

3. CONEXIONES A BASE DE SOLDADURAS DE FILETE

3.1 Conceptos fundamentales.

Las soldaduras usadas en la unión de perfiles pueden ser clasificadas en soldaduras de fusión o resistencia, en el presente trabajo se tratarán las conexiones de perfiles laminados en frío a base de soldaduras de filete, la cual pertenece al tipo de soldaduras de fusión.

La soldadura de fusión (o de arco) es un grupo de procesos donde los extremos de los miembros (metal base) son unidos mediante la aplicación de un metal aportado durante el proceso (electrodo) a gran temperatura (en estado de fusión), sin la aplicación de presión o golpes. La unión soldada consistirá en la combinación de los metales base y de aportación.

Las soldaduras de fusión se usan para conectar perfiles laminados en frío entre sí o conectarlos con perfiles laminados en caliente. A continuación se presentan los principales tipos de soldadura de fusión usadas en la fabricación de estructuras de acero.

- Soldaduras de penetración.
- Soldadura de punto.
- Soldadura de costura.
- Soldadura de filete.
- Soldadura de penetración abierta.

Para una mejor interpretación en la fig. 3.1 se ilustran ejemplos de estos tipos de uniones a base de soldaduras de fusión.

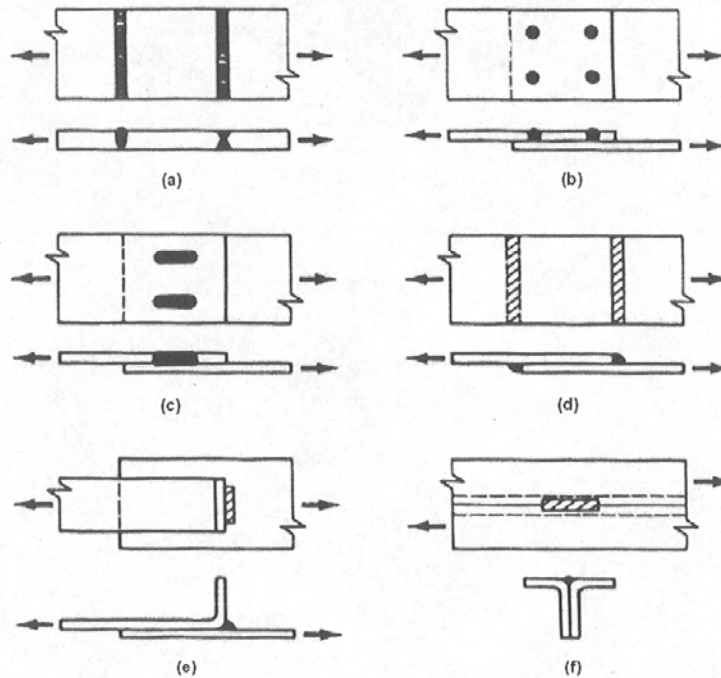


Figura 3.1 Tipos de soldaduras de arco (1). (a) Soldaduras de penetración en juntas de frente; (b) soldaduras de punto; (c) Soldaduras de costura; (d) Soldaduras de filete; (e) Soldaduras de penetración abierta de bisel en "J"; (f) Soldaduras de penetración abierta en "V".

Se presentarán en este capítulo los procedimientos de diseño de conexiones formadas a base de soldaduras de filete, evaluando las limitaciones y ventajas de este tipo de soldaduras, se revisarán los distintos tipos de fallas que pueden presentarse en la conexión, como son: fallas por cortante y tensión en la soldadura, así como las fallas del perfil a unir.

Las soldaduras de filete se usan normalmente para juntas traslapadas o en tee. Dependiendo de la orientación de las soldaduras, estas pueden ser clasificadas como soldaduras longitudinales o transversales. En las soldaduras longitudinales, la carga es aplicada paralela a la longitud de la soldadura y en las transversales, la carga es aplicada perpendicular a la soldadura.

En especímenes de conexiones de traslape a base de soldaduras de filete probados en la Universidad de Cornell, la dimensión w_1 , del lado del filete sobre la orilla de la lámina fue igual al espesor de la lámina; la otra dimensión w_2 en muchas ocasiones fue de 2 a 3 veces más grande que w_1 (ver fig. 3.2). En este tipo de conexiones la garganta del filete es normalmente más grande que la de los filetes convencionales del mismo tamaño, por lo que son más resistentes. En consecuencia, la falla de la conexión estará normalmente gobernada por desgarre de las láminas (ver fig. 3.3). Esta condición se ve reflejada en las ecuaciones de diseño del AISI 1996.

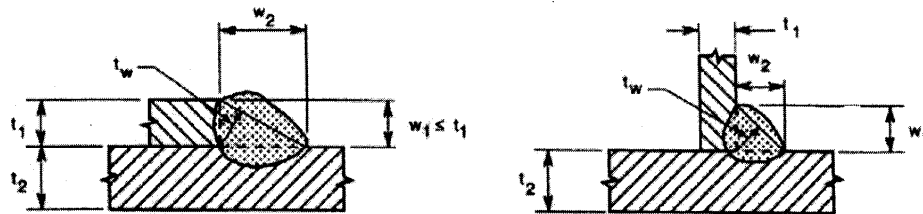


Fig. 3.2 (a) Soldaduras transversales; (b) Soldaduras longitudinales.

Desde el punto de vista de la eficiencia estructural, los filetes transversales presentan un mejor desempeño, ya que dichos filetes están sujetos a esfuerzos relativamente uniformes. Sin embargo, los filetes longitudinales no presentan esta condición, ya que variaciones en las deformaciones longitudinales introducen esfuerzos no uniformes en los filetes. Como resultado, para una misma longitud de soldadura, los filetes transversales son más resistentes que los longitudinales. La siguiente discusión versa sobre la resistencia de conexiones soldadas usando ambos tipos de soldaduras de filete.

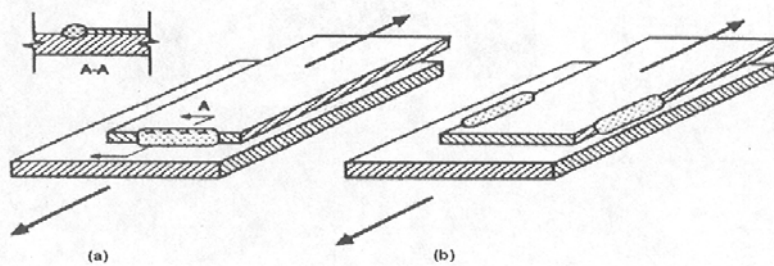


Fig. 3.3 Modos de falla de soldaduras de filete. (a) Soldaduras transversales; (b) Soldaduras longitudinales.

Resistencia de Cortante de Soldaduras de Filete.

En pruebas realizadas en la Universidad de Cornell las láminas usadas en las conexiones de traslape tenían espesores máximos de 0.15 plg. (3.8 mm). Las soldaduras de filete aplicadas en las orillas de estas láminas suelen cumplir con la relación dimensional de w_1 y w_2 mencionada con anterioridad y el modo de falla suele ser por desgarre de las láminas. Sin embargo, para láminas con espesores mayores a 0.15 plg. (3.8 mm) la probabilidad de falla por cortante de la soldadura es mayor y deberá ser investigada. Por consiguiente, si la resistencia de la conexión esta gobernada por la capacidad a cortante de la soldadura de filete, la carga última por soldadura estará dada por:

$$P_{US} = 0.75 t_w L F_{xx} \quad (3.1)$$

Resistencia de Láminas Conectadas Usando Soldaduras de Filete.

1. Soldaduras Longitudinales. Varias soldaduras de filete fueron probadas en la Universidad de Cornell. Una evaluación de la información de dichas pruebas indica que la siguiente ecuación puede ser usada para predecir la carga última de las láminas conectadas, si la falla se da por desgarre siguiendo el contorno de la soldadura, por cortante de la soldadura y por combinación de ambos tipos de falla:

(a) Cuando $L/t < 25$

$$P_{u1} = (1 - 0.01(L/t))tLF_u \quad (3.2)$$

(b) Cuando $L/t \geq 25$

$$P_{u2} = 0.75tLF_u \quad (3.3)$$

donde P_{u1} y P_{u2} son las cargas últimas para soldaduras de filete. Los otros términos fueron definidos previamente.

2. *Soldaduras Transversales*. Basado en las pruebas de filetes transversales, se encontró que la falla principal fue el desgarre de la lámina cercano a, o siguiendo el contorno de las soldaduras. La falla secundaria fue cortante en la soldadura. La carga última de falla por soldadura de filete puede ser calculada por:

$$P_{u3} = 0.75tLF_u \quad (3.4)$$

donde

L = longitud de la soldadura de filete

t = menor valor de t_1 y t_2 (espesores de las laminas a unir).

t_w = garganta efectiva, = $0.707w_1$ o $0.707w_2$, el que sea menor.

w_1, w_2 = dimensión de los catetos de las soldaduras de filete $w_1 < t_1$, en juntas de traslape.

F_u = resistencia a tensión mínima especificada del acero.

F_{xx} = nivel de resistencia asignada en la clasificación de electrodos del AWS.

3.2 Criterios de Diseño del AISI para Soldaduras de Filete

3.2.1 *Diseño por esfuerzos permisibles (ASD)*. Este criterio de diseño establece que los esfuerzos actuantes, calculados a partir de combinaciones de las fuerzas internas máximas (cargas axiales, momentos, cortantes, etc.), no deben exceder a un cierto

esfuerzo permisible para poder lograr una seguridad estructural adecuada de un miembro. ASD fue el único método de diseño avalado por las especificaciones del AISI desde 1946 a 1986.

ASD asume un comportamiento elástico bajo cargas y aparentemente desprecia la capacidad de reserva inelástica del acero, aunque en realidad cuando el caso así lo requiere, la capacidad de reserva inelástica a sido incorporada de manera implícita en las ecuaciones de diseño de ASD. Además, los factores de seguridad de ASD tienen orígenes empíricos y son universales. O sea, para una condición de diseño dada, el factor de seguridad es el mismo siempre, independientemente del tipo de carga aplicada.

En ASD, las resistencias requeridas en los elementos estructurales son calculadas por procedimientos aceptados del análisis estructural. Estas resistencias requeridas no deben exceder las resistencias permisibles de diseño prescritas por el AISI. La resistencia permisible de diseño se determina dividiendo la resistencia nominal entre un factor de seguridad, o sea:

$$R_a = R_n / \Omega \quad (3.5)$$

Donde:

R_a = Resistencia Permisible de Diseño.

