

CAPITULO 7

1. UNIONES

CAPITULO J

UNIONES, JUNTAS Y MEDIOS DE UNION

Este Capítulo es de aplicación para todos los elementos que intervienen en una unión, para los medios de unión y para los elementos de las partes unidas que resultan afectados. El capítulo es valido para uniones solicitadas por cargas estáticas. Cuando actúan cargas variables, se deben seguir los procedimientos del Apéndice K3.

J1. Disposiciones generales

1. Bases de cálculo

Las uniones comprenden a los elementos afectados de los miembros vinculados, (por ejemplo las almas de las vigas), los elementos auxiliares de unión (por ejemplo chapas de nudo carteras y angulares) y los medios de unión (soldadura, bulones, remaches). Estos elementos deben ser dimensionados de manera que para la acción sobre la estructura de las cargas factoreadas determinada por un análisis estructural (o cuando corresponda, una proporción especificada de la resistencia de los elementos unidos), su resistencia de cálculo sea mayor o igual que la resistencia requerida.

2. Uniones simples

Salvo que se especifique de otro modo en la documentación del proyecto, las uniones de vigas, vigas armadas de alma llena o de reticulado deben ser calculadas como flexibles y pueden ser comúnmente dimensionadas sólo para el esfuerzo de corte en los apoyos.

Las uniones flexibles de las vigas deben permitir las rotaciones extremas de las vigas no empotradas (simplemente apoyadas). En estos casos, se puede admitir una deformación inelástica limitada de la unión.

3. Uniones de momento

Las uniones empotradas de los extremos de vigas, vigas armadas de alma llena o reticuladas deben ser calculadas para los efectos combinados de los esfuerzos de momento y corte inducidos por la rigidez de la unión.

4. Barras comprimidas con uniones de apoyo por aplastamiento

Cuando las columnas apoyan en placas o están maquinadas para su apoyo directo deben colocarse medios de unión suficientes para mantener todas las partes en su posición en forma segura.

Cuando otras barras comprimidas están maquinadas para su apoyo, el material de empalme y los medios de unión deben ser colocados para mantener todas las partes alineadas y deben ser dimensionados para el 50% de la resistencia factoreada de la barra.

Todas las uniones a compresión deben ser dimensionadas para resistir cualquier tracción desarrollada por las cargas factoreadas especificadas en la combinación de cargas A 4-6.

5. Empalmes en secciones pesadas

Este Artículo se aplica a los Grupos 4 y 5 de secciones laminadas según ASTM A6M, o secciones armadas con chapas soldadas de espesor mayor que 50 milímetros, y cuando la sección es empalmada y solicitada con tensiones de tracción o flexión. Cuando los elementos, individuales de la sección están empalmados antes de ser unidos para formar la sección, de acuerdo con el Artículo 3.4.6 de AWS D1.1, se aplican los requerimientos que correspondan de AWS D 1. 1 en lugar de lo establecido en este Artículo.

Cuando se transmiten esfuerzos de tracción en estas secciones a través de empalmes mediante cordones de soldadura a tope de penetración total se aplican los requerimientos de tenacidad del material dados en el Artículo A3.1c, los detalles de los agujeros de acceso soldados según el artículo J 1.6, los requerimientos de precalentamiento dados en el Artículo J2.8, y los requerimientos de inspección y preparación de las superficies cortadas por calor de acuerdo con el Artículo M 2.2.

En los empalmes traccionados de perfiles de los Grupos 4 y 5 de ASTM A6M y secciones armadas con chapas de más de 50 mm de espesor, deben quitarse las chapas de respaldo y amolarse las superficies.

En los empalmes de perfiles laminados de los Grupos 4 y 5 de ASTM A6M y secciones armadas con chapas soldadas de más de 50 mm de espesor, cuando la sección corresponde a una barra comprimida, todos los agujeros de acceso para facilitar las operaciones de soldadura deben satisfacer las indicaciones del Artículo J 1.6.

Alternativamente, los empalmes de estos miembros solicitados a compresión, incluyendo las barras que están solicitadas a tracción para los estados de viento o sismo, serán realizados utilizando detalles de empalmes que no induzcan contracciones excesivas de la soldadura; por ejemplo cordones de soldadura a tope de penetración parcial en las alas con chapas de empalme superpuestas y cordones de soldadura de filete en las almas, cubreuntas abulonadas, o una combinación de cordones de filete y bulones para unir el cubreunta de alma.

6. Rebajes en vigas y agujeros de acceso para soldar

Todos los agujeros de acceso necesarios para facilitar las operaciones de soldadura, tendrán una longitud desde la parte inferior de la preparación de la soldadura no inferior a 1 Y2 veces el espesor del material en el cual se hace el agujero. La altura del agujero será adecuada para depositar el metal de aporte en las chapas adyacentes y proveer suficiente espacio para colocar las chapas de respaldo en el material en el cual se efectúan los agujeros, pero no menor que el espesor del material. En perfiles laminados y secciones armadas, todos los rebajes en vigas y agujeros de acceso serán realizados libres de entallas y ángulos agudos entrantes excepto, en el caso de la unión soldada del ala y alma en vigas armadas en que se permite que el agujero de acceso termine en dirección perpendicular al ala.

Para secciones del Grupo 4 y 5 de ASTM A6M y secciones armadas con chapas de espesor mayor que 50 mm, los cortes de rebajes y agujeros de acceso realizados con soplete tendrán la superficie pulida y serán inspeccionados mediante partículas magnéticas o tintas penetrantes antes de depositar el cordón de soldadura. Si la transición curva de los agujeros de acceso y rebajes se hacen mediante taladrado o aserrado, no es necesario realizar su amolado. Los agujeros de acceso y los rebajes en otros tipos de secciones para vigas, no necesitan ser amoladas ni inspeccionadas mediante partículas magnéticas ni tintas penetrantes.

7. Resistencia mínima de las uniones

Excepto para barras de reticulado, barras roscadas y largueros de pared, la resistencia de cálculo de las uniones serán calculadas para resistir una carga factoreada no menor que 45.40 kN.

8. Empleo de soldaduras y bulones

Cuando se realiza la unión de una barra solicitada axialmente, deberá diseñarse la unión de forma de que el centro de gravedad de la unión coincida con el centro de gravedad de la barra, a menos que la excentricidad sea considerada en el cálculo. La disposición anterior no es aplicable a las uniones extremas de ángulos simples, ángulos dobles y barras similares, estáticamente cargadas.

9. Bulones en combinación con soldadura

En obras nuevas, no puede considerarse que existe colaboración en la transmisión de esfuerzos en una unión entre cordones de soldadura y bulones A307 o bulones de alta resistencia en uniones del tipo de aplastamiento. En el caso de usar cordones de soldadura, éstos deben calcularse para absorber el esfuerzo total en la unión.

Puede considerarse que existe colaboración para absorber esfuerzos entre cordones de soldadura y bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico.

En las modificaciones de estructuras mediante la ejecución de soldaduras, los remaches existentes o bulones de alta resistencia ajustados a los requerimientos para uniones de deslizamiento crítico, pueden ser utilizados para tomar los esfuerzos resultantes de la acción de las cargas existentes, y la soldadura sólo necesita ser dimensionada para tomar la resistencia de cálculo adicional requerida.

10. Bulones de alta resistencia en combinación con remaches

En obras nuevas, y en la ejecución de modificaciones de obras existentes, se puede considerar que existe colaboración para transmitir esfuerzos entre remaches y bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico según las prescripciones de la sección J3.

11. Limitaciones para uniones abulonadas y soldadas

Se deberán emplear bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico (ver tabla J3.I), o cordones de soldadura para las siguientes uniones:

- empalmes de columnas en todas las estructuras de pisos múltiples con altura igual o mayor que de 60 m.

- empalmes de columnas en estructuras de pisos múltiples con alturas comprendidas entre 30 y 60 m, si la menor dimensión horizontal es menor que el 40% de la altura.

- empalmes de columnas en estructuras de pisos múltiples menores que 30 m de altura, si la menor dimensión horizontal es menor que el 25% de la altura.

- en las uniones de todas las vigas laminadas o armadas a columnas y de cualquier otra viga ya sea laminada o armada de la cual dependa el arriostramiento de las columnas, en estructuras de más de 38 m de altura.

- en todas las estructuras que soportan grúas de más de 45 kN de capacidad, empalmes de vigas reticuladas de techo y uniones de vigas reticuladas a columnas, empalmes de columnas, arriostramiento de columnas, nudos de pórticos y apoyos de grúas.

