

39
2EJ



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LA
SOLDADURA EN EDIFICACIONES"**

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

PATRICIA DEL ROCIO CONTRERAS RODRIGUEZ



**DIRECTOR DE TESIS:
ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ**

MEXICO, D. F.

1995

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-194/94

Señorita
PATRICIA DEL ROCIO CONTRERAS RODRIGUEZ
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

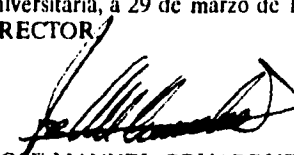
"ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LA SOLDADURA EN EDIFICACIONES"

- I. INTRODUCCION**
- II. DESCRIPCION Y PROCEDIMIENTO DE LA SOLDADURA**
- III. CONTROL DE CALIDAD DE LA SOLDADURA**
- IV. CONEXIONES SOLDADAS TIPICAS EN EDIFICACIONES**
- IV. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 29 de marzo de 1995.
EL DIRECTOR


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR*nl1

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LA SOLDADURA EN EDIFICACIONES

INDICE

AGRADECIMIENTOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

1.- INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Alcance	2

2.- DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO DE LA SOLDADURA

2.1 Metales y materiales cerámicos	3
2.2 Descripción de las soldaduras	9
2.3 Símbolos	12
2.4 Clasificación de las soldaduras	15
2.5 Procedimiento de la soldadura	19

3.- CONTROL DE CALIDAD DE LA SOLDADURA

3.1 Clasificación de los defectos en soldadura	26
3.2. Responsables de los defectos de soldadura	34
3.3 Métodos de inspección	35
3.4 Ensayes destructivos	39
3.5 Ensayes no destructivos	40

4.- CONEXIONES SOLDADAS TÍPICAS EN EDIFICACIONES

4.1 Descripción de cada una de ellas	47
4.2 Daños observados en terremotos	50
4.3 Ventajas y desventajas del empleo de soldaduras en edificaciones	53

5.- CONCLUSIONES

55

6.- REFERENCIAS

56

7.- ANEXOS

58

AGRADECIMIENTOS

A mi papá Mario:

Por todos estos años de cariño, apoyo moral, económico y por ser más un padre que un tío y al cual le debo que yo sea ingeniera, te digo gracias por darme esta oportunidad de ser profesional.

A mi mamá Teresa:

Gracias, por sus sabios consejos y por alentarme para no desfallecer en los momentos difíciles de mi vida, gracias porque usted contribuyó a mi formación personal y por ser también mi madre.

A mi mamá:

Por darme la vida, por tu sacrificio y ayuda durante tu estancia en México y el cual admiro mucho, gracias por tratar de entenderme y confiar en mí hasta ahora, gracias por ser una buena madre.

A mi familia:

Gracias por su apoyo moral en estos años que necesité sus cariños, consejos y por hacerme sentir que estaban conmigo, gracias papá Adelmo por hacerme sentir que también soy tu hija, gracias por tus consejos.

A mi padre:

Gracias, por tu apoyo moral en parte de mi vida profesional.

A Charles:

Gracias, por estos 4 años de tu compañía y apoyo moral, en los buenos y malos momentos. Gracias, porque por tí aprendí a salir adelante ante cualquier adversidad, te admiro y te quiero mucho.

Ingeniero Morayta:

Gracias, por su amistad y por su orientación durante la elaboración de mi tesis.

A mis amigos peruanos:

Gracias, por apoyarme en todo momento y tratarme como parte de sus familias. Gracias Carlos y Nicolás por aconsejarme durante la carrera y ser buenos amigos.

A mis amigos mexicanos:

Gracias, por los buenos momentos que pasamos y por su amistad incondicional, gracias por ser mis amigos.

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 2.1** Preparación de la junta para la soldadura
- Fig. 2.2** Junta a tope
- Fig. 2.3** Junta solapada
- Fig. 2.4** Junta en T
- Fig. 2.5** Junta en ángulo
- Fig. 2.6** Cordón a tope sin preparación especial
- Fig. 2.7** Cordón a tope con preparación en el borde
- Fig. 2.8** Cordón a tope con preparación en la junta
- Fig. 2.9** Cordón frontal sin preparación especial
- Fig. 2.10** Cordón frontal con preparación en la junta
- Fig 2.11** Símbolos utilizados en los planos de proyectos de construcciones soldadas
- Fig. 2.12** Significado de las flechas
- Fig. 2.13** Utilización de símbolos para planos de proyectos de construcciones soldadas
- Fig. 2.14** Símbolos de ensayos no destructivos

Fig. 2.15 Tipos de soldaduras

Fig. 2.16 Soldadura en ángulo

Fig. 2.17 Garganta y pie del cordón de una soldadura en ángulo

Fig. 2.18 Preparación de los bordes para soldadura a tope

Fig. 2.19 Posiciones de soldeo

Fig. 2.20 Soldeo vertical ascendente y descendente

Fig. 2.21 Soldadura de arco

Fig. 3.1 Defectos de soldadura

Fig. 4.1 Cuerpo libre de los ángulos de conexión

Fig. 4.2 Conexiones soldadas con ángulos en el alma

Fig. 4.3 Conexión de asiento para viga

Fig. 4.4 Soldaduras no aconsejables entre el asiento de la viga y la columna

Fig. 4.5 Conexión de asiento rigidizado para vigas

Fig. 4.6 Cargas sobre un asiento rigidizado

Fig. 4.7 Diseño de la conexión de un ángulo

Fig. 4.8 Fractura completa en la cual la soldadura se separa del patín de la columna

Fig. 4.9 Fractura parcial, las grietas no se extienden en toda la zona de la soldadura-columna en el patin inferior

Fig. 4.10 Fractura iniciada en la intersección de la placa de montaje de la columna

Fig. 4.11 Fractura parcial dentro del patin de la columna

Fig. 4.12 La grieta se inicia en el extremo de la soldadura y se extiende dentro del patin de la columna

Fig. 4.13 Desgarramiento laminar en la placa superficial en el patin de la columna soldada

Fig. 4.14 Fractura en el patin de la columna que se extiende en el alma de la columna

Fig. 4.15 Caso más importante sólo existe un caso de desgarramiento que se conoce hasta ahora

LISTA DE TABLAS

Tabla I Tipos de costura

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Los primeros desarrollos de la soldadura de arco empezaron en 1881 y la primera patente (en los Estados Unidos) de proceso de arco metálico para soldadura fue otorgada en 1889 a Charles Coffin, de Detroit.

A raíz de la Primera Guerra Mundial ocurrieron mayores desarrollos de la técnica de soldadura al necesitarse reparaciones rápidas de armamento.

Después de esta guerra, se produjeron técnicas y equipos nuevos a un paso acelerado y se generalizó la aceptación de la soldadura como un método para fabricar conexiones. Las primeras aplicaciones se hicieron en taller, bajo condiciones controladas; al obtenerse una mayor experiencia, se aplicó el método en el campo con muy buenos resultados.

Actualmente no es raro ver soldaduras de campo para vigas continuas y traveses de puentes, o para edificios de muchos niveles. Con un diseño adecuado, una elección correcta del material y de la técnica de soldadura, así como con una buena mano de obra, el uso de la soldadura puede proporcionar conexiones confiables y económicas.

Las principales ventajas de las estructuras soldadas son lo compacto de las conexiones, la economía de material y la reducción del manejo de las piezas durante su fabricación en el taller. Sin embargo, existen aún algunos aspectos constructivos de la soldadura en edificaciones que merecen ser estudiadas.

OBJETIVOS

En esta investigación se pretende dar un panorama general de la soldadura, describiendo aspectos importantes, también se estudia algunos aspectos constructivos de la soldadura en edificaciones, así como su relevancia en el control de calidad, ya que para asegurar una buena calidad de las conexiones soldadas, se requiere el trabajo conjunto de ingenieros de diseño, supervisores y soldadores competentes. Sin embargo, dado que el diseño de la soldadura es ejecutada por el ingeniero, y con objeto de especificar la mejor soldadura para una cierta aplicación particular, el diseñador debe tener ciertos conocimientos de los principios básicos de la metalurgia de la soldadura, de los efectos térmicos de la soldadura sobre el metal base, de las propiedades de los materiales y de las técnicas usadas en la construcción e inspección de soldaduras en edificaciones.

ALCANCES

En este trabajo se describen posibles deficiencias que se pueden tener en soldaduras en edificaciones, así como defectos técnicos de control de calidad de éstos, las cuales incluyen diferentes tipos de prueba destructivas y no destructivas. También se mencionan algunos casos de fallas en soldadura en edificios observados en terremotos.

T E M A I I

2.- DESCRIPCIÓN DE LA SOLDADURA

2.1 Metales y materiales cerámicos

La Metalurgia es la ciencia de los metales y se divide en dos grandes ramas: la metalurgia extractiva y la metalurgia física.

La metalurgia extractiva es el estudio de los procesos necesarios para la extracción de los metales a partir de sus gangas. Esta rama de la metalurgia tiene alguna relación con la tecnología de la soldadura, ya que las características de un metal están influenciadas por el método de extracción a partir del mineral.

La metalurgia física es el estudio de las propiedades de los metales.

La mayor parte de los casi cien elementos que constituyen nuestro universo son metales. Además de los metales puros, en la industria se usan más de diez mil aleaciones - mezclas de metales- compuestas usualmente de un metal base y un pequeño porcentaje de otros, o de carbono.

Por conveniencia, los metales importantes desde el punto de vista industrial, se suelen clasificar en dos grandes grupos:

metales féreos;

metales no féreos.

Los metales férreos son aquellos que proceden de minerales de hierro y tienen a éste por metal base, incluyen, por tanto, las fundiciones, el hierro forjado, un millar de aleaciones de hierro y algunas docenas de acero inoxidable.

El grupo de metales no férreos comprende todos los metales y aleaciones que no incluyen en su composición más del 1% de hierro. Los metales no férreos más importantes son: níquel, cobre, aluminio, plomo, zinc, cromo, volframio y manganeso, así como las familias tan importantes de aleaciones como son los latones y los bronces. Tales metales están dotados de una particular resistencia a la corrosión.

Esta clasificación en dos grandes grupos es conveniente desde dos puntos de vista. En primer lugar, nuestra civilización es la civilización del acero. Consumimos diez veces más acero y otras aleaciones de hierro que todos los demás metales juntos, lo que justifica el agrupamiento de todos los metales no férreos y aleaciones, en un solo grupo, dejando el grupo predominante de hierro en una clase aparte. En segundo lugar, los tratamientos térmicos que se dan a los metales férreos son esencialmente distintos a los que se dan a los metales no férreos.

Esta clasificación, sin embargo, deja a todos los metales, excepto al hierro, en el grupo de los no férreos. El uranio, el titanio y el níquel, por ejemplo, tienen muy poco en común. El grupo no férreos requiere, por tanto, una posterior subdivisión. El platino y los demás metales preciosos -oro, plata, paladio, etc.- es conveniente agruparlos en un subgrupo con técnicas de soldadura especiales. Los metales radiactivos -radio, torio, uranio, etc.- son un claro subgrupo que goza de unas técnicas especiales de soldadura. Otro subgrupo natural son los catorce metales conocidos por "tierras raras", los cuales son el cerio, samario, gadolinio, disprosio, etc; estos metales solamente han empezado a tener importancia industrial desde hace muy poco tiempo.

El último de estos grupos naturales son los metales refractarios, que tienen sus puntos de fusión por encima de los 2000 C, tales como el volframio, el niobio y el molibdeno. Desde el punto de vista de la soldadura, se llaman metales de bajo punto de fusión a los fácilmente soldables y, refractarios, a los difícilmente soldables. La temperatura de fusión está, generalmente, en razón directa con su precio, en general, los metales de bajo punto de fusión cuestan menos de tres dólares por kg, mientras los metales refractarios cuesta unos cientos de dólares por kg (Patton, 1975).

