

17
29.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA
CIUDAD UNIVERSITARIA

**"SUPERVISION EN LA CALIDAD DE SOLDADURA
PARA PILOTES DEL PUENTE VEHICULAR
CONTINENTES"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

MIGUEL CELIS GARCIA



DIRECTOR DE TESIS: DR. RAFAEL MORALES Y MONROY

MEXICO, D. F. CIUDAD UNIVERSITARIA. 1998.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

258155



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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
60-1-129/97

Señor
MIGUEL CELIS GARCIA
Presente

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

**"SUPERVISION EN LA CALIDAD DE SOLDADURA PARA PILOTES DEL PUENTE
VEHICULAR CONTINENTES"**

- INTRODUCCION**
- I. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO**
 - II. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**
 - III. ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA SOLDADURA**
 - IV. DEFECTOS Y RECOMENDACIONES MAS FRECUENTES PARA LA SUPERVISION**
 - V. CONTROL DE CALIDAD**
 - VI. APLICACION DE LA SOLDADURA EN PILOTES MECANICOS**
 - VII. 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 15 de octubre de 1997.
EL DIRECTOR.


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

MCS/GMP*lmf

A G R A D E C I M I E N T O

A Dios por permitirme llegar hasta
estos instantes de mi vida.

AL Niño, María y José por su ayuda
en los momentos difíciles de mi carrera.

A mis padres: Marcos Celis Muñoz y
María Elena García por darme la vida y
apoyo para hacer realidad esta ilusión.

A mi mamá Carmen Alarcón por
su apoyo, insistencia y consejos
para terminar la carrera.

A todos mis hermanos por
comprenderme y creer en mí.

AL Dr. Rafael Morales y Monroy
por su apoyo y experiencia para realizar
este trabajo escrito.

AL Ing. Amilcar Galindo y colaboradores
por brindarme información importante y apoyo moral.

A todos mis profesores por compartir
sus conocimientos y experiencias durante
todo la carrera.

AL Ing. Heriberto Ezquivel Castellanos
y compañeros por facilitarme el acceso
a la computadora e impresora para
terminar este trabajo escrito.

Introducción.....	1
Capítulo I	
Descripción general del proyecto	
Análisis del sistema vehicular.....	4
Situación actual.....	8
Datos operacionales.....	11
Capítulo II	
Estudio de mecánica de suelos	
Localización geográfica y geotécnica.....	15
Características estratigráficas de la zona en proyecto.....	18
Capítulo III	
Aspectos fundamentales de la soldadura	
Instrucciones generales para soldadura por arco eléctrico.....	22
Selección del metal de aporte adecuado y procesos de corte.....	26
Posiciones de prueba para la calificación del proceso.....	36
Símbolos usados en la soldadura.....	43
Capítulo IV	
Defectos y recomendaciones más frecuentes para la supervisión	
Algunas observaciones sobre defectos de las soldaduras.....	49
Ventajas de la soldadura.....	56
Diagnóstico general de fallas en la soldadura eléctrica.....	59

Capitulo V

Control de calidad

Calidad de la soldadura.....	62
Métodos de evaluación.....	66
Certificados y calificación de los soldadores.....	83

Capitulo VI

Aplicación de la soldadura en la fabricación de pilotes

Definición y tipo de pilotes en relación al material con el cual fueron fabricados.....	87
--	----

Ejemplo en la fabricación de un pilote de concreto armado utilizando algún proceso de soldadura.....	89
---	----

Conclusiones.....	106
-------------------	-----

Bibliografía

Introducción

El uso de la soldadura en México se inicia a raíz de la llegada de los españoles, quienes la introdujeron como herramienta para reparación de su equipo a base de hierro forjado, esta se hizo más común en tiempo de la colonización pues muchas obras arquitectónicas eran construidas por medio de este método que consistía principalmente en calentar el metal en un horno a alta temperatura hasta que alcanzara un estado plástico para después aplicarle presión generalmente por medio de martilleo. Esta técnica evoluciona hasta el año de 1881 en que fué descubierto el arco eléctrico provocado al unir dos varillas de carbón conectados a los bordes de un acumulador, no siendo hasta 1889 en los Estados Unidos surge la primera patente del proceso de arco eléctrico para soldadura. En la actualidad el proceso de soldadura es utilizado mundialmente y se define como " La acción de unir dos o más piezas metálicas o determinados productos sintéticos por medio de calor." Es decir, para soldar las juntas se emplea el proceso de soldadura por arco eléctrico con metal de aportación, que consiste en crear un arco eléctrico productor de altas temperaturas que funde el metal base y el electrodo o metal de aportación utilizado para originar el arco, ambos metales se fusionan en estado líquido y después se consolidan al enfriarse. La soldadura une permanentemente dos o más elementos soldables para que estos trabajen como un solo elemento, además como consecuencia al desarrollo de la soldadura nace la necesidad de obtener juntas soldadas de calidad, las cuales se obtienen controlando los factores que intervienen en su aplicación. A través de la experiencia se ha observado que la mano de obra, el procedimiento de soldadura y la supervisión, entre otros, son

elementos importantes para obtener soldaduras de calidad. En la actualidad, las uniones en las estructuras metálicas son soldadas casi en su totalidad, por tal motivo la soldadura juega un papel importante, dando una atención estricta durante el proceso de construcción a través de una inspección que usualmente es visual o radiográfica. Cuando se diseña una estructura metálica se considera que todos los elementos que intervienen en la aplicación de la soldadura son controlados adecuadamente, sin embargo, cuando se esta en una obra se observa que los elementos antes mencionados son descuidados, lo que origina que se obtengan juntas de mala calidad y alteraciones perjudiciales en la estructura del metal. Todo esto ocasiona retrasos en la obra e incrementa los costos presupuestales debido a las reparaciones que se hacen.

En los capítulos 3, 4, 5, y 6 se enfoca más a los trabajos que se realizan con el proceso por arco eléctrico protegido ya que este, es el más utilizado en las aplicaciones de campo, en donde las condiciones para obtener uniones sanas son más desfavorables.

CAPITULO I

DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

- 1.1 ANALISIS DEL SISTEMA VEHICULAR.
- 1.2 SITUACION ACTUAL.
- 1.3 DATOS OPERACIONALES.

1.1. Análisis del sistema vehicular

La ingeniería de tránsito es una técnica relativamente nueva, que nace como consecuencia de las nuevas necesidades motivadas por el desarrollo y la interacción existente entre las vialidades, el vehículo y el peatón.

La ingeniería de tránsito se ocupa de problemas que no son solo dependientes de factores físicos, sino que frecuentemente incluyen el comportamiento humano del conductor y el peatón, así como sus interrelaciones con la complejidad del medio ambiente que le rodea.

Los problemas creados por la concentración de vehículos rebasaron las medidas por la práctica elemental y aplicadas por los organismos de seguridad pública. De esta manera surge la necesidad de obtener un mayor rendimiento de las calles existentes.

A medida que los problemas de tránsito se fueron tratando con criterios ingenieriles, se ha ido enriqueciendo esta técnica, dando como resultado un mayor desarrollo en el campo de la Planeación y del transporte, como ejemplo es en el pronóstico de los volúmenes de tránsito que se pueden generar, en el proyecto geométrico de las vías, en la previsión de desviación de las corrientes de tránsito, cuando se trata de una construcción vial o un puente, en la conservación adecuada de las vías y sus dispositivos de control de tránsito y en la correcta operación de las vías y de aquellos sistemas como los semáforos, encargados de regular el tránsito.

También interviene en los aspectos operacionales como, en el transporte público, en la legislación vial, en los procedimientos y tácticas policíacas, en la educación del usuario, en la iluminación de las vías, etc.

Sin embargo, la construcción de nuevas vías y líneas de transporte colectivo no siempre constituyen la única solución para disminuir el congestionamiento, es decir, se requiere de infraestructura de apoyo orientada al transporte, que integre y de continuidad a las necesidades de movilidad.

En relación a usos de suelo se refiere, en la zona de influencia a la ubicación propuesta del puente, se tiene lo siguiente:

Por su ubicación colindante al área del Distrito Federal, la zona donde se localiza el puente vehicular observa las siguientes características de urbanización y usos del suelo.

El puente vehicular liga de manera directa la zona norte del municipio de Nezahualcoyotl, colonia Bosque de Aragón con las colonias Vergel de Guadalupe, ampliación la providencia y pradera, estas dos últimas de la delegación Gustavo A. Madero del Distrito Federal, que contempla el subcentro urbano Aragón, zona poniente, permitiendo así la integración de ambas zonas, mediante el desarrollo vial.

Las características que muestran ambas zonas en su uso del suelo se describen a continuación en función a sus áreas de influencia (aproximadamente 500 m del centro de la estación continentes) que coincide con el trazo del puente vehicular.

Para determinar mas las características de uso, densidad e intensidad de suelo, se dividirá el área de influencia o estudio en dos zonas delimitadas entre si por la vía primaria Carlos Hank González (Av. central) en función que ambas zonas muestran diferencias marcadas en la calidad de urbanización.

ZONA ORIENTE

TIPO	con un área aproximada de 76.5 Ha.	Ha	%
H2B	Habitacional intensidad 1.5 (baja) densidad 100 a 200 Hab/Ha	58.12	76.0
H25	Habitacional mixto hasta 200 Hab/Ha.	3.75	4.9
E.A.	Equipamiento de abasto comercial y escolar 0.75 Ha.	4.5	5.9
A.V.	Áreas verdes y espacios abiertos	5.0	6.5
	Vialidad mixta, primaria y secundaria	5.13	6.7

El uso predominante es el de habitación con un porcentaje de 76%.

La zona se encuentra actualmente urbanizada en un 85% , si se considera una densidad bruta de población de 129 Hab/Ha para la zona, se obtendrá una población de 7,981 Hab.

Su crecimiento al oriente lo impide la barrera física (bordo poniente), relleno sanitario, siendo esta dirección la única factible para extender su desarrollo, por esta razón, la movilidad que pudiera incrementar esta zona tendría una tasa de crecimiento anual menor a la media del 3%.

Otro aspecto a considerar puede ser la calidad de urbanización, construcción habitacional y el trazo y tratamiento utilizado en la vialidad primaria y secundaria o colectora.

ZONA PONIENTE.

TIPO	con un área aproximada de 42.0 Ha.	Ha	%
H4	habitacional intensidad 3.5 (media) densidad 400 Hab/Ha.	37.3	89.0
H8	habitacional plurifamiliar int. 7.5 (alta) densidad 400 Hab/Ha.	0.16	0.38
ER5.	equipamiento de abasto comercial y escolar 0.21 Ha.	0.82	1.9
A.V.	areas verdes y espacios abiertos	0.35	0.83
	vialidad primaria y secundaria	3.4	7.89
			100.0

Prácticamente esta zona es de uso habitacional y con mayor densidad de población que la zona oriente. Si en esta se considera una densidad bruta de población de 258 Hab/Ha. se obtiene una población de 9,664.6 Hab.

1.2. Situación actual

Un sistema vial urbano es un conjunto de vías de distinto tipo y jerarquías, cuya función es permitir el tránsito de vehículos y peatones, así como la de comunicar diferentes zonas de actividades que generan o atraen movilidad.

Las vías primarias forman la base principal por la que se desplazan los volúmenes más importantes del tránsito urbano, como es el caso de la Av. Carlos Hank González, inicia al sur en el eje 1 norte con el nombre de oceania, al cruzar Av. 642 continua como eje 3 Norte y como Av. Carlos Hank González (Av. Central) a partir del eje 5 Norte, con 10 carriles de circulación, 5 en cada sentido, 2 centrales y 3 carriles laterales, continua hasta boulevard de los aztecas, por ella circula un volumen de 4,100 vehículos en la HMD. Por sentido aproximadamente.

Como se puede apreciar en su trayectoria, tiene las suficientes inyecciones viales para que esta se considere como una vialidad de acceso controlado tipo radial.

Con respecto a las vialidades primarias que ligan al puente vehicular, permitiendo una integración regional tenemos Puente Continentes. (entronque Av. Central - Boulevard Bosque de los Continentes).

Esta infraestructura, principalmente permitirá dar continuidad de forma directa a la av. Bosque de los Continentes, evitando el cruce a nivel con la av. Central que opera actualmente de forma deficiente, en función a los volúmenes atraídos, así como mejorar la fluidez en las incorporaciones a nivel, las cuales se seguirán realizando a través de los retornos de Bosque de los Continentes.

Estos se localizan a la altura de bosques de Tailandia (zona ote) y calle de Chilpancingo (zona pte), con una distancia aproximada de 200 m de la intersección.

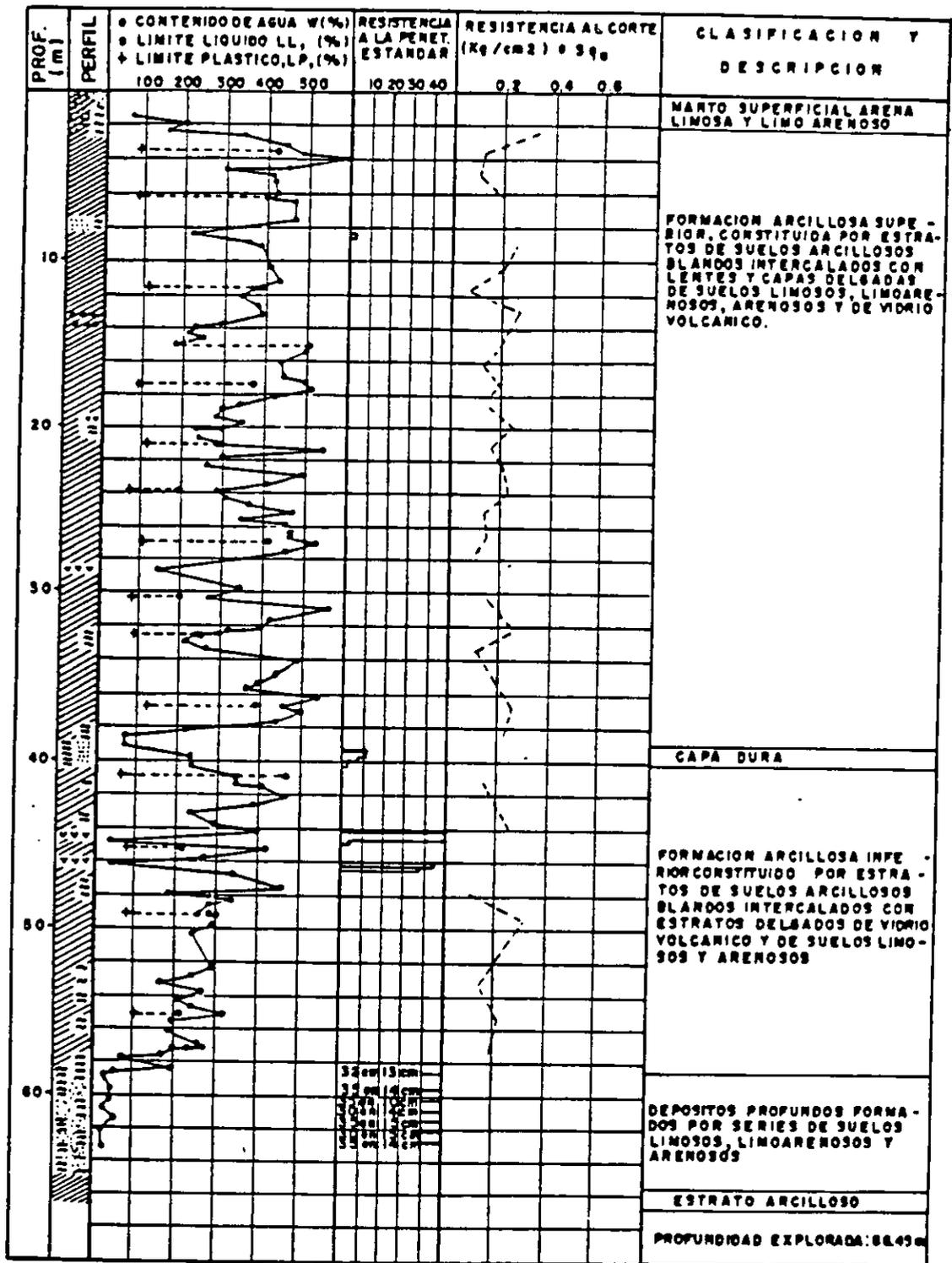
El boulevard Bosque de Los Continentes funciona con 3 carriles por sentido actualmente, con una sección de 11.60 en el cuerpo sur y 11.90 en el cuerpo norte. Pero se debe considerar que falta la incorporación al puente que en su totalidad de derecho de vía es de 7 m, contando con dos carriles uno por sentido. El enlace que permite esta vialidad es de nivel regional conectando en este caso la zona nor oriente con el poniente y la zona sur. fig.1.2.1

El puente continentes se localiza en los límites del municipio de Nezahualcoyotl Estado de México y el Distrito Federal. Este se contempla en los planes de integración que marca el plan parcial de desarrollo urbano del Departamento del Distrito Federal y del Estado de México.

