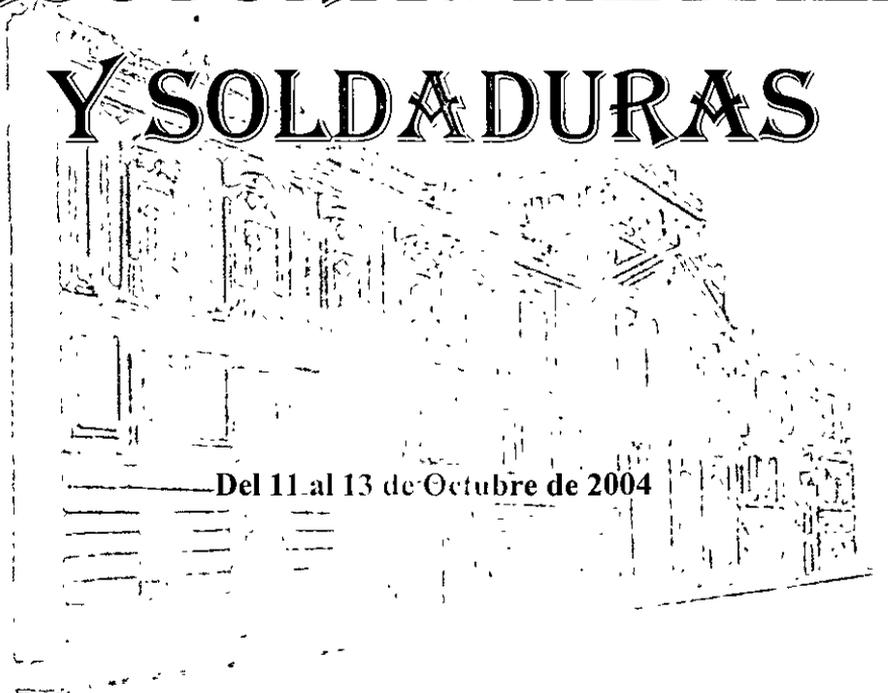




FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

# ESTRUCTURAS METÁLICAS Y SOLDADURAS



Del 11 al 13 de Octubre de 2004

## APUNTES GENERALES

CI - 083

Instructor: Ing. César Urrutia Sanchez  
GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL  
OCTUBRE DE 2004



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA FACULTAD DE  
INGENIERIA DE LA UNAM**

**NORMAS DE CONSTRUCCIÓN**

**Módulo IV: ESTRUCTURAS METÁLICAS Y SOLDADURAS**

**Duración del Módulo: 8 Hrs.**

- 4.1. Manejo de Estructura Metálica
- 4.2. Normatividad de Estructuras Metálicas

**Periodo de impartición: 11 y 13 de Octubre de 2004.**

**Nombre del capacitador: Ing. César Urrutia Sánchez**

### **OBJETIVO ESPECÍFICO DEL MÓDULO**

Que los participantes reconozcan y apliquen las normas de aspecto constructivo (incluyendo dentro de este conocimiento las disposiciones jurídicas que le dan sustento y la jerarquizan, así como las fuentes de las normas de referencia para su fácil consulta), destacando los principales aspectos a cuidar durante el desarrollo de la obra.



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL  
México - La Ciudad de la Esperanza

OFICIALÍA MAYOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA LABORAL Y SERVICIO PÚBLICO DE CARRERA  
DIRECCIÓN DE CAPACITACIÓN Y DESARROLLO DE PERSONAL

DEPENDENCIA: SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

PRESTADOR DE SERVICIOS DE CAPACITACIÓN: DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM

NOMBRE DEL CURSO: NORMAS DE CONSTRUCCIÓN

NO. MÓDULO: IV

NO. HORAS: 8

NOMBRE DEL CAPACITADOR: ING. CÉSAR URRITIA SÁNCHEZ

HORARIO: De 8:00 a 12:00 DÍA (S): LUNES Y MIERCOLES

PERIODO: 11 Y 13 DE OCTUBRE DE 2004

OBJETIVO ESPECIFICO DEL MODULO: QUE LOS PARTICIPANTES RECONOZCAN Y APLIQUEN LAS NORMAS DE ASPECTOS CONSTRUCTIVO (INCLUYENDO DENTRO DE ESTE CONOCIMIENTO LAS DISPOSICIONES JURIDICAS QUE LE DAN SUSTENTO Y LA JERARQUIZAN, ASI COMO LAS FUENTES DE LAS NORMAS DE REFERENCIA PARA SU FÁCIL CONSULTA), DESTACANDO LOS PRINCIPALES ASPECTOS A CUIDAR DURANTE EL DESARROLLO DE LA OBRA.

CONTENIDO PROGRAMÁTICO	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE	TÉCNICA	TIEMPO	PRODUCTOS PARA EVALUACIÓN FORMATIVA
1) MANEJO DE ESTRUCTURA METÁLICA	EXPOSICIÓN ORAL EXPOSICION AUDIOVISUAL	LLUVIA DE IDEAS EXPOSITIVA EJEMPLOS PRACT	1/2 HORA 3 HORAS 1/2 HORA	CUESTIONARIOS ESCRITOS
2) NORMATIVIDAD DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	EXPOSICIÓN ORAL EXPOSICION AUDIOVISUAL	LLUVIA DE IDEAS EXPOSITIVA EJEMPLOS PRACT.	1/2 HORA 3 HORAS 1/2 HORA	CUESTIONARIOS ESCRITOS

**TEMA 4. 1. Manejo de Estructuras Metálicas**  
**4. 2. Normatividad de Estructuras Metálicas**

Para el presente módulo, se definió hacer referencia a las Normas del Gobierno del Distrito Federal, ya que se abordan de manera precisa y objetiva, cada uno de los temas comprendidos en dicho módulo.

7

LIBRO	3	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES
PARTE	01	OBRA CIVIL
SECCIÓN	02	EDIFICACIÓN
CAPÍTULO	015	ESTRUCTURA METÁLICA

**A. DEFINICIÓN CLASIFICACIÓN Y OBJETO**

- A.01. Son el conjunto de elementos de acero estructural unidos entre si conforme a un proyecto, montados y armados para trabajar estructuralmente en forma integral.
- A.02. Las estructuras pueden clasificarse en ligeras, semipesadas v pesadas.
  - a Ligeras son aquellas en donde por lo menos el 80% de los elementos de accro usados tienen un peso hasta de 12 kgf/m.
  - b. Semipesadas son aquellas en donde por lo menos el 80% de los elementos de acero usados tienen un peso comprendido entre 12.1 y 60 kgf/m.
  - c Pesadas son aquellas en donde por lo menos el 80% de elementos de accro usados tienen un peso mayor de 60 kgf/m.

**B. REFERENCIAS EN OTRAS NORMAS, DE CONCEPTOS RELACIONADOS**

B.01. Existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en ESTRUCTURA METÁLICA y que son tratados en otros capítulos de estas Normas de Construcción del Gobierno del Distrito Federal o en el de Normas de otras Dependencias o Entidades de la Federación, Organismos o Asociaciones Nacionales, Regionales o Internacionales, conceptos que deben sujetarse en lo que corresponda a lo indicado en las cláusulas de Materiales, Subconceptos de obra, Alcances, Unidades de Medida, Criterios para Cuantificar y Base de Pago, que se asientan en los capítulos indicados en la siguiente tabla y de los cuales no se hará más referencia en el texto de este capítulo.

CONCEPTO	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Generalidades	3.01.01.001	G.F.D.
Formación de apoyos para superestructura de puentes	3.01.01.026	G.D.F.
Construcción de pasos elevados para peatones	3.01.01.030	G.D.F.
Manual de construcciones en acero		IMCA, A.C

Vigencia a partir del 01-Mayo-2000

015.01

CONCEPTO	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Soldadura	3.01.02.016	G.D.F.
Electrodos para soldadura	4.01.01.017	G.D.F.
Acero estructural	4.01.01.015	G.D.F.
Pintura anticorrosiva	4.01.02.028	G.D.F.

**C MATERIALES CONSTITUTIVOS DEL CONCEPTO.**

- C.01. Los elementos estructurales, así como los materiales necesarios para la unión o montaje de las estructuras metálicas, o los que en el caso particular se requieran, deben cumplir con lo que especifique el proyecto en cada caso, de acuerdo con los requisitos de calidad establecidos en el proyecto y/o lo que sea ordenado por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

De no estar precisado en el proyecto u orden respectiva, se atenderá a lo establecido en las especificaciones del área correspondiente y de no tenerse previsto en éstas, se atenderá a lo establecido en el Libro 4 sobre calidad de materiales de las Normas de Construcción del Gobierno del Distrito Federal, tomando como referencia los capítulos anotados enunciativa y no limitativamente en la cláusula B de Referencias.

En su aplicación debe tomarse en cuenta que lo previsto en las especificaciones del proyecto tienen prioridad sobre las especificaciones correspondientes y éstas a su vez prevalecen sobre las Normas citadas.

