}} = 0.85 (6.75) 0.5 = 2.87 \text{ pulg}^2$

Por lo tanto, usar el valor más pequeño ($A_{\text{neta}} = 2.5 \text{ pulg}^2$).

5.- La carga tensil total (P_t) determinada por la sección neta efectiva es

$$P_t = 0.5 (58) 2.5 = 72.5 \text{ kips}$$

6.- La carga tensil total (P_t) determinada por la sección bruta, es

$$P_t = 0.6 F_Y A_g = 0.6(36)0.5(6.75) = 72.9 \text{ k/pulg}^2$$

7.- El valor limitante de P es el establecido por el cortante sobre el tornillo paso (3) y es de 37.2 kips.

8.- Como cada tornillo desarrolla 18.6 kips, la mínima distancia al extremo para la placa interior es

$$L_e = \frac{2 (18.6)}{0.5 (58)} = 1.28 \text{ pulg}^2$$

Que es mayor que la que aparece en la tabla 2.7.1 y, por tanto, se adoptará, aumentando la dimensión al próximo octavo de pulgada, o sea 1 3/8 pulg.

9.- Cada placa exterior aporta la mitad del valor del tornillo, o sea 18.6/2 = 9.3 kips. Por lo tanto, su distancia mínima al extremo es

$$L_e = \frac{2 (9.3)}{0.31 (58)} = 1.03 \text{ pulg.}$$

Distancia que es menor que la que aparece en la tabla 2.7.1 del borde sujeto al cortante; por lo tanto se adopta una distancia al extremo de 1 ¼ pulg. para las placas exteriores.

Solución 2 Nota: En la solución 1 se muestra el método general para resolver problemas de este tipo. El siguiente método, que comprende el uso de tablas de sujetadores, es el de uso más frecuente en la práctica.

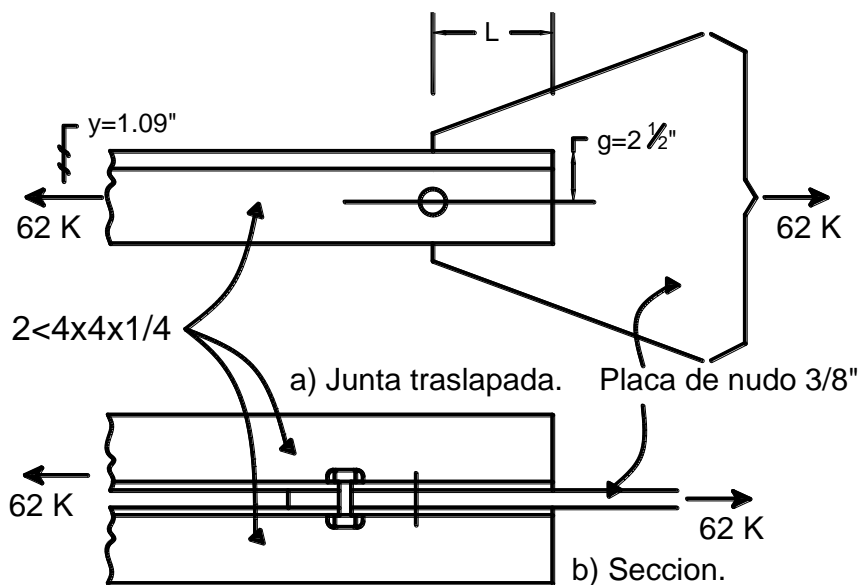
1.- Calcular el valor del tornillo. En las tablas de cargas cortante para "Tornillos, partes roscadas y remaches" para un tornillo A325 de $\frac{3}{4}$ d pulg, de tipo aplastamiento sujeto a doble cortante, con la rosca en el plano de cortante, $BV_s = 18.6$ kips. En la tabla de carga por aplastamiento $F_u = 58$ k/pulg.² (acero A36) y para tornillos de $\frac{3}{4}$ de pulg. sobre placas de $\frac{1}{2}$ pulg., $BV_b = 32.6$ kips cuando el espaciamiento no determina la resistencia por aplastamiento. El menor de los dos, cortante o aplastamiento, limita la capacidad del valor del tornillo.

2.- Calcular la carga (P) que se puede transmitir por los dos tornillos.

$$P = 2(18.6) = 37.2 \text{ k/pulg}^2$$

3.- Calcular la sección neta y la distancia al extremo como se vio en los pasos (1 al 9) de la solución 1.

EJERCICIO 6.- En siguiente figura se muestra una típica conexión de puntal y placa usada en la construcción de armaduras. Los dos ángulos montados en la placa soportan una carga de tensión total de 62 kips. El acero base (ángulos y placa) es A572, grado 65. Diseñar la conexión usando tornillos de alta resistencia de $\frac{3}{4}$ pulg. A490, en una conexión a fricción con orificios estándar.



Solución

En el inciso a) de la figura anterior, el centroide de los ángulos y , por lo tanto, la línea de acción de la carga de 62 kips, se representan con el símbolo y . Esta distancia se incluye en el manual del IMCA y es de 1.09 pulg. para 2L 4 X 4 X ¼. Por lo tanto, la línea de acción para este tamaño de ángulo no coincide exactamente con la línea de tornillos situada a una distancia de gramil de 2 1/2 pulg; sin embargo el grado de excentricidad es lo bastante pequeño que permite suponer una carga excéntrica.

1.- Calcular el valor del tornillo con base en el cortante.

$$BV_s = 19.4 \text{ K/pulg.}^2$$

2.- Calcular el valor del tornillo con base en el aplastamiento. Para el tipo de acero especificado, $F_u=80 \text{ k/pul.}^2$. En las tablas de cargas por aplastamiento del manual IMCA no se listan valores para este caso; por lo tanto, se debe calcular el área de aplastamiento. El área limitante será la de la placa de 3/8 de pulg.

$$A_b = 0.375 (0.75) = 0.28 \text{ pulg.}^2$$

Suponiendo un espaciamiento de 3 pulg., calcular L_e .

$$L_e = 3 - 0.44 = 2.56 \text{ pulg.}^2$$

El esfuerzo de aplastamiento permisible basándose en el aplastamiento es

$$F_p = \frac{2.56 (80)}{2 (0.75)} \cong 137 \text{ K/pie}$$

Sin embargo, el esfuerzo de aplastamiento máximo permisible es

$$F_p = 1.5 (80) = 120 \text{ ksi}$$

Por lo tanto, el valor del tornillo por aplastamiento es

$$BV_b = 0.28 (120) = 33.6 \text{ kips.}$$

El cual no se puede usar debido a que es mayor que el valor basado en el cortante.

3.- Calcular el número de tornillos que se necesita

$$n = \frac{62}{19.4} = 3.2 ; \text{ usar cuatro tornillos}$$

4.- Revisar la sección bruta y revisar la sección neta. La fuerza tensil máxima basándose en la sección bruta es

$$P_t = 0.6 F_y A_g$$

$$P_t = 0.6 (65)3.88 = 151 \text{ k/pulg}^2$$

Que es mayor que la carga aplicada de 62 kips; por lo tanto, se acepta.

La sección neta es el área bruta menos dos orificios de 7/8 pulg. de material de 1/4 pulg. de espesor.

$$A_{\text{neto}} = 3.88 - 2 (7/8) 1/4 = 3.44 \text{ pulg.}^2$$

Sin embargo, el área neta máxima está limitada al 85 por ciento de la bruta; por lo tanto

$$A_{\text{neto}} = 0.85 (3.88) = 3.30 \text{ pulg.}^2$$

Asimismo, como solo una ala de cada ángulo está sujeto a la placa $C_t = 0.85$. Por lo tanto, es área neta efectiva es

$$A_e = 0.85 (3.3) = 2.8 \text{ pulg.}^2$$

Esta es mayor que la carga aplicada de 62 kips, y se acepta.

$$P_t = 0.5 F_u A_e$$

$$P_t = 0.5 (80)2.8 = 112 \text{ kips}$$

5.- Establecer la distancia al extremo y calcular la longitud de la conexión. El aplastamiento de un tornillo en comparación con la placa de 3/8 pulg. es $62/4 = 15.5$ kips, y

$$L_e = \frac{2(15.5)}{0.375 (80)} = 1.03 \text{ pulg.}$$

Usar 1 ¼ pulg. Tabla 2.7.1

El aplastamiento de un tornillo en comparación con el ángulo de ¼ pulg. es $15.5/2 = 7.75$ kips, y

$$L_e = \frac{2(7.75)}{0.25 (80)} = 0.78 \text{ pulg.}$$

Usar 1 ¼ pulg. (tabla 2.2)

Se ve que la longitud total de la conexión es

$$L = 3(3) + 2(1 \frac{1}{4}) = 11 \frac{1}{2} \text{ pulg.}$$

EJERCICIO 7.- Diseñar la conexión a base de ángulos entre una trabe W 16 X40 y el patín de una columna W 10 X 33, ambas de acero A36. La reacción en el extremo es de 42 kips. Usar tornillos A 325 de ¾ de pulg. en una conexión tipo aplastamiento con rosca dentro del plano de cortante y agujeros estándar.

Solución

1.- Calcular el valor limitante del tornillo para el ala conectada.

$$BV_s = 2(21)0.442$$

$$= 18.6 \text{ kips}$$

$$BV_b = 1.5(58)0.75(0.305)$$

$$= 19.9 \text{ kips}$$

El valor limitante del tornillo es 18.6 kips, y el espesor mínimo del ángulo es $0.5 (0.305) = 0.153$ pulg; usar ¼ pulg.

2.- Calcular el número de tornillos necesarios en el ala conectada.

$$n = \frac{42}{18.6} = 2.26 ; \text{ Se necesitan 4 tornillos}$$

3.- Calcular el valor limitante del tornillo del ala sobresaliente.

$$BV_s = 21(0.442)$$

$$= 9.28 \text{ kips}$$

$$BV_b = 1.5(58)0.75(0.25)$$

$$= 16.31 \text{ kips}$$

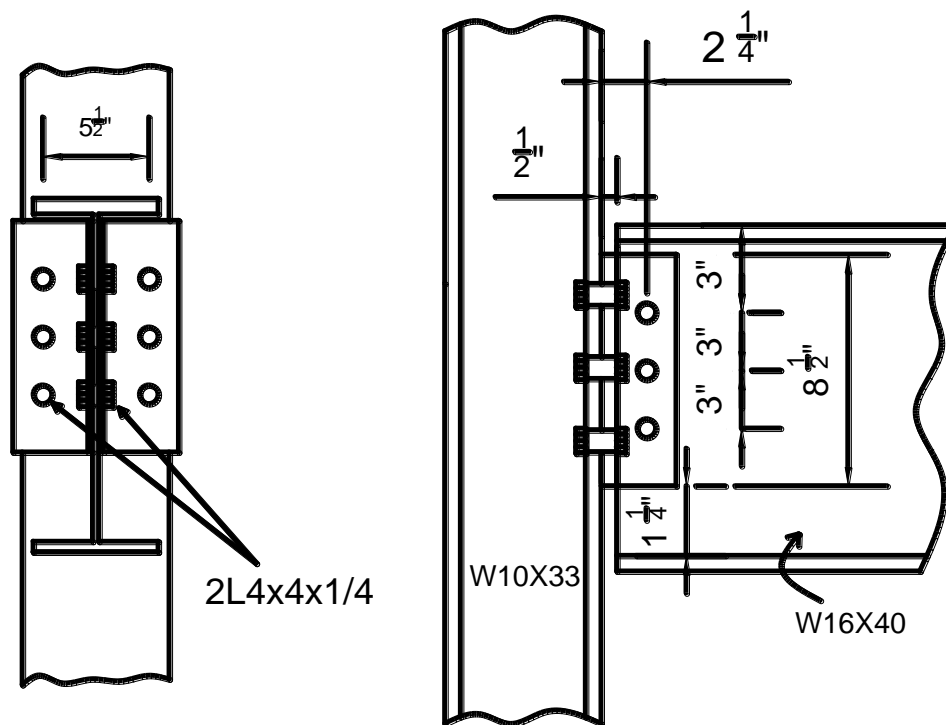
El valor limitante del tornillo es 9.28 kips.