Un **metal** es un elemento que conduce fácilmente el calor y la corriente eléctrica a las temperaturas ordinarias. La mayoría de los metales son duros, sólidos y cristalinos, tienen un brillo plateado y funden a una temperatura perfectamente definida. La mayor parte son, además, dúctiles y pueden ser estirados y moldeados con presión, sin romperse. Comparados con otras sustancias sólidas, los metales son soldables por muy diversos procedimientos de soldadura.

Un material **cerámico** es duro, frágil, de aspecto mineral y resistente a altas temperaturas, usualmente un óxido o un carburo de algún metal. Ejemplos de materiales cerámicos son el carborundo (carburo de silicio), el carboloy (usualmente, carburo de volframio), el cuarzo (óxido de silicio), el ladrillo y la arcilla (silicatos metálicos), minerales metálicos, escorias, fundentes y revestimientos para electrodos de soldadura.

Las relaciones entre los metales y los materiales cerámicos son estrechas. Los metales se extraen de minas cerámicas, cuando son calentados excesivamente se oxidan, regresando así al estado del cual fueron extraídos. Muchos materiales cerámicos son de importancia en la soldadura, como escorias de fusión, como fundentes en la soldadura de latones y como revestimientos fundentes de los electrodos.

Hay muchos tipos de electrodos para soldadura de aceros dulces; la diferencia entre ellos es en el revestimiento fundente, ya que todos los electrodos están contruídos del mismo acero. Por esto, los materiales cerámicos requieren una especial atención; de otro modo no se pueden comprender los diferentes procesos metalúrgicos que tienen lugar en la soldadura.

2.1.1 Materiales Consumibles de la Soldadura

Los materiales consumibles de la soldadura son los que se van gastando al hacer los trabajos de soldadura, tales como los electrodos, las varillas de soldadura, los fundentes, los gases combustibles y los gases de protección aplicados exteriormente.

Metales de Aporte

Todos los metales de aporte se clasifican de acuerdo con una de las especificaciones que han desarrollado conjuntamente las sociedades AWS-ASTM (American Welding Society - American Society for Testing and Materials), Subcomité sobre metales de aporte. Los metales de aporte y sus especificaciones correspondientes AWS-ASTM son:

- * Electrodo para soldadura de arco, de acero blando recubierto: A5.1

- * Varillas de soldadura de hierro y acero para soldar a gas: A5.2

- * Electrodo de aluminio y aleaciones de aluminio para soldadura de arco A5.3

- * Electrodo de acero al cromo y al cromo-níquel, resistentes a la corrosión y recubiertos: A5.4

- * Electrodo para soldadura de arco, de acero con bajo contenido de aleación, recubiertos: A5.5

- * Electrodo de cobre y aleaciones de cobre para soldadura de arco: A5.6

- * Electrodo de cobre y aleaciones de cobre para soldar: A5.7

- * Metal de aporte para soldadura fuerte. A5.8
- * Varillas de soldadura y electrodos desnudos de acero al cromo y al cromo-níquel, resistente a la corrosión: A5.9
- * Varillas de soldadura y electrodos desnudos de aluminio, y aleaciones de aluminio: A5.10
- * Electrodo de soldadura de níquel y aleaciones de níquel, recubiertos: A5.11
- * Varillas de soldadura y electrodos para recubrimiento superficiales: A5.13
- * Varillas desnudas de soldadura y electrodos desnudos de níquel y aleaciones de níquel: A5.14
- * Varillas de soldadura y electrodos recubiertos para soldar hierro fundido: A5.15
- * Varillas desnudas de soldadura y electrodos desnudos de titanio y aleaciones de titanio: A5.16
- * Electrodo desnudo de acero blando, y fundentes para soldadura de arco sumergido: A5.17
- * Electrodo de acero blando para soldadura de arco metálico con gas: A5.18
- * Varillas de soldadura y electrodos desnudos de aleaciones de magnesio: A5.19
- * Electrodo de acero blando para soldadura de arco, con núcleo de fundente: A5.20
- * Varillas de soldadura y electrodos compuestos para recubrimientos superficiales: A5.21

Mediante las especificaciones de los metales de aporte, el usuario recibe la información de que un cierto electrodo o varilla de soldadura puede producir un metal de soldadura de propiedades mecánicas específicas. Al mismo tiempo, el sistema de especificaciones clasifica a los electrodos para las diversas posiciones de aplicación de la soldadura, en cuanto a su capacidad para penetrar adecuadamente en el fondo o la raíz de una junta, y en cuanto a suministro de energía (corriente alterna o directa).

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLDADURA

PARTES DE LA SOLDADURA

2.2.1 Conceptos fundamentales

Las piezas a soldar se unen en la **junta de soldadura** , formando una **pieza soldada** (elemento estructural soldado).

Un **grupo soldado** se forma mediante la soldadura de **piezas soldadas**.

La estructura soldada puede constar de uno o más grupos soldados.

2.2.2 Junta de soldadura

La junta de soldadura es la zona en la cual las piezas se unen entre si mediante soldadura. Su tipo se determina por la disposición constructiva de las piezas entre si (alargamiento, refuerzo, derivación). Ver figura 2.1 y 2.2.

A) Junta a tope

Las piezas están en el mismo plano. Ver figura 2.2

B) Junta solapada

Las piezas se unen una sobre la otra, en un tramo determinado. Ver figura 2.3

C) Junta paralela

Las piezas están una al lado de la otra, en toda su longitud ó anchura.

D) Junta en T

Dos piezas, en las cuales una en su extremo, se juntan en ángulo recto. Ver figura 2.4

E) Junta cruzada

Dos piezas situadas en un mismo plano se juntan por sus extremos perpendicularmente con una tercera pieza intermedia.

F) Junta oblicua

Una pieza se junta con su extremidad inclinada.

G) Junta en ángulo

Dos piezas se juntan entre sí formando un ángulo cualquiera. Ver figura 2.5

H) Junta múltiple

Tres o más piezas se juntan por sus extremos formando entre sí ángulos cualesquiera.

2.2.3 Cordón de soldadura

El cordón de soldadura une las piezas en la junta de soldadura; consta de material base fundido y en la mayoría de los casos de material de aportación incluido en la fusión.

2.2.4 Tipo de cordón

El tipo de cordón está determinado:

- a) por la posición de las partes en el enpalme
- b) por el tipo y alcance de una preparación especial.

A) Cordón a tope

Las piezas forman en la unión una junta. Según la preparación se distinguen:

A.1) CORDÓN A TOPE SIN PREPARACIÓN ESPECIAL. Ver figura 2.6

A.2) CORDON A TOPE CON PREPARACIÓN DEL BORDE. Ver figura 2.7

A.3) CORDON A TOPE CON PREPARACIÓN DE LA JUNTA. Ver figura 2.8

B) Cordón frontal

Las piezas están aplanadas y una junto a otra en la unión y se sueldan entre sí en sus superficies frontales. Se distinguen:

B.1) CORDÓN FRONTAL SIN PREPARACIÓN ESPECIAL. Ver figura 2.9

B.2) CORDÓN FRONTAL CON PREPARACIÓN DE LA JUNTA. Ver figura 2.10

C) Cordón angular

Las piezas forman en la unión una garganta para la recepción del cordón de soldadura. Se distingue entre cordón angular y cordón angular doble. Representa un caso especial el cordón de esquina (cordón angular exterior).

2.2.5 Preparación de la costura

La costura se prepara en la junta de soldadura de la manera más conveniente para la ejecución del soldeo. La preparación de la costura depende del tipo y espesor del material, de la sollicitación, tipo y proceso de soldadura. Ver tabla I (tipos de costura).

2.3 SIMBOLOS UTILIZADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS

La simbología utilizada comúnmente en planos es de la American Welding Society y de la Canadian Welding Society y se muestran en la figura 2.11

Se les sitúa, generalmente, por encima o por debajo de una flecha cuya punta señala la junta donde debe ser depositado el cordón. Si el símbolo está situado por debajo de la flecha, la soldadura se deposita en el sitio que señala la punta de la flecha y, si el símbolo está por encima de la flecha, el material de aportación deberá ser depositado en el lado opuesto al cual señala la punta de la flecha.

Los símbolos correspondientes a ángulos, media V y J, deben dibujarse de forma que el trazo vertical de los mismos quede a la izquierda. Se escribe a la derecha del símbolo la longitud en centímetros del cordón de soldadura a depositar. Se muestra en la figura 2.12

Un símbolo de sujeción significa una soldadura sencilla en el borde interior a la unión.

La soldadura efectuada en la obra indica que el soldeo se ha de efectuar durante el montaje de la construcción, no se puede llevar hecha desde la fábrica. Es necesario utilizar el símbolo de fusión continua si cabe esperar que al soldar por solo una cara deberá obtenerse una penetración de un 100%.

Para el recargado superficial no se emplean signos al lado de la flecha. El símbolo se coloca sobre la flecha, usualmente con un número que indica el espesor del depósito. Las soldaduras por proyección tampoco tienen ningún signo al lado de las flechas; pero, como en el recargue, los símbolos se colocan sobre la flecha.

En la figura 2.13 se muestran nueve ejemplos de aplicación, cuya explicación es la siguiente:

- a) Soldadura en ángulo a ambos lados de la unión;
- b) Soldaduras en ángulo de 6 cm de longitud. Van alternativamente al lado derecho y al lado izquierdo, y la distancia entre sus centros es de 12 cm.
- c) Soldadura en medio V por el lado más alejado de la unión. La preparación de los bordes será tal que la penetración del metal fundido deberá ser del 100%;
- d) Indica que deberá hacerse una soldadura de tapón de 2 cm de diámetro;
- e) Soldadura por puntos de 0.30 cm de diámetro y distanciadas 2 cm;
- f) Los bordes deberán estar separados $1/8$ de cm al ser efectuada la soldadura. La preparación de los mismos será en doble media V con 60° ;
- g) Efectúense las dos soldaduras en ángulo como están indicadas;
- h) Los bordes de las soldaduras deberán estar separados $3/16$ de cm al ser efectuada la soldadura. Uno de los bordes deberá estar preparado en doble media V;
- i) Los bordes del cordón superior deberán estar preparados en media V con una profundidad de $3/4$ de cm. Igualmente los del cordón inferior deberán estar preparados en media V con una profundidad de $1/2$ cm.

2.3.1 SIMBOLOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Existen cuatro tipos de ensayos no destructivos que son representados por símbolos muy usuales en los proyectos de soldadura. Estos son:

Ensayo de radiografía (con rayos X o rayos gamma)	ER
Ensayo magnético	EM
Ensayo de penetración	EP
Ensayo con ultrasonidos	EU

Según estos ensayos sean efectuados en el lado de la unión que señala la punta de la flecha o en el contrario, se colocarán estas abreviaturas por encima o por debajo del trazo de la flecha, al igual que los demás símbolos. Si es indiferente el lado en el cual se debe efectuar el ensayo, el símbolo se situará en el centro del trazo de la flecha. El símbolo "soldadura en toda la unión" significa aquí "ensayo realizado a lo largo de toda la longitud de la unión".

En la figura 2.14 se muestran unas utilizaciones típicas de los símbolos de ensayos no destructivos:

- a) Ensayos con ultrasonidos en el lado que señala la flecha. Ensayo magnético en el otro lado.
- b) Ensayo radiográfico de la soldadura.
- c) Radiografía de la soldadura en ángulo a todo lo largo del cordón (radiografía al 100%).
- d) Háganse cuatro radiografías de la soldadura en puntos elegidos al azar.

2.4 CLASIFICACIÓN DE LA SOLDADURA

2.4.1 La soldadura a tope

Puede ser abierta o cerrada, según sea el grosor de las láminas a soldar y el método de soldadura empleado. En una unión a tope cerrado, que se utiliza para soldar láminas de 3 mm de grosor como máximo, las dos piezas se unen a tope. Cuando el procedimiento de soldadura es manual y se sueldan las láminas de un grosor superior a 4 mm, se suele dejar una separación entre las dos láminas con el fin de facilitar la penetración del cordón de soldadura en la unión; se dice entonces que la unión es a tope abierto.