R_n = Resistencia Nominal

Ω = Factor de Seguridad.

De acuerdo con la sección A5.1.1 del AISI 1996, un diseño satisface los requisitos de la especificación cuando el valor de la resistencia permisible, R_a , de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida, R , determinada en base a las cargas nominales, para todas las combinaciones de carga aplicables, esto es:

$$R_a \geq R \quad (3.6)$$

Cargas de Diseño. Las cargas nominales de diseño normalmente se especifican en los códigos de diseño vigentes en la localidad donde se realizará la construcción de la estructura. En la ausencia de dichos códigos, la Sección A4.1 del AISI 1996 estipula el uso de las cargas dadas por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles o ASCE (por sus siglas del inglés: "American Society of Civil Engineers") en el documento "Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras". Los siguientes símbolos y definiciones describen las cargas reconocidas por el AISI 1996:

D = Carga muerta, que consiste en:

- (a) el peso propio del elemento.
- (b) el peso de todo el material de construcción incorporado al edificio, el cual es soportado por el elemento, incluyendo muros fijos.
- (c) el peso de equipo permanente.

E = Carga Sísmica.

F = Cargas debidas a fluidos con presiones y alturas máximas bien definidas.

L = Cargas vivas debidas al uso deseado del edificio, incluyendo las cargas debidas a objetos movibles, muros movibles y las cargas temporales a las que estará sujeta la estructura durante su mantenimiento. L puede incluir cualquier reducción permitida por la especificación de diseño. Si la resistencia al impacto debe considerarse en el diseño, tal efecto deberá incluirse en la carga viva.

L_r = Carga viva de azotea o cubierta.

S = Carga debido a acumulación de nieve.

R_r = Carga debida a lluvia, excepto la debida al estancamiento de agua en cubiertas.

H = Cargas debidas al empuje lateral de tierra y del agua incluida en la tierra.

P = Cargas, fuerzas y efectos debidos al estancamiento de agua.

T = Fuerzas y efectos debidos a cambios volumétricos producidos por gradientes de temperatura, cambios de humedad, flujo plástico de elementos constitutivos, asentamientos diferenciales de cimentaciones, u otras combinaciones de éstas.

W=Cargas de viento.

Combinaciones de Carga. En la ausencia de un código de diseño aplicable o si dicho código no incluye combinaciones de carga compatibles con ASD, la Sección A5.1.2 del AISI 1996 especifica que la estructura y sus componentes sean diseñados de tal manera que su resistencia permisible de diseño sea mayor o igual que el efecto de las cargas nominales para las siguientes combinaciones de carga:

1. D
2. $D + L + (L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
3. $D + (W \text{ o } E)$
4. $D + L + (L_r \text{ o } S \text{ o } R_r) + (W \text{ o } E)$

Nótese que el AISI permite solo la consideración de una de las cargas de techo, L_r , S o R_r , la que sea más crítica, al combinarse con la carga gravitacional ($D + L$). Así mismo, el AISI no permite la consideración simultánea de la carga sísmica E y de viento W en las combinaciones de carga estipuladas. Estas restricciones tienden a evitar diseños innecesariamente conservadores ocasionados por cargas cuyos efectos combinados tienen una probabilidad despreciable de ocurrir.

Cuando los códigos de diseño aplicables incluyen cargas sísmicas o de viento en sus combinaciones de carga estipuladas, la Sección A5.1.3 permite que las fuerzas resultantes sean multiplicadas por un factor de reducción de 0.75. Además, cuando el modelo de carga sísmica estipulado por el código de construcción vigente está basado en criterios de estados límites (ver Art. 3.3), la carga sísmica resultante E se podrá reducir por un factor de 0.67. La Sección A5.1.3 no permite la aplicación de estos factores de reducción cuando se evalúen diafragmas de acuerdo a lo

estipulado en la Sección D5 de la especificación. El factor de reducción de 0.75 pretende tomar en cuenta la naturaleza altamente localizada y de corta duración que tienen las cargas sísmicas y de viento sobre las estructuras, así como la poca probabilidad de que todos los valores máximos de las cargas consideradas en combinación con las cargas sísmicas y/o de viento ocurran al mismo tiempo. Por otro lado, la reducción de 0.67 al valor de E pretende hacer a dicho valor compatible con las combinaciones de carga del método LRFD.

La Sección A5.1.4 establece también la inclusión de las cargas F, H, P y T en las combinaciones de carga antes descritas, siempre y cuando sus efectos sean considerables y que tengan una probabilidad considerable de ocurrir simultáneamente con los otras cargas consideradas en dichas combinaciones. Se requiere considerar los efectos de estancamiento de agua en cubiertas o azoteas cuando las pendientes son muy bajas o nulas y/o cuando no se cuenta con un sistema de drenaje adecuado que permita el desalojo rápido del agua. La Sección K2 de las especificaciones del AISC 1989 y 1993 contienen procedimientos aceptables para el cálculo de dichos efectos, los cuales pueden ser usados para el diseño de perfiles laminados en frío.

3.2.2 Diseño por Factor de Carga y Resistencia. El método LRFD está basado en el criterio de estados límites. Un estado límite define la condición ante la cual un elemento o miembro estructural bajo carga se ve afectado a tal grado que deja de ser seguro para los ocupantes de la estructura, o dicho elemento deja de desarrollar la función para la cual fue diseñado.

El método LRFD establece dos tipos de estados límites:

1. Estados Límites de Resistencia: Define el alcance de la resistencia de un elemento estructural bajo cargas extremas.
2. Estados Límites de Servicio: Define el alcance del límite de la habilidad de un elemento estructural a desarrollar la función para la cual fue diseñado.

El método LRFD emplea diversos factores de carga y de resistencia que logran un refinamiento en el diseño al tomar en cuenta los diversos grados de incertidumbre y variabilidad en las propiedades de los materiales, en la estimación de cargas y en los procedimientos de análisis. La ecuación fundamental del método LRFD que define el estado límite de resistencia y que satisface los requisitos de seguridad estructural de las especificaciones del AISI 1996 es la siguiente:

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad (3.7)$$

Donde

R_n = Resistencia nominal

Q_i = Efectos de carga

ϕ = Factor de resistencia correspondiente a R_n

γ_i = Factor de carga correspondiente a Q_i

ϕR_n = Resistencia de diseño

$\sum \gamma_i Q_i$ = Resistencia requerida para las cargas factorizadas

La resistencia nominal R_n es la resistencia de un elemento o miembro para un estado límite dado, calculada a partir de las propiedades nominales de la sección y para valores mínimos de las propiedades del material, de acuerdo al modelo analítico que define a la resistencia. El factor de resistencia ϕ toma en cuenta la incertidumbre y variabilidad inherente en R_n y es usualmente menor que la unidad. Los efectos de carga Q_i son los elementos mecánicos en la sección transversal (momentos flexionantes, fuerzas axiales y cortantes) determinados a partir de las cargas nominales mediante procedimientos conocidos del análisis estructural y γ_i son los factores de carga correspondientes que toman en cuenta la incertidumbre y variabilidad inherente en la estimación de las cargas y/o sus efectos.

Combinaciones de carga, $\sum \gamma_i Q_i$. Las siguientes combinaciones de carga, adoptadas por el ASCE 1995 "Estándares de Carga":

1. $1.4D$
2. $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
3. $1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r) + (0.5L \text{ o } 0.8W)$
4. $1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
5. $1.2D + 1.0E + (0.5L \text{ o } 0.2S)$
6. $0.90D - (1.3W \text{ o } 1.0E)$

La Sección A6.1.2 del AISI 1996 retoma esencialmente éstas mismas combinaciones de carga, salvo las siguientes excepciones:

1. Debido a que las cargas muertas para perfiles laminados en frío son normalmente menores que las de los perfiles laminados en caliente, la primera combinación de cargas es substituida por $1.4D + L$.
2. En la tercera combinación de carga, el factor de 1.6 para L_r es substituido por 1.4 cuando la carga viva de cubierta o azotea es debida a la presencia de trabajadores o materiales durante procesos de reparación, ya que éste tipo de carga puede ser considerada como un tipo de carga de construcción.
3. Para la construcción de cubiertas y muros usando las combinaciones de carga (3), (4) y (6), el factor de carga para la carga nominal de viento W a ser usada en el diseño individual de polines y paneles de muro y cubierta debe ser multiplicado por un factor de reducción de 0.90, ya que estos elementos son elementos secundarios sujetos a cargas de viento de corta duración y por consiguiente, pueden ser diseñados para una confiabilidad menor que los elementos primarios tales como vigas y columnas.

4. El estándar del ASCE usa un factor de carga de 1.0 para la carga sísmica E si el modelo de carga sísmica está basado en criterios de estados límites. Sin embargo, debido a que la mayoría de los perfiles laminados en frío aun se diseñan bajo el criterio de diseño ASD, el AISI 1996 substituye éste valor por 1.5, pero permite usar 1.0 si el modelo de carga sísmica está basado en criterios de estados límites.

Considerando las restricciones anteriores, las combinaciones de carga reconocidas por el AISI 1996 son:

- 1 $1.4D + L$
- 2 $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
- 3 $1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r) + (0.5L \text{ o } 0.8W)$
- 4 $1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
- 5 $1.2D + 1.5E + 0.5L + 0.2S$
- 6 $0.90D - (1.3W \text{ o } 1.5E)$

Además de las combinaciones anteriores, el Comentario del AISI 1996 A6.1.2 recomienda el uso de la siguiente combinación de carga para el diseño de sistemas compuestos de pisos y azoteas:

$$1.2 D_s + 1.6 C_w + 1.4C$$

Donde:

D_s = peso del deck o lámina de acero

C_w = peso del concreto fresco durante el colado

C = carga de construcción incluyendo trabajadores, maquinaria y cimbra, pero excluyendo el peso del concreto fresco.