Dentro de las acciones que propone este plan, esta la de estimular y desarrollar los distintos sistemas de transporte colectivo, tomando como base su origen y destino.

Un plan adicional ha sido elaborado para la regularización y el transporte en la ciudad. se trata del plan maestro del metro, que cuenta con un ambicioso programa a largo plazo, que pretende implementar 18 líneas del metro, incluyendo las siete en operación y el metro línea 8 que acaba de inaugurarse.

Para dar continuidad al plan maestro del metro, actualmente se elabora el proyecto del Metropolitano Línea B , que dará servicio al nororiente de la ciudad, cuyo recorrido es por el eje 1 Norte, Oceania Av. Carlos Hank González hasta boulevard de Los Aztecas.



S I M B O L O S

-  ARCILLA S_q RESISTENCIA AL CORTE EN COMPRESION NO CONFINADA
-  LIMO
-  ARENA
-  FOSILES
-  VIDRIO VOLCANICO

El trazo de esta línea, obliga a desarrollar proyectos de puentes vehiculares, para lograr el objetivo de dar a la red vial primaria, esto se debe principalmente al tipo de solución para implantar la línea, que es a lo largo del corredor comercial Av. Carlos Hank González o Av. Central.

Como resultado de estos planteamientos se considera el puente continentes.

El planteamiento de este tipo de infraestructura permite el mejoramiento de la Av. Central cumpliendo así con el objetivo de las metas propuestas en los planes de desarrollo, donde la Av. Central esta planeada para convertirla a una vía de circulación continua de norte a sur, sur a norte, iniciando en boulevard de los aztecas, hasta el eje 1 norte, además se pretende la continuidad con el eje 3 oriente (Francisco del Paso y Troncoso) que actualmente está en proceso de construcción.

1.3. Datos operacionales

La presencia del sistema de transporte colectivo sobre la av. Carlos Hank González (av. central) ha originado la presencia de una infraestructura mas compleja, teniendo como resultado la creación de 7 puentes vehiculares dentro del cual se encuentra el puente boulevard Bosque de los Continentes en estudio, este es debido al enlace de las zonas oriente y poniente del Estado de México, evitando así el congestionamiento con dicha avenida. Para determinar el comportamiento actual de los volúmenes vehiculares y peatonales en la zona de influencia, se realizaron estudios de campo que reflejan la movilidad generada y atraída a través del corredor Carlos Hank González (av. central) y la zona donde se plantea el puente, misma que dará la pauta para desarrollar el diagnóstico y pronóstico de las tendencias de crecimiento vehicular.

Como se trata de una zona de alta movilidad, coincidente con los límites del Distrito Federal y el municipio de Nezahualcóyotl Estado de México, que se integran a través de la vía primaria av. central, misma que asume la función de corredor comercial del esquema vial en la zona oriente, acorde con su calidad e importancia de movilidad, alberga parte del trazo (a nivel) de la Línea Metropolitana B.

Para determinar la sección de arrollado del puente se desarrollaron los trabajos de captura de información de campo base del diagnóstico. Estos consistieron en aforos vehiculares (retornos, accesos y salidas) de la vialidad colectora adyacente y coincidente

Aforos vehiculares

Con el propósito de conocer el número de vehículos que circulan a través de la vía en análisis, av. Carlos Hank González (av. central), se realizó un aforo vehicular maestro durante 12 horas continuas, con cortes de cada 15 min. En los accesos del entronque de av. 402, av. 608 y av. central, adicionando los movimientos direccionales que se realizan en la intersección. A través de los datos obtenidos, se tiene que los volúmenes captados a través del corredor av. central son:

De norte a sur: 37,267 vehículos

De sur a norte: 34,865 vehículos

El registro de los vehículos se hizo en función a sus características y al uso correspondiente, por lo cual la clasificación fue:

- a) Automóviles.
- b) Transporte público (autobús, microbús, combis).
Los vehículos microbus y combi en los términos de capacidad, se consideran como vehículos ligeros.
- c) Camiones pesados (carga).

La composición vehicular en ambos sentidos (norte-sur y sur-norte) es de 71% vehículos tipo A (automóviles); 23% transporte público y 6% vehículos tipo C (camiones de carga).

En relación a los volúmenes aforados y su variación, se obtuvo que el período de mayor movilidad (máxima demanda) corresponde de 7:00 a 10:00, dentro de los rangos registrados de tres horas, se observan los períodos de máxima demanda, generalmente de una hora, en los que recuento resulta mayor que en las horas restantes.

Aforos direccionales

Conocida la hora de máxima demanda, se inicia la captura de vehículos identificándolos de acuerdo a su movimiento direccional y su clasificación.

Los volúmenes asignados de inicio, y su composición para este puente, se observan en el siguiente esquema de resultados.

MOVIMIENTO	TIPO	H.M.D. VOL. ACTUAL	% ASIGNADO AL PUENTE	OTRA OPCION
PTE-OTE.	retorno antes del entronque	474	72%=341	-----
	retorno después del entronque	450	100%=450	-----
	transporte público	24	100%=24	-----
OTE-PTE.	retorno antes del crucero.	626	80%=500	20%=126
	retorno después del crucero	409	61%=249	39%=160
	transporte público	24	100%=24	-----

La composición de vehículos asignados es la siguiente, en el sentido ote-pte, es de 91% vehículos tipo "A", 6% vehículos tipo "B". El cual se compone por microbuses y combis; y el 3% de vehículos tipo "C" (carga). Para el sentido pte-ote. es 90% tipo "A", 6% tipo "B" y 4% tipo "C".

Los volúmenes asignados como otra opción están en función del distribuidor de Av. 412 y Av. central, Es decir el porcentual asignado corresponde a la zona de influencia adyacente a la Av. 412.

CAPITULO II

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

- 2.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA Y GEOTECNICA
- 2.2 CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DE LA ZONA EN PROYECTO

2.1- Localización geográfica y geotécnica.

El valle de México es un área geográfica limitada al norte por las sierras de Tepotzotlan, Tezontlalpan y Pachuca al este; por los llanos de Apan, los montes de Río Frío y la sierra nevada al sur; por las sierras de Cuauhtzin y el Ajusco y al oeste; por las sierras de las Cruces, monte alto y monte bajo.

La superficie total del valle es de 7,160 Km² de los cuales 3,080 Km² corresponden a la zona montañosa y 2,050 Km² a zonas bajas definidas. Dentro del valle de México está ubicado el Distrito Federal y el municipio de Nezahualcoyotl, Estado de México, que en su conjunto y por su cercanía forman lo que se le llama Area Metropolitana, donde una buena parte se encuentra constituida sobre el fondo del ex-lago de Texcoco, a este hecho se deben los problemas de cimentación. Todo el valle de México se caracteriza en general por la muy intensa actividad volcánica que tuvo lugar en el pasado, de la cual quedan aun vestigios en forma de un gran número de volcanes, como el Popocatepetl, aun activo y que constantemente tiene algunas explosiones de vapor de agua y cenizas constituida principalmente por piroclásticos que al depositarse en capas o lentes finos forman suelos de origen volcánico y que al paso del tiempo aparecen en el subsuelo.

Los numerosos estudios de zonificación geotécnica del valle de México que se han realizado, han permitido dividir en tres grandes áreas; atendiendo a un punto de vista estratigráfico. La primera de las áreas corresponde a la zona I, llamada de las Lomas por desarrollarse en parte en las últimas estribaciones de la sierra de las cruces, estando constituido por terrenos

compactos areno-limosos con alto contenido de grava y tobas pumíticas bien cementadas así también algunas partes de esta zona invade los derrames basálticos del pedregal, por lo consiguiente la zona de las lomas presenta buenas condiciones para la cimentación de estructuras teniendo una capacidad de carga del terreno alta, no siendo generalizada pues existen algunas partes donde, por la explotación de minas el subsuelo se encuentra situado en galerías que actualmente pueden estar rellenas de material arenoso suelto u orgánico, lo cual disminuye en mucho su capacidad. La zona II entre las serranías del poniente y el fondo del lago de Texcoco, en donde las condiciones del subsuelo varían de un punto a otro debido a que se encuentra en una zona de transición. En general aparecen depósitos superficiales arcillosos o limosos, orgánicos, cubriendo arcillas volcánicas muy compresibles que se presentan en espesores muy variables, con intercalaciones de arena limosa o limpia compactas, La capacidad de carga y de asentamientos diferenciales pueden ser críticos debido a las construcciones extensas desplantadas en la zona que están sujetas a condiciones de carga disparejas.

La zona III se divide en zona del lago y zona del lago virgen, estas se caracterizan por tener depósitos areno-arcillosos o limos o bien rellenos artificiales de hasta 10 m de espesor, arcillas de origen volcánico, altamente compresibles, con intercalaciones de arena en pequeñas capas o lentes.

La primera capa dura aproximadamente de unos 3 m de espesor, está constituida por materiales arcillo-arenoso o limo-arcillosos muy compactos. Esta capa suele localizarse a una profundidad del orden de 33 m siendo para la arcilla volcánica un espesor que oscila entre 4 y 14 m .

En algunos lugares se ha encontrado un tercer manto arcilloso compresible a partir de los 65 m de profundidad. La diferencia entre la zona del lago y la zona del lago virgen radica en que la primera, las antiguas obras precoloniales hoy desaparecidas casi en su totalidad y las coloniales han inducido fuerte preconsolidación en zonas determinadas y además de diferencias en el bombeo disperejo en intensidad en los distintos puntos de la ciudad, en contraste con la zona del lago virgen, que no fue antes cargada con construcciones antiguas y por lo tanto presenta mayor homogeneidad.

El proyecto en estudio se localiza entre las calles Av Carlos Hank González y Buolevard Continentes, colonia Bosques de Aragón municipio de Nezahualcoyotl Estado de México colindando con el Distrito Federal, por lo consiguiente se encuentra dentro de la zona del lago virgen.

2.2. Características estratigráficas de la zona en proyecto

De acuerdo con el Reglamento del Distrito Federal para la construcción de cimentaciones se llevo a cabo estudios de campo a base de sondeos de cono eléctrico, sondeos mixtos de penetración standard y tubo de penetración Shelby; así como sondeos selectivos de avance con broca tricónica y extracción de muestras inalteradas a una determinada profundidad, estas llevadas a laboratorio para su análisis arrojaron los siguientes datos:

En el primer estrato a partir del nivel del terreno hasta 1.60 m de profundidad se encuentra un relleno compuesto por limo arenoso de baja plasticidad que por ser material de relleno se desecha. Para el segundo estrato tenemos una costra superficial compuesta de rellenos y arcillas arenosas de baja plasticidad comprendido desde 1.60 a 2.10 m.

Subyaciendo a esta capa que comprende de 2.10 a 33.60 m se encontró arcilla de alta plasticidad de color café y gris oscuro de consistencia muy blanda y lentes de arena, con propiedades mecánicas de pesos volumétricos bajos y variables, resistencia al esfuerzo cortante también muy bajos (0.2 Kg/cm²) lo cual indica que este estrato tiene una baja capacidad de carga y una gran deformabilidad. El espesor de este estrato conocido como formación arcillosa superior es de 31.5 m.

Bajo esta formación se encuentra localizada la capa dura y la formación arcillosa inferior, este estrato que va desde los 33.60 a 36.10 m se encuentra un limo arenoso de baja plasticidad de color gris-verdoso y de consistencia dura, con propiedades de peso volumétrico igual a 1.18 T/m³, contenido de agua altos $w\% = 270$, y una resistencia a la compresión simple que varía de $q_u = 0.44$ a 0.83 Kg/cm², como se muestra en el siguiente

resumen del perfil estratigráfico de la zona en proyecto.

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
PROF. N.T.N	COMPOSICION	COLOR	w %	& (T/m3)	Cuu (Kg/cm2)	qu (Kg/cm2)
1.60	Relleno limo arenoso baja plásticidad	café y gris oscuro				
2.10	arcilla arenosa de baja plásticidad costra superficial	café y gris oscuro				
33.60	arcilla de alta plásticidad consistencia muy blanda con lentes de arena	café y gris oscuro	390 350 345 330	1.15 1.12 1.14	0.14 0.11	0.28 0.16 0.20
36.10	limo arenoso de baja plásticidad consistencia dura (capa dura)	gris a verde	30	1.778	1.47	4.3
54.8	arcilla de alta plásticidad de consistencia blanda	gris a verde	270	1.18	0.28 0.23	0.44 0.83
60.0	limo arenoso de baja plásticidad consistencia dura	gris verdoso				

Dadas que los claros del puente son muy grandes y las cargas que transmite la superestructura hasta la cimentación son también grandes, y dada la baja capacidad de carga del terreno se optó, después del estudio geotécnico por una cimentación a base de pilotes de fricción, fabricados con concreto armado de sección cuadrada 40 X 40 y con una longitud de 15 m, debiendo ser unidos por placas de acero A-36 y soldadas por arco eléctrico para alcanzar el nivel de desplante que será en el estrato duro encontrándose a partir de los 33 m de profundidad.

CAPITULO III

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA SOLDADURA

- 3.1 INSTRUCCIONES GENERALES PARA SOLDADURA POR ARCO
ELECTRICO
- 3.2 SELECCION DEL METAL DE APORTE ADECUADO Y PROCESOS DE CORTE
- 3.3 POSICIONES DE PRUEBA PARA LA CALIFICACION DEL PROCESO
- 3.4 SIMBOLOS USADOS EN LA SOLDADURA

3.1 Instrucciones generales para soldadura por arco eléctrico

La Sociedad Americana de Soldadura (A.W.S.) define al proceso de soldadura como un proceso de unión que produce coalescencia * de los materiales calentados a temperaturas de fusión *, con o sin la aplicación de presión, y con o sin el uso de material de aporte * . Así mismo, ha agrupado estos procesos de acuerdo con el modo de transferencia de energía como consideración primaria y la influencia de la atracción capilar al efectuar la distribución del metal de aporte en la unión, como factor secundario.(figura 3.1.1)

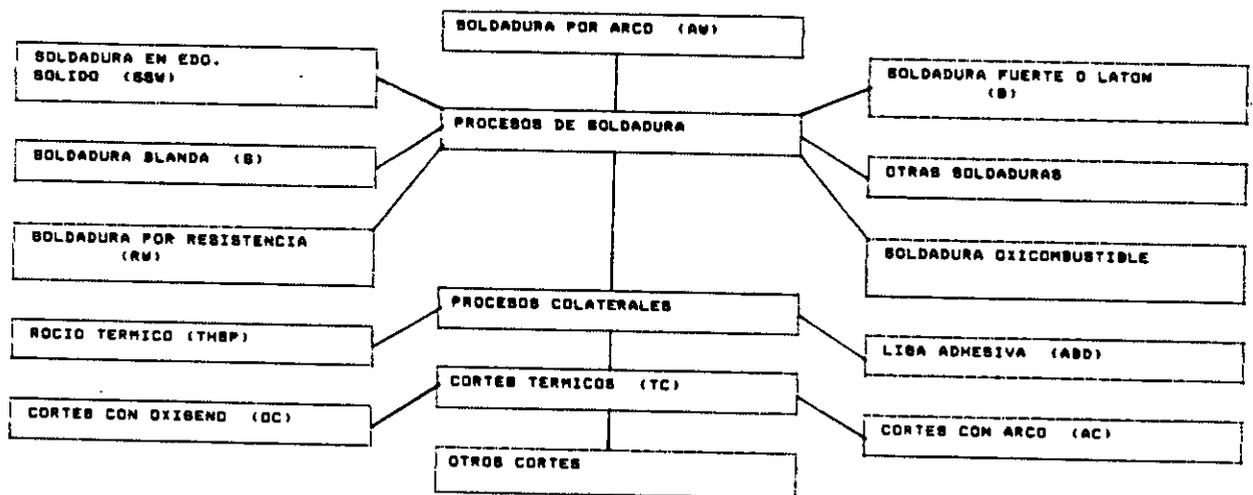


Figura 3.1.1

*

Coalescencia.- Propiedad de los materiales de unirse.

Fusión.- Efecto de fundir o fundirse, unión.

Material de aporte.- Electrodo o varilla que rellena o sella una junta.