**E. REQUISITOS DE EJECUCIÓN.**

- E.01. Los elementos de acero deben llegar a la obra sin corrosión producida por oxidación, exentos de aceite o grasa, quiebres, escamas, hojuelas y deformaciones. La supervisión designada por el Gobierno del Distrito Federal debe verificar lo anterior y estará facultada para rechazar cualquier material que no cumpla con estos requerimientos.
- E.02. Estos elementos deben protegerse bajo cobertizos o lonas, contra la humedad y efectos químicos.
- E.03. Previamente a su traslado a la obra, estos elementos deben haber sido muestreados y probados en el taller por el contratista y aceptados por la Residencia de Obra a través de la Supervisión, quien dará constancia por escrito.

- E.04. Los lotes correspondientes a elementos que no hayan cubierto satisfactoriamente los requisitos de calidad, deben ser marcados en forma visible y separados de los lotes aprobados para posteriormente devolverlos y evitar su traslado a la obra.
- E.05. Las características y dimensiones de los elementos y de sus partes, así como los procedimientos de montaje de las estructuras metálicas, deben estar de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Residencia de Obra a través de la Supervisión. Las piezas se manejarán con el debido cuidado y la Residencia de Obra a través de la Supervisión, rechazará las que se dañen en el montaje.
- E.06. Sólo en el caso que el Gobierno del Distrito Federal lo autorice, el contratista podrá efectuar la sustitución de perfiles o secciones y cambios en los tipos de acero; para solicitar lo anterior, el contratista debe presentar a la Residencia de Obra a través de la Supervisión, los cambios de proyecto propuestos para su análisis y si éstos fuesen procedentes, su aprobación. En caso de que el contratista haya sustituido los elementos por otros de mayor espesor, éstos se pagarán de acuerdo a lo requerido por el proyecto y no se pagará el sobrepeso. Adicionalmente y en caso de que dichas sustituciones generen un exceso de peso de la estructura, se debe requerir al contratista una revisión completa del proyecto estructural, sin costo para el Gobierno del Distrito Federal.
- E.07. El contratista se obligará a facilitar el acceso en cualquier momento al taller de fabricación al personal que designe el Gobierno del Distrito Federal para que: verifique el cumplimiento del proyecto y los procedimientos de construcción, supervise la toma de las muestras y las pruebas que considere necesarias, y realice la revisión y el marcado de las piezas defectuosas.
- E.08. Salvo indicación en contrario, el contratista debe presentar a la Residencia de Obra a través de la Supervisión para su aprobación, los planos de taller correspondientes, quedando bajo su exclusiva responsabilidad la correcta fabricación de las piezas en base a lo indicado en el proyecto; no se aceptará la ejecución deficiente de cortes, uniones o soldaduras, sea cual fuere el tipo de estructura o miembro.
- E.09. Cuando una parte de la estructura o toda ella vaya atornillada, se deben tomar en cuenta las indicaciones siguientes:
- a. Las perforaciones se deben realizar en todos los casos con equipo mecánico especialmente diseñado para ello, no se permitirán taladros elaborados con equipo manual. Se rechazarán perforaciones mal apareadas, debiendo corregirse en la forma que ordene la Residencia de Obra a través de la Supervisión. El diámetro de las perforaciones debe cumplir con los siguientes lineamientos:
    1. Para estructuras o uniones atornilladas el diámetro de las perforaciones debe ser mayor en uno punto seis (1.6) milímetros respecto al diámetro nominal de los tornillos a utilizar.

- E.10. En las estructuras con pernos a presión, el proyecto fijará las características del perno a utilizar, así como las presiones para su colocación, observándose lo que corresponda del inciso anterior. En estos casos, el perno a presión no debe calentarse.
- E.11. Cuando sea necesario efectuar cortes en los perfiles estructurales porque tengan que ajustarse dimensionalmente, se debe cumplir con las siguientes indicaciones:
- Para cortes con soplete, éste debe ser guiado mecánicamente y en este caso no será necesario cepillar los cantos obtenidos, excepto cuando se indique un acabado de tal naturaleza.
  - Antes de realizar los cortes en los perfiles estructurales para la fabricación de elementos, se debe trazar en ellos, con el equipo apropiado, las líneas de corte necesarias de acuerdo a los planos de taller aprobados por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.
  - Cuando por condiciones específicas los cortes se tengan que efectuar con soplete guiado manualmente, los cantos deben ser cepillados para obtener un acabado uniforme y adecuado en los elementos por soldar.
  - En todos los cortes con oxígeno, la flama de corte debe ajustarse para evitar cortar hacia adentro de las líneas prescritas. La rugosidad de las superficies cortadas con oxígeno no será mayor a  $R=250c$ , en donde "R" es la rugosidad en micras ( $\mu$ ) y "c" es el espesor de la pieza que se corta en milímetros. Los extremos que no estén sujetos a esfuerzos deben cumplir únicamente con el valor rugosidad máxima de 50.8 mm. Las rugosidades que excedan los límites anteriores y las muescas o melladuras ocasionales no mayores de cinco (5) mm (3/16 pulg.) en superficies que sean satisfactorias en general, se corregirán con un esmerilado. Las superficies y bordes cortados deben estar libres de escoria antes de ser instalados. Las correcciones de defectos de superficies cortadas con oxígeno se corregirán con pendientes que no excedan uno (1) en diez (10).

El corte con oxígeno debe hacerse de preferencia con equipo especializado. Los bordes cortados con oxígeno que vayan a estar sujetos a esfuerzos importantes o que se vayan a soldar, deben estar libres de muescas. Se permitirán muescas ocasionales de no más de 5 mm (3/16 pulg.) de profundidad, pero aquellas que sean mayores se deben quitar con esmerilado. Todas las esquinas entrantes deben redondearse con un radio mínimo de 13 mm (1/2 pulg.).

- E.12. La separación de bordes producto de cortes en placas (para cuando el esfuerzo en la placa se aplica perpendicularmente al plano de corte) debe llevarse a cabo según los límites de aceptación y la reparación de los defectos observados visualmente en placas hasta de diez punto dos (10.2) centímetros (4 pulg.) de espesor estarán de acuerdo con lo indicado en la tabla 1, en la cual la longitud del defecto es la mayor dimensión visible en el borde cortado de la placa y la profundidad es la distancia en que el defecto se extiende dentro de ella a partir del borde de corte.

**TABLA I**

Descripción de la discontinuidad	Reparación requerida
Cualquier discontinuidad con longitud hasta de 25 mm (1").	Ninguna: no es necesario explorarla.
Cualquier discontinuidad con longitud mayor de 25 mm (1") y profundidad máxima de 3 mm (1/8").	Ninguna: debe explotarse la profundidad*
Cualquier discontinuidad con longitud mayor de 25 mm (1") y con profundidad de más de 3 mm. (1/8"), pero no mayor de 6 mm (1/4").	Remuévase; no es necesario soldar.
Cualquier discontinuidad con longitud mayor de 25 mm (1") y con profundidad de más de 6 mm (1/4"), pero no mayor de 25 mm (1")	Remuévase completamente y suéldese. La longitud total de soldadura no debe exceder del 20% de la longitud del borde de la placa que se está reparando.

\* El diez (10) por ciento de las discontinuidades del borde cortado con oxígeno, debe explorarse esmerilándolas hasta una profundidad determinada. Si la profundidad de cualquiera de las discontinuidades exploradas excede de 3 mm (1/8"), deben explorarse todas las restantes, esmerilándose a una profundidad determinada. Si ninguna de las discontinuidades explotadas en el muestreo del diez (10), por ciento tiene profundidad mayor de 3 mm no es necesario explorar las restantes.

- E.13 Los bordes de las almas de vigas y travesaños armados deben cortarse con la contraflecha prescrita, teniendo en cuenta las contracciones por corte y soldadura que se presentarán posteriormente; sin embargo, se pueden corregir desviaciones pequeñas de la contraflecha mediante una aplicación de calor cuidadosamente dosificada y supervisada. Las correcciones de errores en la contraflecha de aceros templados, deben contar con la aprobación previa de la Residencia de Obra.
- E.14 No se requiere allanar o acabar los bordes de placas cortadas con cizalla o gas, a menos que así se requiera en los planos o que esté estipulado en la preparación del borde para soldadura.
- E.15 Se deben preparar las áreas de contacto, en las juntas sometidas a compresión en las que ésta se transmita por contacto, de tal forma que tengan una superficie común y uniforme, mediante maquinado u otro medio apropiado.
- E.16 Todas las juntas de taller para los elementos componentes de una viga con cubreplacas o miembro compuesto, se hará antes de que este elemento se suelde a otras partes componentes del miembro. Las travesaños largos o secciones de las mismas, pueden fabricarse en taller uniendo no más de tres subsecciones.