Resistencia Nominal, R_n . La resistencia nominal es la capacidad de un elemento o conexión estructural para resistir los efectos de carga (fuerzas axiales, momentos, cortantes, etc.). Se determina mediante el uso de criterios establecidos de la teoría estructural y/o de resultados experimentales a partir de las propiedades del material y de la sección, tomando en cuenta los efectos del proceso de manufactura y fabricación. Las Especificaciones del AISI proporcionan las ecuaciones necesarias para el cálculo de la resistencia nominal de elementos sujetos a tensión, flexión, compresión, de conexiones y juntas, así como de puntales de muro. Como se mencionó anteriormente, el ASD y el LRFD comparten las mismas ecuaciones para calcular la resistencia nominal.

Factor de Resistencia, ϕ . El factor de resistencia es un factor de reducción que pretende tomar en cuenta el carácter aleatorio del valor de la resistencia que produce desviaciones con respecto al valor nominal. El factor considera en forma integral la variabilidad de las propiedades materiales (esfuerzo de fluencia, esfuerzo último, módulo de elasticidad, etc.), de la geometría de la sección (peralte, ancho, momento de inercia, área transversal, etc.) y del procedimiento de diseño (suposiciones, aproximaciones de fórmulas teóricas, etc.).

Para establecer el valor de ϕ , el AISI considera un modelo probabilístico, la calibración de los criterios de LRFD a los de ASD y el ajuste de los criterios de LRFD por criterios de juicio estructural y experiencias pasadas, auxiliados por un estudio comparativo de los métodos de ASD y LRFD. El objetivo en éste caso, es el de garantizar que los diseños basados en LRFD no sean radicalmente diferentes a los obtenidos por ASD. El procedimiento general usado para establecer los valores de ϕ en perfiles laminados en frío es el siguiente:

1. Analizar la información disponible y los resultados de laboratorio para establecer valores estadísticos (medias y coeficientes de variación) de la resistencia y los efectos de carga.

2. Asumir los valores de las medias y coeficientes de variación para las variables donde no existe información estadística.
3. Calcular el índice de confiabilidad β implícito en el método ASD.
4. Seleccionar el valor base del índice de confiabilidad β_o .
5. Determinar los valores de ϕ de acuerdo con el valor β_o para los diferentes tipos de miembros estructurales, tomando en cuenta criterios de estados límites.

A β se le conoce como el “índice de confiabilidad” y es una medida relativa de la seguridad del diseño. Cuando se comparan dos diseños, el diseño que tenga el mayor valor de β será el más confiable. El concepto de β a sido usado para determinar la confiabilidad relativa inherente en los procedimientos de diseño existentes. La Sección A6.1.1 de los Comentarios de la Especificación del AISI 1996 demuestra que $\beta = 2.75$ para el caso de un perfil laminado en frío sujeto a flexión, con apoyos simples y una relación de carga muerta con respecto a carga viva de 1/5, si el perfil es diseñado conforme a los criterios de diseño del ASD del AISI 1996.

La determinación de los valores de β para las especificaciones de LRFD del AISI fue presentada en diversas publicaciones de la Universidad de Missouri-Rolla. Diversos investigadores posteriormente revisaron dichos resultados, aplicando información estadística actualizada de cargas y métodos más avanzados de análisis probabilístico. Como resultado, se establecieron los siguientes valores base de β_o :

Caso Base:	Carga Gravitacional,	$\beta_o = 3.0$
Para conexiones:		$\beta_o = 4.5$
Para carga por viento:		$\beta_o = 2.5$



El AISI adoptó para la especificación de LRFD valores de $\beta_o = 2.5$ y $\beta_o = 3.5$ para miembros y conexiones, respectivamente. El valor de β_o para conexiones es mayor que el de miembros para garantizar que las fallas no ocurran primero en conexiones. Los valores adoptados por el AISI son menores a los valores base recomendados, pero concuerdan esencialmente con los valores de la especificación LRFD del AISC 1993. En el caso de los valores β_o para cargas de viento, el AISI especifica el valor base recomendado de $\beta_o = 2.5$.

El AISI 1996 en los Capítulos C al E proporciona los valores de diseño de ϕ , según la condición de diseño considerado.

3.2.3 Limitaciones del Espesor. En las especificaciones del AISI se establece el espesor máximo de los perfiles laminados en frío como 0.50 plg. (12.7 mm), En el AISI 1996 el espesor máximo fue incrementado a 1.0 plg. (25.4 mm); sin embargo, debido a que el comportamiento estructural de las conexiones formadas por perfiles laminados en frío de pared relativamente gruesa es similar al de los perfiles laminados en caliente, la Sección E2 del AISI 1996 aplica solo a los miembros estructurales donde el espesor máximo del elemento más delgado es de 0.18 plg. (4.572 mm). Cuando los miembros a conectarse exceden dicho espesor máximo, las soldaduras de arco pueden diseñarse de acuerdo a las especificaciones del AISC (especificaciones de los perfiles laminados en caliente).

3.2.4 Ecuaciones Generales para el Diseño de Conexiones Soldadas. Las siguientes expresiones representan las ecuaciones generales de diseño de conexiones a base de soldadura de fusión:

1. Método ASD: $P_a = (P_n / \Omega) \geq \Sigma P_i$ (3.8)

2. Método LRFD: $\phi P_n \geq \Sigma \gamma_i P_i$ (3.9)

Donde:

P_a = resistencia permisible de la soldadura

Ω = factor de seguridad de la conexión soldada

ΣP_i = combinación aplicable debido a cargas de servicio (Ver Art. 3.3.3)

ϕ = factor de resistencia de la conexión soldada

γ_i = factor de carga correspondiente a la carga P_i

$\Sigma \gamma_i P_i$ = combinación aplicable de cargas factorizadas (ver Art. 3.3.2)

P_n = resistencia nominal de compresión axial determinada según la Sec. E2.

3.3 Especificaciones de Diseño del AISI para Soldaduras de Filete

Las soldaduras de filete consideradas en esta sección se aplican a juntas soldadas, en cualquier posición, de lámina a lámina o de lámina a miembro de acero de mayor espesor.

La resistencia nominal a cortante, P_n , de una soldadura de filete será determinada de la siguiente manera:

3.3.1 Soldabilidad del Acero.

Las especificaciones de diseño del AISI para las soldaduras de fusión, están basadas principalmente en evidencia experimental obtenida de un programa de pruebas realizado en la Universidad de Cornell, en estas se observó que el esfuerzo de fluencia estaba pobremente definido o muy cercano al esfuerzo de falla, por lo tanto, el modo de falla de ruptura es considerado más confiable que el de fluencia, lo cual es reflejado en las especificaciones de diseño del AISI. Cabe mencionar que las pruebas fueron realizadas sobre láminas de acero con espesores entre 0.48 mm a 3.5 mm y esfuerzos de fluencia entre 2319 y 5763 kg/cm². todos los especimenes de prueba fueron soldados con electrodos E6010.

Para asegurar la soldabilidad del acero utilizado en la fabricación de perfiles laminados en frío es recomendable que las condiciones físico químicas del acero sean las adecuadas, esto es, verificar su contenido de carbono, el cual se obtiene con la siguiente expresión:

$$CE = \% C + \% Mn / 4 \quad \text{Ó} \quad CE = \% C + \% Mn / 6$$

Donde:

CE= Carbono Equivalente

% C= % de Carbono

%Mn= % de Manganeso

La tabla 3.1 nos indica las temperaturas mínimas y máximas aplicables al perfil para que la unión no sufra precalentamiento y postcalentamiento.

Se recomienda que los electrodos proporcionen correctamente la temperatura requerida para evitar el proceso de oxidación del perfil y así evitar posibles fallas en las estructuras.

Tabla 3.1 Pre calentamiento en uso por varios metales

Tipo de metal	Pre calentamiento mínimo y máximo
Acero de bajo carbono	Temperatura ambiente (1)
Acero de mediano carbono	110-280°C.
Acero al níquel de baja aleación (En espesores menores de 6mm)	Temperatura ambiente
Aceros con contenido de carbono (menos de 20%)	90-150°C.
Aceros con contenido de carbono (de 20% a 35%)	310-420°C.
Aceros con más de 35% de carbono	475-590°C.
Aceros al manganeso de baja aleación	200-310°C.
Aceros al Cromo de baja aleación	Temperatura ambiente
Aceros al Molibdeno de baja aleación (Con contenido de Carbono menor de 15%)	Temperatura ambiente
Aceros al Molibdeno de baja aleación (Con contenido de Carbono sobre el 15%)	200-340°C.
Aceros de baja aleación (Alta resistencia)	65-150°C.
Acero inoxidable ferrítico	65-255°C.
Acero inoxidable austenítico	Temperatura ambiente
Acero inoxidable martensítico	65-310°C:
Hierro colado	260-590°C.
Cobre y aleaciones de Cobre	260-420°C.
Níquel y aleaciones de Níquel	Temperatura ambiente
Aluminio y aleaciones de aluminio	Temperatura ambiente (2)
Aleaciones de magnesio	Temperatura ambiente (3)

Notas:

- (1) Requiere pre calentamiento sobre los 110°C en piezas de grande espesor para soldadura de grandes uniones, y para remover condensaciones de agua del material.
 - (2) Requiere pre calentamiento sobre 145°C en grandes secciones para compensar la alta conductividad térmica del aluminio.
 - (3) Requiere pre calentamiento entre 260-400°C para soldadura de grandes espesores y grandes uniones.
- NOTA IMPORTANTE: Nunca se aplique soldadura cuando la pieza éste por debajo de 18°C. Para obtener resultados de buena calidad en un cordón, la temperatura del material base inmediatamente antes de aplicar la soldadura debe estar por arriba de los 21°C.

3.3.2 Resistencia nominal basada en la capacidad a cortante de la soldadura.

Para $t > 0.15$ plg. (3.8mm):

$$P_n = 0.75 t_w L F_{xx} \quad (3.10)$$

$$\Omega = 2.5 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0.60 \text{ (LRFD)}$$

3.3.3 Resistencia nominal basada en la capacidad de cortante de las láminas conectadas:

a) Carga Longitudinal.

Cuando $L/t < 25$

$$P_n = (1 - 0.01(L/t)) t L F_u \quad (3.11)$$

$$\Omega = 2.5 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0.60 \text{ (LRFD)}$$

Cuando $L/t \geq 25$

$$P_n = 0.75 t L F_u \quad (3.12)$$

$$\Omega = 2.50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0.55 \text{ (LRFD)}$$

b) Carga Transversal.

$$P_n = 0.75 t L F_u \quad (3.13)$$

$$\Omega = 2.50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi = 0.60 \text{ (LRFD)}$$

donde

L = longitud de la soldadura de filete

t = menor valor de t_1 y t_2 (espesores de las laminas a unir).

t_w = garganta efectiva, = $0.707w_1$ o $0.707w_2$, el que sea menor.

w_1, w_2 = dimensión de los catetos de las soldaduras de filete $w_1 < t_1$, en juntas

de traslape.