- uniones para apoyo de maquinaria en operación, o de otras cargas vivas que producen impacto o inversión signo de los esfuerzos.

- cualquier otra unión estipulada en los planos de diseño.

En todos los otros casos las uniones pueden ser ejecutadas con bulones A-307 o bulones de alta resistencia en uniones de aplastamiento.

A los fines de este artículo, la altura de una estructura de pisos múltiples será tomada como la distancia vertical desde el nivel de la acera hasta el punto más alto de las vigas de techo, en el caso de techos planos o hasta la altura media del tímpano, en el caso de techos que tienen una pendiente de más del 22%. Cuando el nivel de la acera no ha sido establecido, o cuando la estructura no sea adyacente a una calle, se usará el nivel medio del terreno adyacente en vez del nivel de la acera. Los pent-houses podrán excluirse en el cómputo de la altura de la estructura.

J2. SOLDADURA

Son de aplicación todas las disposiciones del *Structural Welding Code-Steel*, AWS D1.1, de la *American Welding Society*, excepto el Capítulo 10, Estructuras Tubulares que están fuera del alcance de estas Especificaciones y las disposiciones del AISC LRFD siguientes que reemplazan a las disposiciones de AWS citadas.

Artículos J1.5 y J1.6 de AISC en lugar del Artículo 3.2.5 de AWS.

Artículos J2.2 de AISC en lugar del Artículo 2.3.2.4 de AWS.

Tabla J2.5 de AISC en lugar de la Tabla 8.1 de AWS.

Tabla A-K3.2 de AISC en lugar del Artículo 2.5 de AWS.

Artículos K3 y Apéndice K3 de AISC en lugar del Capítulo 9 de AWS.

Artículos M2.2 de AISC en lugar del Artículo 3.2.2 de AWS.

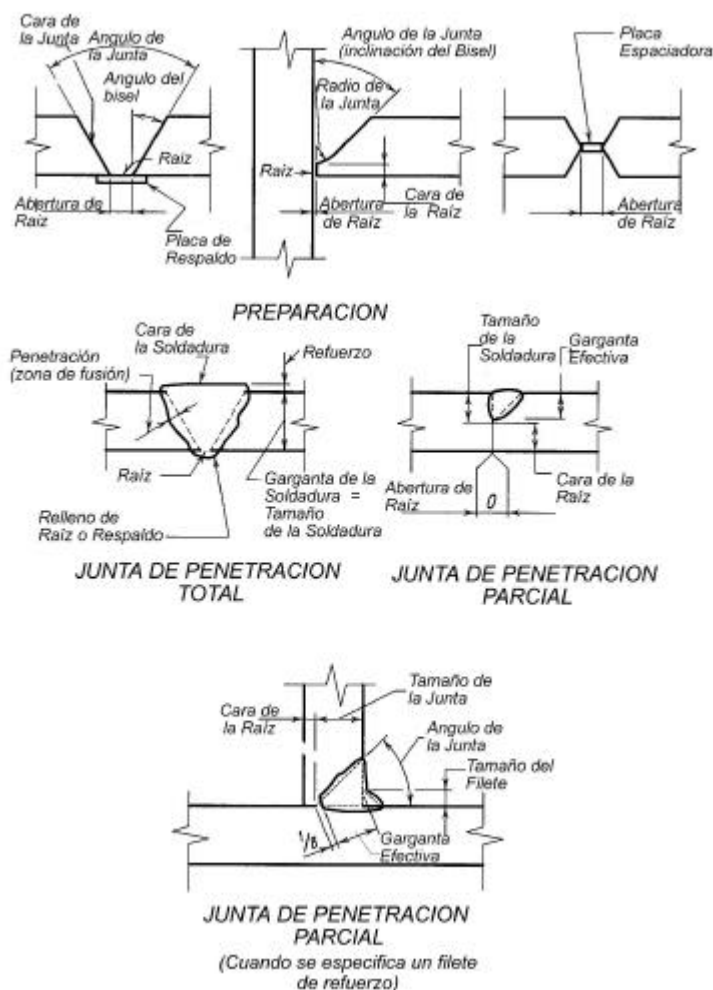


Figura J2.1 - Nomenclaturas utilizadas en la preparación de juntas

1. Soldaduras con Acanaladuras

1a. Área efectiva

Definiremos como soldaduras *a tope* como aquellas en las que los elementos a unir (chapas, perfiles, etc.) se encuentran en un mismo plano. Las soldaduras a tope pueden ser con o sin junta preparada o bien, con o sin acanaladura.

Cuando presentamos dos elementos, con sus secciones a unir enfrentadas, estando sus bordes rectos, tal como resultan del corte con cizalla o con sierra, se dice que la junta no está preparada, que no tiene acanaladura o no tiene ranura.

No obstante, en el caso de soldaduras en ángulo (los elementos a unir no están contenidos en un mismo plano, forman planos oblicuos o rectos entre sí) también la soldadura puede tener su junta o ranura preparada, como se ilustra en la parte inferior de la Figura J2.1. Por lo tanto, algunas consideraciones que haremos a consideración son válidas tanto para soldaduras a tope, como para soldaduras en ángulo, con junta acanalada o preparada.

El área efectiva de soldaduras a tope (chapas en un mismo plano) debe ser considerada como el producto de la longitud efectiva de la soldadura por el espesor efectivo de garganta.

La longitud efectiva de la soldadura a tope será el ancho de la parte unida.

El espesor efectivo de garganta de una soldadura a tope con penetración completa será el espesor de la parte unida más delgada.

El espesor efectivo de garganta de una soldadura a tope con *penetración parcial* será el indicado en la Tabla J2.1.

El espesor efectivo de garganta de una soldadura a tope de forma acampanada (con bordes redondeados) cuando está al mismo nivel que la superficie de una barra o en secciones plegadas a 90° será como se indica en la tabla J2.2 (ver Figura J2.2).

Para verificar que el espesor efectivo de garganta se está penetración en forma uniforme se tomarán probetas al azar de cordones de soldadura ejecutados para cada proceso de soldadura, o aquellas muestras de ensayo que se requieran en la documentación del proyecto.

TABLA J2.1
Espesor de Garganta Efectivo de
Cordones a Tope de Penetración Parcial

Proceso de Soldadura	Posición	Preparación de la Junta	Espesor efectivo de la garganta
Arco Metálico Protegido o Arco Sumergido	Todas	Juntas en U o J	Altura del Bisel
Arco Metálico Protegido a Gas		Bisel o Junta en $V \geq 60^\circ$	
Arco con Núcleo Fundente		Bisel o Junta en $V < 60^\circ$ pero $\geq 45^\circ$	Altura del Bisel menos 3 mm

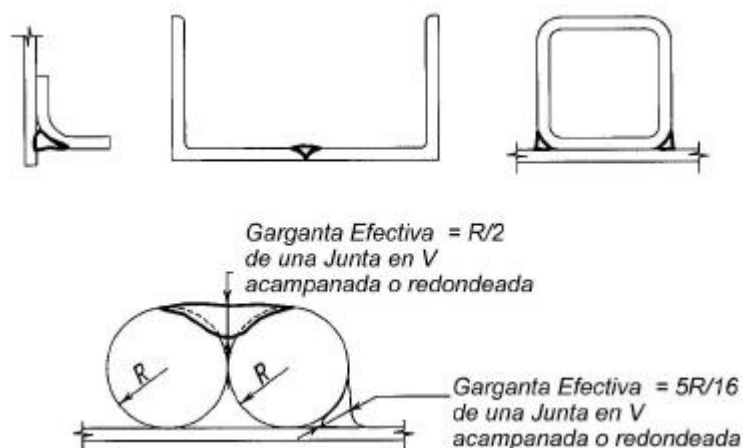


Figura J2.2
Nomenclatura en cordones de soldadura acampanados

Se permiten espesores efectivos de garganta mayores que los indicados en la tabla J2.2, siempre que el fabricante pueda garantizar, por la calificación del procedimiento, que tales espesores pueden ser conseguidos en forma permanente. Para realizar la calificación se tomarán probetas cortando la sección en dirección perpendicular a su eje, en la mitad de la longitud y en los extremos. Estas probetas se tomarán de manera que exista un número de combinaciones de distintos tamaños de material representativos del rango a usarse en la fabricación, o según sea requerido por el proyectista.