Existen aproximadamente 50 procesos de soldadura subdivididos en siete grupos, de los cuales el mas comúnmente empleado en la industria de la construcción, es el de soldadura por arco eléctrico (A.W.). Esta a su vez, se subdivide en nueve procesos diferentes, los cuales se agrupan en: arco eléctrico con electrodo consumible y arco eléctrico con electrodo no consumible ver diagrama de la figura 3.1.2

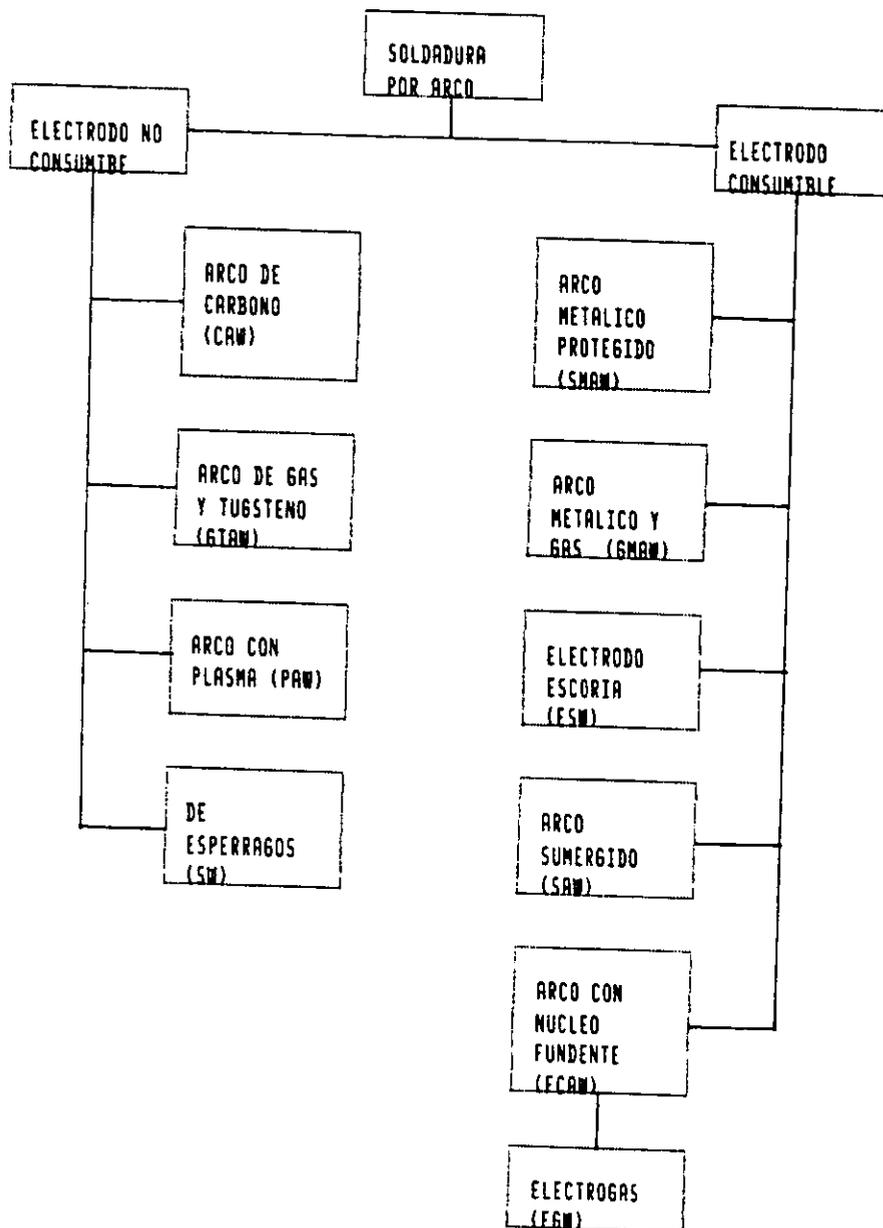


Figura 3.1.2

En la soldadura por arco eléctrico la coalescencia se produce por el calor del arco generado entre un electrodo metálico y el metal base.

Existen criterios que ayudan para hacer la mejor selección del proceso de soldadura por arco. A continuación se mencionarán algunos de ellos.

- 1.- El tipo de metal base es la primera consideración que debe tomarse en cuenta; sin embargo, el material puede soldarse siguiendo varios procesos, entonces la elección considera otros factores.
- 2.- La calidad o confiabilidad de la unión es la segunda base para determinar el proceso de soldadura que se solicita.
- 3.- El espesor del metal base y la posición del trabajo. Este tercer factor es de importancia de considerarse ya que no todos los procesos se prestan para todas las posiciones y esto puede ser motivo de dificultad para el soldador, como se muestra en la siguiente tabla.

POSICIONES PARA SOLDAR	EVALUACION DEL PROCESO DE SOLDADURA			
	SAW	SMAW	FCAW	ESW
PLANA	SI	SI	SI	NO
HORIZONTAL	POSIBLE	SI	SI	NO
VERTICAL	NO	SI	SI	NO
SOBRE CABEZA	NO	SI	SI	NO
DE TUBO FIJO	NO	SI	SI	NO

Los tres criterios mencionados reducen la variedad de los procesos disponibles, ya que después de analizarlos existe el requisito de eliminar todos los procesos, salvo uno, para establecer el óptimo y más económico, que en toda obra ingenieril es de suma importancia, por tanto, hay que considerar el factor costo, cuyos dos principales componentes son el costo de mano de obra para aplicar la soldadura y el costo de los materiales empleados.

3.2 Selección del metal de aporte adecuado y procesos de corte

Se define como material de aporte a aquel que se va añadir al formar el arco eléctrico en el material base. Existe actualmente una extensa gama de material de aporte, comúnmente llamado electrodo, dentro de los cuales se encuentran los no sancionables (tungsteno y carbono).

El tipo de electrodo utilizado es muy importante, y afecta, decididamente, las propiedades de la soldadura, tales como resistencia, ductilidad y resistencia a la corrosión. El tipo por utilizar en cierto trabajo depende del tipo de metal que se vaya soldar, la cantidad de material que se requiere depositar, la posición del trabajo, etc.

Los electrodos se dividen en dos clases generales: Los electrodos con recubrimiento ligero y los electrodos con recubrimiento pesado. Los electrodos con recubrimiento pesado se utilizan normalmente en la soldadura estructural, por que al fundirse sus recubrimientos, se produce una protección de vapor o atmósfera muy satisfactoria alrededor del trabajo, a la vez que escoria de protección. Las soldaduras resultantes son más fuertes, más resistentes a la corrosión, y más dúctiles que las realizadas con electrodos con recubrimiento ligero.

Cuando se usan electrodos con recubrimiento ligero, no se realiza el intento de prevenir la oxidación y no se forma escoria, los electrodos se recubren ligeramente con algún estabilizador químico del arco, tal como la cal.

De acuerdo con las características individuales de los electrodos, estos pueden clasificarse en:

Electrodos de solidificación rápida.

Este tipo de electrodo se caracteriza, como su nombre lo indica, por tener una solidificación rápida, que permite mayor penetración y recubrimiento mínimo de escoria. Es muy versátil; su campo de trabajo es en tuberías de acero galvanizado.

Electrodos de relleno rápido.

Para este tipo de electrodo su característica es de tener un coeficiente de depositación alto, poca penetración y poca salpicadura *, escoria gruesa, que cubre todo el cordón. Su aplicación es en aceros de mediano carbono y sensibles al agrietamiento y en posición plana.

Electrodos de relleno y solidificación.

Estos electrodos son una combinación de los electrodos ya mencionados. Producen un arco suave con mediana penetración. La escoria es mediana, pero cubre totalmente el cordón. Puede ser utilizado en todas posiciones.

Su propiedad de depositar cordones pequeños lo hace útil en la soldadura de planchas, de calibre 10 a 20, o cuando se requiere mejorar la apariencia de los cordones depositados con otros electrodos.

*

Salpicadura.- Gotas de material que se producen al fundirse el electrodo.

Electrodos con bajo contenido de hidrógeno.

Este tipo de electrodos depositan cordones prácticamente libres de hidrógeno, lo que reduce las posibilidades de agrietamiento debajo del cordón y las grietas microscópicas en la soldadura de piezas gruesas o en las de baja aleación, resisten la fragilidad en caliente y producen depósitos de gran ductilidad, además elimina la porosidad en las soldaduras de acero que contienen azufre.

Sirven para toda posición y se emplean para soldar aceros altos en carbono y otros metales difíciles de soldar. La tabla siguiente muestra la clasificación.

ELECTRODOS	SOLIDIFICACION RAPIDA	RELLENO RAPIDO	RELLENO Y SOLIDIF.	BAJO HIDROG.
PARA SOLDAR ACERO DULCE	E-6010 E-6011	E-6042 E-7024 E-6027	E-6012 E-7012 E-6013 E-6014 E-7014	E-6018 E-7018 E-6016 E-7016 E-6028
PARA SOLDAR ACEROS DE BAJA ALEACION	E-7010A1 E-7010-G	E-6024 E-7020A1		E-6018 E-7018 E-6028 E-9018-G E-11018G

Tabla I.- Clasificación de electrodos recubiertos

Acero dulce.- acero al carbono con un máximo de alrededor del 0.25% de carbono.

Acero de baja aleación.- son aceros al carbono a los que se han agregado elementos de aleación para obtener ciertas propiedades deseables por ejemplo acero A36.

Procesos de corte

Dentro de los procesos de soldadura se deben integrar los procesos de corte, ya que estos son de gran importancia. Estos se encuentran ligados porque en muchas ocasiones hay que hacer algunos cortes para realizar la junta deseada, que serán soldadas como también para remover áreas defectuosas cuando se requiera. Se mencionarán solo algunos procesos que serán los más comúnmente utilizados.

Corte con gas oxicombustibles (OFC).

Los procesos de gas oxicombustible son un grupo de procesos de corte con oxígeno, los cuales usan el calor proveniente de una flama obtenida de la mezcla del oxígeno y un gas combustible, ya sea acetileno, gas natural, propano, hidrógeno o gasolina (aunque su uso no sea frecuente).

En el proceso de corte con oxígeno se somete a los metales ferrosos, o con sus aleaciones, a una severa reacción química con el oxígeno puro. Básicamente el metal se calienta hasta una temperatura de 960 °C aproximadamente, y posteriormente se introduce una corriente de oxígeno a presión para crear el quemado u oxidación rápida del acero.

El corte de metales con este proceso puede dividirse en dos grupos:

1. Metales en los que sus óxidos tienen una temperatura de fisión más baja que el metal.
2. Metales en los que sus óxidos tienen una temperatura de fisión mas alta que el metal.

Prácticamente todos los aceros caen dentro de la primera clasificación y presentan dificultades mínimas para su corte. El segundo grupo incluye acero fundido, aceros inoxidable al cromo-níquel y algunos aceros de alta aleación, que presentan complicación para su corte con gas oxicombustible, por lo que es necesario el uso de otro proceso, como se verá más adelante. Cuando se realicen cortes con oxígeno, la flama de precalentamiento debe ser natural u oxidante, como se muestra en la figura 3.2.1

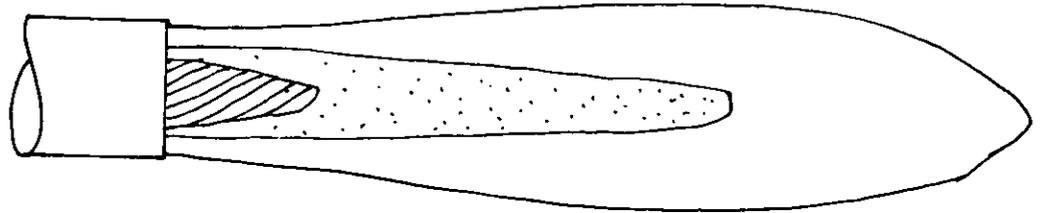


Figura 3.2.1

FLAMA	NEUTRA	OXIDANTE	REDUCTORA
	CONICO AZUL-BLANCO	CONICO BLANCO	CONICO BLANCO INT.
	SIN COLOR	NARANJA A	BLANCO E INCOLORO
	AZULINO A NARANJA	PURPURA	NARANJA A AZULINO

Flama adecuada para corte con oxígeno (OFC).

La tabla II muestra un programa para cortar acero suave y limpio.

ESPESOR DEL METAL		BOQUILLA DE CORTE			PRESION DEL GAS		DESPLAZAMIENTO	
		ORIFICIO CEN.			ACETILENO	OXIGENO	MANUAL	AUTOMT.
In	mm	No	In	mm	Kg/cm	Kg/cm	cm/min	cm/min
1/8	3.2	60	0.040	1.0	0.21	0.70	50	55
1/4	6.4	60	0.040	1.0	0.21	1.05	43	50
3/8	9.5	55	0.052	1.3	0.21	1.41	38	48
1/2	12.7	55	0.052	1.3	0.21	1.76	33	43
3/4	19.0	55	0.052	1.3	0.28	2.11	28	38
1	25.4	53	0.060	1.5	0.28	2.46	24	35
1 1/2	38.1	53	0.060	1.5	0.28	2.81	17	30
2	50.8	49	0.073	1.9	0.28	3.16	16	25
3	76.2	49	0.073	1.9	0.35	3.51	15	20
4	101.6	49	0.073	1.9	0.35	3.87	11	18
5	127.0	45	0.082	2.1	0.35	4.22	10	15
6	152.4	45	0.082	2.1	0.42	4.92	9	13
8	203.2	45	0.082	2.1	0.42	5.27	8	10

Tabla II.- Programa para corte de acero suave (bajo carbono).

Las limitaciones del corte con gas oxicom bustible son que el acabado del corte requiere limpieza adicional para preparar las juntas y, otro más importante, que el uso de calor puede afectar la zona de corte, produciendo una dureza muy alta.

Las figuras 3.2.2 muestran superficies de metal con errores comunes en cortes con oxígeno y sus posibles causas.

Corte por arco y aire (AAC).

Este proceso utiliza un electrodo de carbón para crear el arco que funde el metal, y aire comprimido de alta presión para remover el metal fundido figura 3.2.3

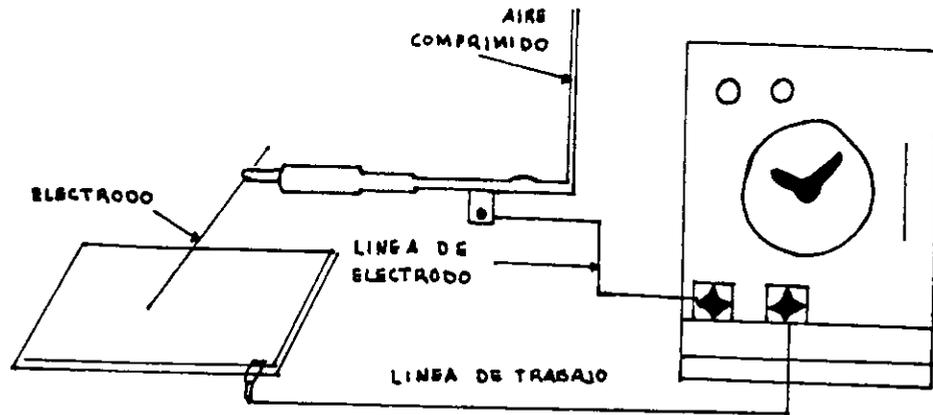


figura 3.2.3

El proceso se usa para cortar metal, para eliminar áreas defectuosas del depósito, para eliminar soldadura de respaldo (primer cordón) en soldaduras de penetración completa y para preparar incisiones * para la soldadura. El área de corte es pequeña y, puesto que el metal se funde y se elimina rápidamente, el área circundante no alcanza altas temperaturas. Esto reduce la tendencia hacia la distorsión * o fisuración.

La desventaja es el ruido producido durante su uso y la expulsión de partículas metálicas con temperaturas elevadas.

*

Incisiones.- Hendidura que se hace en algunos cuerpos cortante.

Distorsión.- torsión de una parte del cuerpo, deformación.

Corte por arco de plasma (PAC).