4.- Calcular el número necesario de tornillos en el ala sobresaliente

$$n = \frac{42}{9.28} = 4.53; \text{ se necesitan 5 tornillos, pero por simetría usar 6.}$$

5.- Seleccionar una distribución adecuada para los tornillos y diseñar la junta de acuerdo con los detalles mostrados en la figura 2.10.1.

La sección **W** 16 x 40 tiene un peralte de " T" de 13 5/8 pulg; por lo tanto, la longitud del ángulo está limitada a 13 5/8 pulg. Sin embargo, esto es adecuado para tres sujetadores en una fila. En la siguiente figura se muestra una distribución correcta, usando cuatro sujetadores en cada ala.



6.- Revisar el cortante en el área bruta de los ángulos

$$F_v = 0.4 (36) = 14.4 \text{ k/pulg}^2$$

Hay dos ángulos, cada uno de 8 1/2 pulg. de largo. El espesor requerido por cortante es

$$t = \frac{42}{14.5 (2)8.5} = 0.17 \text{ pie}$$

El espesor de ángulo de $\frac{1}{4}$ pulg. es satisfactorio.

EJERCICIO 8.- Diseñar la conexión con una placa de extremo en cortante entre una viga **W** 14 X 34 y el patín de una columna **W** 8 X 28, ambas de acero A36. La reacción en el extremo es de 43 kips. Usar tornillos A325 de $\frac{3}{4}$ pulg. en una conexión tipo aplastamiento con la rosca dentro del plano de cortante y orificios estándar.

Solución

1.- Calcular el valor del tornillo en cortante simple.

$$BV_s = 9.3 \text{ kips}$$

2.- Establecer el espesor de la placa mediante el cálculo de un espesor y espaciamiento de tornillos tal que asegure que el cortante determine el valor del tornillo. En las tablas de tornillos (aplastamiento), los de acero A36 de $\frac{3}{4}$ pulg. y espaciamiento de 3 pulg, con espesor de $\frac{3}{16}$ pulg. tienen un valor de tornillo de 12.2 kips que se podrían adoptar. Sin embargo, para permitir la soldadura adecuada en el alma de la viga, se seleccionará una placa de $\frac{1}{4}$ pulg.

3.- Calcular el número necesario de tornillos

$$n = \frac{43}{9.3} = 4.62; \text{ se necesitan } 6 \text{ tornillos}$$

4.- Revisar el peralte de la placa en función de las dimensiones de la viga y otros detalles.

Peralte de la viga

$$L = 2 (3) + 2 (1 \frac{1}{4}) = 8 \frac{1}{2} \text{ pulg.}$$

Peralte permisible de la placa

$$T = 12 \text{ pulg.}$$

Como $8 \frac{1}{2} < 12$ pulg. está correcto. (Para más detalles, véase la figura 2.11.1.

EJERCICIO 9.- Diseñar una conexión de asientos de viga similar a la figura 2.12.2 para una viga **W 12 X 26** con reacción de 21 kips y una columna **W 8 X 31**, ambas de acero A36. Usar tornillos A325 de $\frac{3}{4}$ pulg. en la conexión tipo aplastamiento con rosca en el plano de cortante y orificios estándar.

Solución

1.-Calcular la longitud del soporte extremo (N) necesario para evitar el aplastamiento del alma.

$$N = \frac{R}{0.75 F_Y t} - k$$

$$= \frac{21}{0.75(36)0.23} - \frac{7}{8}$$

$$= 2.51 < 3 \frac{1}{4} \text{ pulg.; usar } 4 \text{ pulg.}$$

Nótese que el valor de t es el espesor del alma de la viga.

2.- Calcular la excentricidad.

$$e_b = \frac{1}{2} + \frac{2.51}{2} - t - \frac{3}{8} = 1.38 - t$$

3.- Hay dos valores desconocidos para el asiento de la viga, el espesor (t) y de la anchura (b). Es necesario darle un valor supuesto a uno antes de evaluar el otro. Algunos diseñadores prefieren estimar valores para ambos y revisarlos comparando $f_{m\acute{a}x}$ con $0.75 F_Y$. En la solución que se ilustra aquí, suponer un ancho igual al del patín de la columna, o sea 8 pulg.

$$0.75 F_Y = \frac{e_b R}{bt^2/6}$$

$$0.75 (36) = \frac{(1.38-t) 21}{8t^2/6}$$

Resolviendo para t

$$0.75 (36)8 (t^2) = (1.38-t)21(6)$$

$$216t^2 = 174 - 126t$$

$$t^2 + 0.58t = 0.81$$

Completando el cuadro

$$t^2 + 0.58t \left(\frac{0.58}{2}\right)^2 = 0.81 + \left(\frac{0.58}{2}\right)^2$$

$$(t + 0.29)^2 = 0.89$$

$$t + 0.29 = \pm 0.95$$

$$t = 0.66 \text{ pulg.}; \text{ usar } \frac{3}{4} \text{ pulg.}$$

4.- Determinar el valor limitante del tornillo.

$$BV_s = 9.3 \text{ kips}$$

$$BV_b (7/16 \text{ pulg}) = 28.5 \text{ kips}$$

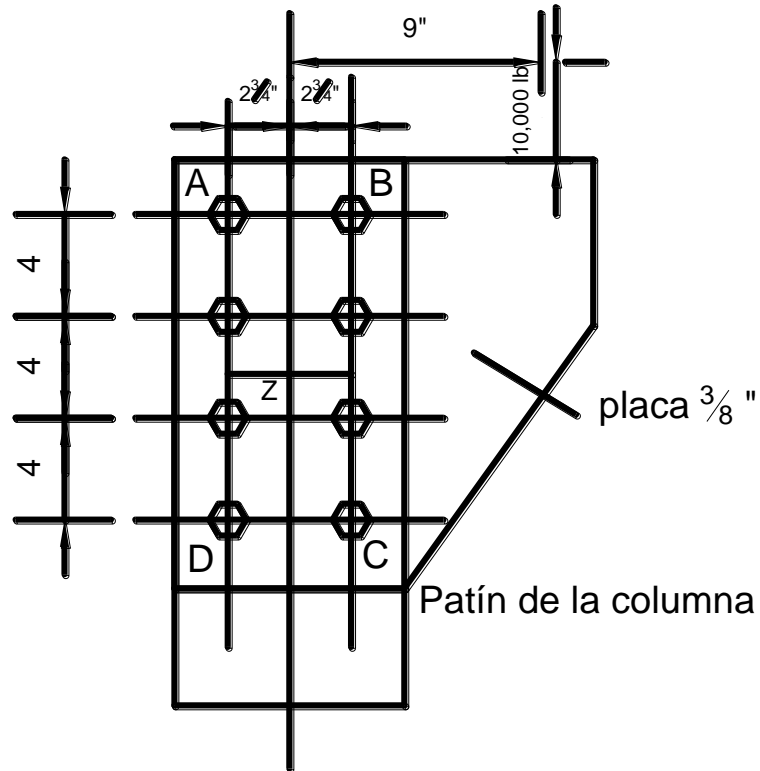
$$BV = 9.3 \text{ kips}$$

5.- Calcular el número de tornillos necesarios en el ala conectada.

$$n = \frac{21}{9.3} = 2.26; \text{ se necesitan 4 tornillos}$$

6.- Detallar la conexión. Usar un angulo de asiento de 8 X 4 X $\frac{3}{4}$ pulg, con cuatro tornillos A325-N de $\frac{3}{4}$ pulg. Con una distribución similar a la del tipo B figura 2.10.2

EJERCICIO 10.-Calcular el esfuerzo resultante sobre el tornillo B en la conexión excéntrica de la siguiente figura. Comparar este esfuerzo con el valor permisible si se usan tornillos A307 de $\frac{3}{4}$ pulg. La placa de acero A36 y el patín de la columna tienen cada uno $\frac{3}{8}$ pulg. de espesor.



Solución

1.- El centro de gravedad del grupo de tornillos está en Z. Calcular el valor de f_o .

$$\Sigma x^2 = 8 \left(2\frac{3}{4}\right)^2 = 60.5 \text{ pulg.}^2$$

$$\Sigma y^2 = [4(6)^2] + [4(2)^2] = 160 \text{ pulg.}^2$$

$$f_o = \frac{P_e}{\Sigma x^2 y^2}$$

$$= \frac{10000(9)}{220.5} = 408 \text{ Lb por pulg.}$$

2.-Calcular el esfuerzo de torsión (f_T) en el tornillo B. La distancia de B a Z es

$$d = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{2.75^2 + 6^2} = 6.6 \text{ pulg.}$$

y el esfuerzo de torsión es

$$f_t = f_o d = 408 (6.6) = 2690 \text{ lb}^{\nearrow}$$

3.- Descomponer el esfuerzo de torsión en sus componentes vertical y horizontal. (Debe tenerse presente que la dirección del esfuerzo de torsión forma un ángulo recto respecto a la línea que une B y Z). La componente horizontal es

$$2690(6.0/6.6) = 2450 \text{ lb,}$$

Y la componente vertical es

$$2690(2.75/6.60) = 1120 \text{ lb.}$$

4.- El esfuerzo vertical uniforme en el tornillo es

$$\frac{10,000}{8} = 1250 \text{ lb}^{\uparrow}$$

La componente vertical total es

$$1250 + 1120 = 2370 \text{ lb}^{\uparrow}$$

El esfuerzo resultante es

$$R = \sqrt{V^2 + H^2} = \sqrt{2370^2 + 2450^2} = 3410 \text{ lb}$$

EJERCICIO 11.- En la conexión mostrada en la figura 2.15.2, supóngase que $P=40$ kips y $e = 7$ pulg. Determinar si los tornillos de $\frac{3}{4}$ de pulg. serán adecuados, si estos son A325 y la conexión es de aplastamiento, con rosca en el plano cortante y espaciados a 3 pulg. Verticalmente.

Solución

1.- Calcular el momento de inercia de las áreas de los tornillos.

$$\begin{aligned}
 I_s &= 0.442[4(1.5)^2 + 4(4.5)^2] \\
 &= 0.442(9 + 81) \\
 &= 39.8 \text{ pulg.}^4
 \end{aligned}$$

2.- Determinar el esfuerzo de tensión en los tornillos superiores.

$$F_t = \frac{40(7)4.5}{39.8} \cong 31.7 \text{ k/pulg.}^2$$

3.- Determinar el esfuerzo cortante promedio en los tornillos.

$$F_v = \frac{40}{8(0.442)} \cong 11.3 \text{ k/pulg.}^2$$

4.- Calcular los esfuerzos permisibles. En la tabla 2.15.1 la formula para tensión es

$$F_t = 55 - 1.8 f_v \leq 44$$

$$F_t = 55 - 1.8 (1.33) = 34.7 \text{ k/pulg.}^2$$

También en la tabla 2.6.1, el esfuerzo cortante permisible es 21 k/pulg.²

5.- Comparar los esfuerzos reales con los permisibles.