TABLA J2.2
Espesores de Garganta Efectivos de Cordones en Ranura Acampanadas

Tipo de Soldadura	Radio de la Barra o de Plegado, R	Espesor Efectivo de Garganta
Acanaladura en Bisel Acampanada	Todos	$5/16 R$
Acanaladura en V Acampanada	Todos	$1/2 R$
(a) Usar $3/8 R$ para Soldadura de Arco Metálico Protegido a Gas (excepto en procesos de transferencia de corto circuito) cuando $R \geq 25$ mm.		

1b. Limitaciones

Mayor de los Espesores de las Partes Unidas	Espesor Efectivo Mínimo de Garganta
Hasta 6 mm inclusive	3 mm
De 6 a 13 mm	5 mm
De 13 a 19 mm	6 mm
De 19 a 38 mm	8 mm
De 38 a 57 mm	10 mm
De 57 a 150 mm	13 mm
Mas 150 mm	16 mm
(a) Ver Tabla J2.1	

TABLA J2.3
Espesor de Garganta Efectivo Mínimo de Cordones en Acanaladuras de Penetración Parcial

El espesor de garganta efectivo mínimo de una soldadura en ranura con penetración parcial será el indicado en la Tabla J2.3. El tamaño de la soldadura está determinado por el mayor espesor de las dos partes unidas. Sin embargo, el tamaño de la soldadura no necesita exceder el espesor de la parte unida más delgada, aún cuando se haya determinado por cálculo que es necesario un tamaño mayor. Para esta excepción, se debe tener particular cuidado para proporcionar suficiente precalentamiento para obtener una soldadura de buena calidad.

2. Soldadura de filete

a. Área efectiva

El área efectiva de una soldadura de filete debe ser tomado como se define en el Artículo 2.3.2 del *American Welding Society Code*, con excepción del Artículo 2.3.2.4. El espesor de garganta efectivo de una soldadura de filete será la distancia más corta entre la raíz y la cara en una representación esquemática de la sección transversal de la soldadura, excepto para el caso de soldadura de filete ejecutadas por el proceso de arco sumergido, en que el espesor efectivo de garganta se considerará igual al tamaño del cateto para soldaduras de filete de 10 mm y menores, y será igual a la garganta teórica más 3 mm para soldaduras de filete mayores a 10 mm.

Para soldaduras de filete en agujeros y acanaladuras la longitud efectiva será la longitud del eje de la soldadura a lo largo del centro del plano que atraviesa la garganta. En el caso de filetes que se solapan, el área efectiva no excederá el área nominal de la sección transversal del agujero o acanaladura, en el plano de unión de las superficies.

2b. Limitaciones

El tamaño (cateto) mínimo de la soldadura de filete no será menor que el requerido para transmitir los esfuerzos calculados ni que el indicado en la tabla J2.4 que está basado en experiencias y provee cierto margen respecto de las tensiones no calculadas que se originan durante la fabricación, manipuleo, transporte, y montaje. Estas disposiciones no se aplican para los refuerzos de cordones de penetración parcial o completa mediante soldaduras de filete.

TABLA J2.4
Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete

Mayor de los Espesores de las Partes Unidas	Espesor Mínimo (a) del Filete de Soldadura
Hasta 6 mm inclusive	3 mm
De 6 a 13 mm	5 mm
De 13 a 19 mm	6 mm
Más de 19 mm	8 mm
(a) Dimensión del Cateto del Filete de Soldadura. Deben utilizarse soldaduras de una sola pasada. (b) Ver Sección J2.2b para tamaños máximos de soldaduras de filete.	

El tamaño (cateto) máximo del cordón de filete de las partes unidas será:

a) No mayor que el espesor del material, para cordones a lo largo de los bordes de material de espesor menor que 6 mm

b) No mayor que el espesor del material menos 2 mm', para cordones a lo largo de los bordes de material de espesor mayor o igual que 6 mm, al menos que la soldadura sea especialmente proyectada para ser realizada de forma de obtener un espesor de garganta completo. En este caso,

se permite que la distancia entre el borde del metal base y la base de la soldadura sea menor que 2 mm, siempre que el tamaño del cordón sea claramente verificable.

c) Para la unión de alas con almas, el tamaño real del cordón no necesita ser mayor que el requerido para desarrollar la capacidad del alma, y no es necesario aplicar los requerimientos de la Tabla J2.4,

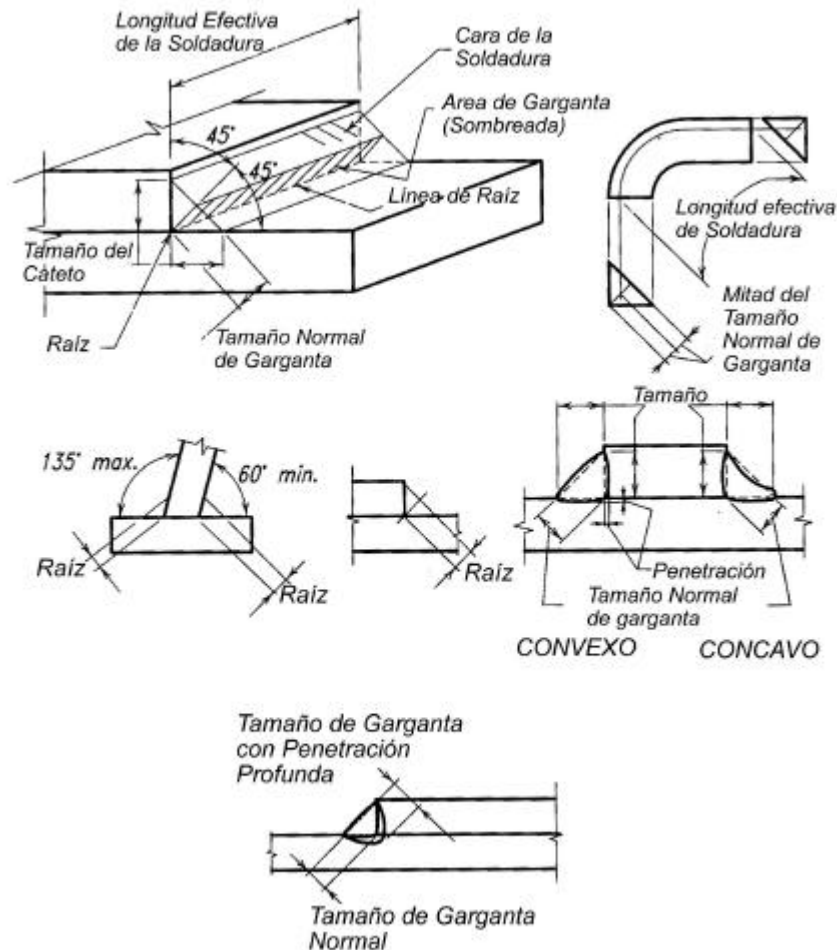


Figura J2.3
Nomenclatura de cordones de filete

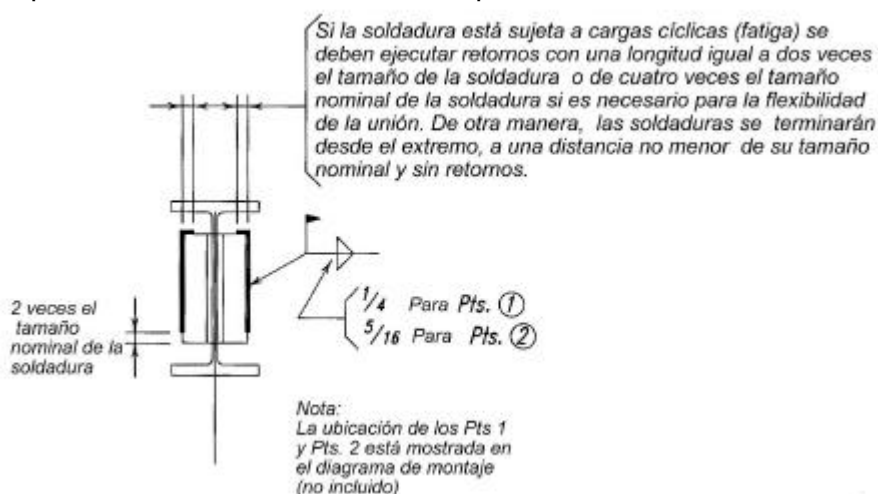
La *longitud efectiva mínima de una soldadura de filete* calculada sobre la base de la resistencia, no debe ser menor que cuatro veces el tamaño nominal, o se considerará que el tamaño de la soldadura no excede 1/4 de la longitud efectiva. Si en las uniones extremas de barras planas traccionadas se usa sólo soldadura longitudinal de filete, la longitud de cada filete de soldadura no será menor que la distancia perpendicular entre éstos. La separación transversal de las soldaduras longitudinales de filete usadas en uniones extremas de barras traccionadas debe cumplir con el Artículo B3.