F_u = resistencia a tensión mínima especificada del acero.

F_{xx} = nivel de resistencia asignada en la clasificación de electrodos del AWS.

3.3.4 *Resistencia a tensión de las láminas.* Según la Sección C2 del Suplemento 1999 la resistencia nominal a tensión, T_n , será la resistencia menor obtenida en función de los siguientes estados límites:

(a) Fluencia de la sección bruta (A_g):

$$T_n = F_y A_g \quad (3.14)$$

$$\Omega_t = 1.67 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_t = 0.90 \text{ (LRFD)}$$

(b) Fractura de la sección neta (A_n) alejada de conexiones:

$$T_n = F_u A_n \quad (3.15)$$

$$\Omega_t = 2.00 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_t = 0.75 \text{ (LRFD)}$$

(c) Fractura de la sección neta efectiva (A_e) en la conexión:

$$T_n = F_u A_e \quad (3.16)$$

Donde F_y y F_u son los esfuerzos de fluencia y último del miembro y A_e está dada por la siguiente expresión:

$$A_e = U A_n \quad (3.17)$$

Donde

$$U = 1 - C(X/L) \leq 0.90 \quad (3.18)$$

- Cuando la carga es transmitida solo por soldaduras transversales:
 A_n = Area de los elementos del perfil participando directamente en la Transmisión de la carga.
 $U = 1.0$
- Cuando la carga es transmitida por soldaduras longitudinales o por una

combinación de soldaduras longitudinales y transversales:

A_n = Area bruta del perfil

$U = 1.0$, si la carga es transmitida por la totalidad de los elementos del perfil. De lo contrario U deberá determinarse de la siguiente manera:

(a) Para perfiles angulares: $U=1.0-1.2(\bar{X}/L)\leq 0.90$ (3.19)

donde $U \geq 0.40$

(b) Para perfiles C: $U=1.0-0.36(\bar{X}/L)\leq 0.90$ (3.20)

donde $U \geq 0.50$

\bar{X} = Distancia del plano de corte al centroide del perfil.

L = Longitud de soldaduras longitudinales.

Los valores de \bar{X} y L se ilustran en la fig. 3.4

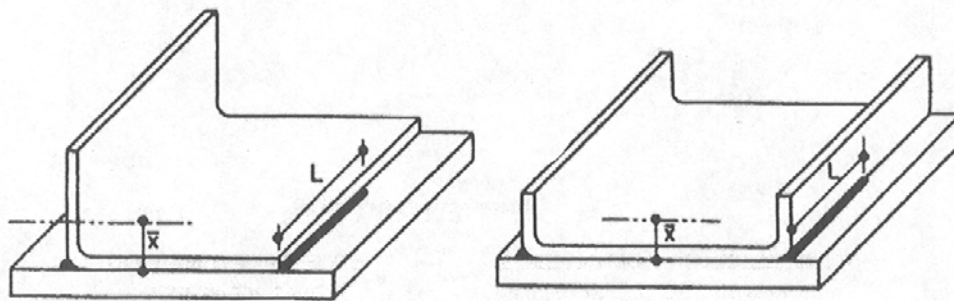


Fig. 3.4 Definición de \bar{X} y L para soldaduras

Como se mencionó anteriormente, las Ecs. (3.14) a (3.15) fueron incluidas por primera vez en el Suplemento 1999, ya que el AISI 1996 solo considerada el estado límite de falla por fluencia en la sección neta ($T_n = F_y A_n$). Dichas ecuaciones asumen una distribución uniforme de esfuerzos. Sin embargo, un miembro a tensión con un perfil que contiene elementos que no coinciden en un mismo plano, donde la carga es transmitida en el extremo del miembro mediante conexiones a algunos pero no a todos los elementos, presentan distribución no uniforme de esfuerzos en la sección debido a que la transmisión de la carga es excéntrica con respecto a los elementos que transmiten dicha carga. Un ejemplo típico de esta condición es un perfil C con

conexiones en sus extremos hechas solo en el alma. En este caso como los patines no participan directamente en la transmisión de la carga, la distribución de esfuerzos a tensión será no uniforme.

Siempre que una carga de tensión es transmitida excéntricamente a una placa ancha la distribución de esfuerzos a tensión a través del ancho de la placa es no uniforme. Esto se debe a que la transmisión de esfuerzos desde el punto de aplicación de la carga hasta las regiones mas alejadas de la sección se da por medio de esfuerzos cortantes actuando en el plano de la placa. Sin embargo, la transmisión de esfuerzos de tensión por medio de esfuerzos cortantes no es muy eficiente, por lo que se presenta una "pérdida" de esfuerzo de tensión, que se acentúa con la distancia al punto de aplicación de la carga. A este efecto se le conoce también como desfasamiento por cortante. El resultado del desfasamiento por cortante es una distribución no uniforme de esfuerzos de tensión, donde dichos esfuerzos son mínimos en los puntos de la sección mas alejados del punto de aplicación de la carga y máximos en el punto de aplicación.

Débito a que el desarrollo de una ecuación de diseño basada en una distribución no uniforme de esfuerzos resulta compleja y poco práctica, el AISI ha decidido mantener la suposición de la distribución uniforme de esfuerzos, estableciendo el concepto de área neta efectiva [Ec. (3.19)] para tomar en cuenta el efecto del desfasamiento por cortante sobre los esfuerzos a tensión.

La resistencia nominal a tensión de miembros con conexiones soldadas se obtiene mediante la Ec. (3.16) y el área neta efectiva se obtiene mediante la Ec. (3.17). Sin embargo, el área neta depende de la presencia de soldaduras longitudinales y transversales. Si la carga es transmitida por ambos tipos de soldadura o solo por soldaduras longitudinales, el AISI permite tomar el valor del área bruta como el área neta. Si la carga es transmitida solo por soldaduras transversales, el AISI establece que el área neta sea igual al área de los elementos del perfil participando directamente en la transmisión de la carga.

Las ecuaciones de diseño para la determinación de la resistencia a tensión de miembros en la sección coincidente con conexiones soldadas están incluidas en la Sección E2.7 del Suplemento 1999. A continuación se presenta dicha Sección.

Sección E2.7 Resistencia a Tensión de Miembros en la Sección Coincidente con una Conexión Soldada.

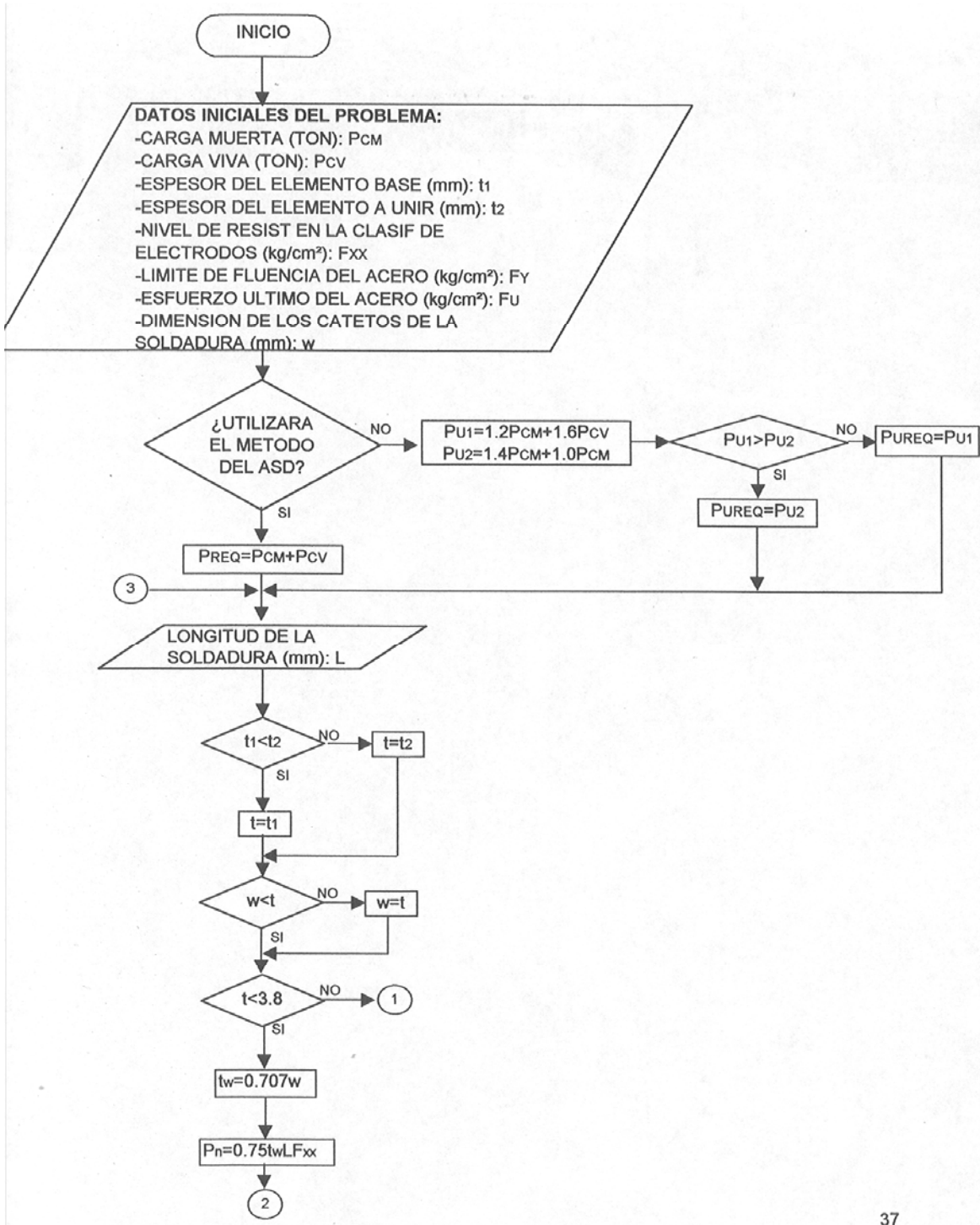
La resistencia nominal a tensión de miembros soldados se determinará de acuerdo con la Sección C2. Para fractura y/o fluencia de la sección neta efectiva de la parte conectada, la resistencia nominal a tensión, P_n , se determinará con la Ec 3.16.