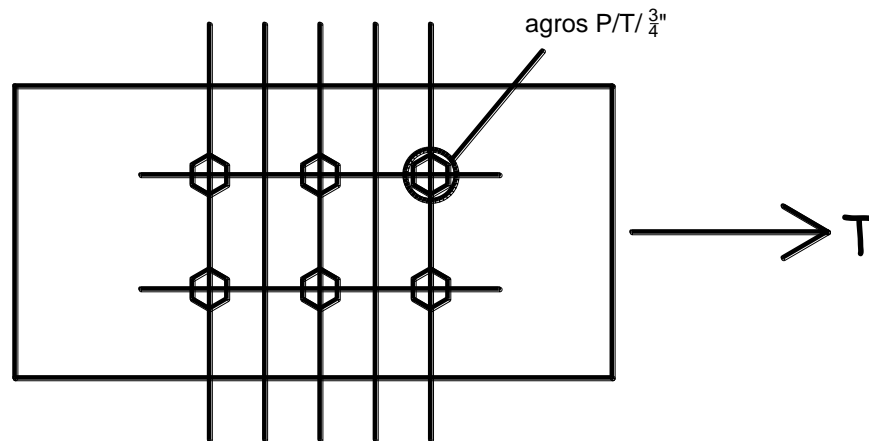
Como $11.3 < 21 \text{ k/pulg.}^2$ CORRECTO Y $31.7 < 34.6 \text{ k/pulg.}^2$ CORRECTO.

EJERCICIOS A TENSIÓN

EJERCICIO 12.- Determinar el área neta de la placa 3/8 X 8 pulg.de ancho. La placa esta conectada en sus extremos con dos hileras de tornillos de 3/4 pulg.

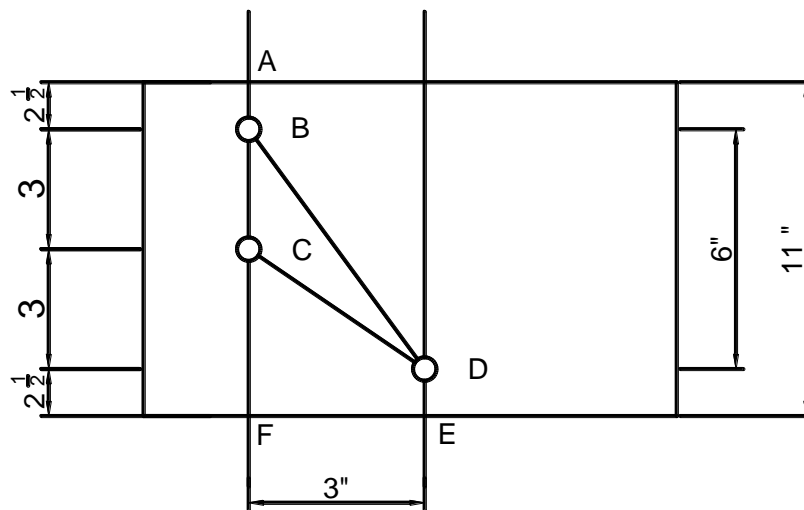
Nota: Las conexiones de los miembros a tensión deberán diseñarse de modo que no tengan excentricidades.

Las hileras de tornillos se consideran en sentido de la carga.



Area neta = $A_n = 3/8 \times 8 - 2(3/4 + 1/8)(3/8) = 2.34$ pulg.

EJERCICIO 13.-Determinar el área neta crítica (se refiera al producto de varios anchos uno de ellos es crítico, este al multiplicarse por el espesor de el área neta crítica). Dela palanca de 1/2 pulg.de espesor, los agujeros son punzonados para tornillos de 3/4 pulg.



\emptyset Barreno = \emptyset tornillo + 1/16 sobre el diámetro + 1/16 dado en el perímetro
 $= 3/4 + 1/16 + 1/16 = 7/8$ pulg.

Las secciones críticas podrían ser

- 1.- ABCF
- 2.- ABCDE

3.- ABDE

Para $ABCF = 11 - 2(7/8) + \frac{s^2}{M_g} = 9 \frac{1}{4}$ pulg. (9.250 pulg)

$ABCF = 11 - 3(7/8) + \frac{3^2}{4(3)} = 9 \frac{1}{8}$ pulg. (9.125pulg) Una sola vez $\frac{s^2}{M_g}$ por que en esa trayectoria solo hay una diagonal.

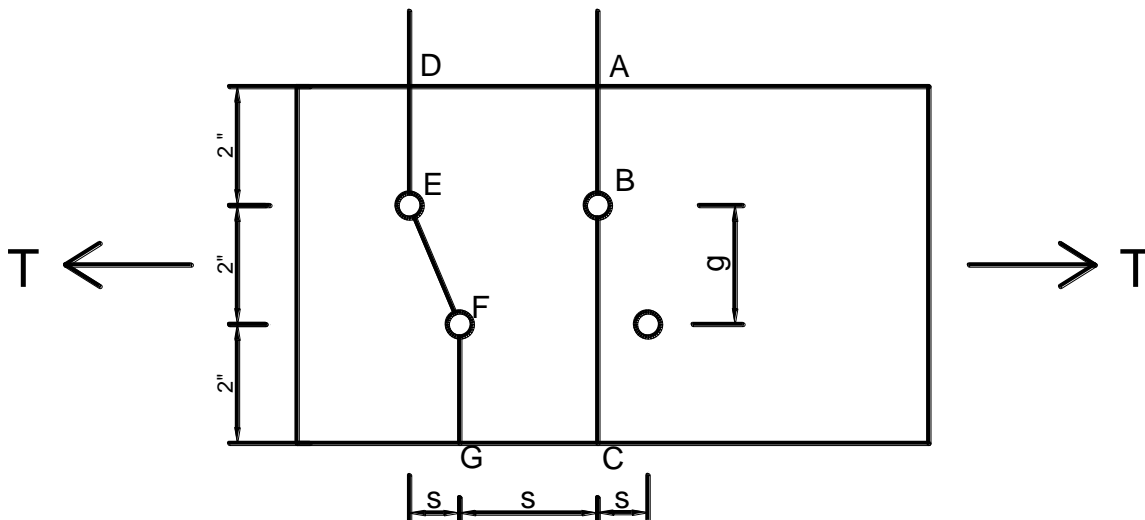
$ABDE = 11 - 2(7/8) + \frac{3^2}{4(6)} = 9 \frac{5}{8}$ pulg. (9.625pulg)

Rige el menor ancho $ABCF = 9 \frac{1}{8}$ pulg.

Por lo tanto área neta crítica = $A_{nc} = (9 \frac{1}{8})(1/2) = 4 \frac{9}{16}$ pulg.² = 4.56 pulg.²

EJERCICIO 14.- Para las dos hileras de agujeros para tornillos mostrados en la figura siguiente. Calcular el paso necesario para tener un área neta a lo largo de DEFG igual ala correspondiente a la trayectoria ABC. El problema también se puede plantear d la siguiente manera.

Determinar el paso para tener un área neta igual al área total menos un agujero para tornillo. Los agujeros se punzonarán para tornillos de 7/8" de cada agujero.



Solución

Para la trayectoria ABC

$$ABC = 6 - 1(7/8) = 5 \frac{1}{8} \text{ pulg.}$$

Para la trayectoria DEFG

$$DEFG = 6 - 2(7/8) + \frac{s^2}{M_g} = 4 \frac{1}{4} \text{ pulg.} + \frac{s^2}{4(2)}$$

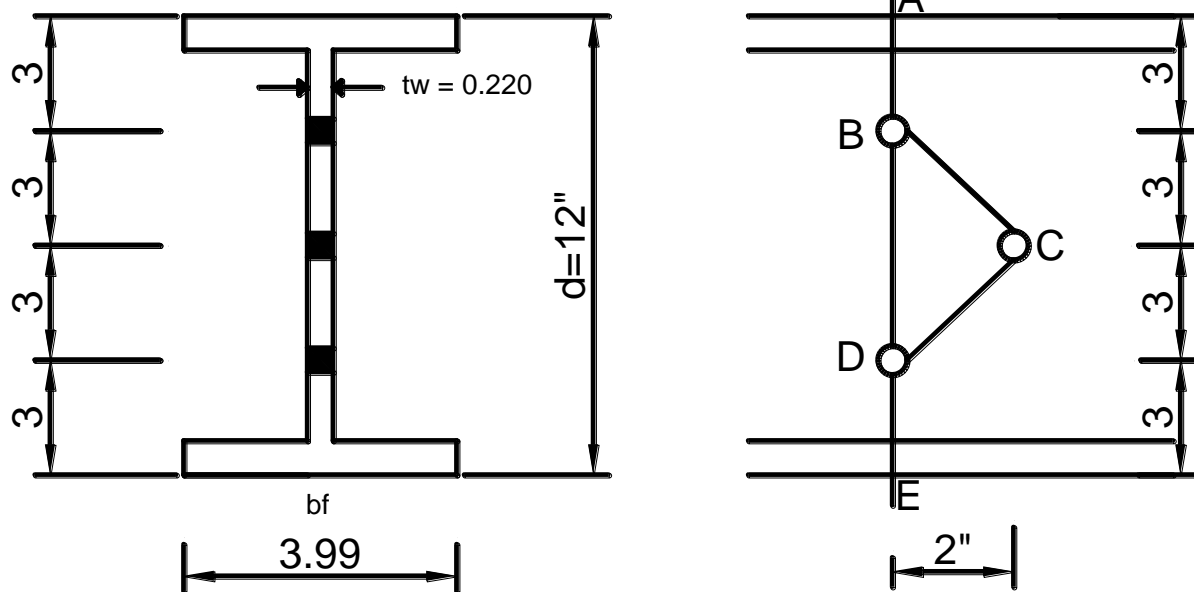
$$ABC = DEFG$$

$$5 \frac{1}{4} = 4 \frac{1}{4} + \frac{s^2}{8}$$

$$S = \sqrt{5 \frac{1}{8} - 4 \frac{1}{4}} (8)$$

$$S = 2.63 \text{ pulg.}$$

EJERCICIO 15.- Determinar el área neta de la sección W 12 pulg X 16 lb/ft ($A_g = 4.71 \text{ pulg}^2$ área total) mostrada. Considerar agujeros para tornillos de 1 pulg.