La *longitud máxima efectiva de cordones de soldadura de filete* cargados en dirección paralela al cordón, como en empalmes traslapados, no excederá 70 veces el cateto del filete. Se supondrá una distribución uniforme de tensiones en la longitud efectiva máxima.

Se podrán *usar filetes de soldadura intermitentes* dimensionados para transferir esfuerzos en una unión y para unir las partes que constituyen un miembro armado, cuando la resistencia requerida sea menor que la desarrollada por un filete de soldadura continuo del menor tamaño permitido. La longitud efectiva de cualquier segmento de soldadura de filete intermitente no será menor que cuatro veces el tamaño de la soldadura, con un mínimo de 38 mm.

En uniones traslapadas, la cantidad mínima de solape será de cinco veces el espesor de la parte unida más delgada, pero no menor de 25 mm. Las uniones traslapadas que unan chapas o barras sometidas a esfuerzos axiales serán soldadas con filetes a lo largo del extremo de ambas partes solapadas, excepto donde la deflexión de las partes solapadas esté suficientemente restringida para prevenir la abertura de la junta bajo la carga máxima.

Las terminaciones de cordones de filete no se harán en los extremos o partes laterales de los miembros unidos. Se deberán hacer retornos de forma continua alrededor de las esquinas en una distancia no menor que dos veces el tamaño nominal de la soldadura. Para elementos estructurales tales como ménsulas, apoyos de vigas, ángulos de arriostramiento, y chapas simples que están solicitadas a cargas cíclicas (fatiga) no coplanares y/o momentos de frecuencia y magnitud que puedan tender a iniciar una falla progresiva de la soldadura, los cordones de soldadura de filete serán retornados alrededor del extremo o lado en una distancia no menor que dos veces el tamaño nominal de la soldadura. Para ángulos de uniones y uniones simples extremas de chapas cuya flexibilidad depende de los extremos salientes para la flexibilidad de la unión, los finales con retorno no deben



Retornos

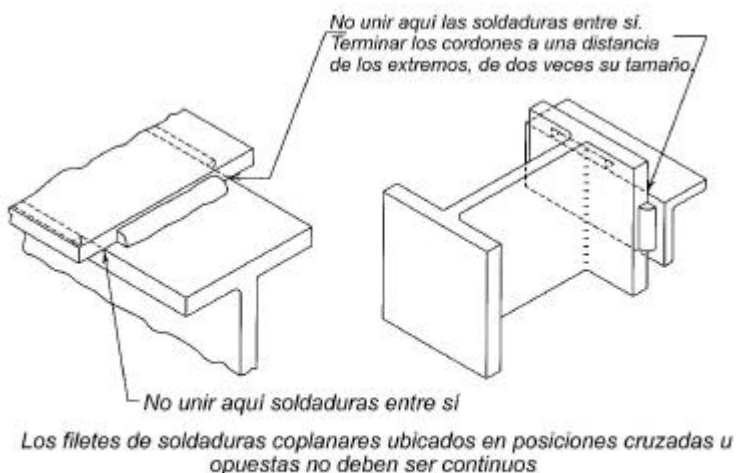


Figura J2.5

exceder de cuatro veces el tamaño nominal de la soldadura. Las soldaduras de filete que están ubicadas en los lados opuestos de un plano común deben ser interrumpidas en el ángulo común a ambas soldaduras. Los retornos extremos se indicarán en los planos de diseño y de detalle (Figura J2.4, Figura J2.5, Figura J2.6).

Figura J2.4

Los cordones de soldadura de filete en agujeros y acanaladuras pueden ser usados para transferir corte en uniones con solape 6 para prevenir el pandeo o separación de partes traslapadas y para unir componentes de barras compuestas. Tales soldaduras de filete podrán traslaparse, sujetándose a las disposiciones del artículo J2. Las soldaduras de filete en agujeros o acanaladuras no serán consideradas como soldaduras de tapón o muesca.

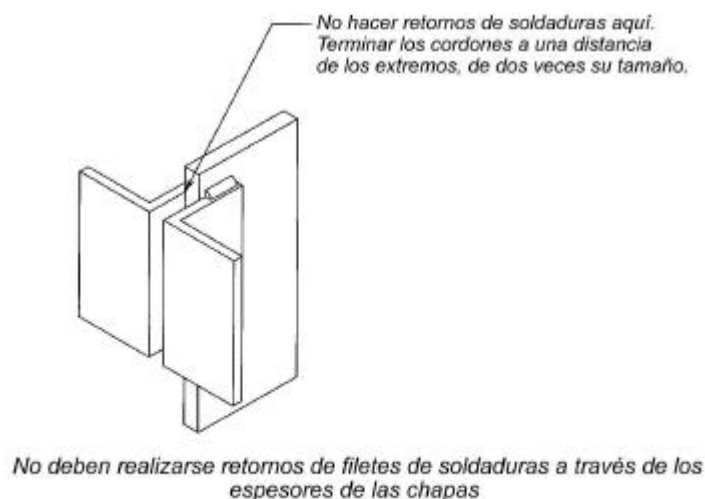


Figura J2.6

3. Soldadura de tapón y de muesca

3a. Área efectiva

El área efectiva de corte de soldaduras de tapón y de muesca será considerada como el área de la sección nominal del agujero o muesca en el plano de la superficie de empalme.

3b. Limitaciones

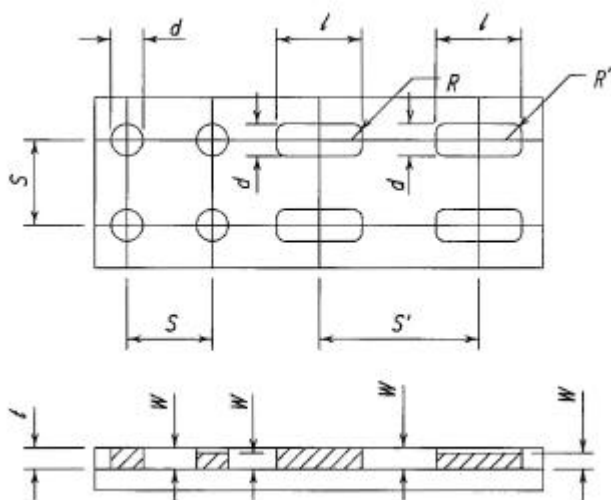
Las soldaduras de tapón ó muesca pueden ser usadas para transmitir corte en uniones de solape o para prevenir el pandeo de las partes traslapadas y para unir las partes componentes de miembros armados.

El diámetro de los agujeros para soldaduras de tapón no será menor que el espesor de la parte que la contiene más 8 mm, redondeados al siguiente mm ni mayor que diámetro mínimo más 3 mm, o 2.25 veces el espesor del metal que se suelda.

La separación mínima centro a centro de soldaduras de tapón será cuatro veces el diámetro del agujero (Figura J2.7).

Espesor de la Placa (mm)	Diámetro Mínimo de Agujero o Ancho de ranura (mm)	Proporciones del Agujero o Ranura, espaciamiento y profundidad de soldadura	
5 y 6	14	$d^3(l + 8 \text{ mm})$, redondeado al siguiente entero de 2 mm, también debe ser $d \leq 2.25W$	
8 y 10	17	$S^3 4d$	Donde $l \leq 16$, $W = l$ Donde $l > 16$, $W = l/2$ Pero no menor que 16
11 y 13	21	$S^3 2l$	
14 y 16	24	$l \leq 10W$ $R = d/2$ $R^3 l$	

Figura J2.7
Cordones de tapón o muesca



La longitud de la muesca para una soldadura de muesca no excederá diez veces el espesor de la soldadura. El ancho de la muesca no será menor que el espesor de la parte que la contiene más 8 mm, redondeando mm siguiente, ni será mayor que 2.25 veces el espesor de la soldadura. Los extremos de la muesca serán semicirculares o tendrán las esquinas redondeadas con un radio no menor que el espesor de la parte que la contiene, excepto en aquellos extremos en los cuales se extienda hasta el borde de la parte.

La separación mínima de líneas de soldadura de muesca en una dirección transversal a su longitud será cuatro veces

el ancho de la muesca. La separación mínima centro a centro en una dirección longitudinal sobre cualquier línea debe ser dos veces la longitud de la muesca.