El corte por arco de plasma es un proceso que usa un arco restringido y elimina el metal fundido con una boquilla de expulsión a alta velocidad con gas ionizado el cual sale del orificio restringido figura 3.2.4

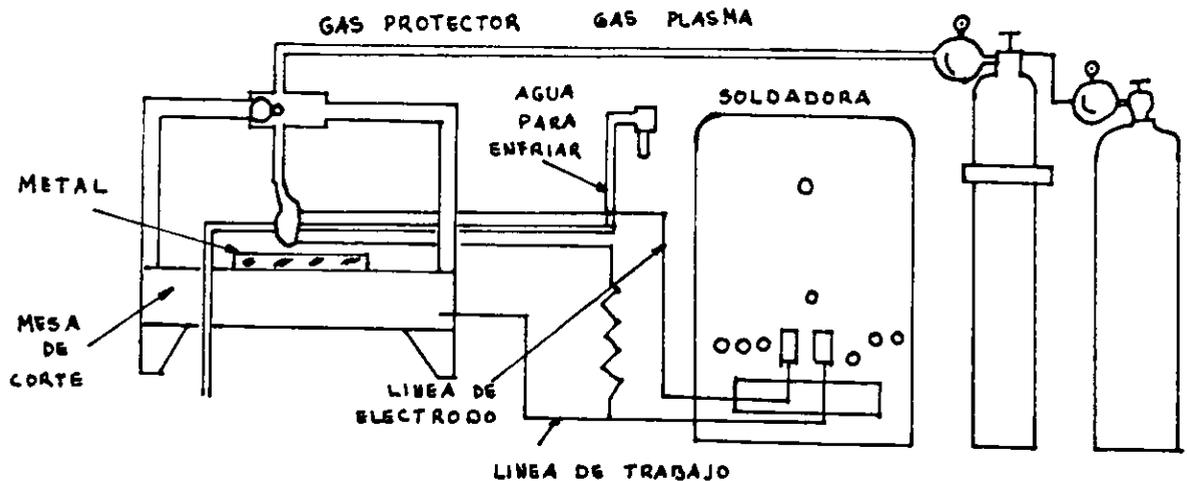
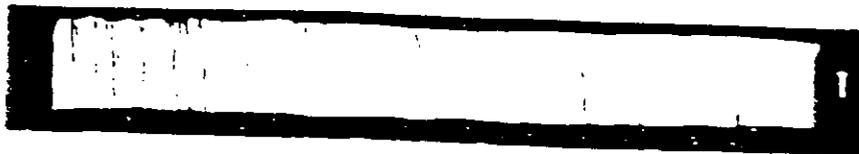
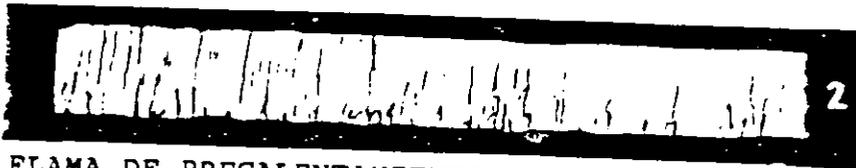


figura 3.2.4

Este proceso de corte tiene efectos metalúrgicos y físicos menos dañinos sobre los metales base que el que tienen otros procesos de corte térmicos, debido a la alta velocidad de operación que pueden emplearse. Las altas temperaturas del proceso, $16,650\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($30,000^{\circ}\text{F}$), permiten cortar metales que no pueden cortarse con otros procesos y la zona afectada por el calor no pasa los 2 mm. La superficie obtenida es tan uniforme que en una prueba macrográfica no se detectan rastros del corte. Una de las limitaciones es que la ranura es bastante amplia y el recorte de los bordes puede no ser cuadrados, además del alto costo del equipo comparado con el proceso de corte con oxígeno.



CORTE CORRECTO. LINEAS DE CORTE CASI VERTICALES



FLAMA DE PRECALENTAMIENTO DEMASIADO PEQUEÑA



FLAMA DE PRECALENTAMIENTO DEMASIADO GRANDE



PRESION DE OXIGENO BAJO LINEAS DE CORTE DISPAREJAS



PRESION DE OXIGENO ALTO SE PERDIO EL CONTROL DEL CORTE



VELOCIDAD DE CORTE DEMASIADO RAPIDA



VELOCIDAD DE CORTE DEMASIADO LENTA

Figura 3.2. Errores comunes en el corte con oxígeno.

Cortes mecánicos

Este proceso es el de mejor calidad, por su acabado, pero los altos costos del proceso y los espesores del metal hacen que su uso sea limitado. Algunos de los métodos de corte mecánicos utilizados en conjunto con la soldadura son: rebabeados, barrenados, esmerilado, cepillado, cizallado y torneado. Se utiliza en la preparación de juntas, contorno de soldaduras, corte, limpieza de superficies y remoción de defectos de soldadura.

3.3 Posiciones de prueba para la calificación de procesos de soldadura

Existen tres clasificaciones para la soldadura. Estas se basan en el tipo de soldadura realizada, posición de las soldaduras y tipo de junta.

Los dos tipos principales de soldadura son: las soldaduras de filete y las soldaduras de tope (también conocidas como soldaduras con bisel). Existen además las soldaduras de tapón y de ranura, que no son tan comunes en trabajo de campo. En la figura 3.31 y 3.3.2 se muestran las posiciones de soldadura de ranura y filete respectivamente.

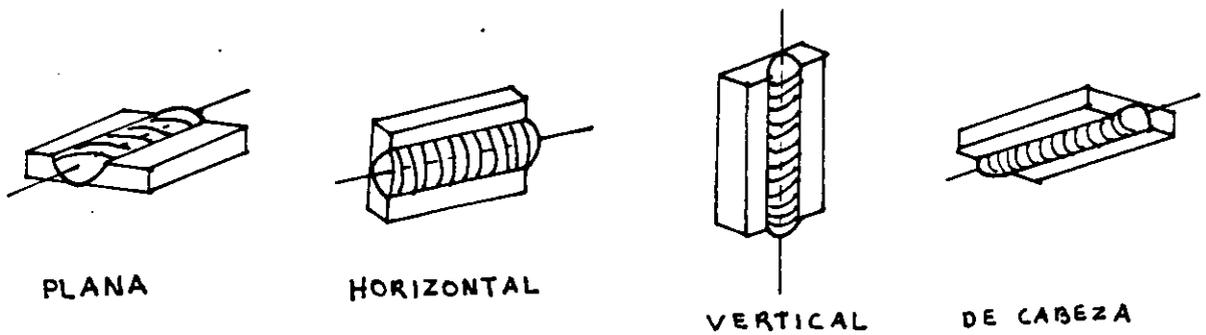


figura 3.3.1

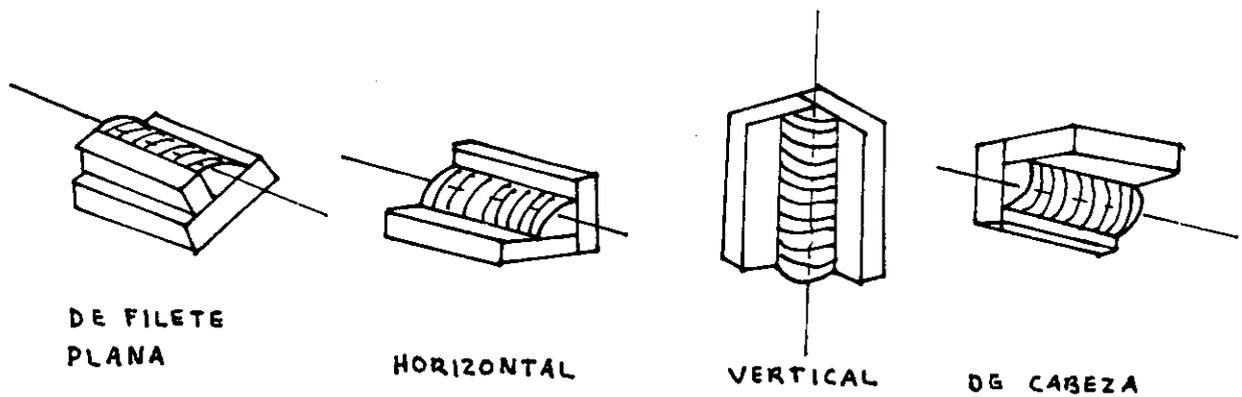


figura 3.3.2

La mayoría de las conexiones estructurales se realizan con soldadura de filete; esto es debido a que en campo es difícil que los miembros por conectar estén alineados en un mismo plano. Cuando se pueden traslapar los miembros de acero, son permisibles tolerancias mayores en el montaje, siendo las soldaduras de filete las más utilizadas.

Las pruebas han mostrado que las soldaduras de filete son más resistentes a la tensión y a la compresión que al corte, de manera que los esfuerzos determinantes en soldadura de filete, que se establecen en las especificaciones para soldadura, son esfuerzos de corte. Cuando las soldaduras de filete se prueban a la ruptura, se aprecia la falla por corte en ángulos de aproximadamente 45° a través de la garganta.

Su resistencia, por consiguiente, será igual al esfuerzo de corte permisible por el área teórica de la garganta de la soldadura. El grueso teórico de la garganta de diversas soldaduras de filete se muestra en la siguiente figura 3.3.3

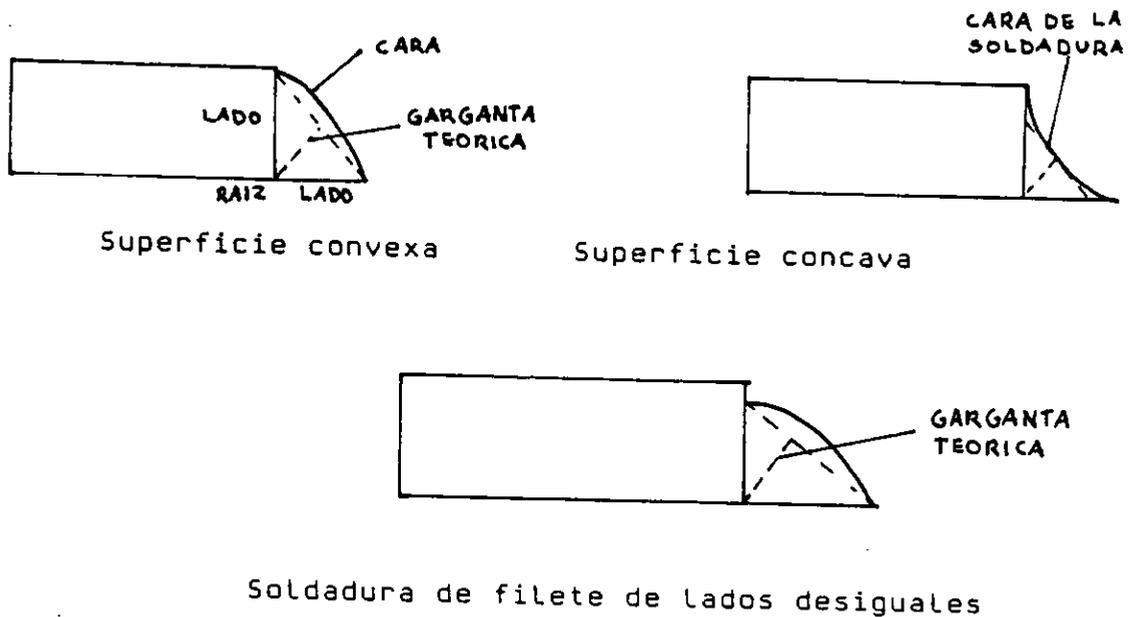


figura 3.3.3

El área de la garganta es igual al grueso teórico de la misma por la longitud de la soldadura, la raíz de la soldadura es el punto donde las superficies de las caras de las piezas del metal original se intersectan, y el grueso teórico de la soldadura es la distancia más corta de la raíz de la soldadura a la superficie externa de ella.

Para el filete de 45° o de lados iguales, el grueso de la garganta es 0.707 veces el tamaño de la soldadura, pero tiene diferentes valores para soldaduras de filete de lados desiguales. La soldadura de filete debe tener, de preferencia, una superficie plana o ligeramente convexa, esto es debido a que las contracciones en la superficie exterior no provocan tensión, si no por el contrario, como la cara se acorta, se produce compresión. En cuanto a las de superficie cóncava, podría aparecer como dando la forma ideal de la soldadura de filete, porque aparentemente los esfuerzos podrían fluir suave y uniformemente alrededor de la esquina con poca concentración de esfuerzo. Para calcular la resistencia de la soldadura de filete, el esfuerzo en una soldadura se considera igual a la carga P dividida entre el área de la garganta de la soldadura; este método se usa sin tomar en cuenta la dirección de la carga. Dentro de las soldaduras de filete se encuentran los filetes longitudinales y los filetes transversales, que son un tercio más resistentes. Esto se debe a que el esfuerzo está más uniformemente repartido en su longitud total, mientras que los filetes longitudinales se reparten en forma dispereja debido a las deformaciones que varían a lo largo de la soldadura.

Las soldaduras de tope se usan cuando los miembros que se conectan están alineados en el mismo plano; usarlas en cualquier situación implicaría un ensamble perfecto de los miembros por conectar, cosa que no es tan común en campo, sin embargo, las soldaduras a tope son bastante comunes en muchas conexiones, tales como empalmes de columnas, conexiones de patines de vigas a columnas, así como, para nuestro caso, en la conexión de secciones de pilotes.

Cuando la penetración es completa, y las soldaduras a tope están sujetas a tensión axial o compresión axial, el esfuerzo de la soldadura se supone igual a la carga dividida entre el área transversal neta de la soldadura. En la figura 3.3.4 se muestran tres tipos de soldadura a tope.

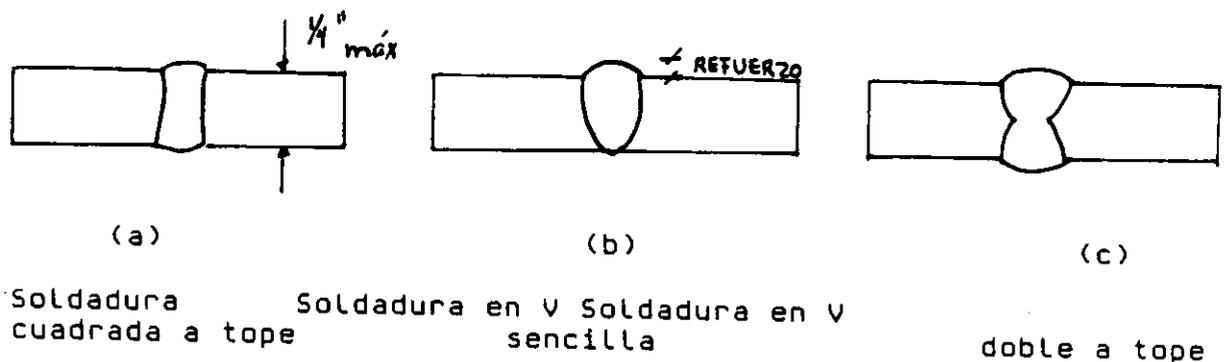


fig. 3.3.4 Soldaduras a tope

La unión sin preparación a tope, mostrada en la parte (a) de la figura, se utiliza para unir material relativamente delgado, de aproximadamente $5/16''$ (7.9 mm) de espesor. A medida que el material es más grueso, es necesario el uso de soldaduras a tope en V, y de soldaduras a tope en doble V, como se muestra en la parte (b) y (c).

En este tipo de soldadura a tope en "V" y a tope en doble "V", los miembros se biselan o preparan antes de ser soldados, para permitir la penetración total de la soldadura.

La abundancia de soldadura es metal de aportación que hace mayor la dimensión de la garganta que la del espesor del material soldado. Cuando la soldadura sea por abundancia o insuficiencia, las soldaduras a tope son llamadas soldaduras de 100 por ciento, 125 por ciento, 150 por ciento, etc., según sea el espesor extra en la soldadura.

Hay dos razones principales para tener esfuerzos en las soldaduras de tope:

1. El esfuerzo da cierta resistencia extra por que el metal adicional contrarresta los poros y otras irregularidades.
2. Al soldador le resulta más fácil realizar una soldadura un poco mas gruesa que el material soldado.

Es indudable que el refuerzo origina soldaduras a tope más fuertes, cuando van a estar sujetas a cargas relativamente estáticas. Cuando la conexión va estar sujeta a cargas repetidas y vibratorias, el refuerzo no es tan satisfactorio, porque las concentraciones de esfuerzo se desarrollan en el refuerzo y contribuyen a una falla más rápida. Para este caso es necesario suministrar refuerzo y luego rebajarlo enrasandolo con el material conectado.

Una soldadura de tapón es una soldadura circular que une dos piezas, en una de las cuales se hace o las perforaciones necesarias para soldar.

Una soldadura de relleno es una soldadura formada en una muesca o agujero alargado que une un miembro con otro miembro a través de la muesca.

La soldadura puede llenar parcial o totalmente la muesca. Estos tipos de juntas pueden utilizarse cuando los miembros se traslapan y la longitud del filete de soldadura no puede obtenerse, como también, para unir parte de un miembro como en el caso de tener que fijar las cubreplacas en un miembro compuesto. Referente a su posición, las soldaduras se clasifican en: planas, horizontales, verticales y sobre cabeza, siendo las planas las más económicas y las sobre cabeza las más costosas, por la incomodidad que presentan al realizarlas. Aunque las soldaduras planas pueden realizarse a menudo con máquinas automáticas, la mayoría de la soldadura estructural se realiza a mano. Para el caso de las soldaduras de cabeza no es necesario la fuerza de gravedad para realizar buenas soldaduras, pero sí puede acelerar el proceso. Las gotitas de los electrodos fundidos pueden ser forzadas en las soldaduras por la cara inferior contra la fuerza de gravedad y obtenerse buenas soldaduras, pero estas son lentas y costosas, por lo que en lo posible deben evitarse. En la figura 3.3.5 se muestran los diferentes tipos de soldadura.