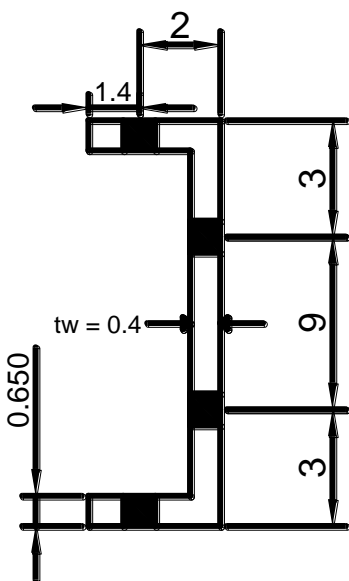
Solución

Áreas netas

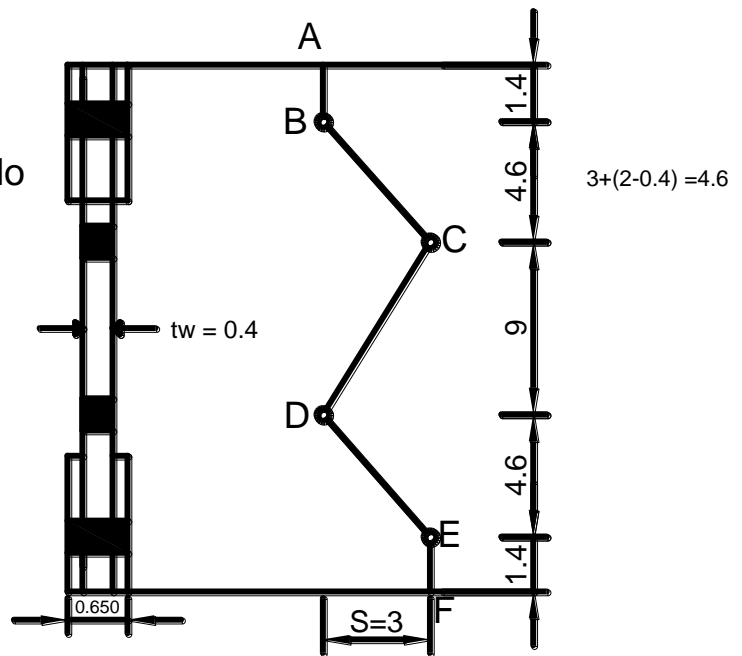
$$\text{Trayectoria ABDE} = 4.71 - 2(1\ 1/8)(0.220) = 4.22\ \text{in}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Trayectoria ABCDE} &= 4.71 - 3(1\ 1/8)(0.220) + 2\left(\frac{2^2}{4(3)}\right)(0.220) \\ &= 4.71 - 0.74 + 0.15 = 4.12\ \text{pulg} = \text{Área neta} \end{aligned}$$

EJERCICIO 16.- Determinar el área neta a lo largo de la trayectoria ABCDEF para el canal 15 X 33 lb/ft. (Área total $A_g = 9.96\ \text{pulg}^2$) se utilizarán tornillos de $3/4$ pulg.



desdoblado la pieza.



Solución

Trayectoria ABCDEF

$$\text{Área neta} = 9.96 - (2A_g) (7/8) (0.650) - (2A_g) (7/8)(0.40) + \frac{3^2}{(4)(9)} (0.40) + (2) \frac{3^2}{4(4.60)} \left(\frac{0.650+0.4}{2}\right)$$

$$\text{Área neta} = 9.96 - 1.14 - 0.70 + 0.1 + 0.50$$

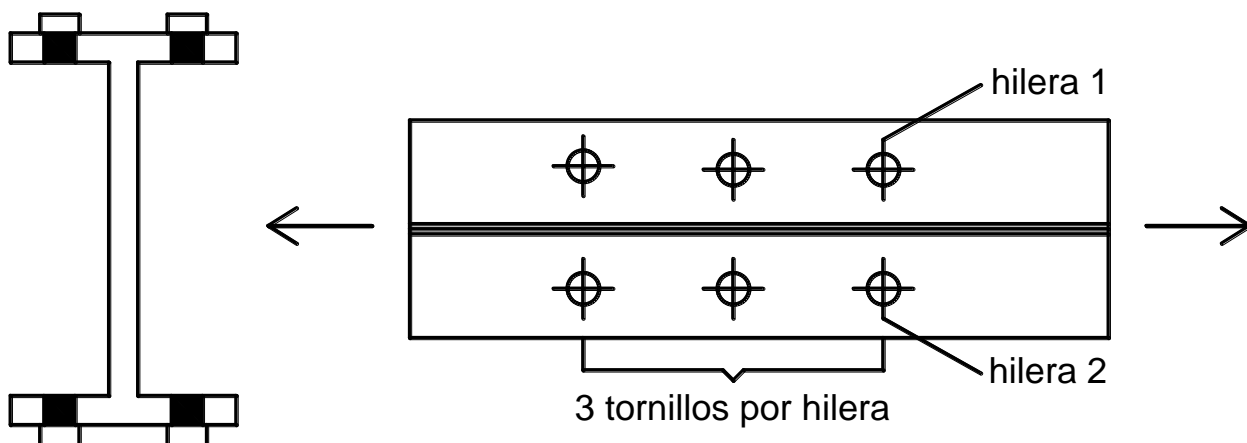
$$\text{Área neta} = 8.72\ \text{pulg}^2$$

EJERCICIO 17.- Determina la carga permisible de tensión de una sección W 10 X 45 lb/ft con dos hileras de tornillo de $\frac{3}{4}$ pulg. en cada patín usando A36 (y las especificaciones Asn) suponer tres tornillos por cada hilera y que estos no están escalonados o alternados

Propiedades de la sección IR 10 X 45 lb ft

Acero A36= 2530 kg/cm² A= 85.7 cm²= Ag d =25.7cm= 10.118 pulg bf=20.2cm = 7.952 pulg

tf =1.10cm =0.433 pulg. Tw= 8.9cm



La capacidad permisible del miembro a tensión con agujeros

1 Kip = 1 kilo lb

$$T = 0.60 F_y A_y$$

$$T = 0.60 (2530)(85.7 \text{ cm}^2) = 130093 \text{ kg}$$

Área neta de la sección a tensión

Considerando 4 agujeros 2 en cada patín. Calculando

$$\text{Tornillo de } \frac{3}{4} + \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{7}{8}$$

$$\text{Área neta} = 85.7 \text{ cm}^2 - 4 (2.2)(1.10 \text{ cm}) = 75.93 \text{ cm}^2$$

Considerando el efecto por retraso de cortante en la conexión determinamos el factor μ (también conocido como el factor de reducción IMCA)

$\mu = 0.90$ ya que el ancho del patín $b_f = 20.2 \text{ cm} > 2/3 (d) = 2/3 (25.7) = 17.13 \text{ cm}$.

$$\frac{b_f}{d} < \frac{2}{3}$$

Calculando el Área neta efectiva

$$A_e = \mu A_n = 0.90 (75.93 \text{ cm}^2) = 68.34 \text{ cm}^2$$

Calculando la capacidad permisible en el miembro a tensión considerando el área neta efectiva

$$T = 0.50 F_u A_e \quad T = 0.50 (4079)(68.34) = 139379.43 \text{ kg}$$

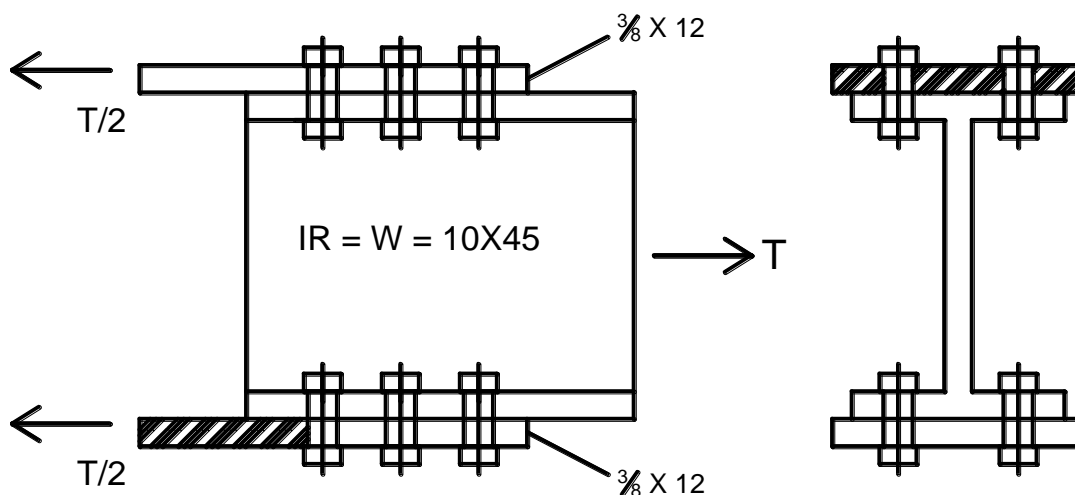
$$F_y = 36 \text{ k/in}^2$$

$$F_u = 58 \text{ k/in}^2$$

$$F_u = 4079 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Rige } T_{\text{permisible}} = 0.60 F_y A_g = 130093 \text{ kg}.$$

EJERCICIO 18.- El miembro a tensión del ejercicio anterior esta conectado en uno de los extremos a dos placas de $3/8 \times 12$ pulg. (1.0 X 30.5 cm). Si cada placa esta conectada al perfil por dos hileras de tornillos de $3/4$ (19mm). Determinar la fuerza máxima permisible de tensión que las placas puedan transmitir.



Solución

$$\emptyset \text{ agujero } \frac{3}{4} + \frac{1}{8} = \frac{7}{8} = 2.22$$

Tensión permisible en placas

1.- Capacidad permisible de las placas de conexión

$$T = 0.60 F_y A_g$$

$$T = 0.60 (2530)(2 \times 1.0 \times 30.5) = 95\,598 \text{ Kg.}$$

2.- Calculando el área neta de las dos placas

$$A_n = ((30.5 \times 1) - (2 \times 2.22 \times 1.0)) \times 2 = 52.16 \text{ cm}^2$$

3.- Checando el área neta con la eficiencia de la conexión

$$A_n = 0.85 A_g = 0.85 (30 \times 1.0 \times 2) = 51.85 \text{ cm}^2$$

Rige 51.85 cm^2 ya que A_n debe ser menor 85 % A_g

4.- Calculando la capacidad permisible de las placas considerando 85 % A_g que fue la que rige

$$T = 0.5 F_u A_m = 0.50 (4079)(51.85) = 105\,748.08 \text{ kg.}$$

$$\text{Rige } T = 0.6 F_y A_g = 95\,598 \text{ kg.}$$

EJERCICIO 19.- Para el siguiente ángulo de lados desiguales de 6 X 4X ½ pulg en acero A36 y trabajando a tensión esta conectado a 3 tornillos ¾ pulg. Calcular su resistencia permisible considerando.

1.- El bloque de cortante

2.- La capacidad a tensión del ángulo

Solución

La falla de un miembro puede ocurrir a lo largo de una trayectoria que implique tensión en un plano y cortante en otro plano perpendicular, lo que se conoce como bloque de cortante.