El espesor de las soldaduras de tapón o de muesca en material de espesor menor ó igual a 16 mm, será igual al espesor del material. En material de espesor mayor que 16 mm, el espesor de la soldadura será al menos la mitad del espesor del material, pero nunca será menor que 16 mm.

4. Resistencia de cálculo

La resistencia de cálculo de soldaduras será el menor valor entre $\phi \cdot F_{ai} A_{BM}$ y $\phi \cdot F_w A_w$, según corresponda. Los valores de ϕ , F_{ai} y A_{ai} y sus limitaciones están dadas en la tabla J2.5. donde

- F_{BM} = resistencia nominal del material base
- F_w = resistencia nominal del electrodo
- A_{BM} = el área de la sección transversal del metal base
- A_w = el área de la sección efectiva de la soldadura = el factor de resistencia
- ϕ = el factor de resistencia

Como alternativa, se permite calcular los cordones cargados en el plano de acuerdo con el Apéndice J2.4.

5. Combinación de soldaduras

Si dos o más de los tipos generales de soldadura (de ranura, filete, tapón, y muesca) se combinan en una unión simple, la resistencia de cálculo de cada una de éstas será calculada separadamente, con referencia al eje del grupo, con el objeto de determinar la resistencia de cálculo de la combinación.

6. Material de aporte

La elección del electrodo para usar con soldaduras de ranura de penetración completa sujetas a tracción en dirección perpendicular al área efectiva está determinada por los requerimiento para materiales de aporte dados en el *AWS Structural Welding Code - Steel D1.1*.

7. Mezcla de material de soldadura

Cuando se especifica una determinada ductilidad de la soldadura, los procesos con que se ejecutan todas las soldaduras, punteado, pasada de raíz, pasadas posteriores depositadas en una unión deben ser compatibles para asegurar la tenacidad del material compuesto.

8. Precalentamiento para Perfiles Pesados

Cuando se ejecutan empalmes mediante cordones de ranura de perfiles de los Grupos 4 y 5 de ASTM A6 y de secciones armadas con chapas de espesor superior a 5.1 mm debe realizarse un precalentamiento a temperaturas iguales o superiores a 177 °C.

TABLA J2.5
Resistencia de Cálculo de Cordones de Soldadura

Tipo de Cordón y Tensiones (a)	Material	Factor de Resistencia f	Resistencia Nominal F_{BM} o F_W	Nivel de Resistencia Requerida (b, c)
Soldaduras con acanaladura con penetración Total				
Tracción Perpendicular al área Efectiva	Base	0.90	F_y	Debe rellenarse con el material de soldadura correspondiente. Para requerimientos CVN ver nota (d) al pie.
Compresión Perpendicular al área Efectiva	Base	0.90	F_y	Se permite rellenar con un metal de soldadura con nivel de resistencia igual o menor que la del metal de soldadura correspondiente.
Tracción o Compresión Paralela al eje de la Soldadura				
Corte en el área Efectiva				
Soldaduras con Acanaladura de Penetración Parcial				
Compresión Normal al área efectiva	Base	0.90	F_y	Se permite rellenar con un metal de soldadura con nivel de resistencia igual o menor que la del metal de soldadura correspondiente.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura				
Corte paralelo al eje de la soldadura	Base Electrodo	(f) 0.75	(f) $0.60 F_{EXX}$	
Tracción normal al área efectiva	Base Electrodo	0.90 0.80	$0.60 F_y$ $0.60 F_{EXX}$	
Soldaduras de Filete				
Corte en el área efectiva	Base Electrodo	(f) 0.75	(f) $0.60 F_{EXX}$	Se permite rellenar con un metal de soldadura con nivel de resistencia igual o menor que la del metal de soldadura correspondiente.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura (d)	Base	0.90	F_y	
Soldaduras de Tapón y Muesca				

Corte paralelo a las superficies de empalme (en el área efectiva)	Base Electrodo	(f) 0.75	(f) $0.60 F_{EXX}$	Se permite rellenar con un metal de soldadura con nivel de resistencia igual o menor que la del metal de soldadura correspondiente.
<p>(a) Para la definición del área efectiva, Ver Artículo J2.</p> <p>(b) Para el material de soldadura correspondiente, ver Tabla 4.1, de AWS D1.1-92.</p> <p>(c) Se permitirá metal de relleno con una resistencia de un nivel mayor que el metal de soldadura correspondiente.</p> <p>(d) Para uniones T y de esquina con placa de respaldo dejada en el lugar durante el servicio, debe utilizarse un material de relleno que requiere una tenacidad mínima de 27J a 4°C, medida con probeta Charpy con entalladura V (CVN). Si se utiliza un metal de relleno sin tenacidad requerida y la placa de respaldo se deja en el lugar, la unión se debe dimensionar utilizando el factor de resistencia y la resistencia nominal correspondiente a una unión de penetración parcial.</p> <p>(e) Los cordones de filete y de penetración parcial que unen los elementos componentes de miembros armados, como una unión de ala y alma, podrán ser calculadas sin considerar la tensión de tracción o compresión en aquellos elementos paralelos al eje de las soldaduras</p> <p>(f) El cálculo de los materiales unidos está gobernada por los Artículos J4. y J5.</p> <p>(g) Para una resistencia de cálculo alternativa, ver el Apéndice J2.4,</p>				

J3. BULONES Y PARTES ROSCADAS

1. Bulones de alta resistencia

Excepto que se indique de otra manera en esta Especificación, el uso de bulones de alta resistencia deberá satisfacer los requisitos de la *Specification for Structural Joints Using ASTM A325 o A490 Bolts-1985*, tal como ha sido aprobada por el *Research Council on Structural Connections*.

TABLA.J3.1
Tracción Mínima de los Bulones, kN*

Tamaño del Bulón (mm)	Bulones A325	Bulones A490
M16	91	114
M20	142	179
M22	176	221
M24	205	257
M27	267	334
M30	326	408
M36	475	595
(*) Igual a 0.70 de la resistencia a la tracción mínima del bulón, redondeada al valor entero de kN más cercano, como se especifica en las ASTM Specifications para bulones A325M y A490M con roscas UNC.		

Si se requiere apretar a más del 50% de su resistencia mínima especificada a la tracción, los bulones ASTM 449 en tracción y en las uniones de corte tipo aplastamiento, tendrán una arandela de dureza ASTM F436M instalada bajo la cabeza del bulón, y las tuercas deberán cumplir los requerimientos de ASTM A563. Durante el armado, todas las superficies a unir, incluyendo aquellas adyacentes a las arandelas, estarán libres de escamas, excepto las fuertemente adheridas por laminación. Excepto como se indica más abajo, todos los bulones A325 y A490 serán apretados hasta una tracción del bulón no menor que la dada en la Tabla J3.1. El apriete será ejecutado mediante uno de los procedimientos siguientes: el método del giro de la tuerca, mediante un indicador de tensión directa, por una llave adecuadamente calibrada o por un bulón calibrado.

TABLA J3.2
Resistencia de Cálculo de los Vástagos

Descripción de los Bulones	Resistencia a la Tracción		Resistencia al corte en uniones del Tipo Aplastamiento	
	Factor de Resistencia f	Resistencia Nominal (MPa)	Factor de Resistencia f	Resistencia Nominal (MPa)
Bulones A307	0.75	310 (a)	0.75	165 (b,e)
Bulones A325M cuando la rosca no está excluida de los planos de corte		620 (d)		330 (e)
Bulones A325M, cuando la rosca está excluida de los planos de corte		620 (d)		415 (e)
Bulones A490M, cuando la rosca no está excluida de los planos de corte		780 (d)		415 (e)
Bulones A490M, cuando la rosca está excluida de los planos de corte		780 (d)		520 (e)
Partes roscadas que cumplen con los requerimientos del Artículo A3, cuando la rosca no está excluida de los planos de corte		0.75 F _u (a, c)		0.40 F _u
Partes roscadas que cumplen con los requerimientos del Artículo A3, cuando la rosca está excluida de los planos de corte		0.75 F _u (a, c)		0.50 F _u (a, c)
Remaches colocados en caliente A502 Gr. 1		310 (a)		172 (e)
Remaches colocados en caliente, A502 Gr.2 y 3		414 (a)		228 (e)
a) Cargas estáticas solamente. b) Se permite la rosca en los planos de corte. c) La resistencia nominal a la tracción de la parte roscada de una varilla recalcada, basada en el área de la sección del diámetro mayor de la rosca A _D , será mayor que el área nominal del cuerpo A _b de la varilla antes del recalcado multiplicada por F _y . d) Para bulones A325M y A490M solicitados a tracción con fatiga, ver el Apéndice K3. e) Cuando se emplean uniones del tipo de aplastamiento para empalmar miembros traccionados que se encuentran separados en dirección paralela al esfuerzo más de 1270 mm, losvalores tabulados deben ser reducidos en un 20%.				