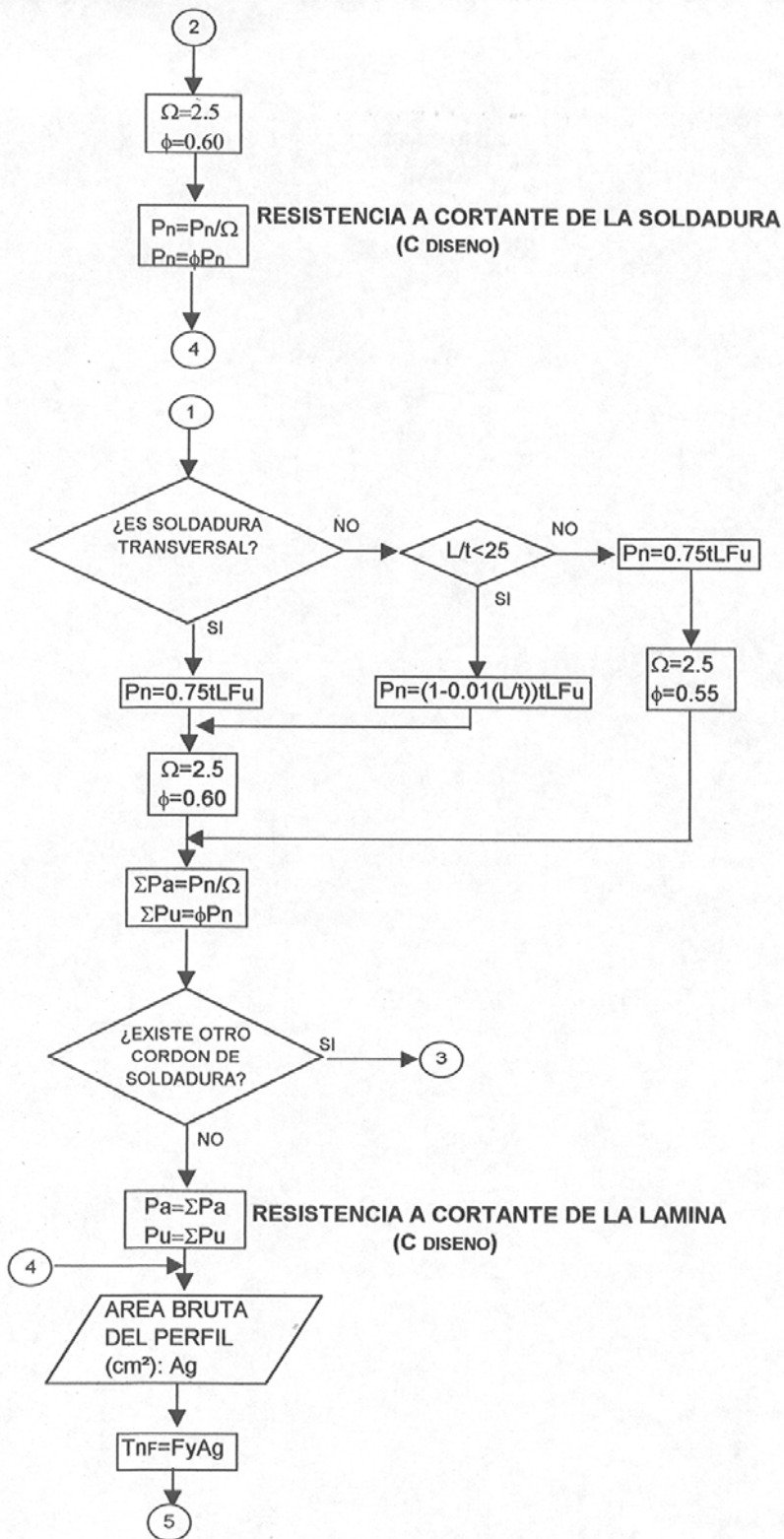
3.3.4 Revisión de la conexión. Por criterios de diseño gobierna la resistencia menor al cortante o tensión.

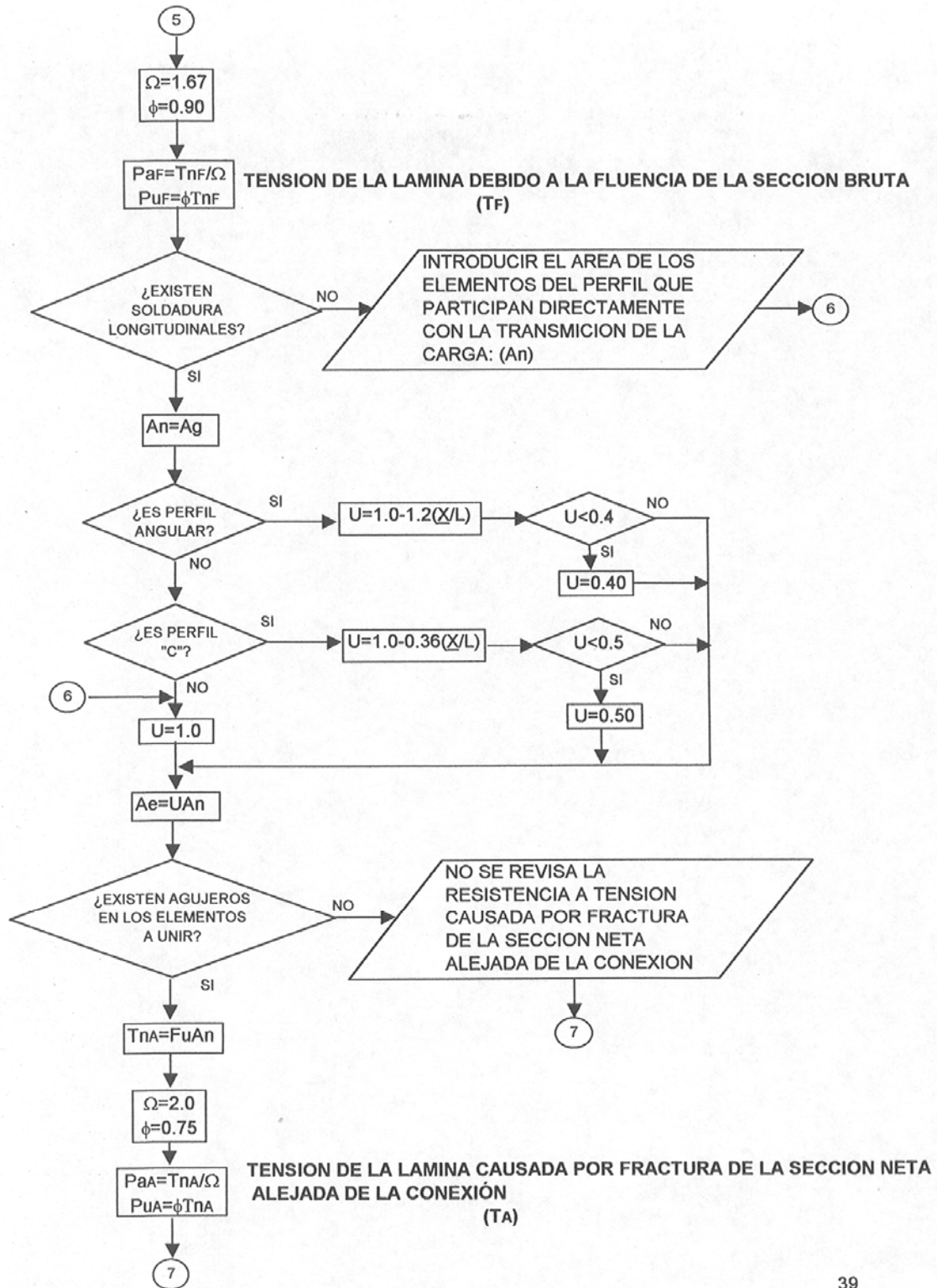
- a) *Resistencia a cortante.* Según especificaciones, si $t < 3.8\text{mm}$, la resistencia a cortante de la conexión será gobernada por la resistencia de las láminas, en caso contrario, estará controlada por la resistencia de la soldadura.
- b) *Resistencia a tensión.* Esta controlada por la menor de la resistencia a tensión de las láminas.