- E.17. Las superficies adyacentes de juntas soldadas a tope que se deben alisar, se terminarán de manera que no se reduzca el espesor del metal base más delgado o el metal de aportación, ya sea en más de cero punto ocho (0.8) milímetros (1/31") o cinco (5) por ciento del espesor, el que sea menor y que no se deje refuerzo del cordón que exceda cero punto ocho (0.8) milímetros (1/32"). Sin embargo, se quitará todo el refuerzo del cordón cuando las soldaduras formen parte de una superficie de contacto. Dicho refuerzo debe disminuir suavemente hacia las superficies de las placas, con superficies de transición libres de socavaciones en el borde de la soldadura. Se permitirá el cinchado si posteriormente se esmerila.
- E.18. En edificios y estructuras tabulares las socavaciones de soldadura no tendrán una profundidad mayor de cero punto veinticinco (0.25) milímetros (0.01") cuando sean transversales a los esfuerzos de tensión ni más de cero punto ocho (0.8) milímetros (1/32") de profundidad en cualquier otro caso.
- E.19. Las conexiones entre elementos de estructuras deben cumplir con las siguientes indicaciones:
- Quando haya pernos, sometidos a esfuerzos que pasen a través de rellenos entre placa y placa con espesor mayor de 6 (seis) milímetros (1/4"), los rellenos se extenderán más allá del límite de la junta y se asegurará toda la extensión de éstos, mediante suficientes pernos, para distribuir de manera uniforme el esfuerzo total en la placa sobre la sección combinada de perno y relleno, o se incluirá un número equivalente de sujetadores en la conexión. Esta condición no se observará en conexiones por fricción ensambladas con pernos de alta resistencia.
  - En la construcción soldada, cualquier relleno con espesor de seis (6) milímetros (1/4") o mayor, debe prolongarse más allá de los bordes de las placas de unión y se soldará con la pieza a la que se une con suficiente soldadura, de manera que pueda transmitir los esfuerzos de la placa de la junta.
  - Quando la transmisión de la carga de una columna a la placa de base o a otro tramo de columna se efectúe por contacto directo, se pondrán suficientes pernos o soldaduras para mantener todas las piezas en posición correcta. Cuando otros elementos comprimidos estén terminados para transmitir la carga por apoyo directo, el material necesario para efectuar la conexión y sus pernos o soldaduras se dispondrán de forma que mantengan todas las piezas alineadas.
- E.20. El montaje de las estructuras en general debe efectuarse de acuerdo a las siguientes indicaciones:
- Las estructuras de acero en edificios, se construirán a plomo y a nivel, dentro de los límites definidos en el inciso E.22; se colocará contraventeo temporal cuando sea necesario para tomar en cuenta las cargas a que pueda quedar sometida durante el montaje, incluido el equipo y su operación. El contraventeo permanecerá en su lugar

mientras la seguridad lo requiera y/o lo ordene la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

- b. Durante el montaje, todas las piezas deben asegurarse mediante pernos o soldaduras provisionales que puedan resistir, los esfuerzos producidos por carga muerta, viento, sismo y operaciones de montaje.
- c. No se colocarán pernos o soldaduras definitivas hasta que todos los elementos estructurales que se vayan a rigidizar estén adecuadamente alineados y plomados.

E.21. Después de haber sido inspeccionados y en su caso aprobados los elementos estructurales y/o sus partes por la supervisión designada por el Gobierno del Distrito Federal, se debe aplicar la pintura anticorrosiva o capa de protección, debiendo limpiarse previamente todas las escamas, óxido, escorias, grasa, aceite y otras materias extrañas. Las superficies estarán completamente libres de humedad al aplicar la pintura y ésta debe cubrir totalmente las piezas, excepto en aquellas secciones que vayan ahogadas en concreto o en las áreas a soldar posteriormente; en éste último caso, se dejarán sin pintar los cantos a soldar y las superficies adyacentes a los mismos, debiendo aplicarse únicamente una capa de protección con un material aprobado por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

Después de haber montado y soldado los elementos, se debe aplicar la pintura anticorrosiva en las uniones y áreas, que por haber sido soldadas fue necesario dejar sin pintar.

Se debe prever el pintado previo en aquellas superficies que vayan a quedar inaccesibles una vez montadas.

E.22. Las dimensiones de los elementos estructurales soldados estarán dentro de las tolerancias de las especificaciones siguientes:

- a. Para piezas fabricadas antes del montaje, la desviación máxima de vigas o traveses soldados de cualquier sección transversal, con respecto a la flecha especificada será la siguiente:

$\pm (\text{Longitud total, en metros}) \times 0.25 \text{ mm}$ , sin exceder 20 mm (3/4"), ó  $3 \text{ mm} + (\text{distancia en metros, al extremo más cercano}) \times 1 \text{ mm}$

En elementos cuyo patín superior esté embebido en concreto sin acartelamiento la desviación en milímetros, no debe exceder de seis (6) milímetros (1/4").

- b. Desviación del eje de columnas soldados y de elementos principales de armaduras con respecto de su línea de proyecto cualquiera que sea su sección transversal.

Longitudes hasta de 14.00 m (Longitud, en metros)  $\times 1 \text{ mm}$  y no más de 10 mm

Longitudes mayores de 14.00 m  $10 \text{ mm} + (\text{Longitud total en metros } 14.00) \times 1 \text{ mm}$

- c. Desviación del eje de vigas o traves soldadas de cualquier sección transversal con respecto a su línea de proyecto, cuando se da una curvatura o contraflecha especificada.

(longitud total en metros)  $\times 1 \text{ mm}$

- d. Desviación lateral entre los ejes del alma y del patin de miembros "H" o "I" armados, en la superficie de contacto: seis (6) milímetros (1/4") máximo.

Nota: La desviación respecto a un plano, de las almas de traves, se determinará midiendo los desplazamientos del alma mediante una regla cuya longitud no será menor que la dimensión más pequeña de cualquier tablero. La regla se colocará de manera de determinar la desviación máxima sobre el alma, con sus extremos adyacentes a las fronteras opuestas del tablero.

- e. La desviación respecto a un plano de almas con altura "D" y espesor "t", en tableros rodeados por atiesadores y/o patines, siendo D la menor dimensión del tablero, no debe exceder los siguientes valores:

Atiesadores intermedios en ambas caras del alma	Desviación máxima dependiendo del tipo de carga	
D/t $\leq 150$ D/t $> 150$	D/100 D/80	D/115 D/92
Atiesadores intermedios sólo en una cara del alma		
D/t $\leq 100$ D/t $> 100$		D/100 D/67
Sin atiesadores intermedios		D/150

Nota Se aceptarán las distorsiones del alma del doble de las permitidas arriba, cuando éstas ocurran en el extremo de una trabe armada que haya sido taladrada o subpunzonada y limada durante el ensamblado o que corresponda a una junta apernada en el campo, si cuando se fijan las placas de unión, el alma queda con la tolerancia dimensional dada en el párrafo e.

- f. El alabeo e inclinación de patines de vigas o traves soldadas, no excederá a 1/100 del ancho total del patin o de seis (6) milímetros; lo que sea mayor.

Nota: Dicho alabeo e inclinación se determinarán midiendo el desplazamiento del borde del patin a partir de una línea normal al plano del alma, trazada por la intersección del eje del alma y la superficie exterior de la placa del patin, si se trata de traves. En caso de vigas, el plano de referencia será el centroidal vertical.

- g. Apoyo en los puntos de carga.- Los extremos de apoyo de atiesadores colocados bajo cargas concentradas estarán al ras y a escuadra con el alma, tendrán cuando menos el setenta y cinco (75) por ciento de su área en contacto con la superficie interior de los patines. Cuando se apoyen en una base o asiento de acero, la superficie exterior de los patines debe ajustarse con tolerancias no mayores de (0.25) milímetros (1/10") en el setenta y cinco (75) por ciento del área proyectada del alma y atiesadores y no mayores de cero punto ocho (0.8) milímetros (1/32") en el veinticinco (25) por ciento restante del área proyectada. Las trabes sin atiesadores deben apoyarse sobre el área del alma proyectada en la superficie externa del patín con una tolerancia no mayor de cero punto veinticinco (0.25) milímetros (1/10") y el ángulo comprendido entre el alma y el patín no excederá de noventa (90) grados, en la zona de apoyo.
- h. Ajuste de los atiesadores intermedios.- Cuando se especifiquen atiesadores intermedios ajustados, se permitirá una separación hasta de dos (2) milímetros (1/16") entre atiesadores y patín.
- i. Desviación respecto al peralte especificado.- La desviación máxima respecto al peralte especificado en vigas y trabes soldadas, medida en el eje del alma, será como sigue:
- |                                                                       |                     |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Para peraltes hasta de 91 cm (36"), inclusive.                        | ± 3 mm (1/8 pulg.)  |
| Para peraltes mayores de 91 cm (36") y hasta 183 cm (72"), inclusive. | ± 5 mm (3/16 pulg.) |
| Para peraltes de más de 183 cm (72")                                  | ± 8 mm (5/16 pulg.) |
- j. Rectitud de atiesadores intermedios.- La falta de rectitud de los atiesadores intermedios no excederá trece (13) milímetros (1/2") tomando en cuenta cualquier elemento que se conecte en ellos.
- k. Rectitud y colocación de los atiesadores de apoyo.- La falta de rectitud de los atiesadores de apoyo no excederá de seis (6) milímetros (1/4") para longitudes hasta ciento ochenta y tres (183) centímetros (6") o trece milímetros (1/2") para longitudes mayores de ciento ochenta y tres (183) centímetros (6") y el eje real del atiesador debe quedar dentro del espesor del mismo, medido desde la posición teórica del eje.