Los bulones en uniones no sujetas a cargas de tracción, donde el deslizamiento puede ser permitido y donde el aflojamiento o fatiga debido a vibraciones o cargas variables no son la condición de cálculo, necesitan solamente ser apretados para la condición de ajuste sin holgura. La condición de ajuste sin holgura se define como el ajuste obtenido por unos cuantos golpes con una llave de impacto o el esfuerzo máximo de un trabajador con una llave de tuerca ordinaria debiendo obtenerse un contacto firme entre las piezas unidas. Para uniones del tipo aplastamiento bajo la condición de ajuste sin holgura se deberá emplear la resistencia nominal dada en la Tabla J3.2. Los bulones a ser apretados solamente bajo la condición de ajuste sin holgura serán claramente identificados en la confección de los planos de proyecto y montaje.

Cuando se emplean bulones A490 de más de 25 mm de diámetro, en chapas externas con agujeros agrandados u ovalados, debe usarse una arandela endurecida de acuerdo con ASTM F436 (con un espesor mínimo de 8 mm) en lugar de arandelas comunes.

En uniones de deslizamiento crítico, cuando la dirección de la carga es hacia un borde de la parte unida, se debe proveer una resistencia al aplastamiento para cargas factoreadas suficiente de acuerdo con los requerimientos del Artículo J3.10.

TABLA J3.3M
Dimensión Nominal de los Agujeros

Diámetro de los Bulones, mm	Dimensiones de los Agujeros, mm			
	Normales (Diámetro)	Agrandados (Diámetro)	Ovalados Cortos (Ancho x Largo)	Ovalados Largos (Ancho x Largo)
M16	18	20	18 x 22	18 x 40
M20	22	24	22 x 26	22 x 50
M22	24	28	24 x 30	24 x 55
M24	27(a)	30	27 x 32	27 x 60
M27	30	35	30 x 37	30 x 67
M30	33	38	33 x 40	33 x 75
≥ M36	d + 3	d + 8	(d + 3) x (d + 10)	(d + 3) x 2.5d

(a) El diámetro del agujero permite la utilización de bulones de 28 mm de diámetro.

2. Tamaño y Uso de los agujeros

En uniones de deslizamiento crítico, cuando la dirección de la carga es hacia un borde de la parte unida, se debe proveer una resistencia al aplastamiento suficiente para cargas factoreadas de acuerdo con los requerimientos del Artículo J3.10.

El tamaño máximo de los agujeros para remaches y bulones esta dado en la Tabla J3.3. Podrán indicarse en los planos agujeros mayores, para las bases de las columnas, por requerimientos de tolerancia en la ubicación de los anclajes de las fundaciones de hormigón.

Deberán ejecutarse *agujeros normales* en las uniones miembro a miembro, a menos que el ingeniero apruebe agujeros agrandados, ovalados cortos u ovalados largos en uniones abulonadas. Se pueden introducir chapas de relleno de hasta 6 mm, dentro de uniones de deslizamiento crítico calculadas sobre la base de agujeros comunes, sin hacer la reducción correspondiente a agujeros ovalados de la resistencia nominal especificada al corte del bulón.

Se podrán usar *agujeros agrandados* en cualquiera o todas las chapas de uniones de deslizamiento crítico, pero no podrán ser usadas en uniones tipo aplastamiento. Se deberán instalar arandelas endurecidas sobre los agujeros agrandados de una chapa externa.

Se podrán usar *agujeros ovalados cortos* en cualquiera o todas las chapas de uniones de deslizamiento crítico o del tipo aplastamiento. Los agujeros ovalados se podrán usar independientemente de la dirección de la carga en uniones tipo deslizamiento crítico, pero su longitud mayor deberá ser normal a la dirección de la carga en el caso de uniones tipo aplastamiento. Se deberán instalar arandelas sobre los agujeros ovalados cortos en una chapa externa; cuando se usen bulones de alta resistencia, estas arandelas deberán ser endurecidas.

Tanto en uniones tipo deslizamiento crítico como tipo aplastamiento, los *agujeros ovalados largos* solamente podrán ser usadas en una de las partes unidas en una superficie individual de empalme. Se podrán usar agujeros ovalados largos independientemente de la dirección de la carga en uniones tipo deslizamiento crítico, pero deberán ser normales a la dirección de la carga en el caso de uniones tipo aplastamiento. En donde se usen agujeros ovalados largos en una chapa externa, deberán colocarse arandelas planas o una barra continua con perforaciones normales, que sean de un tamaño suficiente como para cubrir completamente el óvalo después de la instalación. En uniones

con bulones de alta resistencia, tales arandelas planas o barras continuas no podrán ser menores de 8 mm de espesor, y deberán ser de material de grado estructural, pero no necesitan ser endurecidas. Sí se requiere arandelas endurecidas para el uso de bulones de alta resistencia, las arandelas endurecidas deberán ser colocadas sobre la superficie externa de la arandela plana o de la barra.

TABLA J3.4
Distancia Mínima al Borde, ^(a) mm
Centro del Agujero Normal ^(b) al Borde de la Parte Conectada

Diámetro Nominal del Bulón o Remache, mm	A los Bordes Cortados	A los Bordes Laminados de Chapas, Perfiles o Barras, o a los Bordes Oxicortados (c)
16	28	22
20	34	26
22	38	28
24	42 (d)	30
27	48 (d)	34
30	52	38
36	64	46
>36	1.75 x d	1.25 x d
a) Se permite utilizar menores distancias a los bordes siempre que se satisfaga la Ecuación J3.10. b) Para agujeros agrandados u ovalados, ver la Tabla J3.6M. c) Se permite reducir todas las distancias en esta columna en 3 mm cuando el agujero está en un punto en donde la tensión no excede el 25% de la resistencia de cálculo máxima del elemento d) Se permite que la distancia sea 32 mm en el extremo de los ángulos de conexión de vigas y chapas extremas de corte.		

3. Separación mínima

La distancia mínima entre los centros de los agujeros normales, agrandados u ovalados será 2 2/3 veces el diámetro nominal del bulón siendo recomendable adoptar una distancia mínima de 3d. Para el cálculo de la resistencia a la compresión, ver el Artículo J3.10.

4. Distancia mínima al borde.

La distancia desde el centro de un agujero común a un borde no será menor que el valor de la Tabla J3.4 ni que el requerido en el Artículo J3.10. La distancia desde el centro de un agujero agrandado u ovalado a un borde no será menor que el requerido para un agujero común a un borde más el incremento C2 de la Tabla J3.8. Referirse al Artículo J3.10 para los requerimientos de resistencia a la compresión.

5. Máxima separación y distancia al borde

La distancia máxima desde el centro de cualquier remache o bulón al borde más próximo de las partes en contacto, será igual a 12 veces el espesor de la parte unida en consideración, pero no excederá de 150 mm. La separación longitudinal entre los bulones o remaches que vinculan elementos en contacto continuo como dos chapas o una chapa y un perfil será como sigue:

- a) Para barras pintadas o no pintadas sin peligro de corrosión, la separación no superará 24 veces el espesor de la chapa más fina ni 305 mm.

- b) Para barras no pintadas de acero resistente a la corrosión sometidas a una atmósfera corrosiva, la separación no superará 14 veces el espesor de la chapa más fina ni 178 mm.

6. Resistencia de Cálculo a la Tracción o al Corte

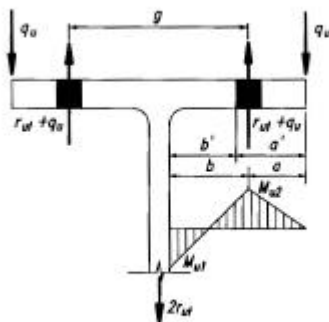
La resistencia de cálculo a la tracción o al corte de los bulones de alta resistencia y de elementos roscados es:

$$\phi F_n A_b$$

donde

- ϕ = el factor de resistencia indicado en la Tabla J3.2.
 F_n = la resistencia nominal a la tracción F_t o al corte F_v , indicadas en la Tabla J3.2
 A_b = área nominal del cuerpo de la parte no roscada del bulón o de elementos roscados (para varillas recalcadas, ver la nota c al pie de la Tabla J3.2)

Figura J3. 1



Parámetros que intervienen en la acción de palanca

La fuerza aplicada será la suma de las cargas factoreadas y cualquier tracción resultante del efecto de palanca producida por deformación de las partes unidas.(Figura J3.1)

7. Combinación de tracción y corte en uniones tipo aplastamiento

La resistencia de cálculo de un bulón o remache sometido a corte y tracción combinados es $\phi F_t A_b$ donde ϕ es 0.75 y la tensión de tracción nominal F_t será calculada con las ecuaciones de la Tabla J3.5 como una función de la tensión requerida al corte

producida por las cargas factoreadas f_v . La resistencia de calculo al corte ϕF_v indicada en la Tabla J3.2, será igual o superior a la tensión de corte f_v .

8. Bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico

El cálculo por corte de bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico será de acuerdo con el Artículo J3.8a o J3.8b y serán verificados por aplastamiento de acuerdo con J3.2 y J3.10

8.a. Uniones de deslizamiento crítico calculadas en cargas de servicio.

La resistencia de cálculo al corte de un bulón en una unión de deslizamiento crítico es $\phi F_v A_b$ donde

- $\phi = 1.0$ para agujeros normales, agrandados, ovalados cortos, y ovalados largos cuando el eje más largo es perpendicular a la línea de fuerza
 $\phi = 0.85$ para agujeros ovalados largos cuando el eje más largo es paralelo a la línea de fuerza
 F_v = la resistencia nominal al deslizamiento crítico indicada en la Tabla J3.6

La resistencia de cálculo al corte será igual o mayor que el corte en el bulón debido a las cargas de servicio. Cuando la combinación de carga incluye cargas de viento superpuestas con cargas muertas y vivas, el corte total en el bulón debido a la combinación de los efectos de las cargas, en cargas de servicio, pueden ser multiplicadas por 0.75.

TABLA J3.5
Tensión Nominal de Tracción, Mpa
Uniones con Vástagos del Tipo Aplastamiento

Descripción de los Vástagos	Rosca incluida en el Plano de Corte	Rosca Excluida del Plano de Corte
Bulones A307	$171 - 2.5 f_v \leq 310$	
Bulones A325	$807 - 2.5 f_v \leq 621$	$807 - 2.0 f_v \leq 621$
Bulones A490	$1010 - 2.5 f_v \leq 779$	$1010 - 2.0 f_v \leq 779$
Partes roscadas de bulones A449 de diámetro mayor que 38.1 mm	$0.98 F_u - 2.5 f_v \leq 0.75 F_u$	$0.98 F_u - 2.0 f_v \leq 0.75 F_u$
Remaches A502 Gr. 1	$407 - 2.4 f_v \leq 310$	
Remaches A502 Gr.2	$538 - 2.4 f_v \leq 414$	

Los valores de F_v de la Tabla J3.6 están calculados para superficies en contacto de Clase A (coeficiente de deslizamiento 0.33), con superficies limpias de cascarilla de laminación y polvo, con revestimiento de Clase A. Cuando lo especifique el proyectista, la resistencia nominal al deslizamiento para uniones que tengan condiciones especiales de las superficies de contacto pueden ajustarse a los valores aplicables dados en la Especificación de Cálculo mediante Factores de Carga y Resistencia de RCSC.

8b. Cálculo de Uniones de Deslizamiento Crítico por Cargas factorizadas.

Ver el Apéndice J3.8b.

9. Tracción y Corte Combinados en Uniones de Deslizamiento Crítico

El cálculo de uniones de deslizamiento crítico solicitadas a esfuerzos de tracción será de acuerdo con los Artículos J3.9a y J3.8a o los Artículos J3.9b y J3.8b.

9.a. Uniones de deslizamiento crítico para cargas de servicio

El cálculo de la resistencia al corte de un bulón en una unión de deslizamiento crítico solicitada a una fuerza de tracción T debida a las cargas de servicio será calculada de acuerdo con el Artículo J3.8a multiplicada por el siguiente factor de reducción,

$$1 - \frac{T}{T_b}$$

donde

T_b = el pretensado mínimo del bulón de la Tabla J3.1

9.b. Uniones de Deslizamiento Crítico Calculadas para Cargas factorizadas

Ver el Apéndice J3.9b.

10. Resistencia al Aplastamiento de los Agujeros

La resistencia de cálculo al aplastamiento de los agujeros es ϕR_n donde

$$\begin{aligned} \phi &= 0.75 \\ R_n &= \text{resistencia nominal al aplastamiento} \end{aligned}$$

La resistencia al aplastamiento será comprobada para las uniones del tipo aplastamiento y de deslizamiento crítico. El uso de agujeros agrandados y ovalados largos y cortos paralelos a la línea de la fuerza está restringida a uniones de deslizamiento crítico por el Artículo J3.2.

En los siguientes Artículos:

- L_e = distancia en la dirección de la fuerza desde el borde de la parte unida al centro del agujero común o al centro del agujero ovalado largo o corto con el eje mayor perpendicular a la dirección de la fuerza. Para agujeros agrandados y ovalados largos y cortos paralelos a la dirección de la fuerza, L_e será incrementado con el incremento C2 de la Tabla J3.8.
- s = distancia en dirección de la fuerza entre centros de agujeros comunes, o entre centros de agujeros ovalados largos o cortos perpendiculares a la dirección de la fuerza. Para agujeros agrandados y ovalados largos y cortos con el eje paralelo a la dirección de la fuerza, s será incrementado mediante el incremento C1 de la Tabla J3.7.
- d = el diámetro del bulón
- F_u = resistencia a la tracción mínima especificada
- t = espesor de la parte conectada crítica. Para bulones y remaches avellanados, se debe deducir un medio del espesor del avellanado.

Cuando $L_e \geq 1.5d$ y $s \geq 3d$ y hay dos o más bulones en la dirección de la fuerza:

Para agujeros estándar, ovalados largos y cortos perpendiculares a la dirección de la fuerza; agujeros agrandados en uniones de deslizamiento crítico; y agujeros ovalados largos y cortos en uniones de deslizamiento crítico, cuando la dirección de la fuerza es paralela al eje del agujero:

Cuando la deformación alrededor de los agujeros es una consideración de diseño

$$R_n = 2.4 dtF_u \quad (J3-1a)$$

Cuando la deformación alrededor de los agujeros no es una consideración de diseño, para el bulón más cercano al borde

$$R_n = L_e t F_u \leq 3.0 dtF_u \quad (J3-1b)$$

TABLA J3.6
Valores del Incremento por Separación C_2 , mm

Diámetro Nominal del Bulón	Agujeros Agrandados	Agujeros Ovalados		
		Eje Mayor Perpendicular al Borde		Eje mayor Paralelo al Borde
		Ovalados Cortos	Ovalados Largos (a)	
≤ 22	2	3	0.75 d	0
24	3	3		
≥ 27	3	5		

(a) Cuando la longitud del agujero es menor que el máximo admisible de la Tabla J3.5, se permite reducir C_2 en un medio de la diferencia entre la longitud máxima y la real del agujero.

y para los restantes agujeros

$$R_n = (s - d/2)tF_u \leq 3.0 dtf_u \quad (J3-1c)$$

Para agujeros alargados largos perpendiculares a la dirección de la fuerza:

$$R_n = 2.0 dtF_u \quad (J3-1d)$$

b) Cuando $L_e < 1.5d$ o $s < 3d$ ó para un solo bulón en la dirección de la fuerza:

Para agujeros normales, ovalados cortos y largos perpendiculares a la dirección de la fuerza, agujeros agrandados en uniones de deslizamiento crítico, y agujeros ovalados cortos y largos en uniones de deslizamiento crítico cuando la dirección de las fuerzas es paralela al eje del agujero:

Para un solo bulón o para el bulón más cercano al borde cuando hay dos o más bulones en la dirección de la fuerza

$$L_e t F_u \leq 2.4 dt F_u \quad (\text{J3-2a})$$

Para los restantes agujeros

$$R_n = (s - d/2) t F_u \leq 2.4 dt F_u \quad (\text{J3-2b})$$

Para agujeros ovalados perpendiculares a la dirección de la fuerza:

Para un solo bulón o para el bulón más cercano al borde cuando hay dos o más bulones en la dirección de la fuerza

$$R_n = L_e t F_u \leq 2.0 dt F_u \quad (\text{J3-2c})$$

Para los demás bulones

$$R_n (s - d/2) t F_n \leq 2.0 dt F_u \quad \text{G3-2d}$$

11. Espesor del paquete de chapas

La resistencia de cálculo de los bulones A307 cuando el espesor del paquete de chapas a unir excede cinco diámetros, será incrementada en uno por ciento por cada 2 mm de espesor adicional que supere los cinco diámetros.