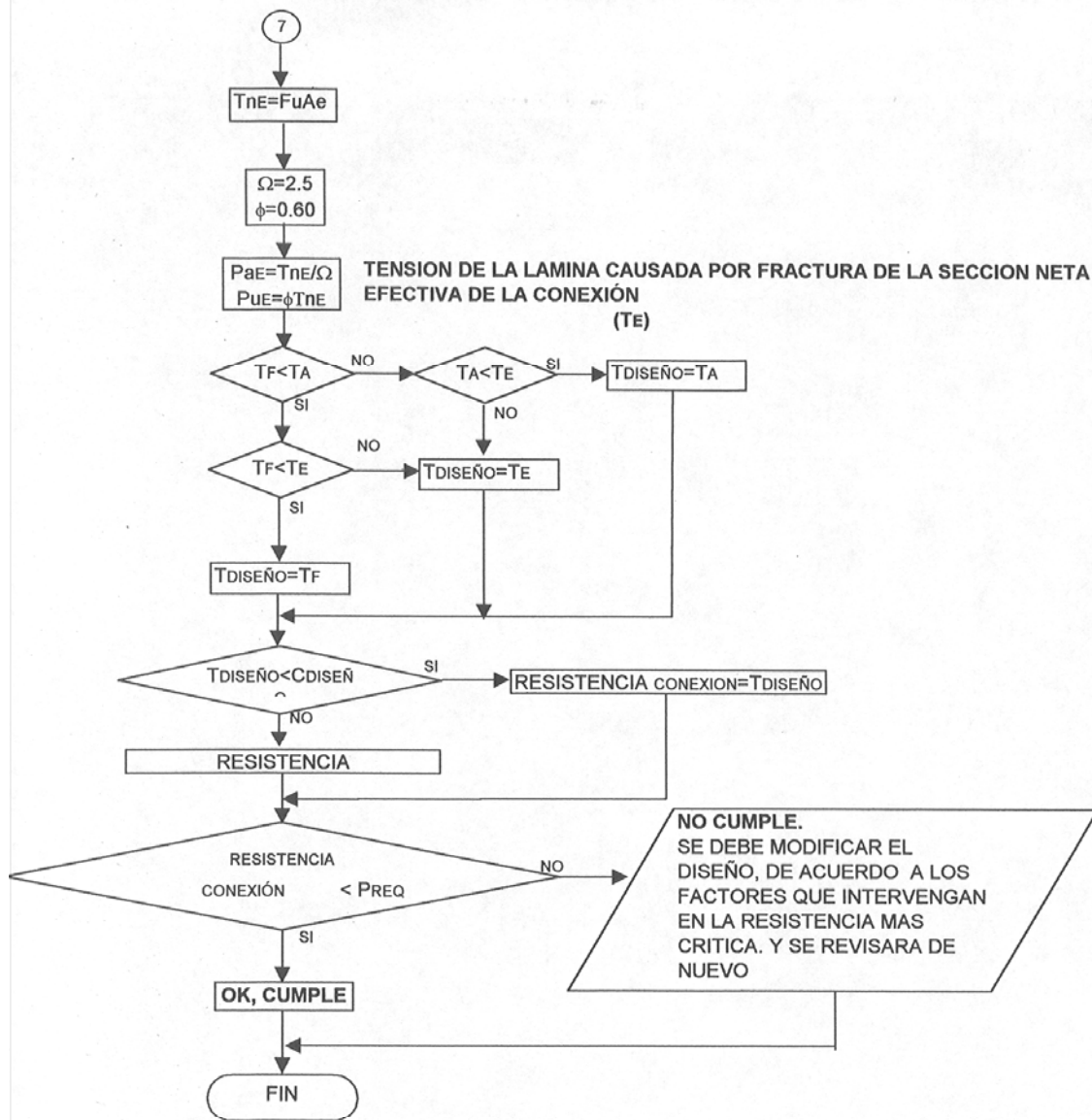
3.4 Diagramas de flujo.

El diagrama de flujo que se presenta a continuación muestra el procedimiento a seguir para facilitar la solución de problemas numéricos para el diseño de conexiones de soldaduras de filete para los métodos ASD y LRFD.









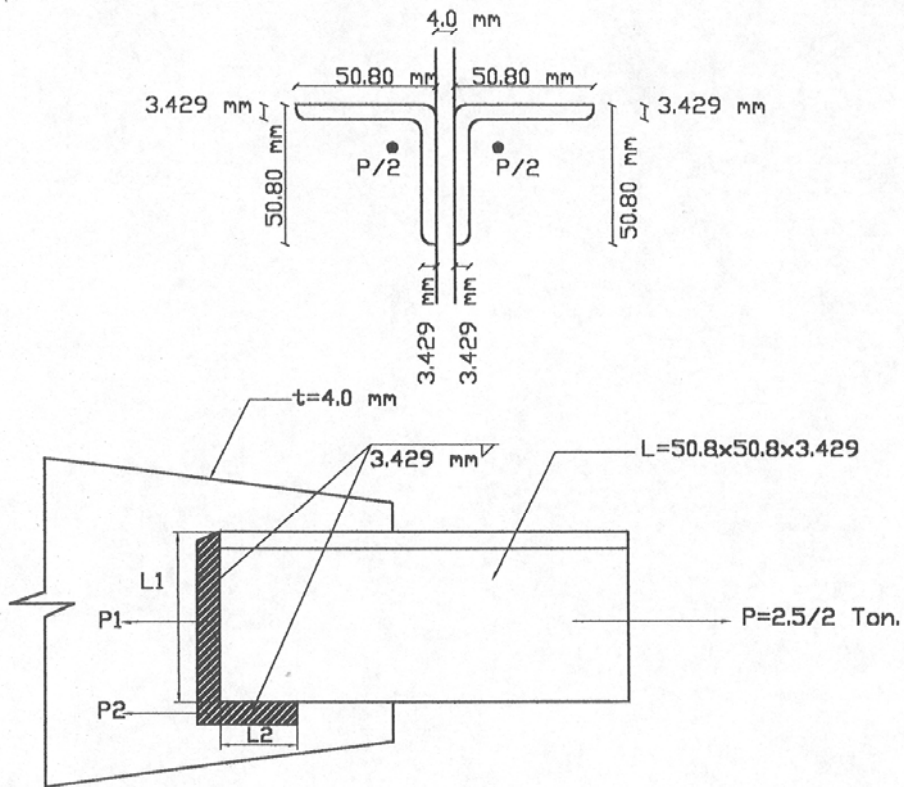
3.5 Solución de problemas numéricos.

1.- Diseñe por el método LRFD, la conexión a base de soldadura de filete (como se muestra en la figura), para una resistencia requerida de $P = 2.5$ ton. Asuma que el 20% es de carga muerta y el resto es de carga viva. Considere la excentricidad indicada. Use acero A606 grado 50.

$$F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 4919 \text{ kg/cm}^2$$

Electrodos E60



SOLUCION DEL PROBLEMA 1

Dado que el miembro tensor es un perfil angular y se asume que la carga P se aplica en el centroide del perfil, se presentará excentricidad de la carga en la conexión.

1. Resistencia Requerida.

$$P_{cm} = 0.20 \text{ (2.5)} \quad P_{cv} = 0.80 \text{ (2.5)}$$

$$P_{cm} = 0.5 \quad P_{cv} = 2.0$$

$$P_u = 1.2 P_{cm} + 1.6 P_{cv} = 1.2 (0.5) + 1.6 (2.0) = 3.8 \text{ ton.}$$

$$P_u = 1.4 P_{cm} + 1.0 P_{cv} = 1.4 (0.5) + 1.0 (2.0) = 2.7 \text{ ton.}$$

$$\Rightarrow \text{Controla } P_u = 3.8 \text{ ton.} = 3,800 \text{ kg}$$

2. Determinación de la resistencia a cortante y longitud requerida.

Como L_2 es la dimensión de cordón transversal que se conoce (50.8mm) se procede a calcular primero su resistencia.

- Cálculo de la resistencia a cortante de la soldadura de filete transversal.
- Como $t = 3.429 \text{ mm} < 3.8 \text{ mm}$, la resistencia a cortante será controlada por la resistencia de las láminas.

Para soldaduras transversales se aplica la ecuación (3.4).

$$P_n = 0.75 (3.429 \text{ cm}/10) (50.8 \text{ cm}/10) (4919 \text{ kg}/\text{cm}^2) = 6426.423 \text{ kg.}$$

$$\phi = 0.60$$

$$P_{u1} = (0.6)(6426.423 \text{ kg})$$

$$P_{u1} = 3855.85 \text{ kg.}$$



- Cálculo de la resistencia a cortante de la soldadura longitudinal.
Como la resistencia a cortante de la soldadura de filete transversal es mayor que la requerida la conexión no ocupa soldadura longitudinal.

3. Diseño final

$$L_1 = 5.08 \text{ cm} \quad (2 \text{ pulg.})$$

4. Revisión de la Resistencia a tensión de las láminas.

- Fluencia de la sección bruta.

$$\text{Area bruta del perfil angular } A_g = 3.271 \text{ cm}^2$$

$$T_n = (3514 \text{ kg/cm}^2)(3.271 \text{ cm}^2) = 11,494.294 \text{ kg} \quad \text{Ec. (3.14)}$$

$$\phi = 0.90$$

$$P_u = 0.90(11494.294 \text{ kg}) = 10,344.86 \text{ kg}$$

- Fractura de la sección neta alejada de la conexión.

No aplica, ya que no hay agujeros alejados de la conexión.

- Fractura de la sección neta efectiva en la conexión

$$A_n = A_g, \text{ para conexiones con soldaduras longitudinales}$$

$$U = 1.0 - 1.2(\bar{X}/L) \quad \text{Ec. (3.19), para perfiles angulares.}$$

$$\bar{X} = 1.438 \text{ cm, posición del centroide para el perfil angular}$$

Se asume $L = L_2$

$$U = 1.0 - 1.2(1.438/1.905) = 0.09 \Rightarrow U = 0.40$$

$$A_e = UA_n = (0.40)(3.271 \text{ cm}^2) = 1.3084 \text{ cm}^2 \quad \text{Ec. (3.17)}$$

$$T_n = F_u A_e = (4919 \text{ kg/cm}^2)(1.3084 \text{ cm}^2) = 6436.02 \text{ kg} \quad \text{Ec. (3.16)}$$

$$\phi = 0.60$$

$$P_u = (0.60)(6436.02 \text{ kg}) = 3861.61 \text{ kg}$$

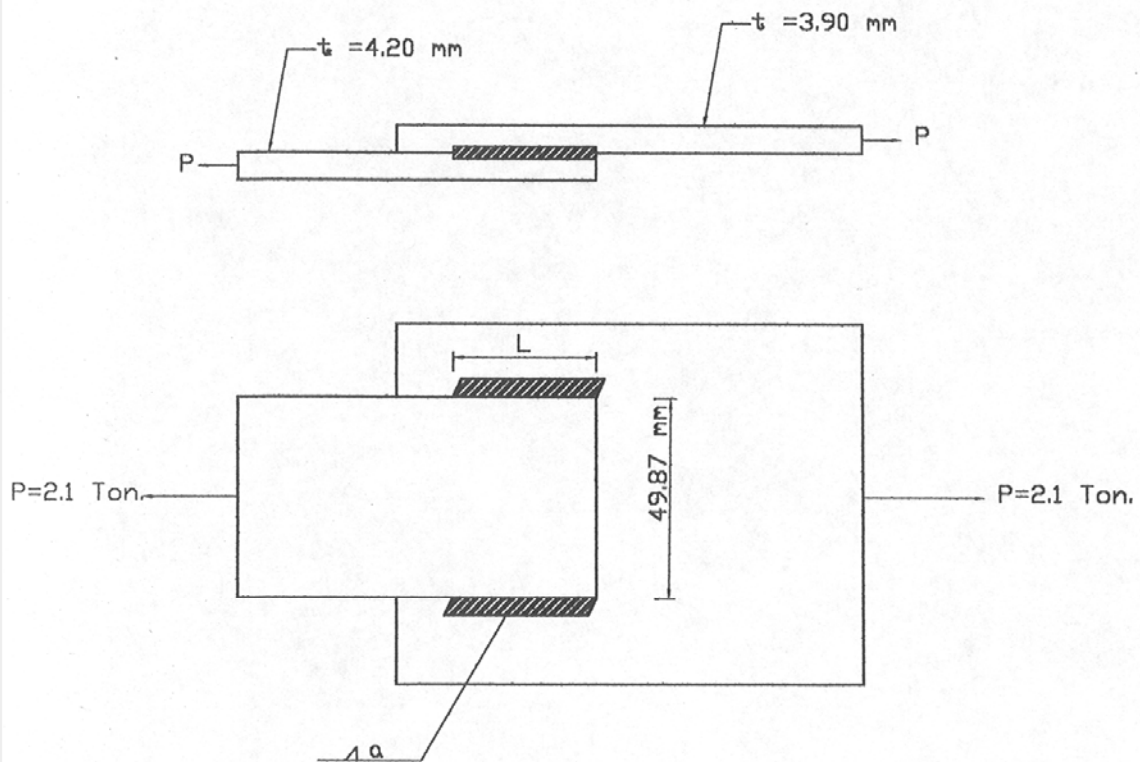
Como se observa la conexión es adecuada, ya que las resistencias a tensión y cortante son mayores a la resistencia requerida.