Algunos tipos de soldadura, como son el método de arco sumergido y la soldadura por haz de electrones, pueden emplearse para uniones a tope cerrado de las láminas de grosor mayor de 4cm. Ver figura 2.15

2.4.2 La soldadura en ángulo

Se efectúa en las esquinas de las uniones en T. Una buena soldadura en ángulo es de más difícil realización que una soldadura a tope, sobre todo cuando la soldadura es de arco manual. Generalmente, se debe procurar que el cordón de soldadura tenga pies iguales, que no se produzca mella alguna y que su superficie sea plana, sin concavidad ni convexidad.

En la soldadura manual con arco con corriente continua, el arco puede ser irregular e inestable cuando se suelda en ángulo a causa de las irregularidades del campo magnético en los alrededores del punto de soldadura causadas por la presencia de metal en ambos lados del cordón de soldadura. Ver figuras 2.15 y 2.16

Por ello, se procura soldar con un arco corto y que el electrodo ocupe la posición correspondiente a la bisectriz del ángulo formado por las dos láminas.

El **pie** de una soldadura en ángulo es la anchura del cordón medida sobre una de las láminas a soldar, y la **garganta** es la longitud de segmento bisectriz del ángulo formado por las dos láminas, comprendido en el interior de la soldadura. Sin embargo, cuando el cordón de soldadura es convexo en el momento de medirlo el aumento de garganta aparece. Por el contrario, en las soldaduras cóncavas se considera la disminución del valor de la garganta. Ver figura 2.17

2.4.3 La soldadura de tapón

Es un método de unir a tope dos láminas, haciendo un agujero en una de ellas y rellenándolo con soldadura. Ver figura 2.15

2.4.4 La soldadura a solape

Es una variante de la soldadura en ángulo. Se procura que el cordón de soldadura tenga su pie igual al grosor de las láminas. Una soldadura a solape doble indica que las láminas solapadas están soldadas a ambos extremos del solape. Ver figura 2.15

2.4.5 La soldadura al borde

Es un cordón de soldadura depositado sobre los bordes colocados a ras de dos láminas adosadas. Sólo se unen láminas finas con soldadura de borde. El electrodo no podrá ser más grueso que la suma de los grosores de las láminas. Es aconsejable efectuar la unión de dos láminas mediante una soldadura de borde cuando las láminas son tan finas que podrían deteriorarse al ser soldadas a tope o con solape. Ver figura 2.15

2.4.6 La soldadura por puntos

Es una soldadura de pequeña extensión que une dos o más láminas y es efectuada con un equipo de soldadura por puntos.

Hacer un recargue o recubrimiento es aumentar el grosor de una pieza mediante el depósito de material de aportación. Usualmente, se hace depositando cordones de soldadura uno sobre otro. El recargue puede hacerse para reparar una zona deteriorada de una pieza, para aumentar su resistencia al desgaste o a la corrosión, o bien para aumentar su dureza superficial.

Una gran muela trituradora puede necesitar unos 20 Kg diarios de material de aportación para reponer el desgaste de su superficie.

El recargue puede hacerse también por metalización; consiste en depositar una capa de metal mediante una pistola que arroja un chorro de diminutas gotas de metal fundido. Ver figura 2.15

Preparación de los bordes

Para la soldadura a tope de láminas gruesas de metal, es necesario preparar los bordes a fin de que pueda penetrar el material soldado al mismo centro de la sección. Estos contornos se hacen mediante mecanizado o con el soplete de corte oxiacetilénico. Cuando se elige un método adecuado de preparación de bordes éste deberá permitir obtener una penetración total y, al mismo tiempo, depositar la cantidad mínima de soldadura al hacer la unión. Es simplemente un problema de economía. De este modo para láminas muy gruesas, una preparación en V deja una hendidura muy amplia para ser rellenada con material de aportación. En estos casos puede preferirse la soldadura en J, aunque resulta más costosa. Ver figura 2.18

Posiciones de soldo

El soldeo puede ser realizado en las cuatro posiciones que muestra la figura : plano, en cornisa, vertical y de techo. La soldadura plana es la más fácil y barata y, por tanto, la posición preferida; las otras posiciones de soldado se usan cuando lo hacen necesario las circunstancias, como, por ejemplo, en la soldadura de tuberías. Aunque muchos procedimientos de soldadura sólo se pueden efectuar en posición horizontal, tales como la soldadura con arco sumergido, la soldadura manual con soplete puede ser realizada en las cuatro posiciones. Igualmente, los electrodos utilizados en la soldadura manual pueden emplearse indistintamente en las cuatro posiciones. Los electrodos utilizados para soldadura vertical y de techo deben ser necesariamente de solidificación rápida para que el metal depositado permanezca en la ranura donde se deposita el cordón.

Una vez que el metal soldado ha sido depositado en una posición que no sea plana, la fuerza de gravedad tiende a hacer que el metal fundido salga del cordón. El efecto de la gravedad solamente puede ser contrarrestado por la tensión superficial y la viscosidad del metal fundido, y contando con que el metal solidifique rápidamente. Por ello, se debe procurar que la corriente del arco no sea excesiva y que el material de aportación no sobrepase mucho la temperatura de fusión. Para este fin, se suelen utilizar arcos cortos, con objeto de que el calor quede reducido a una zona tan pequeña como sea posible.

La soldadura vertical puede ser ascendente y descendente. El vertical descendente sólo se usa para soldaduras en las que el cordón de soldadura es muy pequeño, tales como en las soldaduras de láminas finas, jamás se pueden depositar por este procedimiento cordones gruesos de soldadura. Hay que tener cuidado de que la escoria formada no quede inerustada en el cordón de soldadura, cosa fácil de suceder cuando se suelda en vertical descendente. Cuando se suelda en la forma vertical ascendente se puede depositar un cordón mucho más grueso debido a que el material de aportación, una vez que va solidificando, sirve de contención al metal fundido hasta que solidifica. La escoria formada tiende entonces a situarse por el borde y por la superficie del cordón de soldadura, gracias a lo cual puede ser eliminada. Ver figura 2.19 y 2.20

2.5 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.

DESCRIPCION DE CADA UNO DE ELLOS

La soldadura de metales es la unión de materiales base metálicos o el recubrimiento de un material base mediante calor o presión o ambos a la vez, con o sin material de aportación. La unión de los materiales base tiene lugar preferentemente en estado plástico o fluido de la zona soldada. En el caso de materiales base homogéneos las propiedades de la soldadura son semejantes a la de los materiales base.

El proceso de soldadura se distingue entre la soldadura a presión y la soldadura por fusión.

2.5.1 Soldadura a presión

Aquella que tiene lugar bajo presión. Un calentamiento limitado localmente (en circunstancias hasta la fusión) hace posible o facilita el proceso de soldadura.

2.5.2 Soldadura a presión en frío

Es aquella que tiene lugar sin aportar calor, y en general no se emplea material de aportación.

2.5.3 Soldadura ultrasónica

Las piezas comprimidas entre sí se sueldan preferentemente sin aportación de material mediante oscilaciones mecánicas en el campo ultrasónico.

2.5.4 Soldadura por frotamiento

Las superficies a unir se calientan suficientemente por frotamiento y se sueldan preferentemente bajo presión y sin material de aportación.

Soldadura al fuego

La zona a soldar se calienta suficientemente a fuego abierto, en un horno o a la llama y se suelda mediante martillos, cilindros o prensas.

2.5.5 Soldadura a presión por fusión

El sitio a soldar moldeado se calienta suficientemente llenándolo con un aportador de calor fundido por separado y se suelda bajo presión.

2.5.6 Soldadura a presión autógena

Después de un calentamiento suficiente, las piezas se sueldan bajo presión con o sin separación entre las superficies frontales mediante llama de oxígeno y gas combustible.

2.5.7 Soldadura por resistencia

El calor se genera por medio de la resistencia eléctrica a una corriente de alto amperaje y bajo voltaje, que pasa a través de una pequeña área de contacto entre las partes a conectar. El calor desarrollado en este proceso ocasiona un estado plástico en el metal y se efectúa la soldadura aplicando presión y uniéndolas localmente de este modo ambas piezas.

A) Soldaduras por puntos

Corriente y energía se transmiten mediante electrodos. Las superficies de las piezas comprimidas entre sí se sueldan después de un calentamiento suficiente por puntos y bajo presión.

B) Soldadura en relieve

Corriente y energía son transmitidas mediante electrodos. Las piezas comprimidas entre sí están en contacto en relieves o cantos.

Varios relieves pueden soldarse a presión a la vez después de un calentamiento suficiente. Los relieves se nivelan total o parcialmente.

C) Soldadura por costura de rodillos

La corriente y energía se transmiten mediante electrodos de rodillos. Las superficies de las piezas comprimidas entre sí, se sueldan a presión, después de un calentamiento suficiente mediante puntos de soldadura seguidos y cruzándose, los cuales forman una costura.

D) Soldadura a tope por resistencia

La corriente y energía son transmitidas por mordazas de sujeción. Las piezas bajo el flujo de la corriente y contacto suave se calientan, luego sale proyectado material fundido (escarpado). Después de un calentamiento suficiente, las piezas se sueldan mediante un recalcado por choques (soldadura a tope por resistencia sin calentamiento previo).

E) Soldadura a tope por presión

Corriente y energía se transmiten mediante mordazas de sujeción. Las superficies frontales de las piezas se sueldan después de un calentamiento suficiente a presión.

2.5.8 Soldadura a presión con arco eléctrico

El calor proviene de un arco eléctrico que pasa brevemente entre las superficies a tope de las piezas y las funde. Las piezas se sueldan a presión.

2.5.9 Otros procedimientos de soldadura a presión

Soldadura por difusión

La zona a soldar se calienta y se comprime a poca presión sin deformación, ya en vacío ya en atmósfera protectora, hasta que las piezas se han unido por difusión.

2.5.10 Soldadura por fusión

Es aquella que se realiza mediante fusión limitada localmente.

Según el tipo de calentamiento de protección de la zona a soldar y de aportación del material de adición, se distinguen en la soldadura por fusión los siguientes procedimientos:

2.5.11 Soldadura de fusión por fusión

El calor necesario para la soldadura se aporta mediante material de adición fluido introducido en la junta moldeada entre las piezas en frío o precalentadas, de tal manera que las piezas se funden.

El material de aportación puede fundirse mediante una reacción aluminotérmica.

2.5.12 Soldadura autógena (oxiacetilénica)

La fusión se origina debido a la actuación inmediata y localizada de una llama de oxígeno y gas combustible, el calor y el material de adición se aportan en general por separado.

2.5.13 Soldadura por fusión por resistencia

Es el calor necesario para fundir las superficies a tope de las piezas o para fluidificar el material de adición y se origina mediante corriente eléctrica y resistencia óhmica en la zona a soldar (calor de Joule).

Soldadura eléctrica por escoria

El calor se origina en la zona a soldar entre las piezas moldeadas mediante el calentamiento por resistencia de una escoria fluidificada y por ello conductora de la electricidad. El material de aportación que suministra la corriente se funde continuamente en la escoria fluida.

2.5.14 Soldadura por arco eléctrico

La barra metálica que se usa, denominada electrodo, se funde dentro de la junta a medida que la misma se realiza. En la soldadura por arco, se forma un arco eléctrico entre las piezas que se sueldan y el electrodo sostenido por el operador con algún tipo de maneral o por una máquina automática. El arco es una chispa continua, que parte del electrodo a las piezas que se sueldan, provocando la fusión. La resistencia al aire o gas entre el electrodo y las piezas que se sueldan, cambia la energía eléctrica en calor.