E.23. La cuantificación del peso de la estructura se hará tomando como base los pesos nominales de cada perfil de acuerdo a lo indicado en el proyecto, si el contratista empleó perfiles con dimensiones mayores que las especificadas en el proyecto, no se le pagará el excedente, salvo en el caso que la Residencia de Obra a través de la Supervisión lo haya autorizado previamente.

**F. SUBCONCEPTOS DE OBRA, ALCANCES, UNIDADES DE MEDIDA, CRITERIOS PARA CUANTIFICAR Y BASE DE PAGO.**

- F.01. ( ) Suministro, fabricación, transporte y montaje de estructura metálica soldada y formada con perfiles laminados. El costo directo incluye: el suministro de los perfiles, descalibre, soldadura, pintura anticorrosiva y materiales de menor consumo; la mano de obra para trazo, corte, habilitado, presentación, armado, esmerilado, soldado, limpieza con cepillo de alambre, acarreo libre horizontal y/o vertical, aplicación de pintura y limpieza; el equipo y herramienta necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

La unidad de medida será el kilogramo con aproximación de dos (2) decimales.

Para cuantificar, se tomarán en cuenta los pesos nominales de cada perfil colocado y habilitado en el sitio de los trabajos, dentro de las líneas de proyecto y/o las señaladas por la Residencia de Obra a través de la Supervisión, en cada período de los pactados en el contrato, durante la vigencia del mismo.

Para efecto de pago, se estimarán una vez que se encuentren realizados los trabajos que forman la totalidad del concepto en cuestión. Y una vez aprobados por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

**CONCEPTOS ESPECÍFICOS:**

( )	Estructura ligera	\$/kg
( )	Estructura semipesada	\$/kg
( )	Estructura pesada	\$/kg

- F.02. ( ) Suministro, fabricación, transporte y montaje de estructura metálica soldada, formada con placas soldadas. El costo directo incluye: el suministro de las placas de acero A-36, descalibre, la soldadura, la pintura anticorrosiva y materiales de menor consumo; la mano de obra para trazos, cortes, habilitado, presentación, armado, esmerilado, soldado, limpieza con cepillo de alambre, aplicación de pintura, acarreo horizontal y/o vertical y colocación; el equipo y herramienta necesarios para la correcta ejecución del trabajo.

La unidad de medida será el kilogramo con aproximación de dos (2) decimales.

Para cuantificar, se tomarán en cuenta los pesos nominales de cada perfil colocado y habilitado en el sitio de los trabajos, dentro de las líneas de proyecto y/o las señaladas por la Residencia de Obra a través de la Supervisión, en cada período de los pactados en el contrato, durante la vigencia del mismo.

Para efecto de pago, se estimarán una vez que se encuentren realizados los trabajos que forman la totalidad del concepto en cuestión. Y una vez aprobados por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

## CONCEPTOS ESPECÍFICOS

( )	Estructura ligera	\$/kg
( )	Estructura semipesada	\$/kg
( )	Estructura pesada	\$/kg

Vigencia a partir del 01-Mayo-2000

015.011

LIBRO	3	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES
PARTE	01	OBRA CIVIL
SECCIÓN	02	EDIFICACIÓN
CAPÍTULO	016	SOLDADURA

**A. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN**

- A.01. Son los trabajos que se ejecutan para unir dos piezas metálicas mediante fusión, con adición de material de aporte o sin éste, con aplicación de presión o sin ésta.
- A.02. El tipo de soldadura que se tratará en este capítulo, según la fuente calorífica que utiliza, se clasifica en:
- a. De arco eléctrico
  - b. De resistencia
  - c. De oxigas

**B. REFERENCIAS EN OTRAS NORMAS, DE CONCEPTOS RELACIONADOS**

- B.01. Existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en SOLDADURA y que son tratados en estas Normas de Construcción del Gobierno del Distrito Federal o en el de Normas de otras Dependencias o Entidades de la Federación, Organismos o Asociaciones Nacionales, Regionales o Internacionales, conceptos que deben sujetarse en lo que corresponda a lo indicado en las cláusulas de Materiales, Requisitos de Ejecución, Subconceptos de Obra, Alcances, Unidades de Medida, Criterios para Cuantificar y Base de Pago, que se asientan en los capítulos indicados en la siguiente tabla y de los cuales ya no se hará más referencia en el texto de este capítulo.

CONCEPTOS	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Acero de refuerzo para concreto	3.01.02.011	G.D.F.
Malla de alambre para refuerzo	3.01.02.013	G.D.F.
Acero de presfuerzo	3.01.02.014	G.D.F.
Estructuras metálicas	3.01.02.015	G.D.F.
Electrodos para soldadura	4.01.01.017	G.D.F.

CONCEPTOS	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Acero estructural	4.01.01.015	G.D.F.
Inspección radiográfica de soldadura		A.W.S.
Inspección ultrasónica de soldadura		A.W.S.
Práctica recomendable para la inspección con partículas magnéticas	NOM-B-124	SECOFI
Métodos de inspección con líquidos penetrantes	NOM-B-133	SECOFI
Términos y definiciones empleados en radiografías con rayos "X" y Gamma	NOM-11-67	SECOFI
Términos y definiciones empleados en soldadura	NOM-11-93	SECOFI
Simbolos para soldadura y pruebas no destructivas	NOM-11-111	SECOFI
Métodos de prueba mecánicos para productos de acero	NOM-B-172	SECOFI
Procedimientos de soldadura estructural (acero de refuerzo)	NOM-11-121	SECOFI

### C. MATERIALES CONSTITUTIVOS DEL CONCEPTO

- C.01 Las varillas, electrodos, y gases necesarios para realizar la soldadura o los cortes, o los que en el caso particular se requieran, deben cumplir con lo que especifique el proyecto en cada caso, de acuerdo con los requisitos de calidad establecidos en el proyecto y/o lo que sea ordenado por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

De no estar precisado en el proyecto u orden respectiva, se atenderá a lo establecido en las especificaciones del área correspondiente y de no tenerse previsto en éstas, se atenderá a lo establecido en el Libro 4 sobre calidad de materiales de las Normas de Construcción del Gobierno del Distrito Federal, tomando como referencia los capítulos anotados enunciativa y no limitativamente en la cláusula B de Referencias.

En su aplicación debe tomarse en cuenta que lo previsto en las especificaciones del proyecto tienen prioridad sobre las especificaciones correspondientes y éstas a su vez prevalecen sobre las Normas citadas.

## E. REQUISITOS DE EJECUCIÓN

E.01. Requisitos que debe cumplir un local (taller) de soldadura, el equipo y sus operarios (soldadores):

- a. El taller tendrá una superficie mínima utilizable de 75 m<sup>2</sup>, estará provisto del equipo (soldadoras, esmeril, sierra, etc.) y la herramienta (mesas, bancos, etc.) necesarios en cantidad y capacidad para efectuar trabajos de buena calidad. Adicionalmente debe contar con equipo de seguridad e higiene suficiente (equipo contra incendio, sanitarios en buenas condiciones, señalamientos, etc.).
- b. El taller de soldadura será amplio, seco y bien ventilado y sin materiales inflamables adyacentes a la zona de trabajo.
- c. El local debe mantenerse constantemente limpio para evitar el polvo, grasa o cualquier otra sustancia que pueda afectar el proceso y calidad de la soldadura, sobre todo cuando se está soldando con arco sumergido.
- d. El equipo debe estar permanentemente en buenas condiciones: limpio, seco, con las conexiones bien ajustadas y con los cables y empalmes perfectamente aislados.
- e. El personal será especializado, por lo menos con seis años de experiencia demostrables con la presentación del curriculum. Se les debe aplicar periódicamente un examen de actualización (máximo cada 6 meses).
- f. El contratista debe proporcionar a todo el personal el equipo de seguridad necesario y suficiente (guantes, zapatos, lentes, caretas, fajas, máscaras antigases, etc.)

E.02. Para realizar trabajos de soldadura, el contratista debe contar con el equipo necesario (soldadoras, esmeriles, etc.), la herramienta (planchas, mesas, bancos, etc.) y material (electrodos, gases fundentes, etc.) adecuados para cada tipo de trabajo; al inicio de cada trabajo el contratista debe mostrar a la Residencia de Obra a través de la Supervisión el equipo, la herramienta, material y el personal con que cuenta para desarrollarlo.

E.03. En todo trabajo de soldadura se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a. La unión de elementos debe llevarse a cabo respetando el tipo de soldado, la soldadura, la capacidad del equipo y el procedimiento especificado en el proyecto.
- b. Siempre que sea posible, la soldadura se hará en posición horizontal y el avance se hará partiendo de los puntos donde las piezas están relativamente fijas, o sean más gruesas, hacia los puntos donde tenga una mayor libertad relativa de movimiento, o sean más delgadas.
- c. En todas las soldaduras longitudinales para formar columnas, traveses o unir placas para formar tanques o ductos, el trabajo debe efectuarse con equipo automático o semiautomático; solamente se permitirá que la soldadura sea manual en los trabajos

de campo y en partes de la estructura o elemento en los cuales no se pueda usar el equipo automático o semiautomático.