La resistencia del bloque de cortante se determina con:

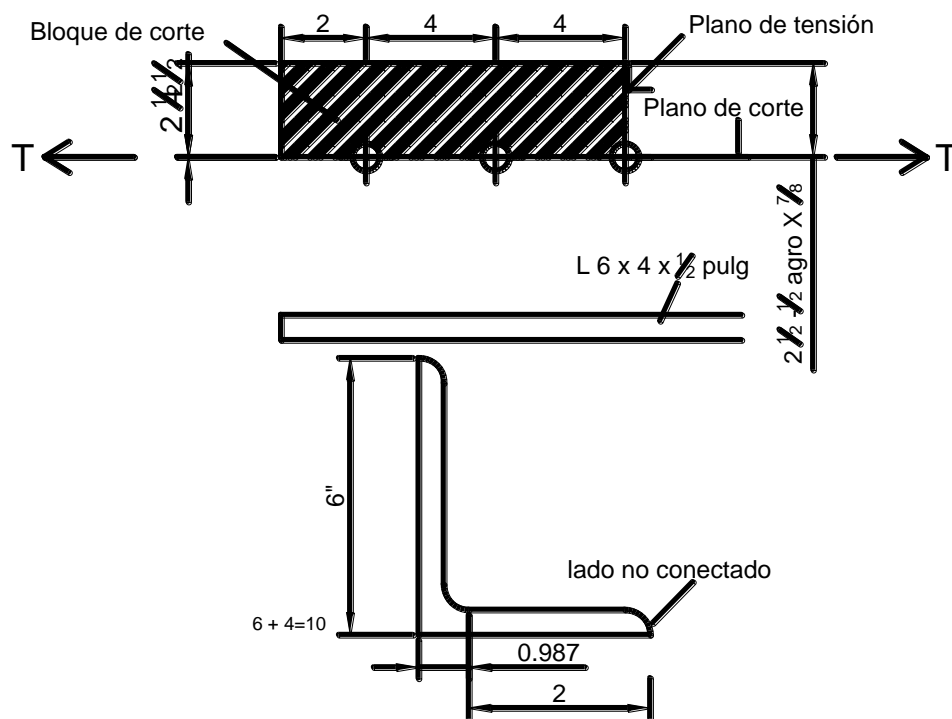
$$T_{bs} = 0.30 F A_v + 0.50 F_u A_t$$

F_u = Esfuerzo ultimo en el acero

A_v = Área neta de cortante zona a tensión

$0.5 F_u$ = Esfuerzo permisible a tensión

$0.30 F_y$ = Esfuerzo permisible a cortante



Como se utilizaran agujeros $\frac{3}{4}$ el diámetro a utilizar $\phi = 3/4 + 1/16 + 1/16 = 7/8$ pulg.

Calculando la resistencia del bloque de cortante

$$T_{bs} = (0.30)(58) (10 - (2 \frac{1}{2} \text{ agros} \times 7/8 \text{ pulg.})) \frac{1}{2} \text{ pulg.} + (0.50)(58) (2 \frac{1}{2} \text{ pulg.} - \frac{1}{2} \text{ agro} \times 7/8) \frac{1}{2} \text{ pulg.}$$

$$T_{bs} = 67.97 \text{ kip} + 29.91 \text{ kip}$$

$$T_{bs} = 97.9 \text{ kip}$$

Calculando la resistencia a la tensión del ángulo

$$T = 0.60 f_y A_g$$

$$T = 0.60 (36) (4.75 \text{ pulg.}^2) = 102.60 \text{ kip}$$

Calculando el área efectiva a tensión

Calculo de área neta

$$A_n = 4.75 - (1 \text{ agro}) (7/8 \text{ pulg}) (1/2 \text{ pulg}) = 4.31 \text{ pulg.}^2$$

Calculando el area efectiva

$$A_e = A_n U$$

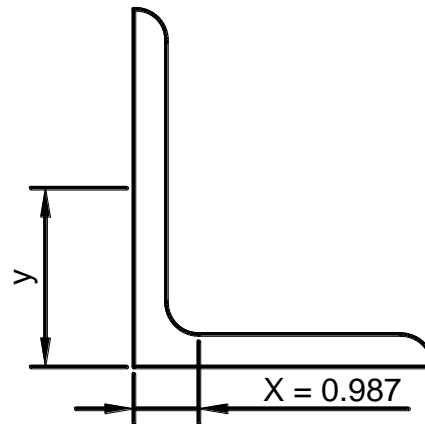
Calculando el factor de reducción U que toma en cuenta la distribución no uniforme del esfuerzo cortante

$$U = 1 - \frac{X}{L} = 1 - \frac{0.987}{8} = 0.88 > \text{Manual ASD } 0.85 \text{ rige } 0.85$$

L=8 pulg. Longitud de primer barreno a último

$$X = 0.987$$

NOTA: Entre menor sea el valor de U mayor es el área efectiva del miembro es decir conectar por el lado más ancho.



$$A_e = (4.31 \times 0.85) = 3.46 \text{ pulg}^2$$

$$T = 0.50 F_u A_e$$

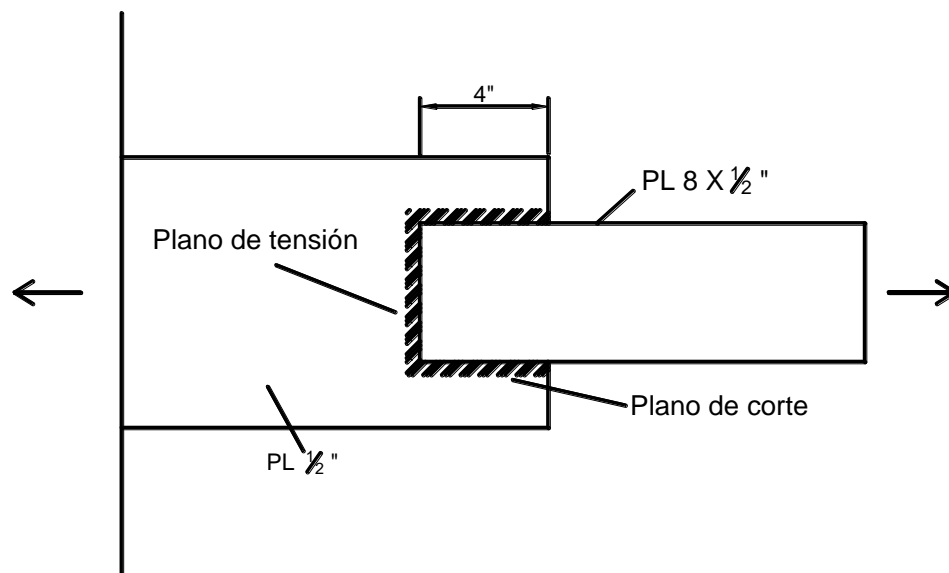
$$T = 0.50 (58)(3.46) = 106.2 \text{ kip}$$

Por lo tanto rige la resistencia del bloque de corte (menor)

$$T = 97.9 \text{ kip}$$

EJERCICIO 20.- Determinar la resistencia permisible del diseño del miembro de Acero A36 soldado de la siguiente figura. Revise que no rige el bloque de corte.

Calculando la resistencia permisible a la tensión del bloque de corte de la conexión.



$$T_{bs} = 0.30 F_u A_y + 0.50 F_u A_t$$

$$T_{bs} = 0.30(58) (25 \text{ dd})(4 \text{ log. } \times \frac{1}{2} \text{ placa}) + (0.50) (58)(8 \text{ log. } \times \frac{1}{2} \text{ ed})$$

$$T_b = 70 + 116 = 186 \text{ kip}$$

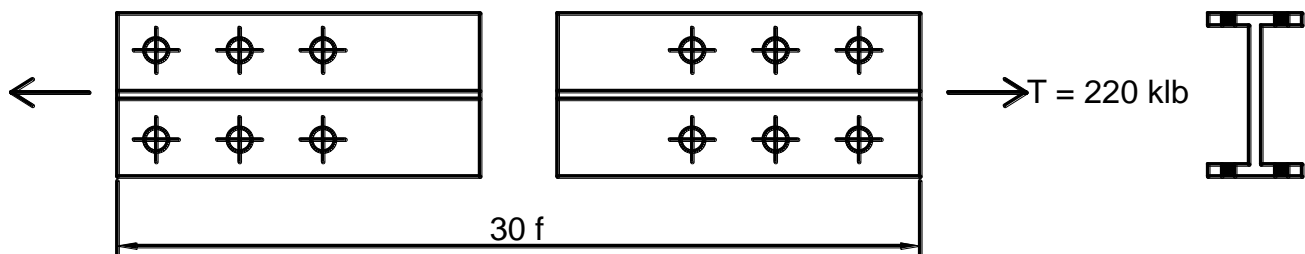
Calculando la resistencia permisible a la tensión de la placa. (la más pequeña que esta conectada)

$$T = 0.60 (F_y)(A_g)$$

$$T = 0.60 (36)(8 \times \frac{1}{2} \text{ pulg.}) = 86.4 \text{ kip}$$

$$\text{Rige } T = 86.4 \text{ kip}$$

EJERCICIO 21.- Seleccionar una sección W (12) (IR12) de acero A36, con una longitud de 30 ft (915cm) para soportar una carga total de tensión de 220 (Klb)(kips). Como se muestra en la figura, el miembro deberá ser conectado con dos hileras de tornillos de 7/8 pulg. con tres tornillos por hilera en cada patín.



Solución

1.- Calculando el área total mínima sin considerar agujeros

$$A_{g \text{ min.}} = \frac{T}{0.60 F_y} = \frac{220}{0.60 (36)} = 10.19 \text{ pulg.}^2$$

2.- Calculando el área total mínima de la sección, considerando el área de agujeros.

Entramos al manual AISC (ASD) tomamos una sección de w12 con área aproximada a 10.19 pulg.²

Tomamos: w 12 X 40 con área de 11.8 pulg.²

Donde: $t_f = 0.515$, $b_f = 8.01$ pulg.

Como $b_f > 2/3 h = 8.01 > 2/3 (11.94) = 7.96$

Tomamos $U = 0.90$

$$A_g \min = \frac{T}{0.50 F_u U} + A_{og}$$

$$A_g \min = \frac{220}{0.50 (58)(0.90)} + (4ag) (7/8 + 1/8) (0.515) = 10.49 \text{ pulg}^2$$

3.- Calculando el radio de giro mínimo que deberá tener la sección.

$$Y_{\min} = \frac{L}{300}$$

$$Y_{\min} = \frac{(12)(30)}{300} = 1.2 \text{ pulg.}$$

Se tomara un perfil que respecto al eje débil normalmente para secciones w es el eje (y), tenga un radio de giro ligeramente mayor a 1.2 pulg.

4.- Ensayamos la revisión del perfil que se había tomado en el paso 2.

$$A_y = 11.8 \text{ pulg}^2 \quad d = 11.94 \text{ pulg.}$$

$$b_f = 8.005 \text{ pulg.}$$

W 12 X 40 lb/ft

$$t_f = 0.515 \text{ pulg.}$$

$$r_y = 1.93 \text{ pulg.} > Y_{\min} \text{ ok.}$$

5.- Revisando la tensión con el área total.

$$T = 0.60 F_y A_g = (0.60) (36) (11.8) = 254.88 \text{ klb} > 220 \text{ ok}$$

6.- Revisando la tensión con el área efectiva

$$T = 0.50 F_y U A_n$$

$$\text{Como } \frac{bf}{d} > \frac{2}{3} = \frac{8.005}{11.94} = 0.67 > 0.66 \text{ por lo tanto } U = 0.90$$

Área neta

$$A_n = 11.8 - 4 (1)(0.515) = 9.74 \text{ plg.}^2$$

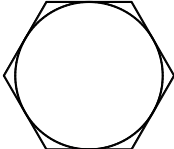
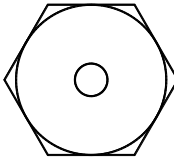





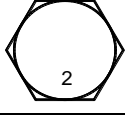

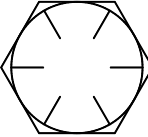
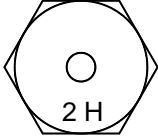
$$T = (0.50) (58) (0.90) (9.74) = 254 \text{ klb} > 220 \quad \text{ok.}$$

7.- Revisando el radio de giro.