Se produce en el arco una temperatura que fluctúa entre los $3,200^{\circ}$ y $5,500^{\circ}$ C. A medida que el extremo del electrodo se funde, se forman pequeñas gotitas de metal fundido y que son forzadas por el arco hacia las piezas por unir, penetrando en el metal fundido para formar la soldadura.

El acero fundido en estado líquido puede contener una cantidad muy grande de gases en solución, y si no hay protección contra el aire circundante, aquél puede combinarse químicamente con el oxígeno y el nitrógeno.

Después de enfriarse, las soldaduras quedarán relativamente porosas debido a pequeñas bolsas formadas por los gases. Esas soldaduras son quebradizas y tienen mucha menor resistencia a la corrosión. Una soldadura debe protegerse utilizando un electrodo recubierto con ciertos compuestos minerales. El arco eléctrico hace que el recubrimiento se funda creando un gas inerte o vapor alrededor del área que se suelda. El vapor actúa como un protector alrededor del metal fundido y lo protege de quedar en contacto directo con el aire circundante. También deposita escoria en el metal fundido, que tiene menor densidad que el metal base y va a la superficie protegiendo a la soldadura del aire mientras se enfría. Después del enfriamiento, la escoria puede removerse fácilmente con una piqueta, o con un cepillo de alambre (esa remoción es indispensable antes de la pintura o de la aplicación de otra capa de soldadura). En la figura 2.21 se muestran los elementos del proceso de soldadura por arco protegido.

A) Soldadura por arco eléctrico con electrodo de carbón

El arco eléctrico salta visiblemente entre un electrodo de carbón y el material o entre dos electrodos de carbón. En caso de que sea necesario material de adición, se aporta sin corriente.

B) Soldadura por arco eléctrico con electrodo metálico

El arco eléctrico salta visiblemente entre un electrodo que se funde, que es al mismo tiempo material de aportación. Se protegen de la atmósfera mediante materiales que son formados por el electrodo.

C) Soldadura en atmósfera protectora con electrodo de wolframio

El arco eléctrico salta visiblemente entre un electrodo de Wolframio y el material o entre dos electrodos de wolframio que no se funden.

En caso de que sea necesario material de adición, se aporta éste sin corriente.

D) Soldadura en atmósfera protectora con electrodo metálico

El arco eléctrico salta visiblemente entre el electrodo de banda o alambre desnudo, que se funde, y el material. Como gases protectores se emplean gases nobles, que son Argón, Helium (soldadura en atmósfera inerte con electrodo metálico).

E) Soldadura con electrodo bajo carril

El arco eléctrico salta visiblemente entre un electrodo de barra recubierto que se funde, intercalado en la junta o en la garganta, y el material se cubre mediante un carril.

F) Soldadura con electrodo recubierto de polvo

Uno o más arcos eléctricos saltan entre uno o más electrodos de alambre desnudos que se funden, y el material se cubre mediante una capa de polvo. La escoria formada por el polvo protege el baño de fusión frente a la atmósfera.

2.5.15 Soldadura por radiación de electrones

El calor comienza mediante el choque en la pieza de electrones de un haz formado a alto vacío.

T E M A I I I

CONTROL DE CALIDAD DE LAS SOLDADURAS

3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS EN SOLDADURA

Los defectos en soldaduras son los siguientes:

- **Fracturas.**
- **Porosidades y cavitaciones.**
- **Inclusión de sólidos.**
- **Fusión incompleta o falta de penetración.**
- **Defectos de contorno, socavados, traslape, concavidades y cordones irregulares.**
- **Defectos diversos o misceláneos.**

Los defectos en soldaduras son entonces (Ver figura 3.1):

Primero Aquellos que por su mínima naturaleza quedan dentro de los límites de tolerancia que especifican los códigos de soldadura, y que se aceptan como defectos mínimos tolerables.

Segundo Los que por el tamaño o importancia del defecto sobrepasan los límites de tolerancia y que, por lo tanto, son rechazados y calificados como soldadura defectuosa.

La clasificación es la siguiente:

3.1.1 Fracturas

Esta serie incluye fracturas de todo tipo, ya sean longitudinales, transversales, etc.

La fractura es una separación de un tamaño indeterminado o una discontinuidad en la estructura homogénea del metal de la soldadura o del metal base soldado, y se considera como el más importante de los defectos de la soldadura.

Las fracturas no se dan únicamente en la soldadura, también se encuentran en fundiciones y vaciados de diversos metales ferrosos y no ferrosos.

Son varias las causas que originan una fractura, y pueden ser por una técnica deficiente de soldadura, exceso de temperatura, enfriamiento brusco, fricción, etc.

Siempre que se detecte una fractura es necesario tomar una acción correctiva, ya que cualquier tipo de fractura es considerado peligroso dado que da lugar a accidentes y a la destrucción de la pieza o de la parte fracturada.

Las fracturas se subdividen en:

a.- Fracturas de superficie

Dentro de este tipo encontramos aquellas con longitud y profundidad muy pequeñas conocidas como fisuras o microfisuras cuando son aún más pequeñas. Asimismo encontramos las longitudinales y transversales.

Las fracturas de superficie pueden determinarse por inspección visual, por líquidos penetrantes o polvos electromagnéticos.

b.- Fracturas internas

Las fracturas se presentan al terminar el proceso de soldadura, también durante el periodo de enfriamiento y algún tiempo después de haber terminado la pieza y de que se haya enfriado.

Esto se debe a los esfuerzos de tensión interna y para eliminar éstos se da un tratamiento térmico que da por resultado la homogeneización de la estructura cristalina, acomodando los elementos que la componen y evitando que la soldadura se fracture cuando se someta a los esfuerzos que requiera el trabajo mecánico.

3.1.2 Porosidades y cavitaciones

La porosidad es un defecto que se origina por el gas atrapado en la masa metálica de la soldadura, cuando se encuentra en estado de fusión o semifusión y puede localizarse en las fundiciones de metales ferrosos y no ferrosos. La porosidad se presenta como pequeñas cavidades o huecos esféricos en la masa metálica, y cuando su tamaño es muy grande se le conoce como sopladura en la fundición.

Las porosidades no son tan críticas debido a que por sus formas esféricas o semiesféricas, no tienden a prolongarse como sucede con las fracturas.

Los defectos de porosidades también se dividen en superficiales e internos, y se detectan de la misma forma que las fracturas.

Los poros pueden ser esféricos, semiesféricos o tubulares. (Los poros tubulares también se conocen como poros túnel o de aguja y se localizan en el centro del cordón de soldadura). Son de tamaños variados que van desde grandes dimensiones hasta tamaños mínimos y guardan relación con la pieza metálica de que se trata.

Las cavidades son otro tipo de porosidades formadas por la contracción de los metales al momento del enfriamiento y al proceso de solidificación.

Los huecos, cavidades y porosidades que comúnmente se encuentran en el proceso de la soldadura son causados en gran parte por los gases producidos en el arco eléctrico de la soldadura, y/o los que se presentan por la combustión de materias orgánicas (como son suciedad, grasas, restos de pintura, óxidos, etc). También el alto contenido de azufre en el metal base y la humedad en el ambiente provocando vapor de agua en el arco eléctrico; electrodos con el fundente sucio ocasionando que los gases no sean efectivos en su acción de proteger al metal de aporte entremezclándose y quedando atrapados en el cordón de la soldadura.

3.1.3 Inclusión de sólidos

Este defecto se conoce también como inclusión de escoria, y se origina cuando los metales o materia sólida quedan atrapados en el cordón de la soldadura, entendiéndose como materia sólida la escoria que se forma en el fundente de los electrodos con el calor del arco eléctrico y se solidifican.

Estas inclusiones pueden ser intermitentes, continuas o muy aisladas y su grado de tolerancia es semejante al defecto de porosidad.

Este defecto se produce por el empleo de una técnica deficiente tanto en la altura del electrodo como en su velocidad de avance; al aplicarse el sistema de soldadura de arco eléctrico protegido con gas de argón, el metal base puede tocar el electrodo de tungsteno dejando incrustados pequeños pedazos de metal de tungsteno. También puede presentarse el atrapamiento de parte del fundente empleado en el sistema de arco sumergido así como la inclusión de óxidos de aluminio debido a la rápida acción química del aluminio quedando fácilmente atrapado si no se tiene cuidado en el proceso de preparación y limpieza.

La inspección radiográfica es el proceso apropiado para detectar las inclusiones metálicas y de materias extrañas.

3.1.4 Fusión incompleta o falta de penetración

Esta serie cubre los defectos por falta de penetración y de fusión incompleta. Dichos defectos pueden presentarse por separado o bien, puede darse por una combinación de ambos.

Se acostumbra referirse a la falta de penetración en relación con el cordón de la raíz de la soldadura, presentándose este defecto cuando la soldadura no penetra lo suficiente a través del bisel de la preparación hasta atravesar el hombro de éste y formar el cordón de raíz en el extremo inferior. En este caso, se dice que existe una penetración escasa o que falta penetración para formar el cordón de raíz.

La falta de penetración puede ser: de unión
de raíz

La penetración de unión se refiere a que se debe penetrar a través de la unión de dos o más partes soldadas con base en el espesor de éstas y cuya preparación debe efectuarse de acuerdo con los esfuerzos mecánicos que la unión soldada debe soportar, y que son: tensión, torsión.

Cuando se presentan los defectos, la resistencia y el trabajo mecánico de la soldadura se reducen peligrosamente. Debido al grado de riesgo, las soldaduras se someten a pruebas de control de calidad con el fin de asegurarnos de que son sólidas y sanas, y que están dentro de las normas internacionales de calidad.

Las causas de estos defectos son:

- * Superficies sucias, con escamas de óxido, grasa, restos de pintura, etc.
- * Preparación deficiente (ausencia del hombro del bisel).
- * Separación o unión de bisel excesiva.
- * Angulo inadecuado del bisel.

3.1.5 Defectos de contomo, traslape, concavidades, cordones irregulares, socavado

El socavado es uno de los defectos más serios en soldadura, y puede presentarse tanto en la orilla de la corona del cordón de soldadura como en la orilla del cordón de raíz (es decir, en la parte inferior del cordón).

El socavado crea problemas que afectan la resistencia de la soldadura que consiste en la disminución de la resistencia a la tensión con un rápido desarrollo de la fatiga y rotura por las contracciones que originan el trabajo de la pieza soldada así como una alta respuesta en la flexión. Debido a todo esto es un defecto grave y que puede darse debido a:

- a. Una corriente excesiva al soldar

- b. Manipulación incorrecta del electrodo (ya sea en la altura del arco o en el ángulo, o en la velocidad de avance)

3.1.6 Defectos misceláneos o diversos en soldadura

Uno de los defectos es el denominado **quemada por intensidad de arco**, que dependiendo del lugar donde se localice y de sus características físicas, puede ser condenable o sólo objetable.

Las quemadas crean problemas en aquellas piezas que van a ser endurecidas mediante tratamiento térmico.

Son inaceptables en aquellos lugares cercanos al lugar de la soldadura o cordón de la soldadura, sobre todo en las tuberías ya que debilitan las paredes de éstas.

Otros defectos que se ubican en esta serie son:

- a. Chisporroteo excesivo.
- b. Colillas o pedazos de alambre que quedan al usar el sistema de soldadura semiautomática.
- c. Cordones irregulares.
- d. Apariencia pobre o globulada de la corona de la soldadura.
- e. Falta de limpieza en la orilla del cordón de soldadura donde se dejan partículas de la escoria.

3.2 RESPONSABLES DE LOS DEFECTOS DE SOLDADURA

En el proceso de soldadura existen responsables de alcanzar el objetivo de cubrir la calidad de su trabajo, y que deben asumir ésta en el momento de que se presenten errores. Los responsables en un trabajo de soldadura son entonces:

- a. El soldador Por emplear una técnica de soldadura equivocada o por carecer de destreza.
- b. El diseñador Al tener fallas en el diseño o dibujo de la pieza.
- c. El taller Ya sean fallas de mantenimiento o en la preparación de la pieza por soldar.
- d. El almacén Al no tener el material en condiciones óptimas para la soldadura.
- e. El comprador Por desconocer el material que se necesita para la soldadura (varillas, fundentes, electrodos).
- f. El fabricante Al igual que el comprador por desconocimiento.