2.- Diseñar por el método LRFD, la conexión a base de soldadura de filete que se muestra en la figura. Asuma que la carga muerta es de 0.60 ton. y 1.50 ton. de carga viva.

Considere: $F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$

$F_u = 4568 \text{ kg/cm}^2$

Electrodos E60, $F_{xx} = 4216 \text{ kg/cm}^2$



SOLUCION DEL PROBLEMA 2

1. Resistencia Requerida.

$$P_{cm} = 0.60 \text{ ton}$$

$$P_{cv} = 1.60 \text{ ton}$$

$$P_u = 1.2 P_{cm} + 1.6 P_{cv} = 1.2 (0.6) + 1.6 (1.5) = 3.12 \text{ ton.}$$

$$P_u = 1.4 P_{cm} + 1.0 P_{cv} = 1.4 (0.6) + 1.0 (1.5) = 2.34 \text{ ton.}$$

$$\Rightarrow \text{Controla } P_u = 3.12 \text{ ton.} = 3,120 \text{ kg}$$

2. Determinación de la dimensión de diseño de los catetos, en este caso se proponen los catetos iguales por lo tanto, como t_1 es el espesor menor $w=t_1=3.9\text{mm}$.

3. Determinación de la garganta efectiva

$$t_w=0.707w=0.707(3.9\text{mm})=2.7573\text{mm}=0.276\text{cm}$$

4. Determinación de la longitud de los cordones

Como $t > 3.8\text{mm}$, la resistencia a cortante será controlada por la soldadura, dejando las ecuaciones en terminos de L_t (longitud total)

$$P_r=0.75(0.276\text{cm})L_t(4216 \text{ kg/cm}^2)=872.712 L_t$$

$$\phi=0.60$$

$$P_u=(0.60)(872.712L_t)=523.627 L_t$$

Para obtener el menor valor de L_t , la Ecuación anterior se iguala a la resistencia requerida y despejamos L_t .

$$523.627(L_t) \text{ kg/cm} = 3120 \text{ kg} \Rightarrow L_t=5.958 \text{ cm}$$

$$\text{Como son dos cordones } L = L_t/2 = 2.98 \text{ cm} = 29.8 \text{ mm}$$

$$\text{Se propone usar } L=30 \text{ mm} \Rightarrow L_t=60 \text{ mm}=6 \text{ cm}$$

5. Determinación de la resistencia a cortante de la soldadura.

$$P_n = 0.75(0.276 \text{ cm})(6 \text{ cm})(4216 \text{ kg/cm}^2) = 3141.76 \text{ kg}$$

6. Determinación de las resistencias a tensión de las láminas

- Fluencia de la sección bruta

$$P_n = (3514 \text{ kg/cm}^2)(0.39 \text{ mm})(7 \text{ cm}) = 9593.22 \text{ kg}$$

$$\phi = 0.90$$

$$P_u = (0.90)(9593.22 \text{ kg}) = 8633.89 \text{ kg}$$

- Fractura de la sección neta alejada de la conexión.

No aplica, ya que no hay agujeros en la placa alejada de la conexión.

- Fractura de la sección neta efectiva en la conexión.

$U = 1$, ya que no existen elementos fuera del plano de carga, por lo tanto $A_n = A_g$.

$$A_e = UA_n = (1.0)(0.39 \text{ cm})(7 \text{ cm}) = 2.73 \text{ cm}^2$$

$$P_n = (4568 \text{ kg/cm}^2)(2.73 \text{ cm}^2) = 12470.64 \text{ kg}$$

$$\phi = 0.60$$

$$P_u = (0.60)(12470.64 \text{ kg}) = 7482.38 \text{ kg}$$

7. Revisión de la conexión

Resistencia a cortante:

$$P_u = 3141.76 \text{ kg (soldadura)}$$

Resistencia a tensión:

$P_u = 7482.38 \text{ kg}$ (Fractura de la sección neta efectiva en la conexión, es la que gobierna)

Finalmente, se observa que la resistencia de la conexión estará gobernada por la resistencia a cortante de la soldadura.

$$P_u = 3141.76 \text{ kg} > 3120 \text{ kg}$$

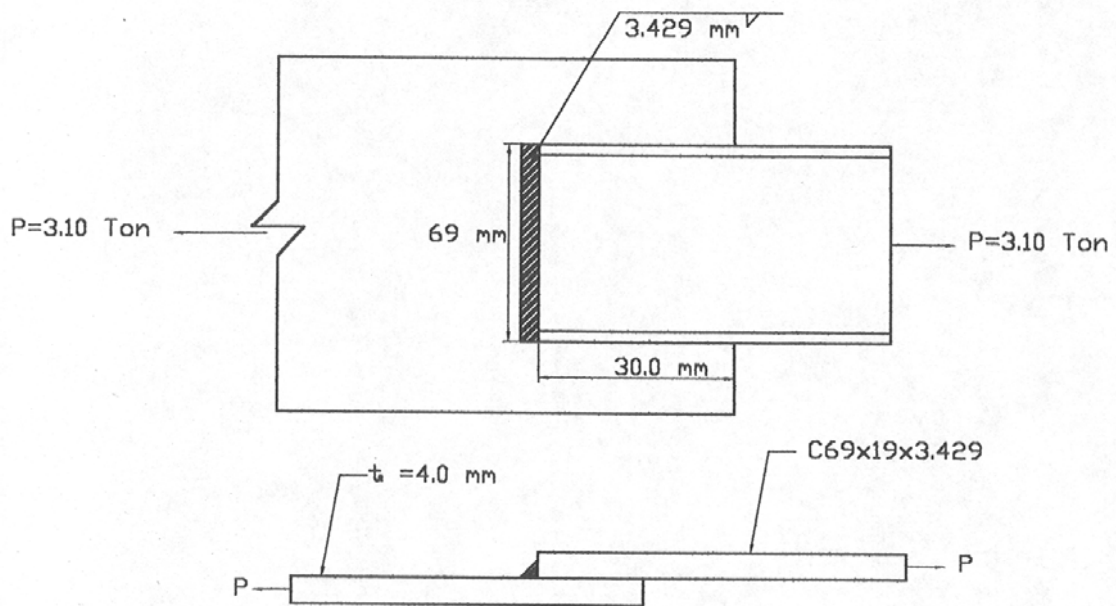
Ok cumple, por lo tanto la conexión es adecuada.

3.- Revisar por el método LRFD, si la conexión a base de soldadura de filete mostrada es adecuada para la resistencia requerida de $P = 3.10$ ton. Asuma que la carga muerta es de 20 % y el 80 % es de carga viva. Considere:

$$F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 4919 \text{ kg/cm}^2$$

Electrodos E60



SOLUCION DEL PROBLEMA 3

1. Resistencia Requerida.

$$P_{cm} = 0.62 \text{ ton}$$

$$P_{cv} = 2.48 \text{ ton}$$

$$P_u = 1.2 P_{cm} + 1.6 P_{cv} = 1.2 (0.62) + 1.6 (2.48) = 4.712 \text{ ton.}$$

$$P_u = 1.4 P_{cm} + 1.0 P_{cv} = 1.4 (0.62) + 1.0 (2.48) = 3.348 \text{ ton.}$$

$$\Rightarrow \text{Controla } P_u = 4.712 \text{ ton.} = 4712 \text{ kg.}$$

2. Determinación de la resistencia a cortante.

La sección E2.4 establece que si $t < 3.8 \text{ mm}$, la resistencia a cortante de la conexión será gobernada por la resistencia a cortante de las láminas, en este caso $t = 3.0 \text{ mm} < 3.8 \text{ mm}$

-Soldadura de filete transversal.

$$P_n = 75 (3.429 \text{ mm}/10) (69 \text{ mm}/10) (4919 \text{ kg}/\text{cm}^2) = 8728.802 \text{ kg} \quad \text{Ec. (3.12)}$$

$$\phi = 0.60$$

$$P_{u1} = 0.60 (8728.802 \text{ kg})$$

$$P_{u1} = 5237.2812 \text{ Kg.} > 4712 \text{ kg.}$$

3. Determinación de la resistencia a tensión de la lamina.

-Fluencia de la sección bruta.

$$\text{Area bruta del perfil, } A_g = 2.36601 \text{ cm}^2$$

$$T_n = 3514 (2.36601) = 8314.159 \text{ kg} \quad \text{Ec. (3.14)}$$

$$\phi = 0.90$$

$$T_a = 0.90 (8314.159 \text{ kg})$$

$$T_a = 7482.743\text{kg.} > 4712\text{kg.}$$

-Fractura de la sección neta alejada de la conexión.

No aplica, ya que no hay agujeros en la placa alejada de la conexión.

-Fractura de la sección neta efectiva de la conexión.