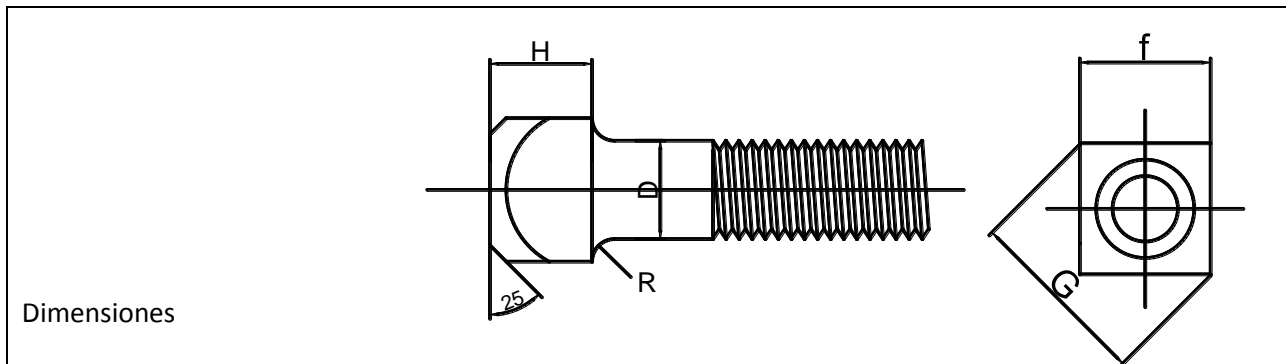
$$\frac{L}{r} = \frac{(12)(30)}{1.93} = 187 < 300 \quad \text{ok.}$$

CAPITULO V. ESPECIFICACIONES

5.1 CARACTERÍSTICAS E IDENTIFICACIÓN PARA TORNILLOS ESTRUCTURALES

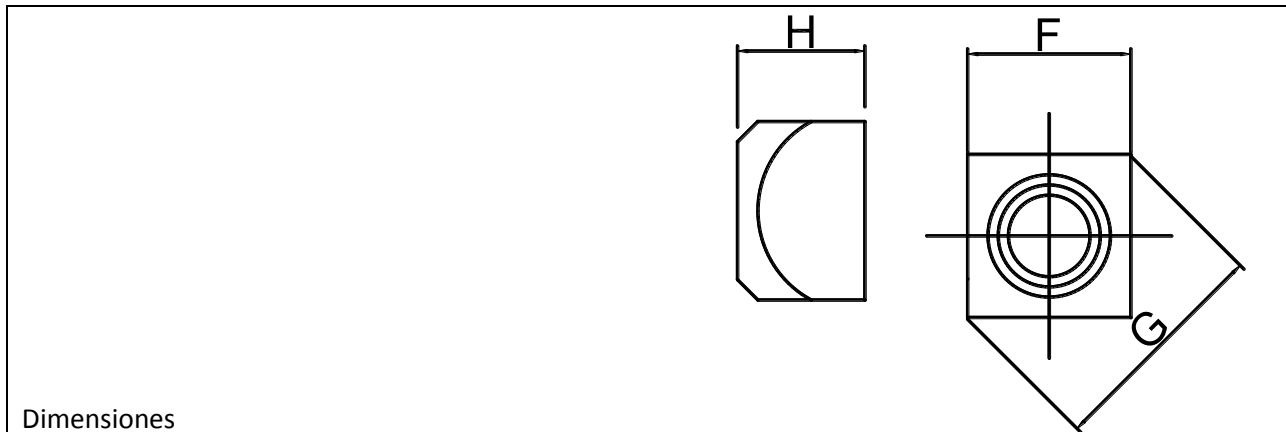
<p align="center">TORNILLOS Características e identificación para tornillos estructurales</p>						
ESTANDAR	Calidad	Identificación		Esfuerzos de ruptura mínimo en		Material
		Tornillos	Tuercas	k/cm ²	PSI	
	Acero A.S.T.M. A-307 S.A.E.2			4499	64000	Acero bajo en Carbón
ALTA RESISTENCIA	Acero A.S.T.M. 4- 449 S.A.E. 5 A.S.T.M. A-325 A.S.T.M. A-354 BB	   	 	7381	105000	Acero medio en carbón o bien Baja Aleación Tratamiento térmico
		Acero A.S.T.M. A-490 S.A.E. 8	 		10545	150000

5.2 TORNILLO ESTANDAR. CABEZA CUADRADA



Diám. Nominal	D Diám.de cuerpo máximo	F Distancia entre planos		G Distancia entre esquinas		H Altura			R Radio de Enlace Máximo
		Máxima (básica)	Mínima	Máxima	Mínima	Nominal	Máxima	Mínima	
DIMENSIONES EN MILIMETROS									
63	7.1	9.5	9.2	15.5	12.7	4.4	4.8	4.0	0.8
7.9	8.7	12.7	12.3	18.0	16.9	5.2	5.6	4.7	0.8
9.5	10.4	14.3	13.8	20.2	19.0	6.3	6.8	5.9	0.8
11.1	11.8	15.9	15.3	22.5	21.0	7.5	8.0	7.1	0.8
12.7	13.5	19.1	18.4	27.0	25.3	8.3	8.8	7.8	0.8
15.9	17.1	23.8	23.0	33.7	31.6	10.7	11.3	10.2	1.6
19.0	20.3	28.6	27.6	40.4	38.0	12.7	13.3	12.1	1.6
22.2	23.8	33.3	32.2	47.1	44.2	15.1	15.8	14.4	1.6
25.4	27.0	38.1	36.8	53.9	50.6	16.7	17.4	16.0	1.6
28.6	30.2	42.9	41.4	60.6	56.9	19.1	19.8	18.3	3.2
31.8	33.3	47.6	46.0	67.4	63.2	21.4	22.3	20.6	3.2
EQUIVALENCIA EN PULGADAS									
¼	.280	.3750	.363	.530	.498	11/64	.188	.156	.031
5/16	.342	.5000	.484	.707	.665	13/64	.220	.186	.031
3/8	.405	.5625	.544	.795	.747	¼	.268	.232	.031
7/16	.468	.6250	.603	.884	.828	19/64	.316	.278	.031
½	.530	.7500	.725	1.061	.995	21/64	.348	.308	.031
5/8	.675	.9375	.906	1.326	1.244	27/64	.444	.400	.062
¾	.800	1.1250	1.088	1.591	1.494	½	.524	.476	.062
7/8	.938	1.3125	1.269	1.856	1.742	19/32	.620	.568	.062
1	1.063	1.5000	1.450	2.121	1.991	21/32	.684	.628	.062
1 1/8	1.188	1.6875	1.631	2.386	2.239	¾	.780	.720	.125
1 ¼	1.313	1.8750	1.813	2.652	2.489	27/32	.876	.812	.125

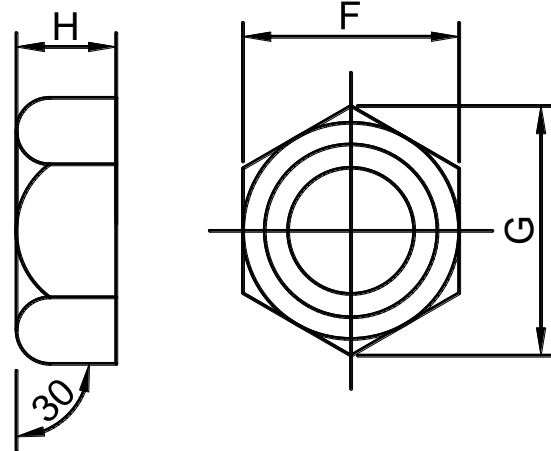
5.3 TUERCAS CUADRADAS REGULARES



Dimensiones

Diámetro del tornillo	F Distancia entre planos		G Distancia entre esquinas		H Espesor		
	Máxima (básica)	Mínima	Máxima	Mínima	Nominal	Máxima	Mínima
DIMENSIONES EN MILIMETROS							
63	11.1	10.8	15.7	14.8	5.6	6.0	5.2
7.9	14.3	13.9	20.2	19.1	6.7	7.2	6.3
9.5	15.9	15.4	22.4	21.1	8.3	8.8	7.9
11.1	19.1	18.5	26.9	25.4	9.5	10.0	9.0
12.7	20.6	20.0	29.1	27.5	11.1	11.6	10.6
15.9	25.4	24.6	35.9	33.8	13.9	14.5	13.3
19.1	31.8	30.8	44.9	42.3	19.1	19.7	18.0
22.2	36.5	35.4	51.6	48.6	22.2	22.9	21.2
25.4	41.3	40.0	58.4	54.9	25.4	26.1	24.3
28.6	46.1	44.6	65.1	61.2	28.6	29.3	27.4
31.7	50.8	49.2	71.8	66.3	31.7	32.6	30.1
EQUIVALENCIA EN PULGADAS							
¼	.4375	.425	.619	.584	7/32	.235	.203
5/16	.5625	.547	.795	.751	17/64	.283	.249
3/8	.6250	.606	.884	.832	21/64	.346	.310
7/16	.7500	.728	1.061	1.000	3/8	.394	.356
½	.8125	.788	1.149	1.082	7/16	.458	.418
5/8	1.0000	.969	1.414	1.330	35/64	.569	.525
¾	1.2500	1.212	1.768	1.665	¾	.774	.710
7/8	1.4375	1.394	2.033	1.914	7/8	.901	.833
1	1.6250	1.575	2.298	2.162	1	1.028	.956
1 1/8	1.8125	1.756	2.563	2.411	1 1/8	1.155	1.079
1 1/4	2.0000	1.938	2.828	2.611	1 ¼	1.282	1.187

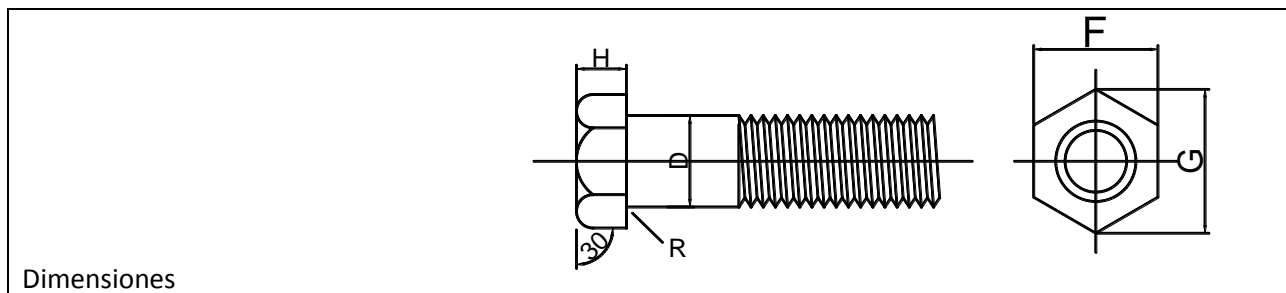
5.4 TUERCAS HEXAGONALES REGULARES



Dimensiones

Diámetro del tornillo	F Distancia entre planos		G Distancia entre esquinas		H Espesor		
	Máxima (básica)	Mínima	Máxima	Mínima	Nominal	Máxima	Mínima
DIMENSIONES EN MILIMETROS							
15.9	25.4	24.6	29.3	28.0	13.9	14.5	13.3
19.1	28.6	27.6	33.0	31.5	16.7	17.3	16.1
22.2	33.3	32.2	38.5	36.8	19.4	20.1	18.8
25.4	38.1	36.8	44.0	42.0	22.2	23.0	21.5
28.6	46.1	44.6	53.2	50.9	28.6	29.3	27.430.1
31.7	50.8	49.2	58.6	56.1	31.7	32.6	
EQUIVALENCIA EN PULGADAS							
5/8	1.000	0.969	1.155	1.104	35/64	0.569	0.525
¾	1.125	1.088	1.299	1.240	21/32	0.680	0.632
7/8	1.3125	1.269	1.516	1.447	49/64	0.792	0.740
1	1.500	1.450	1.732	1.653	7/8	0.903	0.847
1 1/8	1.8125	1.756	2.093	2.002	1 1/8	1.155	1.079
1 1/4	2.000	1.938	2.309	2.209	1 ¼	1.282	1.189