- d. No debe soldarse cuando el material base por soldar esté húmedo, expuesto a la lluvia, viento fuerte u otras condiciones meteorológicas desfavorables, ni cuando la temperatura sea inferior a cero (0) grados centígrados.
- e. Cuando la temperatura del metal base sea inferior a cero (0) grados centígrados, debe calentarse hasta una temperatura de veinte (20) grados centígrados, debiendo mantenerse esta temperatura como mínimo durante toda la operación de soldar.
- f. Las superficies y bordes por soldar deben estar lisos, uniformes, libres de rasgaduras, grietas u otros defectos, no tener escamas sueltas, óxido, pintura, grasa u otra sustancia que pueda impedir la unión. Pueden dejarse las escamas de laminación que resistan un cepillado vigoroso con cepillo de alambre o un compuesto contra salpicaduras de soldadura, pero cuando se trate de trabes armadas deben quitarse todas las escamas en toda la zona de unión soldada con arco sumergido o mediante arco protegido con electrodos de bajo contenido de hidrógeno.
- g. Las partes por soldar se mantendrán en posición señalada en el proyecto y/o indicadas por la Residencia de Obra a través de la Supervisión, hasta terminar el proceso de soldadura, mediante el empleo de pernos, prensas, cuñas, tirantes, puntales u otros dispositivos adecuados o por puntos provisionales de soldadura. En todos los casos se tendrá en cuenta la tolerancia adecuada para el alabeo y la contracción.
- h. Cuando se utilice soldadura de filete, las piezas se pondrán en su posición tan cerca como sea posible una de la otra y en ningún caso estarán separadas más de (5) milímetros. Si la separación es igual o mayor de uno punto seis (1.6) milímetros, el lado de filete de soldadura, se aumentará en una cantidad igual a la separación.
- i. La separación entre las superficies en contacto de juntas traslapadas, así como la de las placas de juntas a tope con la placa de retención, no excederá de uno punto seis (1.6) milímetros. El ajuste de las juntas que no estén selladas por soldadura en toda su longitud, será tal que una vez pintadas, no permitan el paso del agua.

No se permitirá el empleo de placas de empaque, excepto las que fije el proyecto y/o apruebe la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

- j. Cuando se utilice soldadura de ranura a tope las piezas se alinearán cuidadosamente, procurando evitar el efecto de la flexión originada por excentricidad en el alineamiento de la junta, para lo cual se permitirá una discrepancia lateral máxima igual al diez (10) por ciento del espesor de la pieza más delgada, pero en ningún caso será mayor de tres punto dos (3.2) milímetros. La medida de la discrepancia lateral de las piezas en la junta se tomará como la separación entre ejes de piezas, a menos que el proyecto fije y/o la Residencia de Obra a través de la Supervisión, ordene otra forma.

- k. Los puntos provisionales de soldadura se limpiarán y fundirán completamente con la soldadura definitiva. Los puntos de soldadura que se consideren defectuosos se quitarán antes de hacer la soldadura definitiva. Las soldaduras provisionales se removerán con un esmeril hasta emparejar la superficie original cuando no queden integradas a la soldadura definitiva. Las soldaduras de pasadas múltiples tendrán sus extremos en cascada.
- l. En el ensamblado y unión de las partes de una estructura o de un miembro compuesto y cuando se suelden piezas de refuerzo a un miembro, la forma de proceder y el orden en que se harán las soldaduras será tal, que se eviten deformaciones innecesarias y se reduzcan al mínimo los esfuerzos por contracciones. Las soldaduras se deben hacer, siempre que sea posible siguiendo un orden tal, que el calor aplicado en los lados de la pieza quede balanceado durante el desarrollo del proceso. Antes de comenzar las operaciones de soldadura en empalmes y a tope, en miembros laminados o compuestos de sección transversal en forma de "H", "I" o de cajón, o en cualquier miembro o estructura en los que se espere que se presenten fuertes esfuerzos por contracción o distorsión, se formulará un programa, entre el contratista y la Residencia de Obra a través de la Supervisión, fijando la secuencia de las operaciones de soldadura, así como el control de la distorsión.
- m. Todas las piezas con esquinas internas que se vayan a unir mediante soldadura, deben redondearse con un radio de no menos de trece (13) milímetros (1/2"). La zona redondeada y los cortes adyacentes deben juntarse a modo de no dejar desplazamientos o huecos debidos a cortes después del punto tangencial.
- n. Las caras de las soldaduras de filete podrán ser planas, ligeramente cóncavas o convexas, como se muestra en la figura 1.a, b, y c, con las tolerancias que en ellas se señale

La soldadura de penetración se hará de preferencia con refuerzo pequeño o mínimo, para juntas a tope o de esquina, el refuerzo no excederá de 3 mm (1/8") y tendrá una transición gradual hacia el metal base (ver figura 1.e); no se permitirán los defectos que se muestran en la figura 1.f.

- E.04 Todos los electrodos deben almacenarse en lugares adecuados, dentro de los límites de humedad y temperatura que marca el fabricante. Se sacarán de la caja únicamente los electrodos que se vayan a usar, los electrodos que se hayan tenido por más de 4 horas expuestos a la intemperie, deben ser revisados por la Residencia de Obra a través de la Supervisión y secados en un horno apropiado, si éste lo autoriza.
- E.05. Para la preparación de las juntas, limpieza de la raíz y remoción de trabajo defectuoso, puede emplearse maquinado, corte con un chorro de aire u oxígeno y arco eléctrico con electrodo de carbono, cincelado o esmerilado; salvo para aceros templados en los que no debe emplearse corte con oxígeno.
- E.06 En todas las soldaduras de penetración completa hechas manualmente, debe quitarse la base del primer cordón en la cara posterior antes de iniciar la soldadura de esa cara y soldarse de manera que se obtenga material sano y fusión completa en la totalidad de la

sección transversal, salvo cuando se hagan empleando placa de respaldo o en posición horizontal y se aplique desde ambos lados sobre material con borde recto de espesor no mayor de ocho (8) mm (5/16") y con abertura en la raíz no menor de la mitad del espesor de la parte unida más delgada.

En las soldaduras de penetración hechas empleando respaldo del mismo material que el metal base, el metal de aportación se fundirá completamente con el material de respaldo.

No es necesario quitar las placas de respaldo, pero en caso de tener que hacerlo deben removerse después de terminar la soldadura, asegurándose de no dañar el metal base ni el de aportación y dejando la superficie de éste al ras o ligeramente convexa, con espesor completo en la garganta. Las soldaduras de penetración se terminarán en los extremos de las juntas de manera que se asegure su sanidad. Cuando sea posible, esto se hará usando placas de extensión después de terminar la soldadura, pero se hará si así se indica en los planos o especificaciones.

E.07. Antes de depositar la soldadura, el metal base debe calentarse según lo indicado en la tabla 1, pero cuando su espesor sea menor de 19 mm y su temperatura menor a 10° C, la temperatura de calentamiento será la indicada en la figura 3. Dicha temperatura se debe mantener durante el tiempo que dure la unión. El calentamiento será tal que la superficie del metal base situada hasta 7.5 cm (3") del lugar donde se está depositando la soldadura se encuentre a la temperatura especificada.

**TABLA 1**  
Temperatura mínima de precalentamiento y de entrapaso  
(grados centígrados)

Espesor de la parte más gruesa en el punto que se suelda (mm).	Soldadura de arco con electrodos recubiertos, que no son de bajo contenido de hidrógeno.	Soldadura de arco con electrodos recubiertos de bajo contenido de hidrógeno; soldadura con arco sumergido; soldadura de arco con electrodo y gas.	Soldadura de arco con electrodos recubiertos de bajo contenido de hidrógeno; soldadura con arco sumergido con alambre de acero al carbón o de aleación y fundente neutral; soldadura de arco con electrodo y gas.	Soldadura con arco sumergido con alambre de acero al carbón y fundente de aleación.
	ASTM A36; A53 Grado B; A375; A500; A501; A529;	ASTM A36; A242 Grado soldable A375; A441;	ASTM A572 Grados 55, 60 y 65	ASTM A514

continua

	A570 Grados D y F	A529; A570 Grados D y E; A572 Grados 42, 45 y 50; A588.			
Hasta 19.0	Ninguna *	Ninguna *	20	10	10
Sobre 19.1 hasta 38.0	65	20**	65	50	95
Sobre 38.1 hasta 63.0	105	65**	105	80	150
Sobre 63.5	150	105	150	105	205
<p>* Esta provisión también se aplica para acero A36, con espesor hasta 25 mm (1").</p> <p>** El precalentamiento mínimo para acero A36, con espesor hasta 51 mm (2") será de 10° C.</p> <p>• Precalentar según sea la temperatura del metal base a lo indicado en la figura No. 3.</p>					
<p>NOTA: Acero grado soldable es aquel que al soldarse no cambian sus características de: dureza, ductilidad, etc., para lo cual deben observarse requisitos para soldar más simples que los que deben observarse en los de aceros grado no soldable.</p>					

concluye

E.08. Para soldar entre si acero de refuerzo para concreto, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a. Cuando la temperatura del metal base y/o la temperatura ambiente sea menor de cero (0) grados centígrados, calentarlo a una temperatura mínima de veintiún (21) grados centígrados.