Por lo indicado anteriormente, se comprende que el análisis que el inspector realice, debe ser completo y exacto, con la capacidad de corregir al responsable de alguna falla sin afectar su dignidad humana.

En las tarjetas de inspección de la soldadura, debe marcarse la responsabilidad con un informe conciso y preciso al reverso de éstas.

En estas tarjetas, cuando sea necesario, deben especificarse las acciones correctivas para algún defecto, con el fin de que posteriormente sea inspeccionado y aceptado por el inspector. Cuando esto se realice, se deben especificar las causas que originaron la falla de soldadura para no caer en la recurrencia del defecto.

3.3 METODOS DE INSPECCIÓN

INSPECCION EN LAS SOLDADURAS

Para asegurarse de una buena soldadura en un trabajo determinado, deben seguirse tres pasos:

- 1.- Establecer buenos procedimientos de soldadura
- 2.- Usar soldadores calificados
- 3.- Emplear inspectores competentes en el taller y en la obra.

Cuando se siguen los procedimientos establecidos por la AWS y la AISC para buenas soldaduras y cuando se usan los servicios de buenos soldadores, que previamente hayan mostrado su habilidad, con seguridad se obtendrán buenos resultados, sin embargo la seguridad absoluta sólo se obtendrá cuando se utilicen inspectores capaces y también calificados.

Para lograr una buena soldadura existen una serie de factores entre los que puede mencionarse la selección apropiada de electrodos, corriente y voltaje; propiedades del metal base y de aportación; posición de la soldadura. La práctica usual en los trabajos grandes, es emplear soldadores que tienen certificados que muestran sus capacidades. Además, no es mala práctica que cada soldador ponga una marca de identificación en cada una de sus soldaduras, de modo que las personas que frecuentemente realizan un mal trabajo puedan identificarse. Esta práctica probablemente mejore la calidad general del trabajo realizado.

Los métodos de inspección a seguir son los siguientes:

a) Inspección visual

Otro factor que ayudará a los soldadores a realizar un mejor trabajo, es justamente la presencia de un inspector, que ellos consideren sabrá apreciar un buen trabajo cuando lo vea. Para hacer de una persona un buen inspector, es conveniente que él mismo realice la soldadura y que haya dedicado bastante tiempo a observar el trabajo de buenos soldadores. De esta experiencia, la persona inspectora será capaz de saber si un soldador está logrando la fusión y penetración satisfactorias. Debe ser capaz de reconocer buenas soldaduras en su forma, dimensiones y apariencia general. Por ejemplo, el metal en una buena soldadura se aproximará a su color original después de enfriarse. Si ha sido recalentado, tendrá un tono mohoso o apariencia rojiza. Puede utilizar diversas escalas y escantillones para verificar las dimensiones y formas de las soldaduras.

La inspección visual de una persona capaz, dará una buena indicación de la calidad de las soldaduras. Estos métodos incluyen: tinturas penetrantes y partículas magnéticas, ensayos con ultrasonidos y procedimientos radiográficos, los cuales permiten descubrir defectos internos tales como porosidades, faltas de fusión o presencia de escorias.

b) Líquidos penetrantes

Diversos tipos de tinturas (de baja tensión superficial) pueden extenderse sobre las superficies de soldadura, estos líquidos penetrarán en cualquier defecto como grietas que se encuentren en la superficie y sean poco visibles; después de que la tintura ha penetrado en las grietas, se limpia el exceso de la misma y se aplica un polvo absorbente (u otro líquido que al secar deje una película absorbente) el cual extraerá a la tintura a la superficie y revelará la existencia de la grieta delineándola en forma visible al ojo humano. Una variante de éste método consiste en usar un líquido fluorescente, que una vez absorbido se hace brillantemente visible bajo el examen con luz negra.

c) Partículas magnéticas

Por este proceso, la soldadura por inspeccionar se magnetiza eléctricamente, los bordes de las grietas superficiales o cercanas a las superficies se vuelven polos magnéticos (norte y sur a cada lado de la grieta) y se riega polvo seco de hierro o un líquido con polvo en suspensión, el fantasma magnético es tal que la grieta queda detectada en localización, forma y aún tamaño. La desventaja del método, es que en caso de una soldadura realizada con cordones múltiples, el método debe aplicarse para cada cordón.

d) Prueba ultrasónica

En los años más recientes, la industria del acero ha aplicado los ultrasonidos a la manufactura del acero, si bien el equipo es costoso, el método es bastante útil también en la inspección de soldadura. Las ondas iónicas se envían a través del material que va a probarse y se reflejan en el lado opuesto del mismo, la onda reflejada se detecta en un tubo de rayos catódicos, los defectos en la soldadura afectan el tiempo de transmisión del sonido y el operador puede leer en el cuadro del tubo, localizar las fallas y conocer qué tan importantes son.

e) Procedimientos radiográficos

Los métodos radiográficos, más costosos, pueden utilizarse para verificar soldaduras ocasionales en estructuras importantes. De estas pruebas es posible realizar una buena estimación del porcentaje de soldaduras malas en una estructura. El uso de máquinas de rayos-X portátiles, donde el acceso no es un problema, y el uso de radio o cobalto radiactivo para tomar fotografías, son métodos de prueba excelentes pero costosos.

Son satisfactorios en soldaduras a tope por ejemplo; soldadura de tuberías importantes de acero inoxidable en los proyectos de energía atómica, pero no son satisfactorios para soldadura de filete, ya que las fotografías son difíciles de interpretar.

Una desventaja adicional de estos métodos es el peligro de la radiactividad. Deben utilizarse procedimientos cuidadosos para proteger tanto a los técnicos como a los trabajadores cercanos. En el trabajo de las construcciones normales, este peligro posiblemente requiera la inspección nocturna cuando sólo unos pocos trabajadores se encuentran cerca del área de inspección. (Normalmente se requerirá un trabajo muy grande antes de que el uso extremadamente costoso del radio o las pilas de cobalto pueda justificarse.)

3.4 ENSAYES DESTRUCTIVOS

Los ensayos destructivos da una medida absoluta de la resistencia de la muestra probada. Suponiendo que sean uniformes los materiales y el método de fabricación, es razonable inferir que la muestra sea representativa de todas las unidades. La prueba periódica de probetas tiende a dar validez a esta inferencia, siempre que los resultados sean similares. Generalmente se aplica la fuerza destructiva en una forma que simula las condiciones de servicio.

Cualquier procedimiento de prueba que se base en un muestreo puede permitir que pasen la prueba piezas de trabajo defectuosas. Debe ponderarse la penalización que resulte de ello. Cuando la seguridad es una consideración importante, las técnicas destructivas hechas con muestras no dan la seguridad de calidad que se necesita. Por otra parte, cuando la seguridad no es un factor, y el costo unitario del producto es bajo, las pruebas destructivas con muestras pueden ser más económicas e informativas que las pruebas no destructivas.

3.5 ENSAYES NO DESTRUCTIVOS

Son aquellas que no dañan el trabajo de soldadura ni las partes soldadas, y sí en cambio, proporcionan una información veraz y confiable sobre la calidad del trabajo de soldadura efectuada. Las pruebas no destructivas se clasifican para calificar la calidad de la soldadura y sus defectos en:

A. PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE EMISIÓN ACÚSTICA

Detecta:

- **Iniciación de fractura o fisura y su amplitud y desarrollo.**
- **Fisuras producidas en el interior del cordón de soldadura durante el enfriamiento.**
- **Puntos de desgaste por fricción.**
- **Deformación plástica.**

Aplicaciones:

- **Estructuras de alta resistencia.**
- **Partes soldadas.**
- **Reparación con soldadura.**

Ventajas:

- **Continua supervisión a control remoto.**
- **Registro permanente.**
- **Detección dinámica y estática de fisuras o fracturas.**
- **Equipo portátil.**

Desventajas:

- **Los transductores deben ser colocados sobre una superficie pulida.**
- **En materiales altamente dúctiles, las emisiones que produce son de baja amplitud.**
- **La parte probada debe estar operando y sujeta a tensión.**

B. PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE IMPACTO ACÚSTICO (TAPPING).

Detecta:

- **Fracturas en remaches o tuercas.**
- **Remaches o sujetadores sueltos.**

Aplicaciones:

- **Estructuras estañadas o adheridas.**
- **Ensamblajes remachados o engargolados.**
- **Estructuras compuestas.**

Ventajas:

- **Equipo portátil.**
- **De fácil operación.**
- **Puede automatizarse.**
- **Tiene registro permanente.**
- **No requiere acoplamiento a la pieza inspeccionada.**

Desventajas:

- **El impactor y el probador deben ser repuestos para localizar la parte geométrica, en cada una de las pruebas.**
- **Se requieren normas de referencia.**

C. PRUEBA NO DESTRUCTIVA CON PARTÍCULA ELECTRIZADA.

Detecta:

- * Defectos superficiales en materiales no conductores.
- * Porosidad en el metal usado como respaldo.
- * Fracturas o fisuras cíclicas por los esfuerzos internos de tensión o compresión.
- * Revestimientos fragilizados por fracturas debidas al esfuerzo de tensión.

Aplicación:

- * Vidrio o cristal.
- * Esmaltes de porcelana.
- * Materiales no homogéneos, como plástico o asfalto en revestimientos.
- * Sellos de material vidriado o de óxidos metálicos.
- * Cerámicas.
- * Materiales porosos (carbón metalizado con alambre-concreto).
- * Aisladores de alta tensión.

Ventajas:

- * Equipo portátil.
- * Útil en materiales que no son prácticos para inspección con penetrantes.
- * Partículas distinguibles por ser coloreadas o fluorescentes.
- * Fácil y rápida aplicación.

Desventajas:

- * Pobre resultado en revestimientos delgados.
- * Indicaciones falsas en películas de producto ondulado o mal adherido.
- * Polvos penetrantes en un medio de suspensión se tornan en una condición crítica.
- * La concentración de partículas debe controlarse.
- * Causa irritaciones en la piel.

D.- PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE CAMPO MAGNÉTICO

Detecta:

- * Fracturas y fisuras.
- * Grueso de paredes.
- * Dureza.
- * Revestimientos no magnéticos.
- * Espesor de acero.

Aplicaciones:

- * Metales ferromagnéticos.
- * Control de nivel de líquidos.
- * Espesor de paredes de materiales metálicos.

Ventajas:

- * Medición de características de metales magnéticos.
- * Factible de automatizarse.
- * Facilidad de detectar inclusiones o partes magnéticas en materiales no magnéticos.
- * Equipo fácil de transportar.

Desventajas:

- * Permeabilidad.
- * Se requiere norma de referencia.
- * Efecto de orilla.
- * Es necesario efectuar una prueba para comprobar que se ha levantado el campo magnético.

E.- PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE PENETRANTES (TINTURA O FLUORESCENTE).

Detecta:

- * Defectos que llegan a la superficie de las partes metálicas, cavidades, porosidades, fracturas, fisuras, traslapes, etc.
- * Humedad a través de las paredes.

Aplicación:

- * Partes soldadas.
- * Partes selladas.
- * Materiales diversos.
- * En materiales porosos, enmascarando la superficie (poros) puede usarse para detectar defectos.

Ventajas:

- * Bajo costo.
- * Equipo portátil.
- * Los defectos pueden apreciarse a simple vista.

Desventajas:

- * La superficie debe estar perfectamente limpia.
- * Debe darse una limpieza antes y después de la prueba.
- * Los defectos deben salir a la superficie.
- * No detecta defectos internos.

F.- PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE ULTRASONIDO.