Como no existen soldaduras longitudinales el área neta sera igual al área de los elementos participando directamente en la transmisión de la carga y

$$U=1$$

$$A_e = UA_n = 2.36601\text{cm}^2 \quad \text{Ec. (3.17)}$$

$$T_n = 4919(2.366019) = 11638.4 \text{ kg} \quad \text{Ec. (3.16)}$$

$$\phi = 0.60$$

$$T_a = 0.60(11638.4 \text{ kg})$$

$$T_a = 6983.042\text{kg.} > 4712\text{kg.}$$

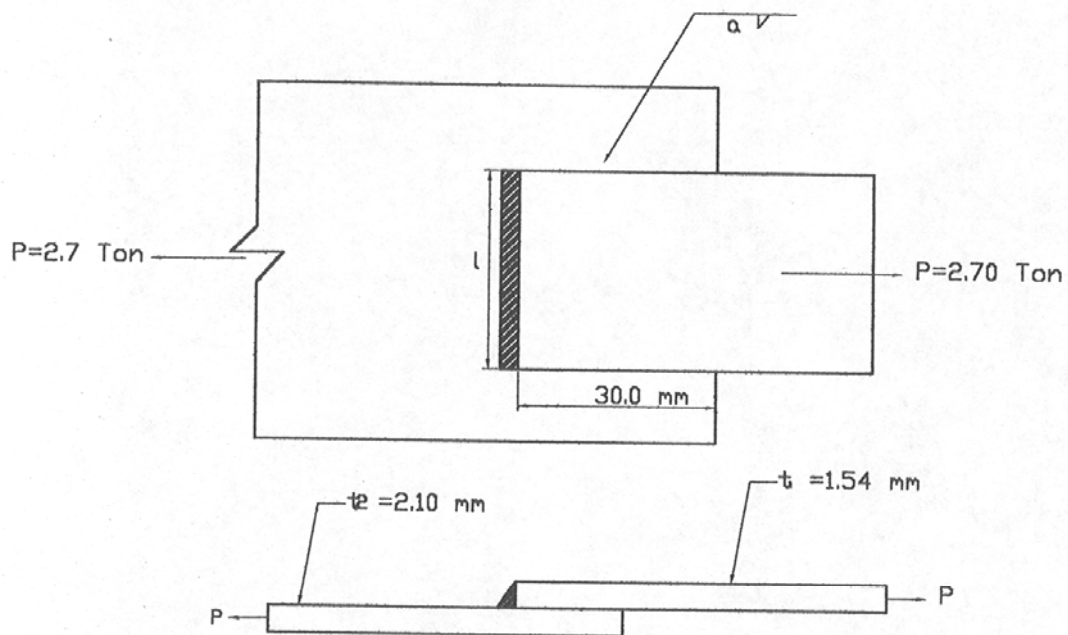
Como se observa la conexión es adecuada.

4.- Diseñar por el método ASD, la conexión a base de soldadura de filete, (como se muestra en la figura). Para una resistencia requerida de $P = 2.7$ ton. asuma que el 30 % es carga muerta y el resto es carga viva, considere la excentricidad de la carga como se indica. Use acero A606 grado50 .

$$F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 4919 \text{ kg/cm}^2$$

Electrodos E60



SOLUCION DEL PROBLEMA 4

1. Resistencia Requerida.

$$P=2.7 \text{ ton.}$$

Como $t_1=1.54 < 3.8$, entonces se asume $w_1 = w_2 = t_1 = 1.54\text{mm}$.

La longitud de la soldadura se obtendra dejando las ecuaciones de diseño en términos de L, y despejandose de la ecuación que gobierna, para obtener así L_{\min} .

2. Diseño por cortante.

Como $t < 3.8\text{mm}$, se diseña por cortante de las laminas.

$$P_n = 0.75 (0.154\text{cm}) (L) (4919 \text{ kg/cm}^2) \quad \text{Ec. (3.12)}$$

$$P_n = 568.14L$$

$$P_a = (568.14L) / (2.5) \Rightarrow P_a = \mathbf{227.256L}$$

-Fluencia de la sección bruta.

$$T_n = (3514 \text{ kg/cm}^2) (L) (0.154\text{cm}) \quad \text{Ec. (3.14)}$$

$$T_n = 541.156L$$

$$P_a = (541.156 L / 1.67) \Rightarrow P_a = \mathbf{324.04L}$$

-Fractura de la sección neta alejada de la conexión
No aplica, ya que no existen agujeros en las placas.

-Fractura de la sección neta efectiva en la conexión.

$$U = 1, A_n = A_g \Rightarrow A_e = A_g = (L) (0.154\text{cm}) = 0.154L$$

$$T_n = (4919\text{kg/cm}^2)(0.154L) = 757.526 L \quad \text{Ec. (3.16)}$$

$$P_a = (7570526/2.5) \Rightarrow P_a = \mathbf{303.01L}$$

Como se puede observar la ecuación crítica es la de cortante de las láminas, por lo tanto:

$$P_a = 227.256 \text{ L},$$

$$P = 2700 \text{ kg}$$

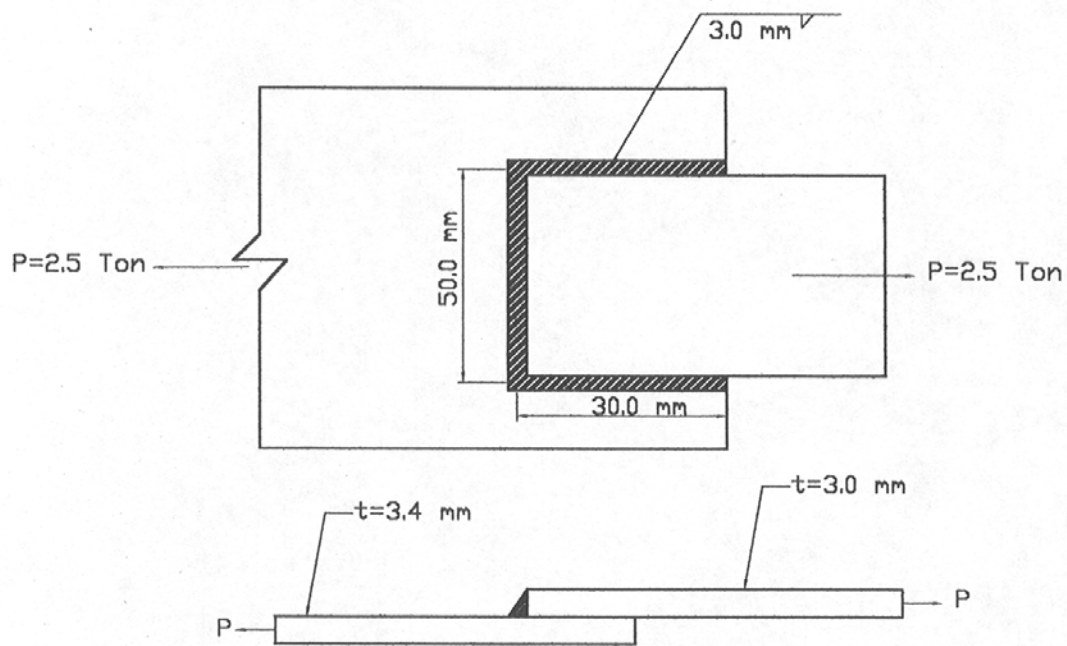
$$\Rightarrow L_{\min} = (2700 \text{ kg} / 227.256 \text{ kg/cm}) = 11.88 \text{ cm} \Rightarrow L_{\min} = 12 \text{ cm}.$$

5.- Revisar por el método ASD, si la conexión a base de soldadura de filete (como se muestra en la figura), es adecuada para la resistencia requerida. Asuma que la carga muerta es de 0.50 ton. y 2.0 ton. de carga viva. Considere:

$$F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 4568 \text{ kg/cm}^2$$

Electrodos E60.



SOLUCION DEL PROBLEMA 5

1. Determinación de la carga requerida de diseño

$$P = P_{cm} + P_{cv}$$

$$P = 500\text{kg} + 2000\text{kg}$$

$$P = 2500 \text{ kg}$$

2. Determinación de la resistencia a cortante

La sección E2.4 establece que si $t < 3.8\text{mm}$, la resistencia a cortante de la conexión será gobernada por la resistencia a cortante de las laminas, en este caso $t = 3.0\text{mm} < 3.8\text{mm}$.

Soldadura de filete longitudinal

$$L/t = 30\text{mm}/3\text{mm} = 10 < 25$$

$$P_n = (1 - 0.01(10))(3\text{cm})(3\text{cm})(4568\text{kg}/\text{cm}^2) \quad \text{Ec. (3.11)}$$

$$P_n = 3700.08 \text{ kg}$$

$$P_a = (3700.08)/2.5 = 1480.03 \text{ kg}$$

$$P_a = 3700.08 \text{ kg} \times 2 \text{ cordones}$$

$$P_a = 2960.06 \text{ kg}$$

Soldadura de filete transversal

$$P_n = 0.75(.3\text{cm})(5\text{cm})(4568\text{kg}/\text{cm}^2) \quad \text{Ec. (3.13)}$$

$$P_n = 5139 \text{ kg}$$

$$P_a = 5139 \text{ kg}/2.5$$

$$P_a = 2055.6 \text{ kg}$$

Resistencia total a cortante de las láminas

$$P_a = 2960.06 \text{ kg} + 2055.6 \text{ kg}$$

$$P_a = 5015.66 \text{ kg} > 2500 \text{ kg}$$

3. Determinación de la resistencia a tensión de las láminas

Fluencia de la sección bruta

$$T_n = (3514 \text{ kg/cm}^2)(5\text{cm})(.3\text{cm}) \quad \text{Ec. (3.14)}$$

$$T_n = 5271 \text{ kg}$$

$$P_a = 5271 \text{ kg} / 1.67$$

$$P_a = 3156.287 \text{ kg} > 2500 \text{ kg}$$

Fractura de la sección neta alejada de la conexión

No aplica, ya que no hay agujeros en la placa alejada de la conexión

Fractura de la sección neta efectiva de la conexión

$U=1$, ya que no existen elementos fuera del plano de carga, por lo tanto el área neta efectiva es igual al área neta. Sin embargo según la sección E2.7, el área neta será igual al área bruta para conexiones con soldaduras longitudinales.

$$A_e = A_g = (5\text{cm})(.3\text{cm}) = 1.5 \text{ cm}^2$$

$$T_n = (4568 \text{ kg/cm}^2)(1.5 \text{ cm}^2) \quad \text{Ec. (3.16)}$$

$$T_n = 6852 \text{ kg}$$

$$P_a = 6852 \text{ kg} / 2.5$$

$$P_a = 2740.8 \text{ kg} > 2500 \text{ kg}$$

Como se observa la conexión es adecuada.