Antes de realizar las uniones con soldadura, las varillas deben calentarse a una cierta temperatura, la que dependerá de su contenido de carbono equivalente pero en ningún caso será mayor a 260° C.

Una vez aplicada la soldadura, la junta se dejará enfriar a temperatura ambiente.

- b. Este tipo de soldaduras deben ser ejecutadas por personal calificado y con juntas precalentadas y revisadas por la supervisión designada por el Gobierno del Distrito Federal.
- c. Los extremos de las varillas por soldar deben prepararse de la siguiente manera:
  1. Limpiarse con un tallado vigoroso mediante cepillo de alambre, quitando las escamas y el óxido si existe.

2. Las superficies que vayan a soldarse deberán estar lisas, uniformes y libres de rebabas, fisuras, grietas u otras imperfecciones que afecten la calidad de la soldadura.
  3. Los extremos de las varillas se cortaran a 90° respecto a su eje longitudinal cuando se suelden por el proceso aluminotérmico.
- d. Cada unión debe tener un claro adecuado y espacio suficiente para soldar de acuerdo con el proceso que se vaya a emplear.
  - e. Las uniones mediante soldadura en varillas traslapadas, se permitirán sólo en varillas con diámetro hasta del número 6 y se harán a tope directo o indirecto en las varillas con diámetro mayor.
  - f. Cuando una de las varillas que se vayan a soldar esté embebida en concreto, la soldadura debe hacerse cuando menos a 80 cm del plano del concreto que la contiene, para lo cual si es necesario se demolerá parte de éste.
  - g. La soldadura entre dos varillas no debe hacerse en zonas en que hayan sido dobladas en frío.
  - h. Las varillas que van a unirse a tope deben alinearse para disminuir las excentricidades, de acuerdo con las tolerancias indicadas en proyecto y/o las ordenadas por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.
  - i. En las uniones traslapadas, cuando se use solera, ángulo u otro material de respaldo, dicho material debe tener una sección tal que proporcione como mínimo una resistencia igual a la de la varilla de menor diámetro que va a unirse.
  - j. Cuando sea necesario unir varillas precalentadas, se debe preparar la unión por medio de una placa, solera o ángulo soldado a las varillas de refuerzo antes del colado del concreto, colocada de tal manera que sea fácil la soldadura y que el calor de ésta afecte en lo mínimo al concreto.
  - k. La unión soldada de varillas de grado 42 se hará con arco eléctrico, con electrodo metálico recubierto de bajo hidrógeno del tipo E 90 XX.
  - l. Para usar el método aluminotérmico, el contratista debe tener autorización por escrito del Gobierno del Distrito Federal. Al aplicar este método, el contratista seguirá las instrucciones del fabricante de este tipo de juntas y usará los materiales, equipo y herramienta que especifica dicho fabricante.

Cuando se requiera, las capas intermedias de soldadura de pasos múltiples pueden martillarse con golpes ligeros de martillo mecánico con punta redondeada. El martillado debe realizarse cuando la soldadura esté tibia al tacto. Se tendrá cuidado para evitar que la soldadura o el metal base se dañen por exceso de martillo.

Cuando los planos o especificaciones lo requieran, se hará un relevado de esfuerzos de conjuntos soldados, mediante tratamiento térmico.

- m. No se permitirá el soldado de pedacera de varilla con el fin de aprovecharla.
- E.09. El habilitado y unión de elementos a base de perfiles laminados con varillas de refuerzo, se hará de acuerdo con las siguientes indicaciones, además de las indicadas por el proyecto y/o la Residencia de Obra a través de la Supervisión fijen otra cosa.
- a. Trazar sobre la placa o elemento estructural base los puntos en los cuales se deben soldar las varillas, limpiando previamente la superficie de óxido, escoria o pintura; esta operación debe efectuarse también en la varilla de refuerzo por soldar.
  - b. Efectuar en el extremo de la varilla el esmerilado, cortes y dobleces que fuesen necesarios para obtener en ésta la terminación y forma que fije el proyecto.
  - c. Proceder a soldar las varillas a la placa o elemento estructural, debiendo efectuar esta operación con el procedimiento necesario para evitar torsiones, deformaciones, perjuicios a cordones de soldadura existente o esfuerzos adicionales en las placas por motivo de la soldadura.

E.10. Cuando se requiera llevar a cabo correcciones en las soldaduras se observará lo siguiente:

- a. La remoción del metal de aportación o porciones del metal base puede hacerse mediante esmerilado, cincelado, corte con oxigas o arco con electrodo de carbón y chorro de aire, de tal forma que el metal base o de aportación restante no se socave ni maltrate.

El corte con oxigas no se utilizará en aceros templados. Las porciones defectuosas de la soldadura se quitarán sin remover partes importantes de metal base. Las cantidades adicionales de metal de aportación necesarias para compensar la deficiencia de tamaño se depositarán empleando, preferiblemente, electrodos de tamaño menor que el utilizado para hacer la soldadura original, de preferencia con diámetro no mayor de cuatro (4) milímetros (5/32"). Las superficies se limpiarán cuidadosamente antes de soldar.

- b. Las soldaduras y el metal base que estén defectuosos se corregirán removiendo y reemplazando la soldadura completa, o parcial como sigue:
  - 1. Traslape o convexidad excesiva; redúzcase quitando el exceso de metal de aportación.
  - 2. Concavidad excesiva de soldaduras o cráteres, tamaño menor que el admisible, socavación. límpiase y depositese metal de aportación adicional.
  - 3. Porosidad excesiva de la soldadura, inclusiones excesivas de escoria, fusión incompleta; quítense las porciones defectuosas y vuélvase a soldar.

- c. Los miembros deformados por la soldadura se enderezarán mecánicamente o por la aplicación cuidadosamente dosificada y supervisada de cantidades limitadas de calor en zonas localizadas. La temperatura de las áreas calentadas, medida con métodos aprobados, no excederá de quinientos noventa y tres (593°C) (1,100° F) para aceros templados ni seiscientos cuarenta y nueve (649°C) (1,200° F) para aceros fríos.

Las piezas que se vayan a calentar para enderezarlas estarán sustancialmente libres de esfuerzos y de fuerzas externas, salvo los esfuerzos debidos a los medios mecánicos empleados al aplicar el calor.

- E.11. Cuando el trabajo realizado posteriormente a la ejecución de una soldadura deficiente la haya hecho inaccesible o cree nuevas condiciones que hagan que la corrección de la deficiencia sea peligrosa o ineficiente, se restaurarán las condiciones originales quitando soldaduras o miembros, o ambos, antes de hacer las correcciones; si no es necesario hacer lo anterior, la deficiencia se compensará mediante material adicional, colocado de acuerdo con un diseño revisado y aprobado por el Gobierno del Distrito Federal, que será proporcionado, habilitado y colocado con cargo al contratista.
- E.12. Los puntos de soldadura se sujetarán a los mismos requisitos de calidad que las soldaduras finales, salvo que:
  - a. No es obligatorio el calentamiento de la pieza para soldaduras de un solo paso, que se volverán a fundir e incorporarán a soldaduras de arco sumergido continuas.
  - b. No es necesario remover defectos tales como socavaciones, cráteres sin llenar y porosidades, antes de colocar la soldadura final de arco sumergido.
  - c. Los puntos de soldadura que se vayan a incorporar a la soldadura final se harán con electrodos que cumplan los requisitos de las soldaduras finales y se limpiarán cuidadosamente. Los puntos de soldadura de pasos múltiples tendrán sus extremos en cascadas.
  - d. Deben quitarse los puntos de soldadura que no se vayan a incorporar a las soldaduras finales, excepto en estructuras metálicas para edificios, en los que pueden dejarse si el Gobierno del Distrito Federal lo autoriza.
- E.13. Las tolerancias tanto en la preparación del material como en las correcciones de soldadura serán de acuerdo a lo indicado en proyecto y/o lo ordenado por la Residencia de Obra a través de la Supervisión
- E.14. Para cada caso, el proyecto indicará qué tipo de inspecciones deben realizarse, cuando y con qué frecuencia; dichas inspecciones pueden ser no destructivas y destructivas, las no destructivas son:
  - a. Visuales.- Este tipo de inspección se realizará a todo tipo de soldadura y estas deben cumplir con lo siguiente:
    1. No presentar fractura.