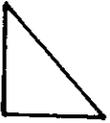
T I P O D E S O L D A D U R A							
CABEZA	FILETE	RANURA	R A N U R A				
			□	V	BISEL	U	J
							

figura 3.3.5

Las soldaduras pueden también clasificarse de acuerdo con el tipo de junta usado : a tope, traslapada en "T", de canto, en esquina, etc. Estas juntas pueden utilizarse con preparaciones tales como : ranura rectangular, en bisel simple, en bisel doble, en J simple, en J doble, en V simple, en V doble, en U simple, en U doble, y filete como se muestra en la figura 3.3.6

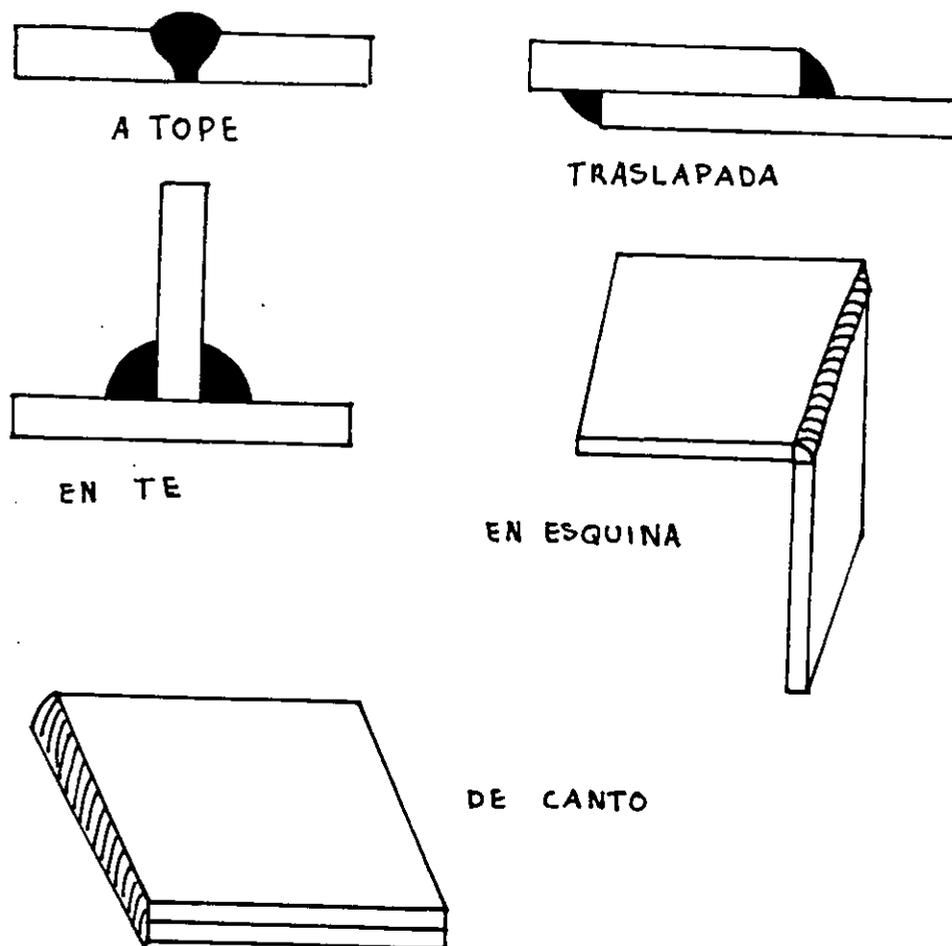


figura 3.3.6 Tipos de juntas

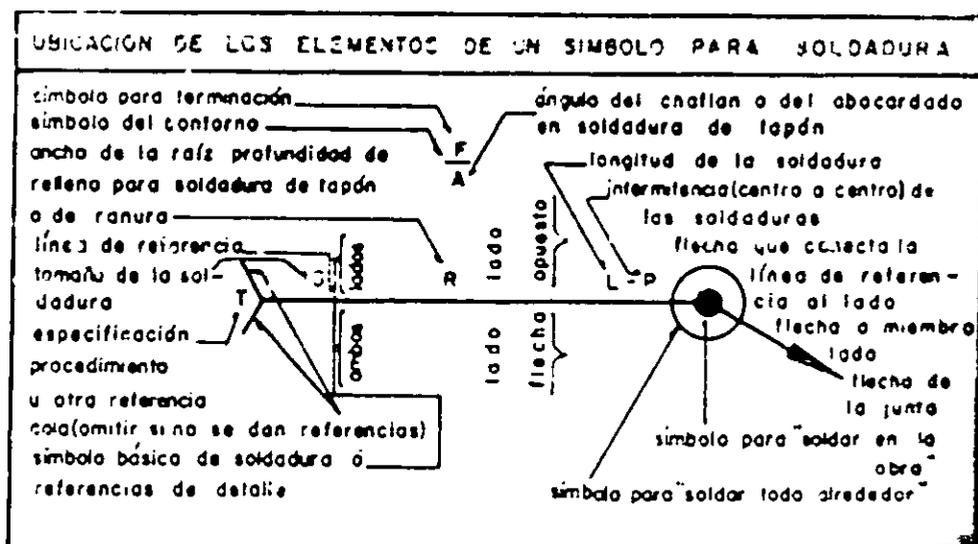
La elección entre dos o más tipos de juntas no siempre está regida por la función del diseño, sino también por el costo de la soldadura (corte, maniobra, ensamble, soldadura, etc.)

3.4 Símbolos usados en la soldadura

Mediante este excelente sistema taquigráfico, se desea dar toda la información necesaria en unas cuantas líneas y números. Este método fue desarrollado por la Sociedad Americana de Soldadura (A.W.S.). Estos símbolos ocupan un pequeño espacio en los planos y dibujos de Ingeniería, ya que eliminan la necesidad de dibujos de las soldaduras y la realización de largas notas descriptivas.

La información descrita por estos símbolos deberá contener: tipo de soldadura, tamaño, localización, configuración de la junta, acabado de la cara y raíz de la soldadura y algunas otras instrucciones especiales (tales como uso de pruebas destructivas o no destructivas).

Los símbolos de prueba no destructivos o cualquier otro métodos de prueba, pueden aparecer en forma separada de los dibujos o en combinación con los símbolos de soldadura; en ambos casos estos transmitirán cualquier información o técnica especial de aplicación como se ilustra en el esquema.



Después de conocer la clasificación de los diferentes metales de aporte, se debe elegir el más adecuado y económico, porque el costo de la calidad y el aspecto del trabajo, dependen de la selección y aplicación del metal de aporte. Muchos de los materiales de aporte son similares entre si, pero cada cual tiene ciertas características individuales que lo hacen mejor que otros para efectuar trabajos determinados. Los requisitos del trabajo son la base para la selección del electrodo, por lo que debe estudiarse cuidadosamente el trabajo a ejecutar.

Para una buena elección se pueden tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Proceso de soldadura que se está utilizando.
- Requerimientos de las normas, si los hubiere.
- Propiedades del metal base.
- posiciones de la junta.
- Tipo de junta.
- Cantidad de soldadura requerida.
- Tipo de corriente de que se dispone para soldar.

*

Junta.- Union de dos o mas materiales, empalme, costura.

Como resultado de este análisis se dan algunas instrucciones para la soldadura por el proceso del arco eléctrico:

1. Estudie las reglas de seguridad y economía que correspondan a la aplicación de este proceso, así como el método a seguir.
2. Determine la clase de materiales que han de soldarse y si es posible la utilización del proceso, según las prácticas reglamentarias.
3. La colocación de las piezas, debe ser tal, que el operario pueda maniobrar con entera libertad, eliminando las posiciones forzadas.
4. Debe efectuarse de acuerdo con las características de los metales a soldar, espesores de las piezas, así como su configuración y posición en que estén colocadas. Todas las aberturas, roturas, o piezas que hayan de soldarse, deben ser ranuradas con bisel en "V", a un ángulo de 33° por lado (66° ambos lados). La abertura en el fondo de la "V" tendrá un valor aproximadamente igual al diámetro del electrodo por usar o ligeramente menor.
5. Las superficies que van a ser soldadas deben limpiarse para remover grasas, corrosión, escamas, etc., ya que la operación requiere máxima limpieza: esta puede hacerse con el martillo pica-cinzel, cepillo de alambre, esmeril, u otras herramientas adecuadas.
6. Los puntos 4 y 5 deben observarse cuidadosamente, pues una preparación y limpieza inadecuada de la pieza, así como un tratamiento térmico defectuoso, afectaría en grande las condiciones de alineamiento, predisponiendo el trabajo al fracaso.

7. Precalentamiento, recocido *, expansión, y contracción, son factores muy importantes, ya que la omisión de uno de ellos o un control defectuoso del proceso, da lugar a infinidad de fallas en piezas de acero y otros metales. Si la soldadura se aplica a una pieza fría y pesada de acero que no ha sido precalentada, el cordón depositado actúa como una cuña que puede formar grietas (no visibles en el momento de soldar), que aumentan de tamaño al grado de provocar fallas graves tarde o temprano. Condiciones semejantes se presentan cuando el enfriamiento de las piezas soldadas, es rápido, ya que da lugar a contracciones locales, que originan grietas de cierta consideración en las piezas soldadas; por tales razones, las piezas deben precalentarse y recocerse cuidadosamente, evitando así, fallas posteriores.
8. Curso y proceso del electrodo; para obtener una buena soldadura se recomienda mover el electrodo en forma transversal a la "V" del bisel, o depositar el metal paralelo a la línea de tensión: al depositar la primera capa entre el extremo y puntos intermedios, asegúrese de obtener una fusión completa en la parte inferior de la ranura y verificar en cada nueva capa depositada que la unión (fusión) del material base y el de aporte, formen un todo homogéneo.
- Considere en todos los casos la expansión necesaria al preparar las piezas por soldar, y no pase por alto la importancia del precalentamiento y el recocido al soldar en piezas de acero.

9. Maniobras generales que son de gran importancia; estas deben tener especial cuidado en cuanto a la polaridad, posición de la unión, ajuste, longitud de arco, relleno de cráteres, socavacion, soplo magnético, planchas de espesores desiguales, velocidad de avance del arco, angulo del electrodo y oscilación del electrodo.

*

Recocido.- Caldear o calentar los metales para que adquieran de nuevo ductilidad o el temple que suelen perder al trabajarlos.

CAPITULO IV

DEFECTOS Y RECOMENDACIONES MAS FRECUENTES PARA LA SUPERVICION.

- 4.1 ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE LOS DEFECTOS DE LAS SOLDADURAS.
- 4.2 VENTAJAS DE LA SOLDADURA.
- 4.3 DIAGNOSTICO GENERAL DE FALLAS EN SOLDADURAS ELECTRICA.

4.1 Algunas observaciones sobre los defectos de las soldaduras

Socavamiento. Se emplea este término para describir: 1) La eliminación por fusión de la pared de la ranura de soldadura en el borde de una capa o cordón, con la formación de una depresión marcada en la pared lateral en la zona a la que debe unirse por fusión la siguiente capa o cordón. 2) La reducción de espesor en el metal de base, en la línea en que se unió por fusión el último cordón a la superficie. El socavamiento de ambos tipos se debe generalmente a la técnica empleada por el operador. Ciertos electrodos, una corriente demasiado alta, o un arco demasiado largo, pueden aumentar la tendencia al socavamiento.

Cráteres en la soldadura. Todo proceso de soldadura produce un cráter de soldadura. La habilidad para rellenar este cráter al terminar de soldar varía considerablemente con la corriente utilizada, el tamaño de la soldadura y otros factores. Si se comprenden estas limitaciones, y se consideran los requerimientos de servicio de la junta, no debe ser difícil decidir si debe o no rellenarse un cráter. La mayoría de los códigos hacen una indicación general relativa al rellenado de cráteres. El Código Estructural de la A.W.S. indica que todos los cráteres deberán rellenarse al tamaño de la sección completa del cordón.

A continuación se dará una forma de como rellenar estos cráteres: Inicie el arco un poco delante del cráter, demórese allí un intervalo corto y córrase hacia atrás para derretir completamente y llenar el cráter. Procedase luego como de costumbre. Para reducir a un mínimo los cráteres al finalizar un cordón, retírese el electrodo lentamente del trabajo.

Porosidad. El termino porosidad se usa para describir los huecos globulares, libres de todo material sólido, que se encuentra con frecuencia en los cordones de soldadura. Los huecos son una forma de inclusión que resulta de las reacciones químicas que tienen lugar durante la aplicación de la soldadura. Difieren de las inclusiones de escoria en que contienen gases y no materia sólida. Los gases que forman los huecos se derivan de los gases liberados por el enfriamiento del metal de la soldadura, como consecuencia de la reducción de la solubilidad al descender la temperatura y de las reacciones químicas que tiene lugar dentro de la propia soldadura. La porosidad puede restringirse evitando que la corriente sea excesiva o que la longitud de arco lo sea. Puede tener lugar un consumo elevado de los elementos desoxidantes del recubrimiento del electrodo durante la formación del depósito de soldadura, si se emplean corrientes o longitudes de arco excesivas, que dejen cantidades disponibles insuficientes para combinarse con los gases que hay en el metal fundido durante su enfriamiento. Generalmente puede clasificarse la porosidad en una de tres formas. Porosidad de dispersión uniforme, la cual es de naturaleza tal que las cavidades están dispersas o distribuidas más o menos uniformemente en todo el volumen del metal de soldadura. Las cavidades individuales pueden variar desde casi microscópicas hasta tamaños de un 1/8 de pulgada o mayores. A menudo ocurre que las cavidades se presenten en grupos o conjuntos separados por tramos considerables de metal de

soldadura libre de porosidad, esta se conoce como porosidad de grupos. Dichos grupos van asociados frecuentemente a cambios de las condiciones de aplicación de la soldadura, como, por ejemplo, cambios en las condiciones del arco cuando se detiene e inicia la soldadura al cambiar electrodo. La porosidad lineal tiene lugar en la pasada de fondo o de raíz, y se considera a menudo como un caso especial de penetración incompleta.

Inclusiones no metálicas. Se usa este termino para describir los óxidos y otros sólidos no metálicos que se encuentran a veces en forma de inclusiones alargadas y globulares en los cordones de soldadura. Durante la formación del depósito y la subsecuente solidificación del metal de la soldadura, tienen lugar muchas reacciones químicas entre los materiales (fundente) o con la escoria producida. Algunos de los productos de dichas reacciones son compuestos no metálicos, solubles sólo en cierto grado en el metal fundido. Debido a su menor densidad, tienden a buscar la superficie exterior del metal fundido, salvo que encuentren restricciones para ello. En este caso se hará mención de la inclusión de concreto en el momento de soldar la unión de los segmentos de pilote. Esta inclusión produce una reacción química que hace que se produzca una explosión del concreto desalojandolo del área de fusión. Aunque este tipo de inclusión no es muy común debe evitarse ya que la reacciones químicas que se producen propicia que se formen porosidades rellenas de escoria. La mayoría de las inclusiones de escoria pueden evitarse preparando correctamente la ranura antes de depositar cada cordón, teniendo cuidado de corregir los contornos en los que pueda dificultarse en lograr penetración completa con el arco.

La presencia de escoria en la zona de la raíz resulta cuando el electrodo es tan grade que el arco pega en el lado de la ranura en vez de pegar en la raíz. La escoria puede rodar hasta la abertura de la raíz, o bien, puede quedar atrapada en el metal de la capa de fondo. Otra fuente de escoria para el área de la raíz radica en el esmerilado o rebabeado imperfectos que se hagan en la preparación para la pasada de fondo en el lado opuesto de la placa. La escoria, el óxido y las partes salientes de metal de soldadura deben eliminarse por rebabeo o esmeril, para limpiar el metal antes de iniciar la soldadura en el lado opuesto. Si no se elimina completamente la escoria en esta forma, permanecerá en la zona de penetración.

Agrietamiento. El agrietamiento de las juntas soldadas ocurre por la presencia de esfuerzos multidireccionales localizados que en algún punto robasen la resistencia máxima del metal. Cuando se abren grietas durante la soldadura o como resultado de esta, generalmente solo es aparente una ligera deformación de la pieza de trabajo. Una zona sin fundir en la raíz de una soldadura puede dar lugar a grietas sin deformación apreciable, si dicha zona se somete a esfuerzo de tensión.

Agrietamiento del metal de soldadura. La capacidad del depósito para permanecer intacto durante la aplicación de la soldadura es función de la composición y la estructura del metal de la soldadura. Este efecto tiene más probabilidades de ocurrir en la primera capa de soldadura que en cualquier otra parte, y de no repararse continuará pasando a las demás capas al ir siendo depositadas. Cuando se encuentra el problema de agrietamiento de la primera capa de metal de la soldadura, puede lograrse mejoras

aplicando uno o más de las siguientes modificaciones.

1. Modificar la manipulación del electrodo o las condiciones eléctricas, lo que cambiará el contorno o la composición del depósito.
2. Disminuir la rapidez de avance, para aumentar el espesor del depósito, aportando con ello más metal de soldadura para resistir los esfuerzos que se están generando.
3. Auxiliarse con precalentamiento, para modificar la intensidad del sistema de esfuerzos que se está imponiendo.