Detecta:

- * Defectos internos.
- * Fracturas.
- * Falta de fusión.
- * Traslapes.
- * Fisuras.
- * Porosidades.
- * Huecos.
- * Deslaminación.
- * Falta de adherencia.
- * Textura.
- * Espesor.
- * Módulo de elasticidad.

Aplicación:

- * Metales forjados.
- * Soldadura.
- * Uniones estañadas.
- * Materiales no metálicos.

Ventajas:

- * Sumamente sensitivo a las fracturas.
- * Conocimiento inmediato de los resultados de la prueba.
- * Registro permanente.
- * Factible de automatizar.
- * Equipo portátil.
- * Alta penetración.

Desventajas:

- * Se requiere acoplamiento directo.
- * Preparación de la superficie.
- * Uso de crema química para el transductor y la parte medida.
- * Son necesarias normas de referencia.
- * Alto entrenamiento de los operadores.
- * Inspección manual del equipo.

TEMA IV

CONEXIONES SOLDADAS TÍPICAS EN EDIFICACIONES

El diseñador debe darse cuenta de que con el proceso de soldadura es posible originar una estructura básicamente de una sola pieza. Con las conexiones soldadas puede obtenerse una continuidad completa y debe considerarse este hecho en la determinación de las fuerzas internas que actúan sobre los miembros y sus conexiones. Aunque es posible lograr una acción de viga simple mediante conexiones soldadas, la mayor ventaja de la soldadura se obtiene cuando se diseña de manera intencional, desde el principio, para introducir una continuidad completa en la estructura.

4.1. Descripción de las Conexiones Soldadas

4.1.1. Ángulos de montaje en el alma

Éstos ángulos se usan en la construcción de edificios para efectuar el montaje de viga a columna y de viga a trabe (ver fig. 4.1); se sueldan al alma de la viga en el taller y después, en el campo, a la columna o a la trabe, al completarse el montaje. Usualmente se diseña la conexión para transmitir cortante y reducir al mínimo la resistencia a la rotación. Ver figura 4.2

4.1.2. Asientos para vigas

El montaje para vigas (fig. 4.3) mediante asientos son adecuados para reacciones moderadas en los extremos. El asiento se suelda usualmente a la columna en el taller, y la viga se suelda al asiento en el campo. El ángulo superior se usa para soporte lateral de la viga y también se suelda en el campo, por lo común este último no se diseña para soportar ningún cortante.

El asiento (fig.4.4) se debe diseñar para suministrar una longitud adecuada de apoyo para la viga, para resistir con seguridad la flexión en el talón del ángulo y para proporcionar una soldadura que resista con seguridad adecuada el cortante directo y el momento producido por la reacción.

4.1.3 Asientos rigidizados

Para reacciones de magnitudes grandes, del orden de más de 18 toneladas métricas, resultan demasiados gruesos y es más económico usar un asiento rigidizado. Esto se hace por lo general con una sección "T" o con media viga, aunque a veces pueden utilizarse dos placas soldadas; en la fig 4.5 se muestra una conexión típica de una viga al alma de una columna.

Cuando se usa un asiento rigidizado, la reacción se concentra cerca de la zona del asiento que queda más alejada del soporte, debido a la tendencia de la viga a girar. Por este motivo, el momento que actúa sobre las soldaduras que conectan el asiento rigidizado al soporte es mayor que en el caso de los asientos ordinarios.

El asiento rigidizado debe diseñarse para suministrar una longitud adecuada de soporte para la viga, para evitar la distorsión o pandeo del atiesador y para resistir adecuadamente el cortante directo y los momentos flexionantes que actúan sobre la soldadura que conecta el asiento al soporte. Ver figura 4.6

4.1.4 Conexiones de ángulos

Frecuentemente se usan ángulos para formar los miembros a tensión o a compresión en armaduras ligeras o medianas.

En la fig. 4.7 se muestran las conexiones soldadas de un ángulo cargado axialmente a una placa de conexión, o bien a otro miembro.

4.2 Daños Observados en Terremotos

Fallas en Edificaciones durante el Terremoto de Northridge

El 17 de Enero de 1994 a las 4:31 a.m. en la localidad de Northridge, California un terremoto destrozó conexiones de acero en muchas edificaciones, el tipo de falla más importante que ocurrió fue en el ángulo de soldado de las conexiones. En la mayor parte de los casos observados, las fallas han ocurrido en los patines inferiores de las conexiones viga-columna y en una minoría en patines superiores.

Para este tipo de comportamiento se pueden dar dos posibles explicaciones::

- a) La losa de piso tiende a deformar a la viga y ésta aumenta el esfuerzo en el patín inferior.

- b) La discontinuidad en la soldadura del alma del patín inferior de la viga tiene una soldadura imperfecta. Además, es difícil inspeccionar la soldadura en el patín superior debido a la presencia de la losa, la que dificulta la inspección de algunas fracturas soldadas.

En las siguientes figuras se presentan algunas fallas observadas en las conexiones después del terremoto mencionado (Bertero et al, 1994).

La figura 4.8 muestra el tipo más común de falla en la cual la soldadura se separa claramente del patín de la columna.

La figura 4.9 muestra una fractura parcial en el cual las grietas no se extienden en toda la zona de contacto de la soldadura-columna en el patín inferior; sin embargo, estas grietas no pueden ser detectadas visualmente.

La figura 4.10 muestra que la fractura fue iniciada en la intersección de la placa de montaje de la columna, la cual se extiende dentro del patín de ésta lo que puede provocar un desgarramiento de la mencionada zona.

La figura 4.11 muestra que la grieta anteriormente mencionada se extiende sólo parcialmente dentro del patín de la columna.

La figura 4.12 muestra que la grieta se inicia en el extremo de la soldadura y se extiende en la zona afectada dentro del patín de la viga.

Este tipo de falla ha sido observada en pocas estructuras, pero frecuentemente ha sido vista en estudios experimentales.

Los medios noticiosos opinaron que las fallas son "inesperadas" o que las fallas fueron vistas "por primera vez" pero todos estos tipos de falla se observaron en experimentos realizados en laboratorio (Bertero et al, 1994).

En las siguientes figuras se observan otros tipos de falla que ocurrieron inicialmente en la sección de la columna.

La figura 4.13 presenta un desgarramiento laminar en la placa superficial en el patín de la columna soldada.

La figura 4.14 muestra fractura en el patín de la columna, el cual en algunos casos se extiende dentro del alma de la columna.

La figura 4.15 ilustra el caso más importante, porque solo existe un caso de desgarramiento que se conoce hasta la fecha.

La fractura de los patines de la columna se relaciona a la condición de deformación unitaria en el patín de la conexión, en la cual influye el tamaño de las secciones, el tipo de acero, el proceso de soldadura, los detalles de conexión (uso de placa continua) y las fuerzas que se producen. Aunque este tipo de falla no ha sido observada en Estados Unidos, pero ha ocurrido en pruebas de laboratorio realizadas en Japón (Bertero et al, 1994). En el alma de la columna la grieta pocas veces se extiende hacia la parte superior de la conexión del patín de la viga.

Fallas Observadas en Conexiones en Sismos Anteriores

El sismo ocurrido en Alaska en 1964 provocó fallas en las conexiones de soldadura viga-columna, éstas fallas se observaron en marcos de acero de un edificio del Departamento de Vialidad de Alaska (Bertero et al, 1994).

El sismo ocurrido en México en 1985 también provocó fallas en muchos edificios con conexiones de soldadura viga-columna. Después del sismo se apreciaron fallas locales muy importantes (Bertero et al, 1994).

4.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL EMPLEO DE SOLDADURAS EN EDIFICACIONES

VENTAJAS DE LA SOLDADURA

- 1.- La primera ventaja del empleo de soldadura está en el área de la economía, porque el uso de ésta permite grandes ahorros en el peso del acero que se emplea. Las estructuras soldadas permiten eliminar un gran porcentaje de las placas de unión y de empalme, las que son necesarias en las estructuras remachadas o apernadas, así como la eliminación de las cabezas de remaches o tornillos. Mediante el empleo de soldaduras algunas estructuras de puentes es posible ahorrar hasta un 15 % o más del peso de acero utilizado. La soldadura también requiere un trabajo apreciablemente menor que el necesario para el remachado, porque un soldador puede reemplazar a una cuadrilla normal remachadora de cuatro personas.

- 2.- La soldadura tiene más aplicaciones que los casos de remachado o apernado. Por ejemplo, si se tiene una columna de tubo de acero, existen dificultades para conectarla con remaches pernos a otros miembros de acero.

- 3.- Las estructuras soldadas son estructuras más rígidas, porque los miembros normalmente están soldados directamente uno a otro. Las conexiones para estructuras remachadas o apernadas, se realizan a menudo a través de ángulos de conexión o placas que se deforman debido a la transferencia de carga, haciendo más flexible a la estructura completa.

- 4.- El empleo de soldadura permite obtener estructuras realmente continuas. Con esto se logra un tipo de construcción de una pieza y puesto que las juntas soldadas son tan fuertes o más que el metal base, no se presentan restricciones en las uniones. Esta ventaja de la continuidad ha permitido la construcción de un número importante de estructuras de acero

estáticamente indeterminadas, esbeltas y de buena apariencia en muchos países del mundo.

- 5.- Si se usa soldadura es más fácil realizar cambios en el diseño y corregir errores durante el montaje (y a menor costo).
- 6.- Otro detalle que puede ser importante en el proceso de construcción es el silencio que se logra al soldar.
- 7.- Se requieren menos precauciones de seguridad para el público en áreas congestionadas, en comparación con las necesarias para una estructura remachada, en la que son necesarias precauciones especiales para evitar accidentes con el público cercano a la obra.
- 8.- Se usan menos piezas y, como resultado, se ahorra tiempo en el proceso de diseño, fabricación de las piezas y montaje de éstas en la obra.

DESVENTAJA DE LA SOLDADURA

- 1.- La mayor desventaja es que el soldador debe tener mano de obra calificada lo cual puede ser costosa.

CONCLUSIONES

Con este trabajo de tesis se ha pretendido dar énfasis a la importancia del aspecto constructivo de las soldaduras en edificaciones, haciendo una recopilación de datos que se consideran importantes para la elaboración de este trabajo.

Frecuentemente la soldadura requiere tiempos más largos de habilitado y costos más altos de mano de obra que otros procesos, por la especialización que requiere, por lo que esta técnica debe ser practicada de manera eficiente para poder competir económicamente.

La soldadura es algo más que un proceso de producción; es también un proceso muy importante de mantenimiento por lo cual el supervisor debe tener un amplio conocimiento de soldadura.

La soldadura ofrece diversas ventajas al ingeniero, las más importantes son: reducción en el peso de acero, puede eliminarse material de conexión, es posible lograr una apariencia uniforme y adecuada, es económica y segura contra la rotura y se pueden crear estructuras más imaginativas.

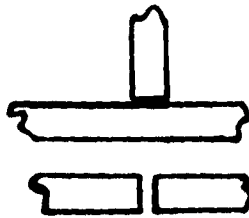
Se han observado en recientes terremotos fallas en el ángulo de soldado de las conexiones, lo que indica la importancia de las soldaduras en el proceso constructivo.

REFERENCIAS

- 1.- Bertero, Anderson, Kranwinkler, "Performance of Steel Building Structure During the Northridge Earthquake", Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering University of California at Berkeley, Report UCB/EERC 94-09, 1994.
- 2.- Begeman , Myron y Amstead, B.H, "Procesos de Fabricación", Compañía Editorial Continental, México D.F, 1979.
- 3.- Doyle, Keyser y Leach , James, "Materiales y Procesos de Manufactura", Prentice Hall Hispanoamericana, México D.F, 1988.
- 4.- Fernández Guillermo, "Soldadura y Metalurgia", Cecs, México D.F, 1980.
- 5.- Horwitz Henry, "Soldadura, Aplicaciones y Práctica", Editorial Alfaomega, México D.F, 1990.
- 6.- Lancaster, "Tratado de Soldadura", Editorial Tecnos, Madrid, 1978.
- 7.- Moore, Harry y Kibbey, Donald, "Materiales y Procesos de Fabricación", Editorial Limusa, México D.F, 1987.