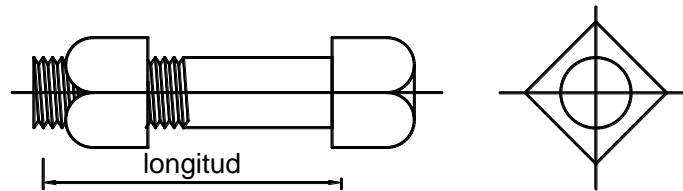
5.5 TORNILLO ESTANDAR CABEZA HEXAGONAL



Dimensiones

Diám. Nominal	D Diám.de cuerpo máximo	F Distancia entre planos		G Distancia entre esquinas		H Altura			R Radio de Enlace Máximo
		Máxima (básica)	Mínima	Máxima	Mínima	Nominal	Máxima	Mínima	
DIMENSIONES EN MILIMETROS									
6.3	7.1	11.1	10.8	12.8	12.3	4.4	4.8	3.8	0.8
7.9	8.7	12.7	12.3	14.7	14.0	5.6	6.0	5.0	0.8
9.5	10.3	14.3	13.8	16.5	15.8	6.3	6.8	5.7	0.8
11.1	11.9	15.9	15.3	18.3	17.5	7.5	8.0	6.9	0.8
12.7	13.5	19.1	18.4	22.0	21.0	8.7	9.3	7.7	0.8
15.9	17.2	23.8	23.0	27.5	26.2	10.7	11.3	9.6	1.6
19.1	20.3	28.6	27.6	33.0	31.5	12.7	13.3	11.6	1.6
22.2	23.8	33.3	32.2	38.5	36.8	14.7	15.3	13.5	1.6
25.4	27.0	38.1	36.8	44.0	42.0	17.1	17.8	15.0	1.6
28.6	30.2	42.9	41.4	49.5	47.2	19.1	19.8	16.7	3.2
31.8	33.4	47.6	46.0	55.0	52.5	21.4	22.3	19.0	3.2
EQUIVALENCIA EN PULGADAS									
¼	.280	.4375	.425	.505	.484	11/64	.188	.150	.031
5/16	.342	.5000	.484	.577	.552	7/32	.235	.195	.031
3/8	.405	.5625	.544	.650	.620	¼	.268	.226	.031
7/16	.468	.6250	.603	.722	.687	19/64	.316	.272	.031
½	.530	.7500	.725	.866	.836	11/32	.364	.302	.031
5/8	.675	.9375	.906	1.083	1.033	27/64	.444	.378	.062
¾	.800	1.1250	1.088	1.299	1.240	½	.524	.455	.062
7/8	.938	1.3125	1.269	1.516	1.447	37/64	.604	.531	.062
1	1.063	1.5000	1.450	1.732	1.653	43/64	.700	.591	.062
1 1/8	1.188	1.6875	1.631	1.949	1.859	¾	.780	.658	.125
1 1/4	1.313	1.8750	1.812	2.165	2.066	27/32	.876	.749	.125

5.6 TORNILLO DE CABEZA Y TUERCA CUADRADA



Peso aproximado en Kilogramos por ciento de piezas con tuerca

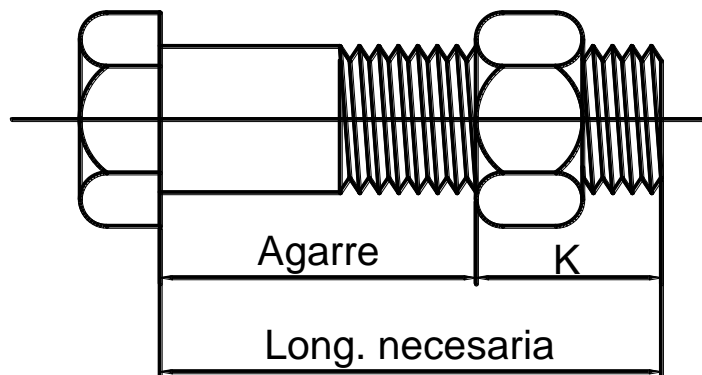
LONGITUD EN		DIAMETRO			
mm	Pulg.	6.3mm ¼"	7.9mm 5/16"	9.5mm 3/8"	11.1mm 7/16"
19.1	¾	1.1	2.0	3.1	
25.4	1	1.2	2.2	3.4	4.9
31.7	1 ¼	1.4	2.4	3.7	5.3
38.1	1 ½	1.5	2.6	4.0	5.8
44.5	1 ¾	1.7	2.8	4.3	6.2
50.8	2	1.8	3.1	4.7	6.6
63.5	2 ½	2.1	3.5	5.3	7.5
76.2	3	2.4	4.0	6.0	8.4
88.9	3 ½	2.7	4.5	6.7	9.4
101.6	4	3.0	5.0	7.4	10.3
114.3	4 ½	3.3	5.4	8.1	11.2
127.0	5	3.7	5.9	8.7	12.2
139.7	5 ½	4.0	6.3	9.4	13.1
152.4	6	4.3	6.5	10.1	14.1
165.1	6 ½	4.6	7.3	10.8	15.0
177.8	7	4.9	7.8	11.5	16.0
190.5	7 ½	5.2	8.3	12.2	16.9
203.2	8	5.5	8.7	12.9	17.8
215.9	8 ½	5.8	9.2	13.6	18.7
228.6	9	6.1	9.7	14.2	19.6
241.3	9 ½	6.4	10.2	14.9	20.5
254	10	6.7	10.7	15.6	21.5
279	11	7.3	11.7	17.0	23.4
305	12	7.9	12.6	18.4	25.2
330	13	8.6	13.6	19.8	27.1
356	14	9.2	14.5	21.1	29.0
381	15	9.8	15.5	22.5	30.8
406	16	10.4	16.4	23.9	32.7
432	17	11.0	17.4	25.3	34.6
457	18	11.6	18.4	26.7	36.5
483	19	12.2	19.3	28.1	38.3
508	20	12.8	20.3	29.4	40.2
533	21				
559	22				

LONGITUD EN		DIAMETRO						
mm	pulg	12.7mm ½"	15.9mm 5/8"	19.1mm ¾"	22.2mm 7/8"	25.4mm 1"	28.6mm 1 1/8"	31.7mm 1 ¼"
19.1	¾							
25.4	1	7.1	12.8					
31.7	1 ¼	7.6	13.6	21.0				
38.1	1 ½	8.2	14.5	22.1	33.8	47.6		
44.5	1 ¾	8.8	15.4	23.3	35.4	49.9		
50.8	2	9.3	16.3	24.6	37.1	53.2		
63.5	2 ½	10.5	18.0	27.3	40.8	56.8	76.7	104
76.2	3	11.7	19.9	29.8	44.4	61.7	83.0	111
88.9	3 ½	13.0	21.8	32.6	48.1	66.2	88.9	119
101.6	4	14.2	23.8	35.3	51.7	70.3	94.8	126
114.3	4 ½	15.4	25.7	38.1	55.3	75.3	101	134
127.0	5	16.6	27.6	40.8	59.0	80.3	106	141
139.7	5 ½	17.9	29.5	43.6	62.6	85.2	112	148
152.4	6	19.0	31.4	46.3	66.7	90.3	119	156
165.1	6 ½	20.2	33.3	49.0	70.3	94.8	125	163
177.8	7	21.4	35.2	51.7	73.9	99.8	131	171
190.5	7 ½	22.6	37.1	54.4	78.0	105	137	178
203.2	8	23.9	38.9	57.2	81.6	110	144	186
215.9	8 ½	25.1	40.8	59.9	85.3	115	150	193
228.6	9	26.3	42.7	62.6	89.4	119	156	201
241.3	9 ½	27.6	44.6	65.3	93.0	124	161	209
254	10	28.8	46.7	68.0	96.2	129	169	216
279	11	31.2	50.3	73.5	103	139	181	231
305	12	33.7	54.0	78.9	111	148	194	247
330	13	36.1	58.0	84.4	118	158	206	262
356	14	38.6	61.7	90.3	126	168	218	278
381	15	41.0	65.8	95.7	133	177	231	293
406	16	43.5	69.4	101	141	187	242	308
432	17	45.8	73.5	107	148	197	254	323
457	18	48.5	77.1	112	156	207	267	338
483	19	50.8	80.7	117	163	217	279	354
508	20	53.5	84.8	123	171	226	289	369
533	21	55.7	88.6	128	178	236	302	384
559	22	58.0	92.5	134	186	246	314	400

5.7 LONGITUD NECESARIA PARA CUALQUIER AGARRE DE TORNILLOS

DIAMETRO		K	
cm	Pulg.	Cm	Pulg.
0.63	¼	1.11	7/16
0.79	5/16	1.27	½
0.95	3/8	1.43	9/16
1.11	7/16	1.59	5/8
1.27	½	1.75	11/16
1.59	5/8	2.06	13/16
1.90	¾	2.54	1
2.22	7/8	2.86	11/8
2.54	1	3.17	11/4
2.86	1 1/8	3.65	17/16
3.17	1 1/4	3.97	19/16

K = Longitud por agregar al agarre para obtener la longitud total necesaria.



Para tornillos de tablas anteriores

Nota: Agregar 0.5 cms. (3/16") por cada arandela plana

Agregar 0.8cms (5/16") por cada arandela biselada.