En el metal de soldadura pueden presentarse tres tipos diferentes de grietas. Las grietas transversales son grietas perpendiculares al eje del cordón, y en algunos casos se ha observado que se extiende más allá del cordón y hasta el interior del metal de la placa. Las grietas longitudinales se presentan predominantemente dentro del metal de soldadura, y están confinadas por lo general dentro de la misma. La única forma de remediar esta situación para cualquier combinación dada del metal de aporte y metal de base, es cambiando todos los ajustes de la máquina de soldar. Estos tres tipos de grietas se ilustran en la figura 4.1.1

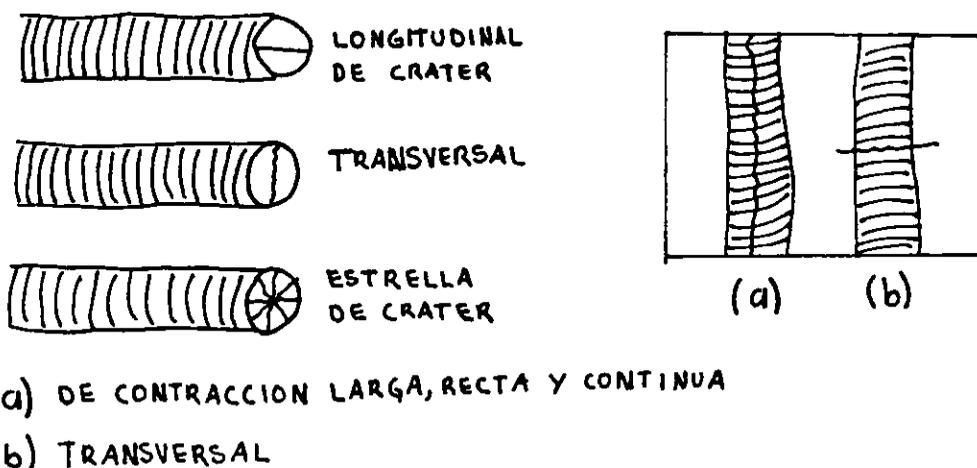


figura 4.1.1

Fusión incompleta. Aquí se emplea en un sentido más restringido para describir la situación en que no se logra fusión entre las capas adyacentes del metal de la soldadura, o entre este y el metal de la base. La falta de fusión puede deberse a:

1) Que no se eleve la temperatura del metal de base en la zona de la soldadura y en la zona adyacente a esta, ni la temperatura del metal de soldadura depositado previamente hasta el punto de fusión.

2) Por no disolverse (por fundente incorrecto) los óxidos y otros materiales extraños presentes en las superficies a las que debe integrarse por fusión el metal depositado.

La falta de fusión se evita mejor asegurándose de que las superficies por soldar estén libre de material extraño perjudicial, y utilizando operadores de máquinas de soldar que hayan demostrado adecuadamente su capacidad para hacer buenas soldaduras.

Penetración incompleta. Esta expresión se usa para describir la situación en que el metal depositado y el metal de base no se funden en forma integral en la raíz de la soldadura. Puede ser ocasionada porque la cara de la raíz de la soldadura de ranura no alcance la temperatura de fusión a toda su altura, o porque el metal de la soldadura no llegue a la raíz de una soldadura de filete, y deje un hueco ocasionado por el punteo del metal de la soldadura desde un miembro al otro. Aunque la penetración incompleta puede deberse a unos cuantos casos a la falta de disolución de los óxidos e impurezas de la superficie, las condiciones de transmisión de calor que existen en la junta son una fuente más frecuente de este defecto.

La penetración incompleta es indeseable, particularmente si la raíz de la soldadura está sujeta ya sea a tensión directa o esfuerzos flexionantes. La causa más frecuente de este tipo de defecto es un diseño de ranura inadecuado para el proceso de soldadura que se aplique o para las condiciones reales de construcción. Cuando se suelda una ranura desde un lado solamente, no es muy probable que se logre penetración completa en forma consistente con el proceso de arco metálico si es adecuada la abertura en la raíz. También sucede esto si la abertura en la raíz es demasiado pequeña, o si el ángulo que forman los lados de la ranura en V es demasiado pequeño. Cualquiera de estos factores dificulta reproducir los resultados de prueba bajo las condiciones reales de construcción. Si se sabe que el diseño es adecuado, puede resultar una penetración incompleta si se usa un electrodo demasiado grande, un régimen de avance anormalmente grande, o una corriente de soldadura insuficiente.

4.2 Ventajas de la soldadura

Actualmente es posible hacer uso de las muchas ventajas que la soldadura ofrece, ya que los temores de fatiga e inspección han sido eliminados casi por completo. Algunas de las muchas ventajas de la soldadura, se presentan en los párrafos siguientes:

- 1.- Una de las mas importantes ventajas que ofrece, esta en el área de la economía, ya que el uso de la soldadura permite grandes ahorros en el peso del acero utilizado. Las estructuras soldadas permiten eliminar un gran porcentaje de las placas de unión y de empalme, tan necesarias en las estructuras remachadas o apernadas, así como la eliminación de las cabezas de remaches o tornillos, como también en la unión de secciones de pilotes de acero de gran tamaño en donde seria imposible los remachados o apernados por la dificultad que presentarían al ser hincados. La soldadura también requiere un trabajo apreciablemente menor que el necesario para el remachado, por que un soldador puede reemplazar a la cuadrilla normal remachadora de cuatro hombres.
- 2.- La soldadura tiene una zona de aplicación mucho mayor que el remachado o apernado: Como ejemplo considérese un pilote de acero de sección circular la dificultad para conectar a otra sección cuando el pilote es demasiado grande con remaches o pernos. Una conexión remachada o apernada puede ser virtualmente imposible, pero una unión soldada, cualquiera que sea, no presentara dificultades.

- 3.- Las estructuras soldadas son estructuras mas 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 mas flexible a la estructura completa.
- 4.- El proceso de fusionar las partes por unir, hace a las estructuras realmente continuas, esto se traduce en construcción de una pieza y puesto que las juntas soldadas son tan fuertes o mas que el metal base, no se presentan restricciones en las uniones. Esta ventaja de la continuidad ha permitido la erección de un sin fin de estructuras de acero estáticamente indeterminadas, esbeltas y agraciadas.
- 5.- Es mas fácil realizar cambios en el diseño y corregir errores durante el montaje y a menor costo, si se usa soldadura.
- 6.- Otro detalle que a menudo es importante es el silencio al soldar. Por la importancia de este hecho cuando se trabaja cerca de hospitales o escuelas.
- 7.- Se requieren menos precauciones de seguridad para el publico en áreas congestionadas en comparación con las necesarias para una estructura remachada donde el lanzamiento al aire de los remaches calientes es indispensable.
- 8.- Se usan menos piezas y, como resultado, se ahorra tiempo en detalle, fabricación y montaje en la obra.

La aplicación de la soldadura en la industria de la construcción y en la manufactura general de la ingeniería establecen un riguroso control de calidad. En la actualidad, se acepta como eficiente, en la mayoría de las aplicaciones, una soldadura cuyas propiedades mecánicas resulten superior o igual a las del metal base como ya se dijo anteriormente. Estos valores tienen una importancia grande en el diseño, y son estudiados con respecto al método empleado para soldar, condiciones del material, capacidad técnica del operario, etc. Una soldadura eficiente debe ser realizada sobre la base de mantener los siguientes conceptos:

- a).- Calidad del metal base.
- b).- Calidad del metal de aportación.
- c).- Capacidad de la mano de obra.
- d).- Eficiencia de organización de trabajo.
- e).- Criterio en el control de las operaciones tecnológicas.

4.3. Diagnóstico general de fallas en soldadura eléctrica con sus causas posibles y formas de remediarlas.

FALLA	CAUSA POSIBLE	SOLUCION
Penetración incompleta	<ul style="list-style-type: none"> a.- Junta mal diseñada b.- Alta velocidad c.- Baja corriente d.- Electrodo grande 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Compruebe abertura y dimensión en el ángulo de la junta b.- Reduzca velocidad de trabajo c.- Aumente la corriente d.- Use electrodo mas chico.
Mala apariencia	<ul style="list-style-type: none"> a.- Corriente alta o baja. b.- Uso mal del electrodo. c.- Electrodo defectuoso. 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Ajuste bien la corriente. b.- Compruebe el método de soldar. c.- Cambie de electrodo.
Se producen rebajos	<ul style="list-style-type: none"> a.- Corriente muy baja b.- Arco muy largo c.- Mal empleo del arco d.- Solda muy rápido 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Baje la corriente b.- Acorte el arco c.- Rellene los rebajos y continúe a la velocidad correcta de deposito.
Perforación	<ul style="list-style-type: none"> a.- Material extraño en la junta 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Limpie la junta y elimine oxidación, escamas, escoria etc.
soplo magnético excesivo	<ul style="list-style-type: none"> a.- El soplo magnético desvía o disipa el arco. 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Cambie de electrodo de C.A., Compense el soplo del arco con el ángulo del electrodo. Revise la conexión de la grapa de tierra. Aumente la superficie en el metal base disminuyendo la intensidad del campo.
Chisporroteo excesivo	<ul style="list-style-type: none"> a.- Corriente muy alta b.- Arco muy largo c.- Exceso de soplo d.- Electrodo defectuoso. 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Baje la corriente b.- Acorte el arco c.- Ver soplo magnético. d.- Cambie de electrodo.

Demasiada escoria	<ul style="list-style-type: none"> a.- Junta con defectos de diseño b.- Alta viscosidad del metal depositado y baja temperatura de soldar. 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Revise la preparación de la junta antes de soldar, evitando contornos difíciles de penetrar b.- Precaliente para tener mayor cantidad de calor.
Soldaduras porosas	<ul style="list-style-type: none"> a.- Deposito muy rápido b.- Corriente baja c.- Exceso de azufre e impurezas 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Disminuya la vel. de deposito b.- Aumente la corriente c.- Use electrodo de bajo hidrógeno.
Soldaduras agrietadas	<ul style="list-style-type: none"> a.- Electrodo defectuoso b.- Demasiada rigidez en la junta c.- Cordón inadecuado d.- Hay cráteres e.- Enfriamiento rápido 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Use electrodo de bajo hidrógeno b.- Rediseñe la junta c.- Use electrodo de rápida solidificación. d.- Regrese a rellenar e.- Precaliente y postcaliente.
Deformación	<ul style="list-style-type: none"> a.- Junta mal diseñada b.- Sobre calentamiento c.- Velocidad lenta d.- Soldadura desordenada e.- Sujeción inadecuada de la pieza. 	<ul style="list-style-type: none"> a.- Rediseñe la junta para compensar contracción y dilatación b.- Baje la corriente c.- Aumente la vel. de deposito. d.- Revise el orden de soldar. e.- Sujete correctamente el metal b.
Soldaduras quebradizas	<ul style="list-style-type: none"> a.- Electrodo inadecuado b.- Tratamiento térmico incorrecto c.- Deposito endurecido por el aire. d.- Falla en el metal base. 	<ul style="list-style-type: none"> a.- use electrodo de bajo hidrógeno b.- Revise el tratamiento térmico c.- Use electrodos austeníticos. d.- Cambie el metal base, si es posible soldé sin penetración y haga que el arco se dirija hacia el metal fundido.

C.A.- corriente alterna

Electrodo austenítico.- este tipo de electrodo es de acero inoxidable preparado a base de hierro, es resistente a la corrosión y tiene alta resistencia a la tensión

CAPITULO V

CONTROL DE CALIDAD

5.1 CALIDAD DE LA SOLDADURA

5.2 METODOS DE EVALUACION

5.3 CERTIFICADOS Y CALIFICACION DE LOS SOLDADORES

5.1 Calidad de la soldadura

La calidad de soldadura es una expresión cuyo significado depende del uso que se da a la soldadura. Las soldaduras de calidad se pueden clasificar como buenas y muy buenas.

Las buenas soldaduras son las que cumplen con los requisitos de aspecto y que a la vez se comportan de acuerdo con lo previsto hasta que son retiradas del servicio por decisión del usuario.

Las soldaduras muy buenas son las efectuadas bajo condiciones de intenso control de calidad y para las cuales la única diferencia es el aumento del costo de producción.

Para determinar si una soldadura es muy buena existen métodos de prueba que se le hacen a la soldadura, estos métodos de evaluación se clasifican en:

- Métodos de prueba destructivos
- Métodos de prueba semidestructivos
- Métodos de prueba no destructivos

El primer paso a seguir para llevar un control de calidad es hacer que el departamento de diseño o de ingeniería determine el grado de calidad que se requiere para cada soldadura en particular. Después de determinar el grado de calidad de las soldaduras, se prepara una hoja de procedimiento de aplicación. Si después de probar un cierto número de soldaduras se encuentra que estas tienen características de desempeño en exceso de las normales, debe modificarse el procedimiento de aplicación y hasta el diseño mismo de la junta. Cualquiera que sea la configuración de la junta o el procedimiento de aplicación, deben calificarse los procedimientos de soldadura antes de aplicarse.

Si no es posible probar el procedimiento en partes reales de producción, deben soldarse imitaciones de la junta en cuestión, usando el mismo tamaño, tipo y forma de la pieza de trabajo y del metal de aporte. Si el soldador que ha de ejecutar el trabajo califica también el procedimiento, la calidad de las soldaduras producidas puede usarse también como verificación final de la habilidad del soldador.

Durante la aplicación de la soldadura, el inspector debe comprobar que se este cumpliendo con todos los requerimientos de la hoja de procedimientos. Cuando se hacen soldaduras de varias pasadas, el inspector puede recurrir a una norma de calidad de la mano de obra. En la figura 5.1.1 se indica la forma en que pueden prepararse tales normas.

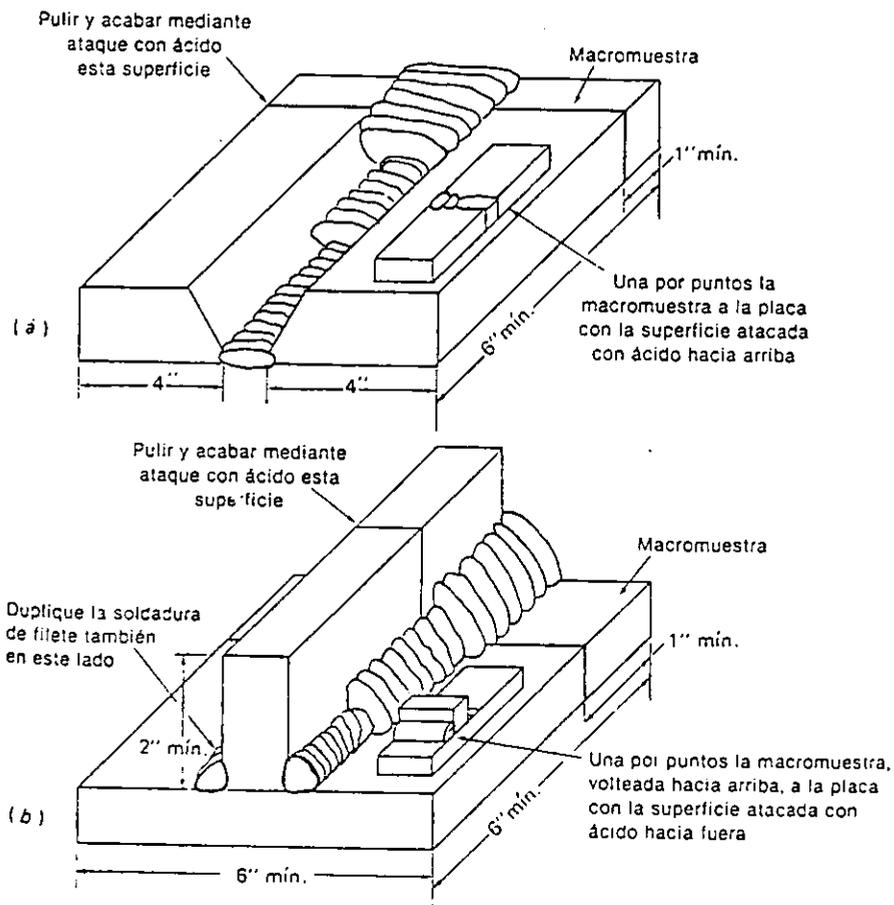


figura 5.1.1

Estas se basan en secciones de juntas semejantes a las que se encuentran en la manufactura, en las que se ilustran las proporciones de las capas sucesivas de soldadura.

La primera capa, o pasada de raíz, es la más importante desde el punto de vista de la solidez y confiabilidad finales. Por la geometría de la junta, el volumen relativamente grande del metal base, en comparación con el del metal de soldadura de la pasada de la raíz, el hecho de que la placa pueda estar fría, y la posibilidad de que el arco pueda no llegar exactamente a la raíz, el metal de la pasada de la raíz se enfría rápidamente, y tiende a atrapar escoria o gas que son difíciles de remover al hacer las pasadas subsiguientes.