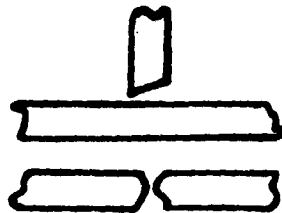
- 8.- Patton, Editorial Urmo, Bilbao, 1975.
- 9.- Sahling Latzin, "La Técnica de la Soldadura", Editorial Blume, Madrid-Barcelona, 1970.
- 10.- Schimpke, Paul y Horn, Hans, "Tratado General de Soldadura", Tomo I, Editorial Gustavo Hill S.A, Barcelona, 1976.
- 11.- Seferian, "Las Soldaduras Técnica - Control", Editorial Urmo, Bilbao, 1974.
- 12.- Stieri Emanuele, " Principios Fundamentales de la Soldadura ", Editorial Herrero Hnos, México 1974.
- 13.- Woods P.F, "Técnicas Modernas de Soldadura", Editorial Hispanoamericana, Barcelona, 1972.

TIPO DE JUNTA
SOLDADA



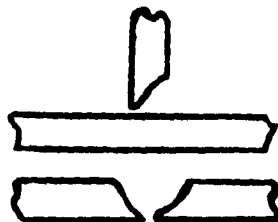
ESCUADRA

CORTE, SIERRA, SOPLETE



V SIMPLE Y DOBLE

CORTE, SIERRA, MAQUINADO,
ESMERILADO, SOPLETE



J Y U

MAQUINADO, ESMERILADO

Figura 2.1 Preparación de la junta para la soldadura.

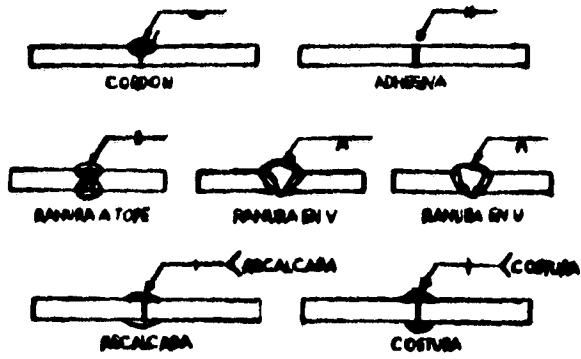


FIGURA 2.2 JUNTA A TOPE

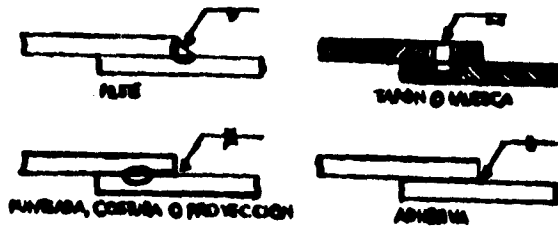


FIGURA 2.3 JUNTA SOLAPADA

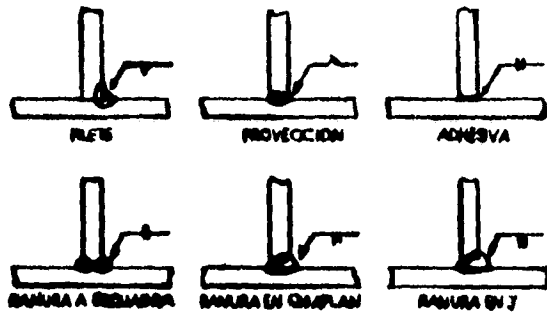


FIGURA 2.4 JUNTA EN T

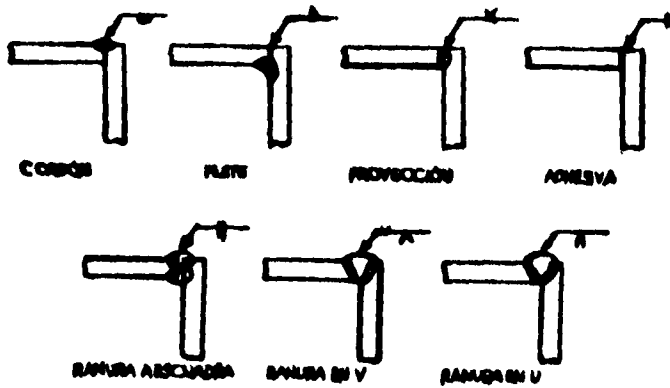


FIGURA 2.5 JUNTA EN ANGULO



FIG. 2.6 CORDON A TOPE SIN PREPARACION ESPECIAL



FIG. 2.7 CORDON A TOPE CON PREPARACION DEL BORDE



FIG. 2.8 CORDON A TOPE CON PREPARACION EN LA JUNTA



FIG. 2.9 CORDON FRONTAL SIN PREPARACION ESPECIAL



FIG. 2.10 CORDON FRONTAL CON PREPARACION EN LA JUNTA

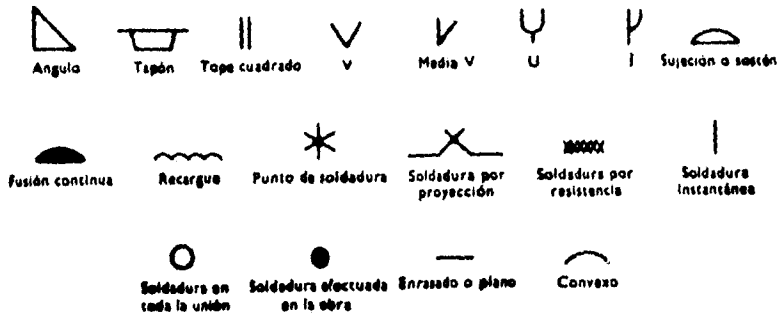
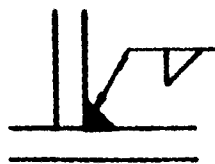
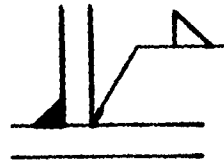


FIG. 2.11 SIMBOLOS UTILIZADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS



SOLDADURA EN ANGULO EN EL LADO QUE SEÑALA LA FLECHA



SOLDADURA EN ANGULO EN LADO OPUESTO DEL QUE SEÑALA LA FLECHA

FIG. 2.12 SIGNIFICADO DE LAS FLECHAS

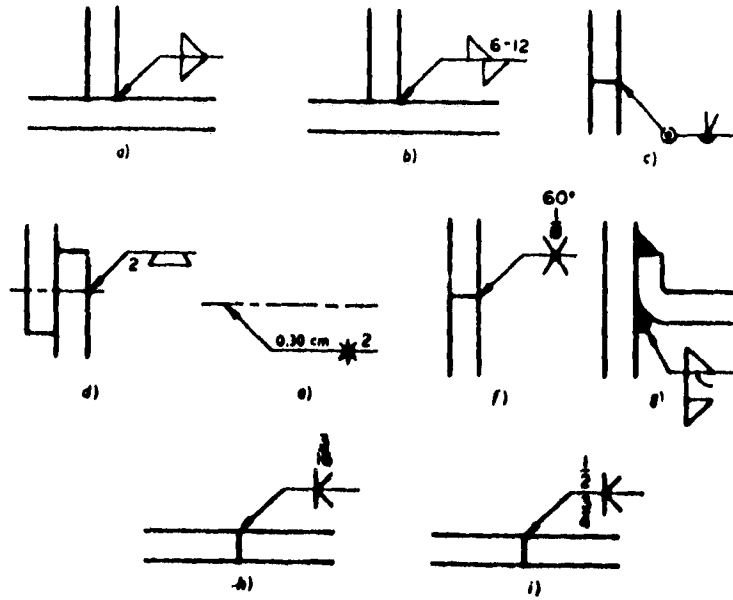


FIG. 2.13 UTILIZACION DE SIMBOLOS PARA PLANOS DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS

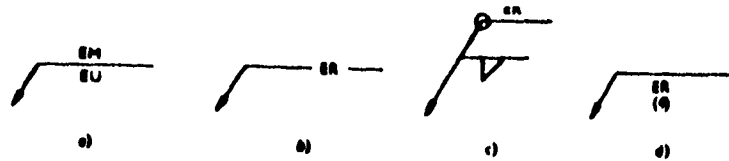


FIG. 2.14 SIMBOLOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

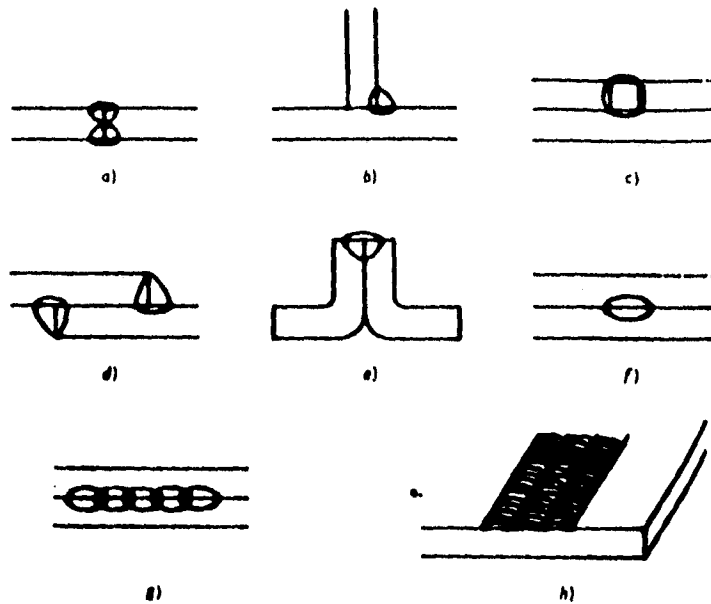


FIG. 2.15 TIPOS DE SOLDADURA: a)SOLDADURA A TOPE; b) SOLDADURA EN ANGULO c) SOLDADURA DE TAPON d) SOLDADURA A SOLAPE e) SOLDADURA AL BORDE f) SOLDADURA POR PUNTOS g) SOLDADURA CONTINUA h) SOLDADURA CON RECARGUE O RECARGUE DURO