5.8 TORNILLOS ESTANDAR A – 307 RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE Y APLASTAMIENTO

Diámetro en mm			12.7 (1/2")	15.9 (5/8")	19.0 (3/4")	22.2 (7/8")	25.4 (7/8")	31.7 (1 1/4")
Área en cm ²			1.27	1.98	2.85	3.88	5.07	7.89
Corte simple en Kg/Torn.			889	1386	1995	2716	3549	5523
Corte doble en Kg/Torn.			1778	2772	3990	5432	7098	11046
GRUESO DE LA PLACA mm Pulgadas			Aplasta- miento	Aplasta- miento	Aplasta- miento	Aplasta- miento	Aplasta- miento	Aplasta- miento
3.18	.125	1/8	711	890	1063			
3.56	.140		796	996	1190	1391		
4.06	.160		907	1136	1358	1586		
4.57	.180		1021	1276	1528	1786		
4.76	.1875	3/16	1064	1332	1592	1860		
5.08	.200		1135	1422	1699	1985	2271	
5.59	.220		1249	1564	1869	2184	2499	
6.10	.240		1363	1707	2040	2383	2727	
6.35	.250	1/4	1419	1777	2123	2481	2839	
6.60	.260		1475	1847	2207	2579	2950	
7.11	.280		1589	1990	2378	2778	3178	
7.62	.300		1703	2132	2548	2977	3406	
7.94	.3125	5/16	1775	2222	2655	3102	3549	
8.13	.320		1817	2275	2719	3177	3634	4536
8.64	.340			2418	2889	3376	3862	4820
9.14	.360			2558	3056	3571	4086	5099
9.53	.375	3/8		2667	3187	3724	4260	5317
9.65	.380			2700	3227	3770	4314	5384
10.16	.400			2843	3398	3970	4542	5668
10.67	.420				3568	4169	4770	5953
11.11	.4375	7/16			3715	4341	4967	6198
11.18	.440				3739	4368	4998	6238
11.68	.460				3906	4564	5221	6517
12.19	.480				4076	4763	5449	6801
12.70	.500	1/2				4962	5677	7086
13.21	.520					5161	5905	7370
13.72	.540					5361	6133	7655
14.22	.560					5556	6357	7934
14.29	.5625	9/16					6388	7973
14.73	.580						6585	8218
15.24	.600						6813	8503
15.75	.620						7041	8787
15.88	.625	5/8					7099	8860
17.46	.6875	11/16						9741
19.05	.750	3/4						10628
20.64	.8125	13/16						11515
Longitud mínima de rosca (mm)			31.75	38.15	44.35	51.75	57.15	63.55
Esfuerzos de diseño:			Corte 700 Kg/cm ²			Aplastamiento 1760 Kg/cm ²		

5.9 TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA A-325 RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE Y FRICCIÓN

TORNILLOS A-325		Esfuerzos admisible: Fricción = 1054 Kg/cm ² Cortante = 1054 Kg/cm ² Cortante = 1546 Kg/cm ²		Plano de corte en la cuerda Plano de corte en la sección completa.	
Diámetro del tornillo (mm)		Área en cm ²	Fricción kg.	Cortante (kg)	
mm	Pulg.			Plano de corte en la cuerda	Plano de corte en la sección completa
13	½	1.27	1338	1338	1963
16	5/8	1.98	2087	2087	3061
19	¾	2.85	3004	3004	4406
22	7/8	3.88	4089	4089	5998
25	1	5.06	5333	5333	7823
28	1 1/8	6.41	6756	6756	9910
32	1 ¼	7.91	8337	8337	12229
35	1 3/8	9.58	10097	10097	14811
38	1 1/2	11.39	12005	12005	17609

5.10 TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA A-490 RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE Y FRICCIÓN

TORNILLOS A-490		Esfuerzos admisible: Fricción = 1406 Kg/cm ² Cortante = 1097 Kg/cm ² Cortante = 2250 Kg/cm ²		Plano de corte en la cuerda Plano de corte en la sección completa.	
Diámetro del tornillo (mm)		Área en cm ²	Fricción kg.	Cortante (kg)	
mm	Pulg.			Plano de corte en la cuerda	Plano de corte en la sección completa
10	3/8	0.71	998	1097	1597
11	7/16	0.97	1364	1500	2182
13	½	1.27	1785	1963	2857
14	9/16	1.60	2249	2774	3600
16	5/8	1.98	2784	3061	4455
19	¾	2.85	4007	4406	6412
22	7/8	3.88	5455	5998	8730
25	1	5.60	7873	8657	12600
28	1 1/8	6.41	9012	10000	14422
32	1 ¼	7.91	11121	12229	17797
35	1 3/8	9.58	13469	14811	21555
38	1 ½	11.39	16014	17609	25627
41	1 5/8	13.38	18812	20685	30105
44	1 3/4	15.51	21807	23978	34897

**5.11 APRIETE (TORQUE) EN LIBRAS –PIE Y KGS-M, QUE SE REQUIERE EN LAS DIFERENTES CALIDADES DEL TORNILLO AL EMPALMARSE EN LAS ESTRUCTURAS DE ACERO
DIAMETRO DEL TORNILLO EN MILIMETROS, PULGADAS.**

A-490		A-325		ESTANDAR			
7.6*	55			2.6*	19	10	3/8
12.4*	90			4.1*	30	11	7/16
19.1*	138	13.8*	100	6.2*	45	13	½
27.4*	198			9.1*	66	14	9/16
37.3*	270	27.6*	200	12.9*	93	16	5/8
61.4*	444	49.1*	355	20.7*	150	19	¾
98.0*	709	72.6*	525	27.9*	202	22	7/8
148.1*	1071	109.2*	790	41.5*	300	25	1
234*	1692	146.1*	1060	65.5*	474	28	1 1/8
326.3*	2360	206.7*	1495	91.1*	659	32	1 ¼
436.7*	3159	271.0*	1960	122.2*	884	35	1 3/8
522.6*	3780	359.5*	2600	146.5*	1057	38	1 ½
715.2*	5173	Los valores mostrados son los apropiados para fijar permanentemente una estructura metálica. Los números marcados con un asterisco son los equivalentes a Kg.-mt.		200.2*	1448	41	1 5/8
931.3*	6736			260.5*	1884	44	1 ¾
IMPORTANTE Aplicar requerimientos que aparecen en las notas				322.9*	2336	48	1 7/8
				276.2*	2721	51	2
				430.9*	3117	57	2 ¼
				605.5*	4380	64	2 ½
				1011.9*	7319	70	2 ¾
		1307.2*	9455	76	3		

Notas.

- 1) Los valores mostrados en el cuadro anterior deben emplearse como referencia para las estructuras metálicas que requieren montaje atornillado. Se ha tomado en cuenta que los tornillos estarán secos, limpios sin ninguna oxidación y protegidos con una ligera película de aceite, cera, etc.
- 2) Los valores mostrados en el cuadro anterior deberán multiplicarse por 0.9 cuando los tornillos hayan sido cadmisados y por 0.8 cuando los tornillos como las tuercas hayan sido cadmisados.
- 3) Los valores mostrados deberán multiplicarse por 0.9 cuando se lubriquen los tornillos con aceite especial que soporte grandes esfuerzos como grafito, cobre coloidal, etc.
- 4) Es muy importante que la superficie de contacto tanto de la tuerca como del tornillo a las piezas por sujetar sea limpiada escrupulosamente.
- 5) Los valores mostrados, dan una presión de sujeción entre 60 y 70% de esfuerzo, de ruptura a la tensión, del tornillo, tomando en consideración el límite elástico.
- 6) El apriete (torque) adecuado, se puede determinar apretando uno de los tornillos hasta lograr su rotura y se anotará el valor que lo logró. El apriete (torque) apropiado, será del 50 al 60% de ese valor.

5.12 TABLA DE ESFUERZOS PERMISIBLES COMO FUNCION DE F_u

Tipo de material	Designación NOM ASTM	F_y en Kg/cm ²	F_u en Kg/cm ²	Esfuerzos permisibles, en Kg/cm ²				
				Parte conectada		Tornillo o parte roscada		
				Tensión 0.5 F_u^a	Aplasta miento 1.5 F_u^b	Tensión 0.33 F_u^c	Cortante 0.17 F_u^d	Cortante 0.22 F_u^e
Perfiles, Placas, Barras, Láminas, Tubos y Partes roscadas.	B-99 A 529	2950	4220- 5980	2110	6330	1390	720	930
	B-177 A 53	2460	4220	2110	6330	-	-	-
	B-199 A 500	2320-2740 ^g	3160	1580	4750	-	-	-
		2320-2740	4080	2040	6120	-	-	-
		3230-3520 ^g	4360	2180	6540	-	-	-
	B-200 A 501	2530	4080	2040	6120	-	-	-
	B-254 A 36	2530	4080- 5620	2040	6120	1340	700	900
	B277 A 606	3160	4570	2290	6860	-	-	-
		3520	4920	2460	7380	-	-	-
	B282 A 242 B284 A 441	3520	4920	2460	7380	1620	840	1080
3230		4710	2360	7100	1550	800	1030	
2950		4430	2210	6640	1460	750	980	
B347 A 570	2810 ^f	4220	2110	6330	1390	720	930	
	2810	3870	1930	5800	-	-	-	
Tornillos	A 449	6470	8440	-	-	2780	1430	1860
		5690	7380	-	-	2440	1260	1620
		4080	6330	-	-	2090	1080	1390

^a Sobre el área neta efectiva

^b Producido por un sujetador en cortante, puede requerir un menor esfuerzo de aplastamiento máximo permisible, en función de la separación entre agujeros.

^c Sobre el área nominal del cuerpo

^d Cuando las partes roscadas están dentro de los planos de corte.

^e Cuando las partes roscadas están fuera de los planos de corte.

^f Únicamente para materiales que cumplan la norma NOM-B-284

^g El valor menor para perfiles circulares, el mayor para perfiles rectangulares o cuadrados.

NOTA: Para limitaciones en tamaño y dimensiones ver norma NOM correspondiente.

CONCLUSION

Finalmente puedo concluir que el objetivo primordial de este trabajo de investigación se ha logrado satisfactoriamente, puesto que los temas en complementación con los ejercicios ya resueltos que aquí se presentan abarcan convenientemente los conocimientos básicos para poder entender el tema de las Conexiones y así poder aplicarlo.

En lo que concierne a la utilidad de esa Tesis concluyo que es un buen compendio en el que los alumnos de la Carrera de Ingeniería Civil se pueden apoyar no solo para cuando cursen las asignaturas que se encaminan al área de Estructura como es el caso de Construcción de Estructuras, Análisis Estructural, Diseño Estructural, Diseño avanzado de Estructuras de Acero, entre otras, si no también ya siendo un profesionalista sirva de consulta para ejercer la profesión.

De manera general puedo decir que en esta tesis quedo explicado ampliamente lo más sobresaliente a la teoría de las Conexiones Atornilladas, desde el conocimiento más simple como lo es la descripción de los tornillos, hasta sus tamaños, dimensionas y demás características hasta llegar a los usos en las grandes obras de infraestructura.

En lo personal puedo decir que este trabajo de investigación me dejo claro que para poder unir dos o más elementos estructurales no solo la soldadura en diferentes calibres es la solución más adecuada; si no que también existe la opción de las Conexiones Atornillas que muestran rapidez, economía, eficiencia y calidad. Convirtiéndose en la alternativa más convencional en el presente y futuro de las grandes y pequeñas obras de infraestructura.

BIBLIOGRAFIA

- Estructuras de acero Análisis y Diseño; Stanley W. Crawley, Robert M. Dillon, Winfred O. Carter, Editorial Limusa, Primera edición, 1992; Pag. 708.
- Construcción de Acero 1975.
Manual AHMSA; pag. 437.
- Manual de Construcción en Acero – DEP Diseño de Esfuerzos Permisibles
IMCA Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C.
Editorial Limusa, Cuarta edición, Pag.487.
- Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, Luis Arnal Simón,
Max Betancourt Suarez ; Editorial Trillas, Pag. 1296
- Steell Construction, Manual of the American Institute of Steel of Construction, 1956,
Fifth Edition, Pag. 432.