2. Estarán libres de escurrimiento del metal de aporte.
  3. No tener porosidades, y si las hay, que cumplan la siguiente condicionante: la suma de poros tomados en la dirección del de mayor diámetro no debe exceder de 9.5 mm (3/8") en un diámetro de 25.4 mm (1"), en cualquier dirección, en un rango de 305 mm (12").
- b. Inspecciones con líquidos penetrantes.- Este método es un complemento de la inspección visual y sólo es efectivo cuando los defectos afloran a la superficie. Véase la cláusula de Referencias.
  - c. Inspección por partículas magnéticas.- Este método es aplicable únicamente a los materiales ferromagnéticos y para detectar discontinuidades cercanas a la superficie; el campo magnético se debe aplicar como mínimo en dos direcciones perpendiculares.
  - d. Inspección radiográfica.- Esta inspección se podrá efectuar con rayos "X" o Gama, tomando en cuenta lo siguiente:
    1. Una soldadura de filete no debe inspeccionarse por medios radiográficos.
    2. Cada radiografía se identificará perfectamente anotando en la placa el mismo número que se marca en la zona en que se tomó.
    3. Se usarán penetrómetros que permitan asegurar la detección de defectos con tamaño igual a dos (2) por ciento del espesor de la parte más delgada de la junta, (ver fig. 2). El revelado de la placa radiográfica será el adecuado; las placas estarán limpias, libres de ralladuras u otros defectos. La densidad de las radiografías estará entre uno punto cinco (1.5) dos punto cinco (2.5), además la densidad en cualquier área continua de espesor constante no variará en más de cero punto cinco (0.5). Las radiografías deben mostrar el agujero más pequeño de los diferentes penetrómetros, el número y marca de identificación y su localización. La soldadura será considerada defectuosa de acuerdo a la inspección radiográfica cuando presente alguna de las fallas que se indican a continuación:
      - 3.1 Si se manifiesta cualquier tipo de fractura.
      - 3.2 Si se nota una bolsa o burbuja mayor de 1.6 mm (1/16").
      - 3.3 Cuando se note falta de penetración o fusión incompleta.
      - 3.4 Cuando se manifiesten quemaduras en la soldadura.
      - 3.5 Cuando existan líneas de escoria o inclusiones individuales de ésta.
      - 3.6 Cuando se manifiesta falta o exceso de material de aporte.

# PERFILES DE LAS SOLDADURAS

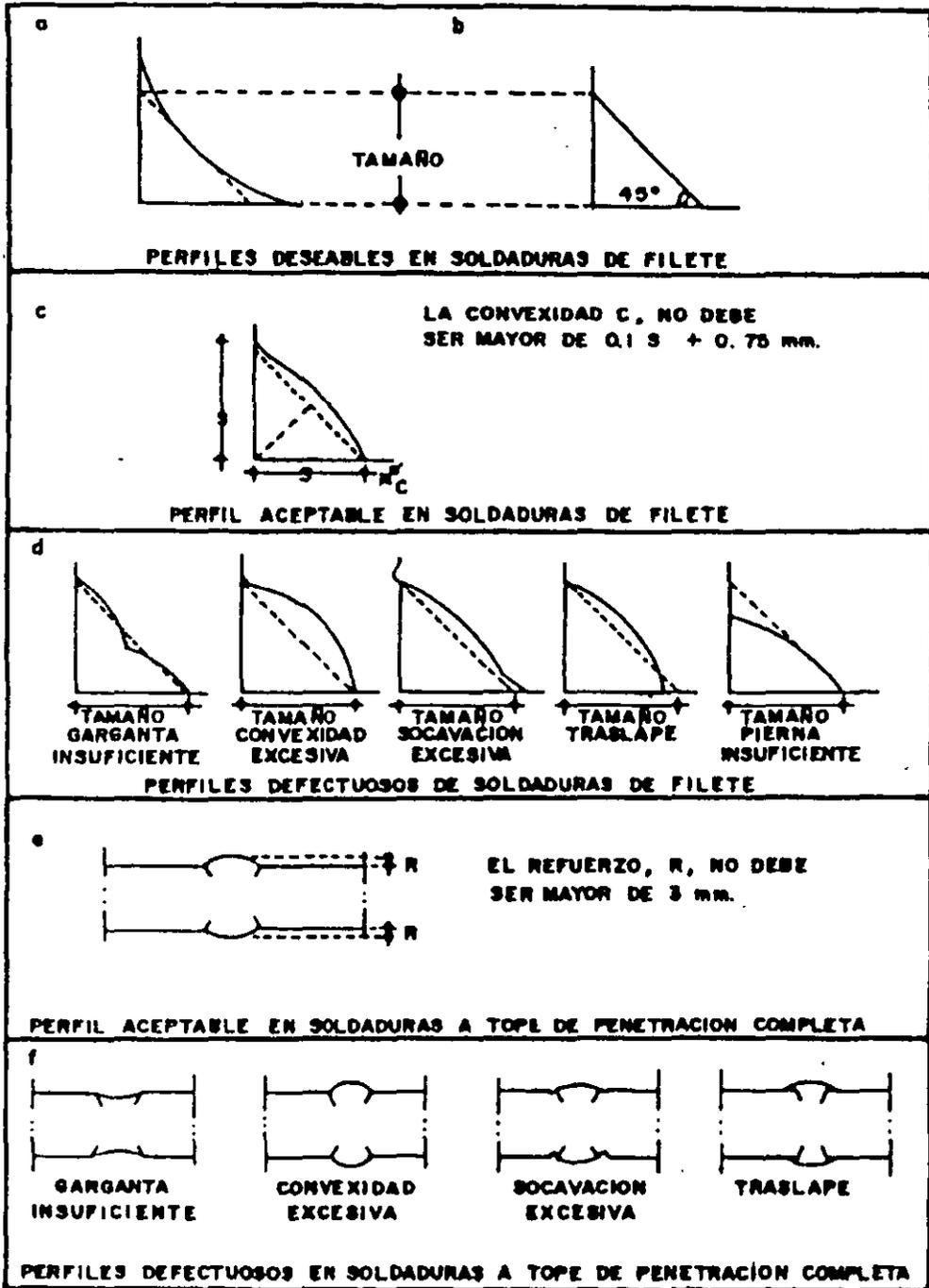


FIGURA 1

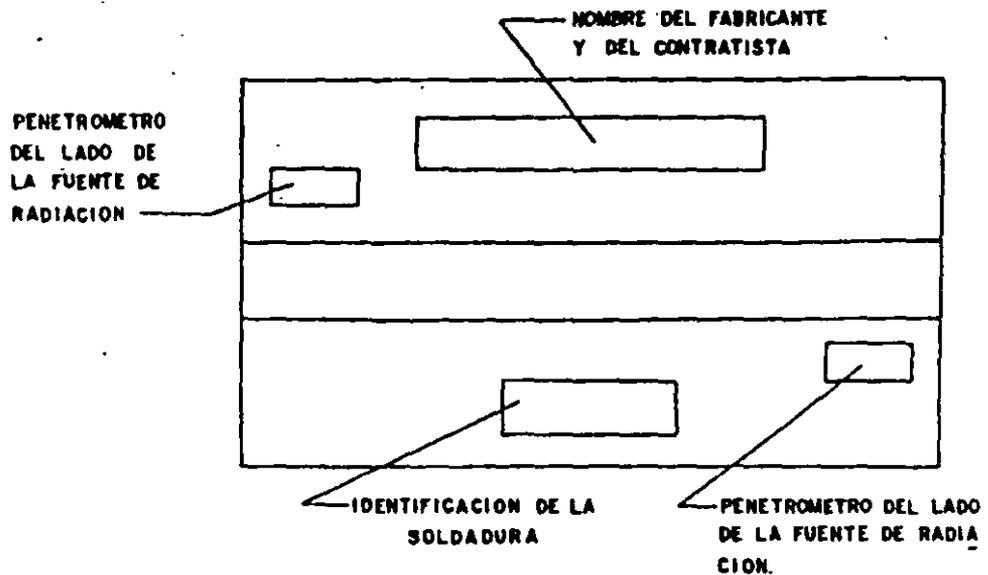
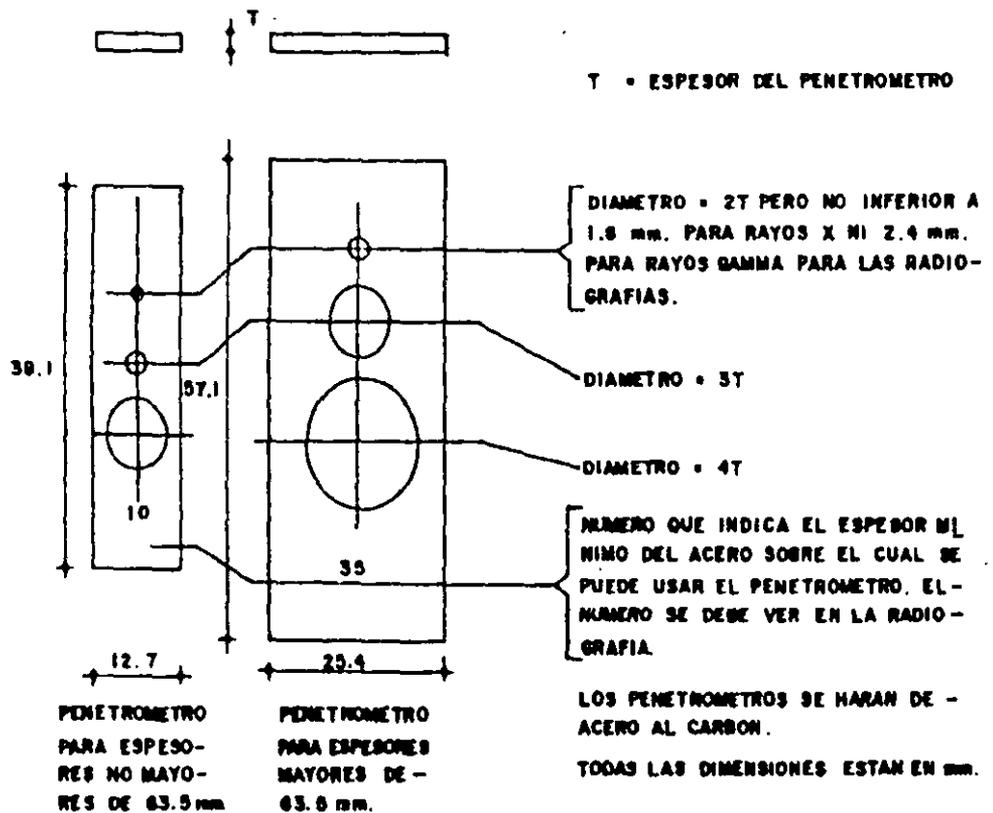
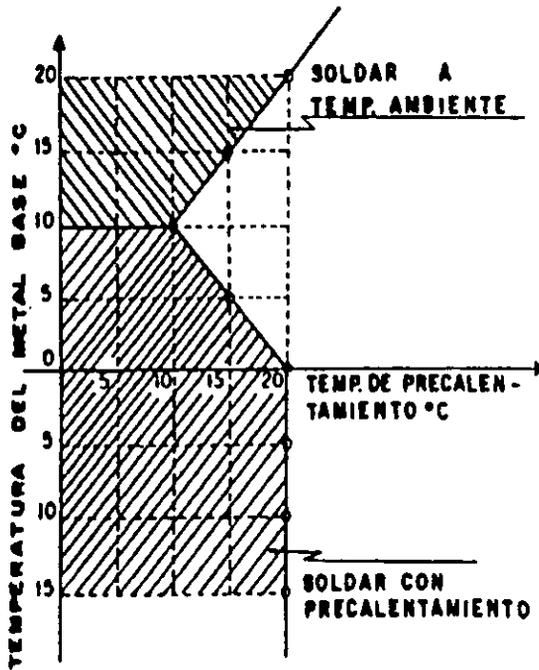