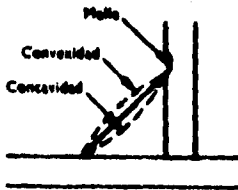


FIG. 2.16 SOLDADURA EN ANGULO

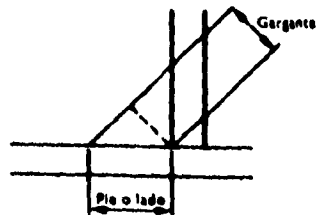


FIG. 2.17 GARGANTA Y PIE DEL CORDON DE UNA SOLDADURA EN ANGULO

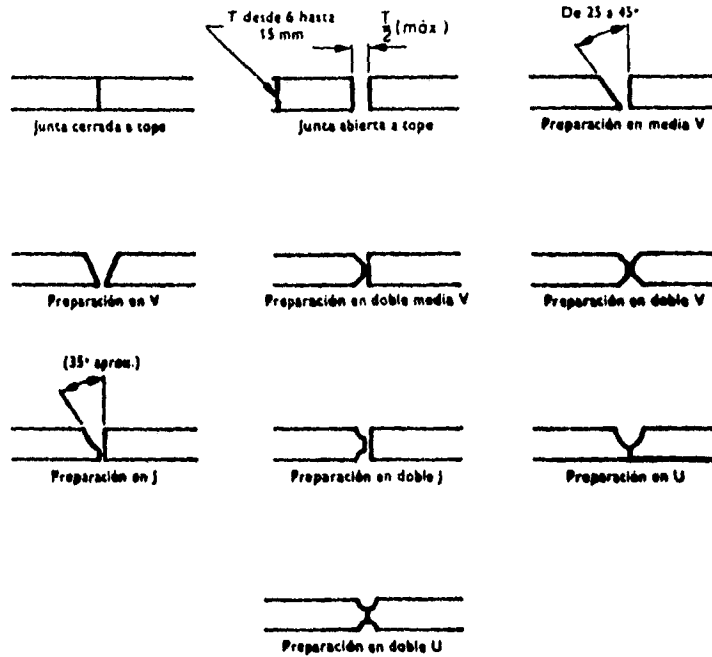


FIG. 2.18 PREPARACION DE LOS BORDES PARA SOLDADURAS A TOPE

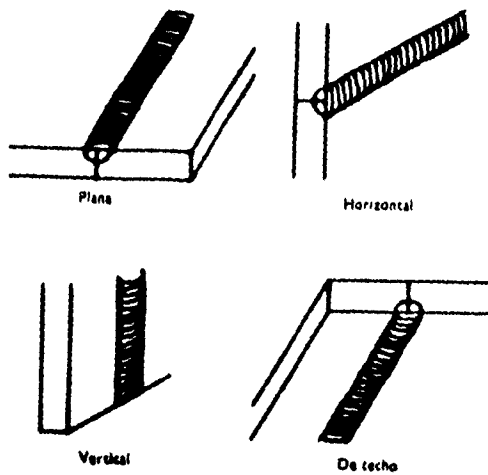


FIG. 2.19 POSICIONES DE SOLDEO

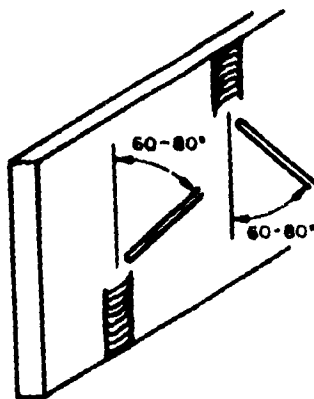


FIG. 2.20 SOLDEO VERTICAL ASCENDENTE Y DESCENDENTE

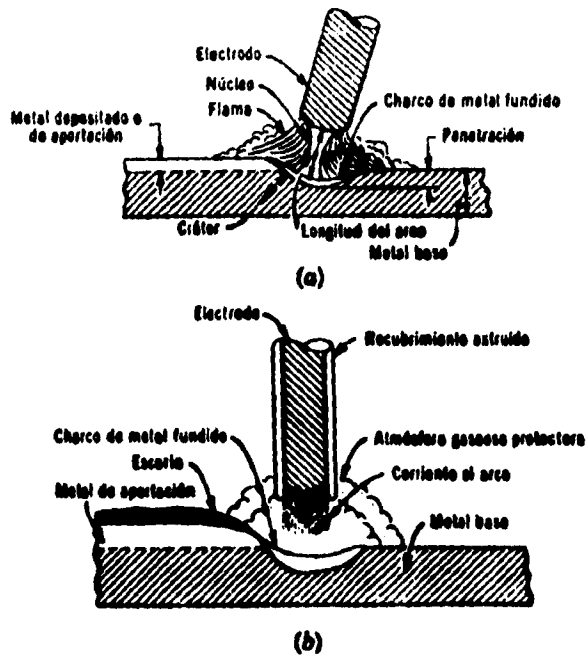


FIG. 2.21 SOLDADURA DE ARCO
(a) SIN PROTECCION
(b) CON PROTECCION

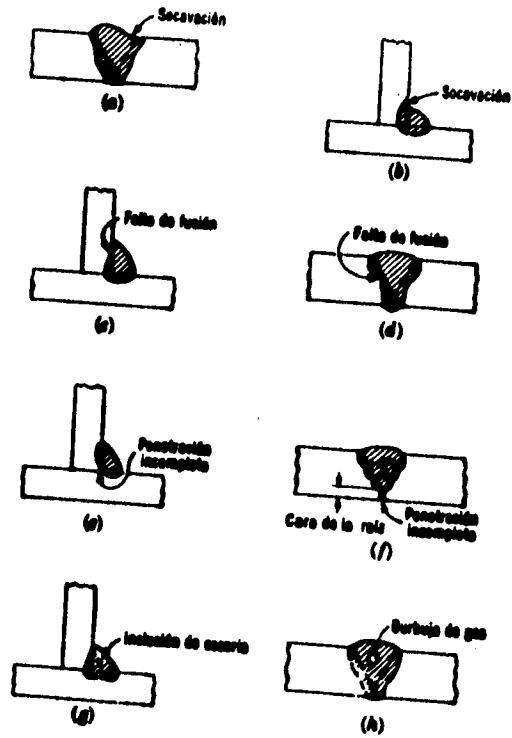


FIG. 3.1 DEFECTOS DE SOLDADURA

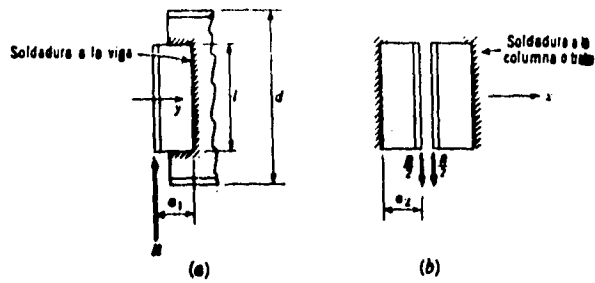


FIG. 4.1 CUERPO LIBRE DE LOS ANGULOS DE CONEXION

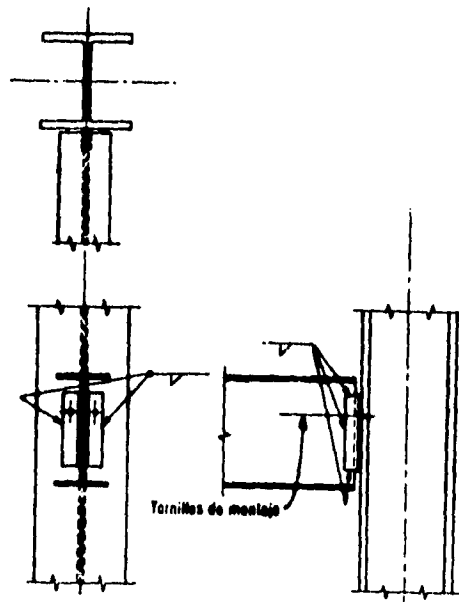


FIG. 4.2 CONEXIONES SOLDADAS CON ANGULOS EN EL ALMA

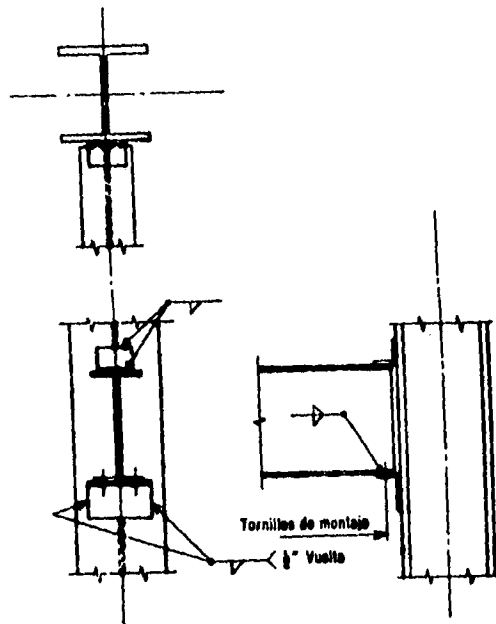


FIG. 4.3 CONEXION DE ASIENTO PARA VIGA

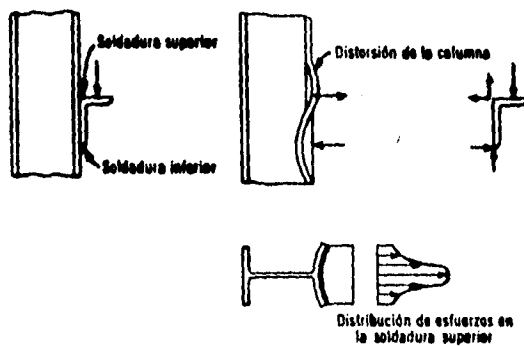


FIG 4.4 SOLDADURAS NO ACONSEJABLES ENTRE EL ASIENTO DE LA VIGA Y LA COLUMNA

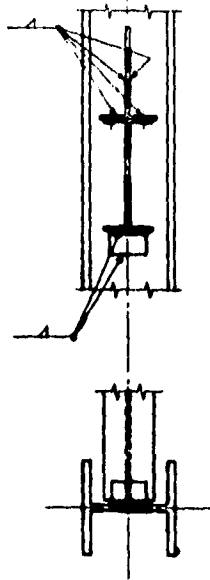


FIG. 4.5 CONEXION DE ASIENTO RIGIDIZADO PARA VIGAS

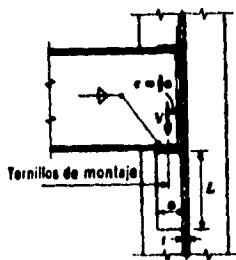


FIG 4.6 CARGAS SOBRE UN ASIENTO RIGIDIZADO

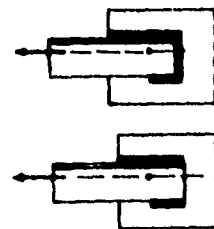


FIG. 4.7 DISEÑO DE LA CONEXION DE UN ANGULO PARA ELIMINAR LA EXCENTRICIDAD

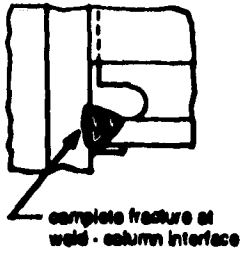


FIG. 4.8

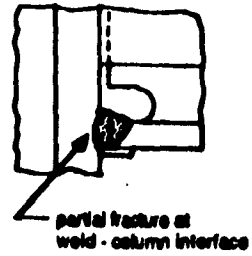


FIG. 4.9

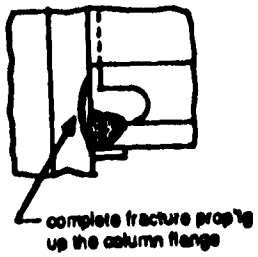


FIG. 4.10

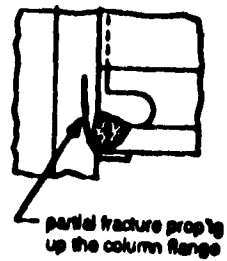
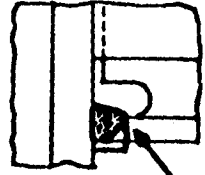
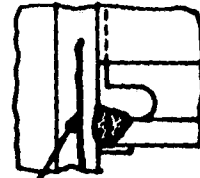


FIG. 4.11



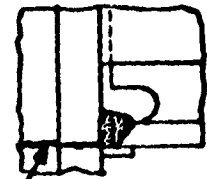
fracture across beam flange at toe of weld

FIG. 4.12



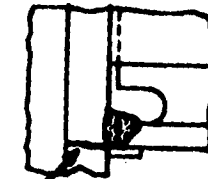
lamellar tearing in the column flange

FIG. 4.13



fracture across column flange and part of web

FIG. 4.14



fracture across column flange (horiz or inclined)

FIG. 4.15









Costura a tope	Sin preparación especial (costura I)	
	Con preparación de rebordes (costura de reborde)	
	Con preparación de esviaje (p. e. costura V)	
Más tipos de costuras para juntas a tope, en la tabla 14		
Costura frontal	Sin preparación especial (costura plana frontal)	
	Con preparación de esviaje (costura de esviaje frontal)	
Costura escanada	Costura escanada simple	
	Costura escanada doble	
	Costura angular (exterior)	
Costuras especiales	Las que resultan del empleo simultáneo de distintas formas de esviaje y ensamble, en combinación con las escanadas	

TABLA 1 TIPOS DE COSTURA