Después de haber terminado la soldadura, el inspector verifica el conjunto soldado en busca de datos tales como:

- Exactitud dimensional del conjunto.
- Conformidad con los requerimientos del dibujo.
- Aceptabilidad de las soldaduras respecto a aspecto (regularidad, rugosidad de superficie, y salpicaduras de soldadura).
- La presencia de cráteres vacíos, picadas, socavamientos, traslapes, y grietas.

El tamaño y contorno de los cordones de soldadura se verifican usualmente con un calibrador de soldaduras como el que se ilustra en la figura 5.1.2.

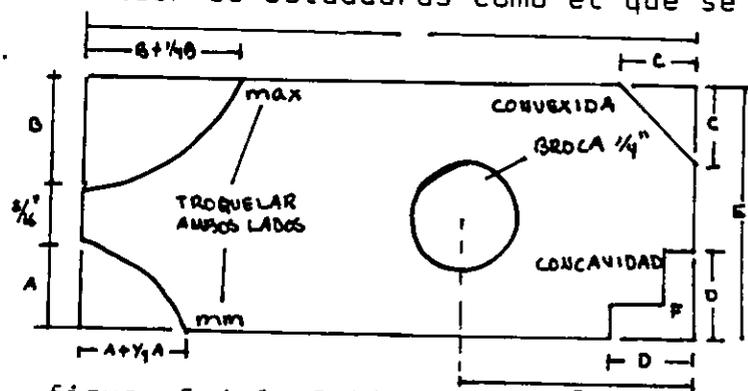


figura 5.1.2 Calibrador

Este calibrador se usa solo para cordones de filete. El tamaño de la soldadura se define en función de la longitud del cateto. Con el calibrador se determina si el tamaño está o no dentro de los límites permitidos, y si hay concavidad o convexidad excesivas. Tal calibrador se hace para usarse en juntas entre superficies que sean perpendiculares.

Para las soldaduras de ranura se considera que el ancho de una soldadura de ranura terminada debe estar de acuerdo con el ángulo requerido de la ranura, la cara de la raíz, y la abertura en la raíz.

5.2 Métodos de evaluación

En la actualidad las pruebas en las uniones soldadas resultan absolutamente indispensables para poner en evidencia la eficiencia de la unión y controlar la seguridad de la misma, con respecto a las condiciones de trabajo de la pieza. Para lograr este objetivo, los elementos componentes de una junta soldada, metal base y metal de aporte, deben ser sometidos a los métodos de prueba que se especifiquen en el contrato. Estos métodos se clasifican en destructivos, semidestructivos y no destructivos.

Métodos de prueba destructivos

Este método es usado para describir un proceso de evaluación de una soldadura mediante una técnica que destruye el espécimen de prueba o destruye su habilidad para funcionar en su aplicación de diseño. Las pruebas destructivas según su técnica de aplicación pueden clasificarse en tres tipos: químicas, metalográficas y mecánicas.

Pruebas químicas

Son usadas para determinar la composición química o resistencia a la corrosión de los metales y asegurar que estos cumplan con los requerimientos químicos establecidos en los códigos o especificaciones. Los defectos en las juntas soldadas, tales como fisuras u otros defectos persistentes, son algunas veces causados por la variación en la composición química del metal de aporte o del metal base, por lo que debe determinarse que la composición química del metal de aporte sea en términos de especificaciones, del mismo rango que el del metal base.

Pruebas metalográficas

Estas pruebas básicamente consisten en extraer una sección de la unión soldada y prepararla para que sea examinada en forma visual o con la ayuda de microscopio. Dependiendo de la cantidad de aumentos que se utilicen en la prueba pueden clasificarse en pruebas macrográficas o prueba micrografica. En las pruebas macrográficas se utilizan aumentos de 10x o menos y sirven para detectar características tales como : profundidad de fusión, profundidad de penetración, tamaño de garganta efectiva, presencia de discontinuidades, configuración de la soldadura, numero de pasadas, etc..

Para las pruebas micrográficas se utilizan aumentos mayores de 10x y generalmente , con este tipo de pruebas se determinan constituyentes microestructurales, presencia de inclusiones, defectos microscópicos, naturaleza de fisuras, etc.

Estas pruebas son útiles en problemas tales como análisis de falla, clasificación de soldadores y pruebas de control de proceso.

Pruebas mecánicas

Este tipo de pruebas se usa generalmente para determinar las propiedades mecánicas tanto del metal base como las del metal de aporte. Las propiedades mecánicas tales como la resistencia a la tensión, resistencia a la fluencia, dureza, ductilidad, y tenacidad, entre otros son elementos esenciales en el diseño de las uniones soldadas.

Prueba de tensión.

De todas las pruebas mecánicas, la de tensión es una de las que proporciona mayor información a cerca del material. Dentro de las propiedades; mecánicas mas importantes que pueden determinarse

con esta prueba se incluyen :

- Resistencia a la tensión
- Resistencia a la fluencia
- Ductilidad
- Tenacidad

La resistencia a la tensión se considera como el cociente de la carga axial máxima aplicada sobre la muestra, dividida entre el área de la sección transversal original y se obtiene directamente de la lectura de la escala de la maquina de prueba.

La resistencia a la fluencia se define como la carga por centímetro cuadrado del área de la sección transversal registrada en el punto en donde la deformación se incrementa sin que se incremente la carga. Esta resistencia se obtiene de la escala de la maquina de prueba justo en el momento en que la aguja hace un alto total.

Ductilidad se determina haciendo mediciones comparativas del espécimen de tensión antes y después de la prueba. El porcentaje de la diferencia describe la cantidad de ductilidad presente.

Los dos métodos para determinar la ductilidad son: % de elongación y porcentaje (%) de reducción de área.

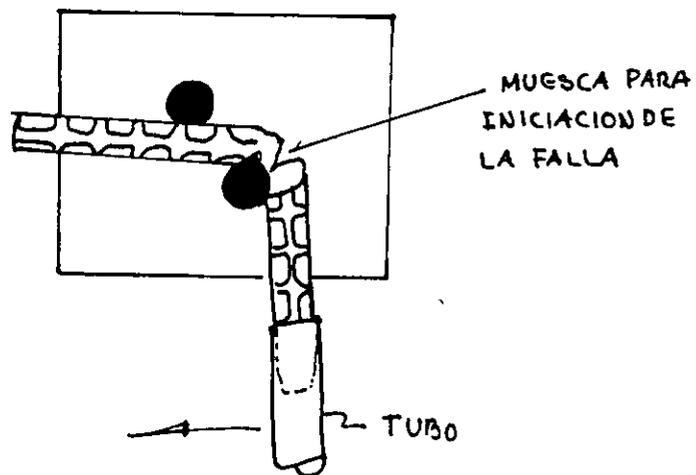
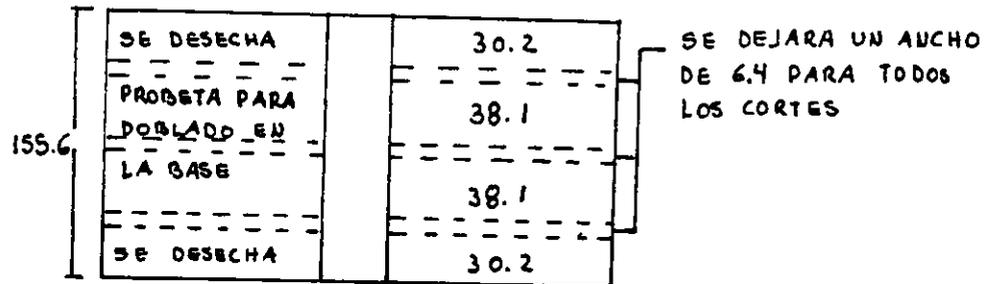
Tenacidad esta propiedad describe la habilidad de los materiales para absorber energía y puede determinarse como el área bajo la curva esfuerzo- deformación . Este es un valor de la energía que puede absorber un material cuando la carga es aplicada gradualmente. Sin embargo, cuando la carga es aplicada rápidamente, la tenacidad se obtiene con la prueba de impacto.

El propósito de la prueba de tensión es mostrar simplemente si la zona soldada tendrá un comportamiento similar al del metal base.

Prueba de sanidad

La prueba de sanidad se utiliza para la calificación de procesos de soldadura o la calificación de soldadores y los especímenes son extraídos de las placas utilizadas para la calificación, con la finalidad de determinar la sanidad del metal base o el metal de aporte.

La prueba de sanidad más comúnmente conocida es la prueba de doblado, la cual dependiendo de la orientación de la cara de la soldadura con respecto a la acción del doblado se denomina prueba de doblado en la raíz, doblado en la cara, o doblado lateral como se muestra en la siguiente figura



Otra de las pruebas de sanidad es la prueba de malla, generalmente utilizada para inspeccionar la sanidad interna de los depósitos de soldadura; se aplica en las uniones soldadas de acero estructural, tuberías y varillas de acero de refuerzo. La importancia de este método no se encuentra en la forma de rompimiento del espécimen si no en la cantidad de discontinuidades presentes en la zona soldada de la superficie de la fractura.

Métodos de prueba semidestructivos.

Las pruebas semidestructivas son un método que se aplica comúnmente para reforzar una inspección visual de manera relativamente mas económica. Este método afecta de manera parcial al elemento, es decir se utiliza después que se han aplicado las pruebas. El equipo mayormente usado para la ejecución de este método es el equipo de arco-aire (el cual también se utiliza también para corte) o simplemente un esmeril. La manipulación queda a cargo del soldador, pero deberá tener cuidado porque los soldadores muy hábiles pueden ocultar los defectos durante la manipulación.

Este método es poco usual, pero es una excelente herramienta de trabajo para corroborar un rechazo realizado en una inspección visual.

Métodos de prueba no destructivos.

Los métodos de prueba no destructivos son empleados para evaluar la aceptabilidad de los objetos de prueba sin afectarlos y dejarlos preparados para ser puestos en servicios si resultan aceptables.

Los métodos de prueba no destructivos mas comunes que son empleados para la evaluación del metal base y depósitos de soldadura son:

- a).- Prueba visual (VT).
- b).- Líquidos penetrantes (PT).
- c).- Partículas magnéticas (MT).
- d).- Pruebas radiográficas (R).
- e).- Pruebas de ultrasonido (UT).

a).- Prueba visual (VT).

La inspección visual es un método de prueba en el que se confía la detección de ciertas fallas a la vista humana por lo que su principal limitación es que solamente se pueden detectar discontinuidades que aparecen en la superficie que esta siendo evaluada.

Sin embargo, en la inspección de soldadura, esta limitación puede salvarse aplicando esta inspección en todas las etapas de fabricación incluyendo: antes, durante y después de soldar. A continuación se mencionan algunas particularidades que deben ser evaluadas en los varios puntos de la secuencia.

Antes de soldar

- 1.- Revisar la documentación relacionada a los requerimientos aplicables de soldadura (planos, Especificaciones, normas, etc.)
- 2.- Checar los procedimientos de soldadura.
- 3.- Checar la calificación de los soldadores.
- 4.- Desarrollar un plan para la ejecución y la forma de anotar los resultados.
- 5.- Desarrollar un sistema para marcar y controlar los elementos rechazados.
- 6.- Revisar las condiciones en que se encuentra el equipo para soldar.
- 7.- Revisar la aceptabilidad del metal base y el metal de relleno.
- 8.- Checar la cantidad y precisión de las preparaciones de las juntas por soldar.

- 9.- Checar el ensamble y el alineamiento de los elementos por soldar.
- 10.- Checar la limpieza de la zona por soldar.
- 11.- Checar el precalentamiento cuando este sea requerido.

Durante la soldadura

- 1.- Evaluar la técnica de soldadura para que cumpla con el proceso de soldadura aplicable.
- 2.- Checar la limpieza en las interfases de la soldadura.
- 3.- Checar la temperatura de interfases cuando esta sea requerida.
- 4.- Checar la aplicación y secuencia de las pasadas intermedias en una soldadura de pasadas múltiples.
- 5.- Checar la aplicación y secuencia de segmentos de soldadura.

Después de soldar

- 1.- Checar la apariencia superficial de la soldadura terminada.
- 2.- Checar el tamaño de la soldadura.
- 3.- Checar la(s) longitud(es) y distancia(s) del espaciamiento de la soldadura intermitente cuando esta sea requerida.
- 4.- Ejecutar y recomendar pruebas no destructivas que se requieran.
- 5.- Dar un seguimiento adecuado a los tratamientos térmicos después de soldar cuando estos sean requeridos.

Como se puede observar la ventaja de la inspección visual es que requiere muy poco equipo, lo que lo hace económico y portátil; además, el uso de lentes de aumento con fuente de luz blanca o natural, dispositivos de medición tales como: reglas de medición, escantillones para soldadura de filete y plantillas para medir ángulos de preparaciones refuerzo figura 5.2.2, ayudan a mejorar la confiabilidad de la inspección visual.

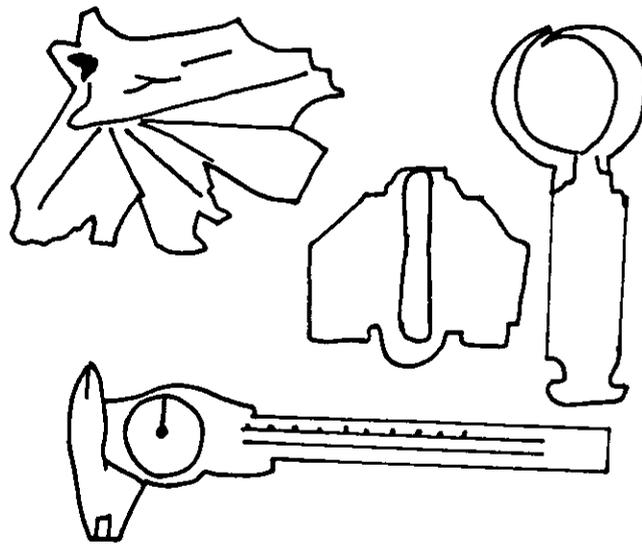


figura 5.2.2.

Los códigos y estándares siempre estipularan la ejecución de la inspección visual en su nivel mínimo de evaluación de aceptación o rechazo. Cuando se especifiquen otros métodos de prueba, será para complementar y reforzar la inspección visual básica. La figuras 5.2.3 muestran defectos detectados en la inspección visual.



CORDON IRREGULAR

FALTA DE FUSION EN EL BORDE DE LA SOLDADURA

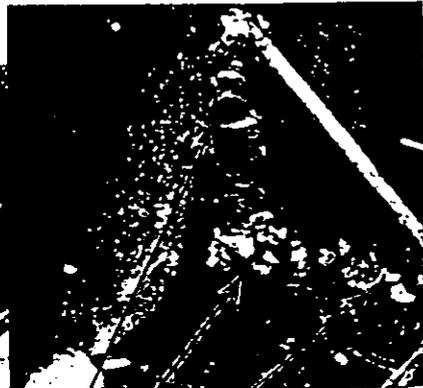


POROSIDAD

CORDON IRREGULAR EN EL EXTREMO DE LA SOLDADURA



FALTA DE FUSION DEBIDO A LA CONVEXIDAD DEL CORDON



FUSION MUY POBRE DEBIDO A LA IRREGULARIDAD DEL CORDON

figura 5.2.3 Defectos en la inspección visual

b).- Líquidos penetrantes (PT).

La inspección con líquido penetrante es un método no destructivo para localizar grietas superficiales y pequeños poros invisibles a simple vista. La prueba de líquidos penetrantes es un método general de cuatro pasos a seguir, que lo hacen relativamente fácil de ejecutar. El primer paso es limpiar perfectamente la superficie del objeto de prueba. Después de la limpieza, el siguiente paso es aplicar un líquido penetrante el cual permanece por un período de tiempo sobre la superficie del objeto de prueba para permitir que penetre en las discontinuidades.

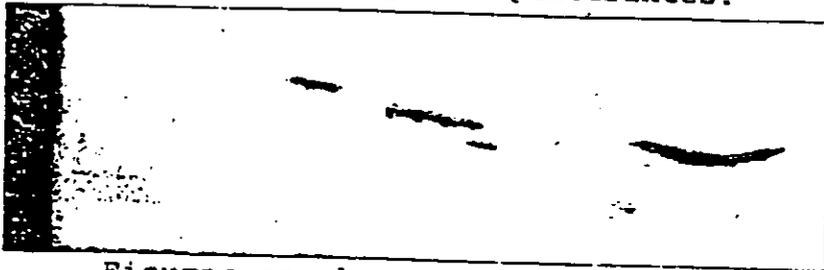
Los siguientes pasos son la aplicación de un removedor que elimine completamente el líquido penetrante de la superficie y posteriormente aplicar un revelador, el cual puede ser un polvo seco o uno suspendido en un líquido volátil, para mostrar las discontinuidades superficiales visibles.

Entre las limitantes de esta prueba se encuentra el hecho de que no se puede utilizar para detectar discontinuidades internas; la superficie del objeto de prueba no debe ser rugosa, por este motivo en las soldaduras se presentan dificultad para evaluar las discontinuidades. Así mismo, es necesario limpiar las superficies de prueba una vez que esta ha sido concluida.