FIGURA 1



## GRÁFICA DE PRECALENTAMIENTO PARA LOS ACEROS INDICADOS CON (\*)



**FIG. 3**

- c. Inspección ultrasónica.- Este tipo de inspección debe cumplir con los criterios de aceptación y/o rechazo contemplados en la tabla No. 8.15.3 de la A.W.S.
- f. Las pruebas destructivas se efectuarán cuando la Residencia de Obra a través de la Supervisión lo indique y se harán como se muestra en la norma NMX-B-172.
- g. Antes de inspeccionar por cualquier método una zona, ésta debe estar limpia, libre de pintura, escoria, o cualquier otra sustancia que pueda alterar los resultados de dicha prueba.
- h. Para inspeccionar por métodos radiográficos o ultrasónicos las soldaduras en una obra o estructura metálica, debe haber como mínimo 25 puntos de inspección o zonas con posibles defectos.

E.15. Corte térmico de laminas y placas de acero

- a. Todos los cortes de placas metálicas, se efectuarán con soplete de oxiacetileno o cualquier otro gas combustible adecuado para este proceso; solamente se usará el arco eléctrico cuando el Gobierno del Distrito Federal lo autorice por escrito.
- b. Todos los cortes se harán como lo indican las plantillas de proyecto y si por descuido o mala colocación de la plantilla el metal se desperdicia, dichos desperdicios serán pagados por el contratista.
- c. Todos los cortes se harán en un lugar protegido de corrientes de aire.

**F. SUBCONCEPTOS DE OBRA, ALCANCES, UNIDADES DE MEDIDA, CRITERIOS PARA CUANTIFICAR Y BASE DE PAGO**

F.01. ( ) Soldadura de filete con soldadura manual.- El costo directo incluye: el suministro de los electrodos, metal de aporte en caso necesario y materiales de menor consumo; la mano de obra del soldador y la del ayudante para preparar, soldar, acarreo libre horizontal y/o vertical y limpieza; el equipo y la herramienta necesarios para la correcta ejecución del trabajo.

La unidad de medida será el centímetro cuadrado, con tres (3) decimales de aproximación.)

Para cuantificar, se medirá la superficie de soldadura depositada por centímetro cuadrado de sección por cada metro de longitud ejecutados en el taller o en el sitio de los trabajos, dentro de las líneas de proyecto y/o las señaladas por la Residencia de Obra a través de la Supervisión, en cada período de los pactados en el contrato, durante la vigencia del mismo. No se cuantificará la soldadura depositada fuera de los límites indicados en proyecto.

Para efecto de pago, se estimarán una vez que se encuentren realizados los trabajos que forman la totalidad del concepto en cuestión. Y una vez aprobados por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

**CONCEPTOS ESPECÍFICOS**

( )	Soldadura con electrodo E-6012	\$/cm <sup>2</sup> /m
( )	Soldadura con electrodo E-6013	\$/cm <sup>2</sup> /m

F.02. ( ) Soldadura de ranura de penetración completa, con soldadora, manual. El costo directo incluye: el suministro de los electrodos metal de aporte en caso necesario y materiales de menor consumo; la mano de obra del soldador y su ayudante para la preparación de la junta, soldar, acarreo libre horizontal y/o vertical y limpieza; el equipo y la herramienta necesarios para la correcta ejecución del trabajo.

La unidad de medida será el centímetro cuadrado, con tres (3) decimales de aproximación.

Para cuantificar, se medirá la superficie de soldadura depositada por centímetro cuadrado de sección por cada metro de longitud ejecutados en el taller o en el sitio de los trabajos, dentro de las líneas de proyecto y/o las señaladas por la Residencia de Obra a través de la Supervisión, en cada periodo de los pactados en el contrato, durante la vigencia del mismo. No se cuantificará la soldadura depositada fuera de los límites indicados en proyecto.

Para efecto de pago, se estimarán una vez que se encuentren realizados los trabajos que forman la totalidad del concepto en cuestión. Y una vez aprobados por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

#### CONCEPTOS ESPECÍFICOS

- |     |                                |                       |
|-----|--------------------------------|-----------------------|
| ( ) | Soldadura con electrodo E-6012 | \$/cm <sup>2</sup> /m |
| ( ) | Soldadura con electrodo E-6013 | \$/cm <sup>2</sup> /m |

F.03. ( ) Radiografía de soldadura.- El costo directo incluye: el suministro de material de consumo; la mano de obra para la preparación y toma de impresión de la placa a cualquier altura; y elaboración del reporte; el equipo y herramienta necesarios para la correcta ejecución del trabajo.

La unidad de medida será la pieza.

Para cuantificar, se contarán las radiografías autorizadas y ejecutadas en el sitio de los trabajos, dentro de las líneas de proyecto y/o las señaladas por la Residencia de Obra a través de la Supervisión, en cada periodo de los pactados en el contrato, durante la vigencia del mismo.

Para efecto de pago, se estimarán una vez que se encuentren realizados los trabajos que forman la totalidad del concepto en cuestión. Y una vez aprobados por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

#### CONCEPTOS ESPECÍFICOS

- |     |                                                                                                                                                 |        |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| ( ) | Toma e inspección de radiografía hasta 43 cm de longitud en uniones soldadas de varilla de refuerzo, en placas cuyo espesor sea menor a 50 mm.  | \$/pza |
| ( ) | Toma e inspección de radiografía hasta 43 cm de longitud, en uniones soldadas de estructuras metálicas, cuyo espesor sea igual o mayor a 50 mm. | \$/pza |

F.04. ( ) Corte de lámina y placa metálica con oxiacetileno y equipo manual.- El costo directo incluye: el suministro del oxígeno y el acetileno y materiales de menor consumo; la mano de obra del operador y su ayudante para realizar el corte, acarreo libre horizontal y/o vertical y limpieza; el equipo y herramienta necesarios para la correcta ejecución del trabajo.

La unidad de medida será el centímetro con aproximación de una (1) decimal.

Para cuantificar, se medirá la longitud de placa cortada en el taller o en el sitio de los trabajos, dentro de las líneas de proyecto y/o las señaladas por la Residencia de Obra a través de la Supervisión, en cada periodo de los pactados en el contrato, durante la vigencia del mismo.

Para efecto de pago, se estimarán una vez que se encuentren realizados los trabajos que forman la totalidad del concepto en cuestión. Y una vez aprobados por la Residencia de Obra a través de la Supervisión.

#### CONCEPTOS ESPECÍFICOS

( )	Corte de placa de acero, con espesor entre 4 mm y 10 mm	\$/cm
( )	Corte de placa de acero, con espesor entre 10 mm a 20 mm	\$/cm
( )	Corte de placa de acero, con espesor entre 20 mm y 40 mm	\$/cm