J4. Resistencia de cálculo a la rotura

1. Resistencia a la Rotura por Corte

La resistencia de cálculo para el estado límite de rotura a lo largo de una línea de rotura por corte para un miembro unido será ϕR_n ,

donde

$$\begin{aligned} \phi &= 0.75 \\ R_n &= 0.6 F_u A_{nv} \\ A_{nv} &= \text{área neta solicitada al corte} \end{aligned}$$

2. Resistencia a la Rotura por Tracción

La resistencia de cálculo para el estado límite de rotura a lo largo de una línea de rotura por tracción para un miembro unido será ϕR_n

donde

$$\begin{aligned} \phi &= 0.75 \\ R_n &= 0.6 F_u A_{nt} \\ A_{nt} &= \text{área neta solicitada a tracción} \end{aligned}$$

3. Resistencia a la Rotura por Bloque de Corte

El bloque de corte es un estado límite en el cual la resistencia está determinada por la suma de la resistencia al corte en una línea de falla y la resistencia a la tracción en un segmento perpendicular. Debe ser comprobada en las uniones extremas de viga donde se corta el ala superior y en situaciones similares, tales como barras Fraccionadas y chapas de nudo. Cuando se usa la resistencia a rotura en el área neta para determinar la resistencia de un segmento, se debe emplear la fluencia en el área neta para el segmento perpendicular. La resistencia de cálculo a la rotura del bloque de corte fR_n , se determinará como sigue:

a) Cuando $F_u A_{nt} \geq 0.6 F_u A_{nv}$

$$fR_n = f(0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} + F_u \cdot A_{nt}) \quad (J4-3a)$$

a) Cuando $0.6 F_u A_{nv} > F_u A_{nt}$:

$$fR_n = f(0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt}) \quad (J4-3b)$$

donde

$$\phi = 0.75$$

A_{gv} = el área bruta solicitada al corte

A_{gt} = el área bruta solicitada a la tracción

A_{nv} = el área neta solicitada al corte

A_{nt} = el área neta solicitada a la tracción

J5. Elementos auxiliares de una unión

Este Artículo se aplica para el cálculo de elementos auxiliares de una unión, tales como chapas, chapas de nudo, ángulos y ménsulas cortas y las chapas de la zona de la unión de viga con columna.

1. Uniones excéntricas

Siempre que sea posible, los ejes de gravedad de las barras solicitadas axialmente que se interceptan deben concurrir a un punto, de no ser así, se deberán tener en cuenta las tensiones de flexión y corte debidas a- la excentricidad.

2. Resistencia de cálculo de los elementos auxiliares de una unión

La resistencia de cálculo fR_n para los elementos auxiliares de una unión sometidos a cargas estáticas de tracción y unidos mediante cordones de soldadura, remaches y bulones (por ejemplo empalmes y chapas de nudo) será el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia, rotura de los elementos de conexión, y bloque de corte.

a) para fluencia por tracción de los elementos auxiliares de una unión:

$$f = 0.90$$

$$R_n = A_g F_y \quad (J5-1)$$

b) para la rotura por tracción de los elementos auxiliares de una unión:

$$f = 0.75$$

$$R_n = A_n F_u \quad (J5-2)$$

donde A_n es el área neta que no debe exceder $0.85 A_g$

c) para la rotura por bloque de corte de los elementos auxiliares de una unión, ver el Artículo J4.3.

3. Otros Elementos auxiliares de una unión

Para otros elementos auxiliares de una unión, la resistencia de cálculo fR_n será determinada para el estado límite correspondiente, para asegurar que la resistencia de cálculo es igual o mayor que la resistencia requerida, donde R_n es la resistencia nominal apropiada para la geometría y tipo de carga en el elemento de unión. Para la fluencia por corte de los elementos de unión:

$$\begin{aligned} f &= 0.90 \\ R_n &= 0.60 A_g F_y \end{aligned} \quad (\text{J5-3})$$

Si el elemento auxiliar de una unión está comprimido, se deberá realizar un análisis mediante un estado límite apropiado.

J6. Chapas de relleno

En la construcción soldada, cualquier chapa de relleno de espesor mayor o igual que 6 mm se extenderá más allá de los extremos de la chapa de empalme y será soldada al elemento sobre la cual ésta se fija con suficiente soldadura como para transmitir la carga de la chapa de empalme, aplicada en la superficie de la chapa de relleno. Las soldaduras que unen la chapa de empalme con la chapa de relleno serán suficientes para transmitir la carga en la chapa de empalme y serán de longitud suficiente para evitar sobrecargar la chapa de relleno a lo largo del pie del cordón de soldadura. Cualquier chapa de relleno de espesor menor que 6 mm tendrá sus bordes al ras con los bordes de la chapa de empalme, y la dimensión de la soldadura será la suma de la dimensión necesaria para soportar la carga en la chapa de empalme más el espesor de la chapa de relleno.

Cuando los remaches - o bulones que soportan cargas pasen a través de las chapas de relleno de espesor mayor que 6 mm, excepto en uniones calculadas como uniones de deslizamiento crítico, las chapas de relleno se extenderán más allá del material de empalme y la prolongación de la chapa de relleno será asegurada con suficientes remaches o bulones para distribuir el esfuerzo total uniformemente en el miembro, sobre la sección combinada del miembro y la chapa de relleno, o un número equivalente de bulones o remaches se incluirá en la unión. Chapas de relleno de espesor comprendido entre 6 mm y 19 mm, inclusive, no necesitan ser extendidas y desarrolladas, siempre que se reduzca la resistencia de los bulones por un factor $0.154(t - 6)$, donde t es el espesor total de las chapas de relleno, hasta 19 mm.

J7. Empalmes

Los empalmes con soldadura en ranura en vigas principales armadas y vigas, desarrollarán la resistencia total para la menor de las secciones empalmadas. Otros tipos de empalme en secciones de vigas principales armadas y vigas desarrollarán la resistencia requerida por las fuerzas en el punto de empalme.

J8. Resistencia de aplastamiento

La resistencia de superficies en aplastamiento es fR_n , donde

$$\begin{aligned} f &= 0.75 \\ R_n &\text{ se define más adelante para varios tipos de aplastamiento.} \end{aligned}$$

a) Para superficies maquinadas, pernos en agujeros pasantes y escareados, taladrados o punzonados y en los extremos de rigidizadores ajustados trabajando a aplastamiento,

$$R_n = 1.8F_y A_{pb} \quad (\text{J8-1})$$

Siendo:

F_y = la tensión de fluencia mínima especificada, Mpa

A_{pb} = la proyección del área de aplastamiento

b) Para rodillos de dilatación y en balancines,

Si $d \leq 635$ mm.,

$$R_n = 1.2 (F_y - 90) l d / 20 \quad (\text{J8-2})$$

Si $d > 635$ mm.,

$$R_n = 6.0 \cdot (F_y - 90) \cdot l \cdot \sqrt{d} / 20 \quad (\text{J8-3})$$

siendo

d = diámetro, mm

l = longitud de aplastamiento, mm

J9. Bases de columnas y aplastamiento sobre el hormigón

Se tomarán las medidas adecuadas para transferir las cargas y los momentos de las columnas a las zapatas y fundaciones.

Ante la ausencia de regulaciones reglamentarias, las cargas de cálculo al aplastamiento sobre el hormigón pueden tomarse como fP_p :

a) sobre el área total de apoyo de hormigón

$$P_p = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1 \quad (\text{J9-1})$$

b) sobre un área menor que el área total de apoyo de hormigón

$$P_p = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (\text{J9-2})$$

siendo

ϕ_c = 0.60

A_1 = el área de acero que apoya en forma concéntrica con el apoyo de hormigón

A_2 = máxima área de la porción de la superficie de soporte que es geométricamente similar y concéntrica con el área cargada

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2$$

J10. Bulones de anclaje y encastres

Los bulones de anclaje y los encastres serán calculados de acuerdo con el criterio del *American Concrete Institute* o del *Prestressed Concrete Institute*. Si se emplean los factores de carga y las combinaciones dadas en el Artículo A4. 1, se deben reducir los factores f especificados por ACI en función de la relación de factores de carga dados en el Artículo A4.1 y en el ACI.