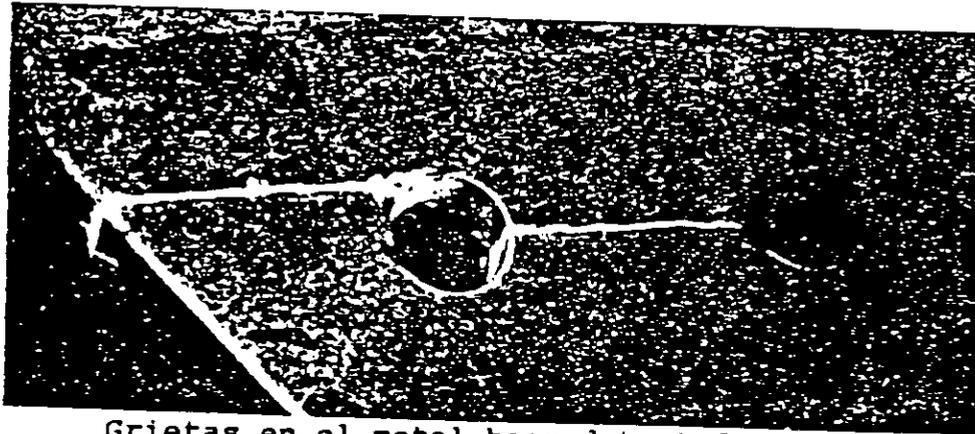
Las pruebas con líquidos penetrantes son más comúnmente usadas en las industrias que se interesan por las condiciones superficiales del material. Se usa ampliamente en materiales magnéticos los cuales no pueden ser evaluados con partículas magnéticas. La figura 5.2.4 muestran un ejemplo de aplicación del método de líquidos penetrantes.



Enfriamiento brusco del elemento detectado por medio de líquidos penetrantes.



Fisuras en el metal base detectadas con líquidos penetrantes.



Grietas en el metal base detectadas con líquidos penetrantes.

c).- Partículas magnéticas (MT).

La inspección por partículas magnéticas es un método para localizar y definir discontinuidades en los materiales magnéticos. Es excelente para detectar defectos superficiales en soldaduras, ya que revela discontinuidades que son demasiado finas para apreciarse a simple vista.

El principio general de la prueba de partículas magnéticas es la creación de un campo magnético en la cual las líneas de fuerza magnéticas tienden a viajar de un polo a otro, designados como polo norte y polo sur, en forma paralela una línea de otra.

Cuando existe una discontinuidad en el elemento de prueba magnetizado, las líneas de flujo tienden a dejar el elemento magnético para viajar a través del aire que se encuentra en la discontinuidad. Si en ese momento se aplican partículas magnéticas (generalmente limadura de hierro) éstas serán atraídas y retenidas en el lugar de la discontinuidad para proporcionar una indicación visual en su existencia.

Para la aplicación de la prueba de partículas magnéticas, existen dos formas de campos magnéticos llamados longitudinal y circular, y en cualquiera de estos las discontinuidades se detectan perpendiculares a las líneas de flujo.

En la inspección de soldaduras se utiliza un electroimán en forma de horquilla (yoke) para crear campos magnéticos longitudinales o la técnica picar (prod) para crear campos magnéticos circulares. Las piezas por inspeccionar deben estar limpias y secas. La limpieza a cepillo de alambre y a chorro de arena son métodos satisfactorios para limpiar soldaduras, puesto que, la rugosidad de la superficie hace decrecer la sensibilidad, tiende a distorsionar el campo magnético, e interfiere mecánicamente con

La formación de las figuras de las partículas.

d).- Estudios radiográficos (R).

Este método de prueba aprovecha la posibilidad que ofrecen las radiaciones de onda corta, como los rayos X y los gamma, de penetrar a través de objetos opacos a la luz ordinaria. Estos rayos tienen la propiedad por su longitud de onda más corta que la de la luz. Los rayos X son provocados por el bombardeo electrónico del Tungsteno. Los rayos gamma son el resultado de la descomposición de elementos radioactivos dentro de los cuales los más utilizados para las radiografías industriales son: Iridio 192, Cobalto 160, y Cesio 137. De acuerdo con lo anterior el Cobalto 60 es el más utilizado ya que además tiene un factor gamma alto, punto focal muy pequeño, bajo costo y se puede manejar con mayor seguridad. La figura 5.2.5 muestra las dos fuentes de radiación descritas.

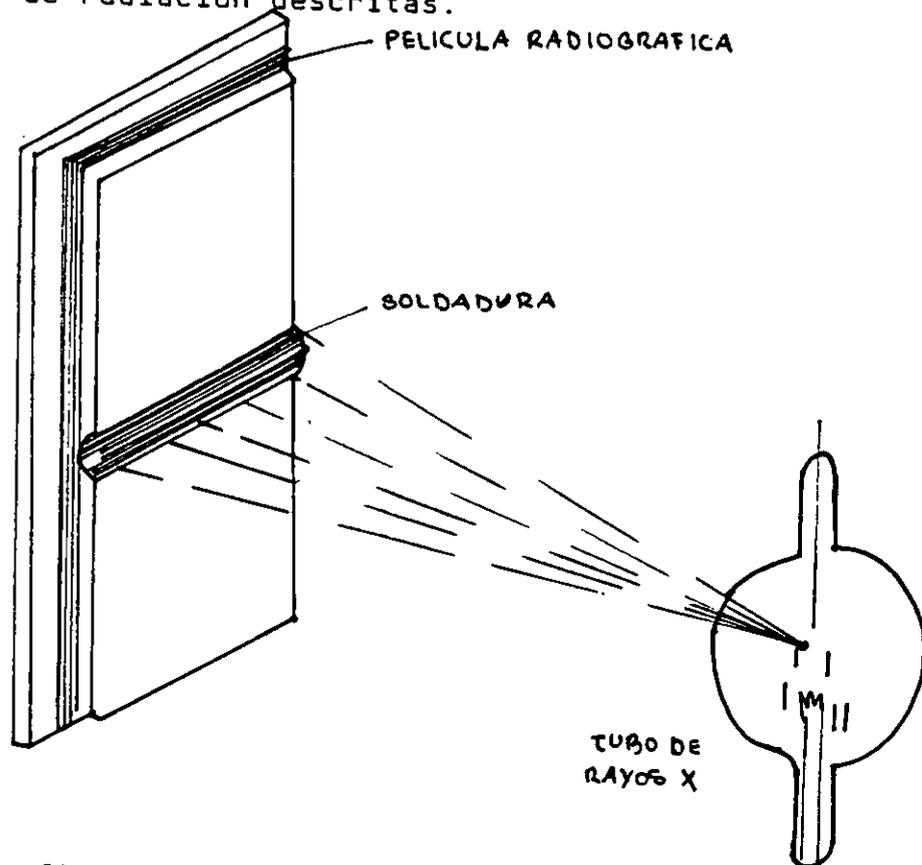


figura 5.2.5 Radiografía por medio de rayos X

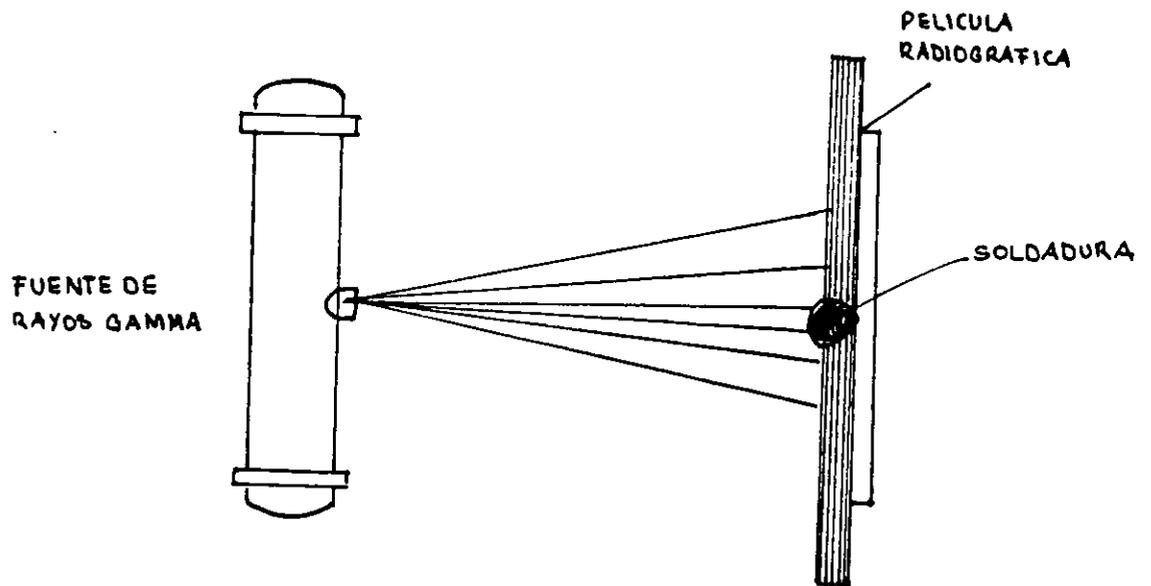


figura 5.2.5 Radiografía por medio de rayos gamma

El método de rayos X es el de más éxito y el más confiable para la prueba no destructiva de soldadura.

La mayor ventaja de este método de prueba es que puede detectar discontinuidades superficiales internas en todos los materiales inherentes a la ingeniería. Por otra parte, una desventaja es, que, la radiación de las máquinas de rayos X pueden ser perjudicial para los tejidos del cuerpo humano cuando la exposición es excesiva, además de tomar en cuenta el alto costo del equipo, por lo tanto deben tomarse precauciones de seguridad. Las figuras 5.2.6 muestran ejemplos de radiografías e indican el nombre y origen de la falla.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

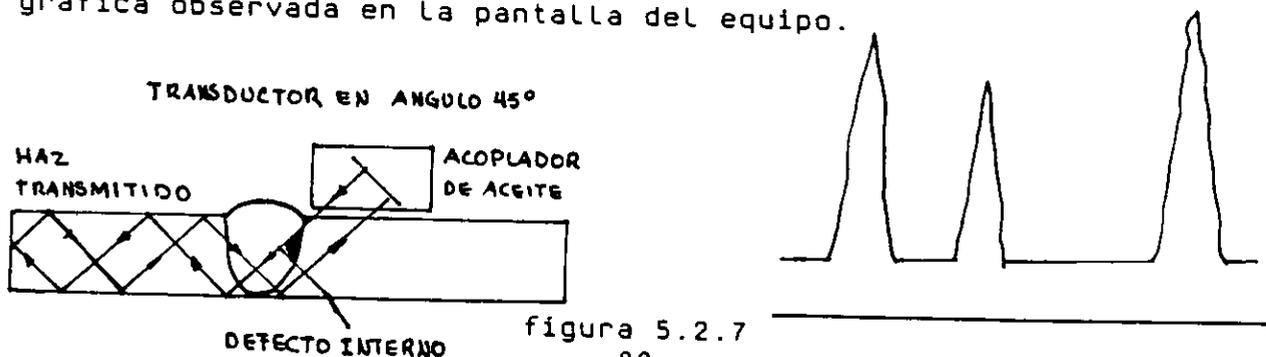
e).- Estudios de ultrasonido (UT).

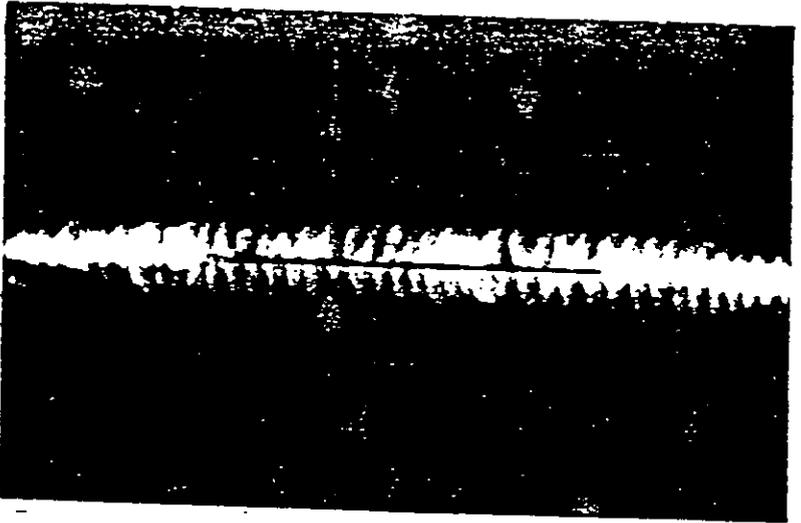
La inspección ultrasónica es un método supersensible para detectar, localizar, y medir defectos tanto superficiales como subsuperficiales en los metales. Las fallas que no pueden descubrirse por otros métodos, y hasta las grietas suficientemente pequeñas para clasificarse como microseparaciones, pueden detectarse por este.

El principio general de este método de prueba es la aplicación de pulsos eléctricos a un transductor, normalmente cuarzo, el cual responde a una vibración mecánica que crea una onda de sonido que se transmite a través del material y no regresa al transductor a menos que se encuentre con un reflector (una frontera entre dos diferentes materiales).

Si el reflector es orientado adecuadamente, el sonido regresa a la misma velocidad y choca con el transductor, el cual funciona ahora con un receptor de la energía reflejada y la despliega y amplifica en un tubo de rayos catódicos como una indicación visual que debe ser interpretada por el operador del equipo de prueba. Existen dos tipos de transductores ultrasónicos denominados transductor de rayo longitudinal o directo o transductor de rayo de corte o angular; Siendo este último, el más utilizado en la inspección de uniones soldadas.

La figura 5.2.7 muestra la aplicación de una prueba de ultrasonido en la inspección de una soldadura y su respectiva gráfica observada en la pantalla del equipo.

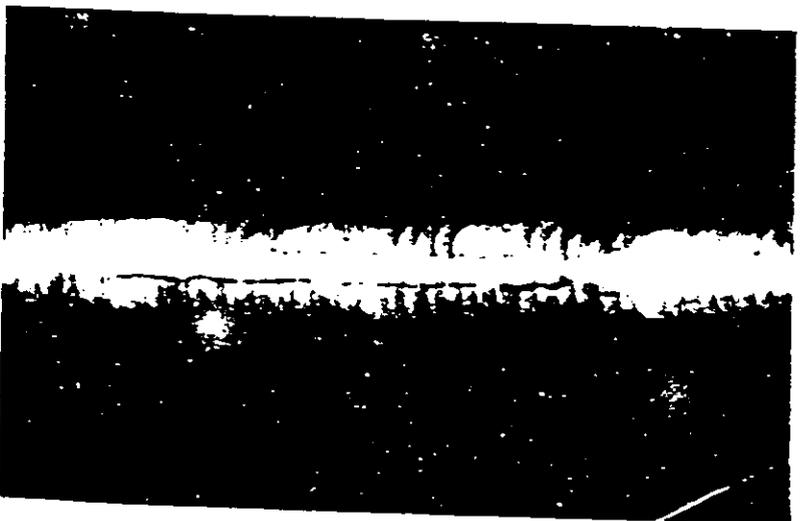
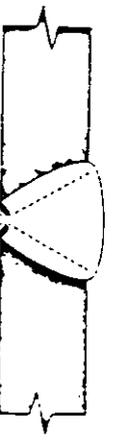




FALTA DE PENETRACION. LOS BORDOS DE LAS PIEZAS, GENERALMENTE EN EL FONDO DE LA SOLDADURA DE RANURA EN V, NO SE UNIERON CON LA SOLDADURA.



INCLUSION DE ESCORIA ENTRE CORDONES. IMPUREZAS QUE SE SOLIDIFICAN EN LA SUPERFICIE DE LA SOLDADURA AL NO SER REMOVIDA DE ENTRE LOS CORDONES.



LINEA DE ESCORIA. IMPUREZAS QUE SE SOLIDIFICAN EN LA SUPERFICIE DE LA SOLDADURA Y QUE NO SE REMOVIO DE ENTRE LOS CORDONES.

Uno de los primeros beneficios de la prueba de ultrasonido es que es considerado una verdadera prueba volumetrica; es decir, que es capaz de detectar la longitud, localización lateral de la discontinuidad y la determinación del ancho de la falla, además se puede aplicar desde un solo lado del material que se esta probando; esto es una gran ventaja en la inspección de recipientes de presión, tanques de almacenamiento y tuberías. Otra ventaja importantes es que la prueba detecta mejor las discontinuidades criticas tales como fisuras y fusión incompleta. La mayor limitación de este método es que se requiere operadores altamente capacitados para la interpretación de los resultados, la superficie de prueba debe estar completamente lisa, se aplica a materiales con espesores mayores de 6.4 mm y que las referencias requeridas no permanecen disponibles. La figuras 5.2.8 muestran ejemplos de aplicación del ultrasonido en uniones soldadas.

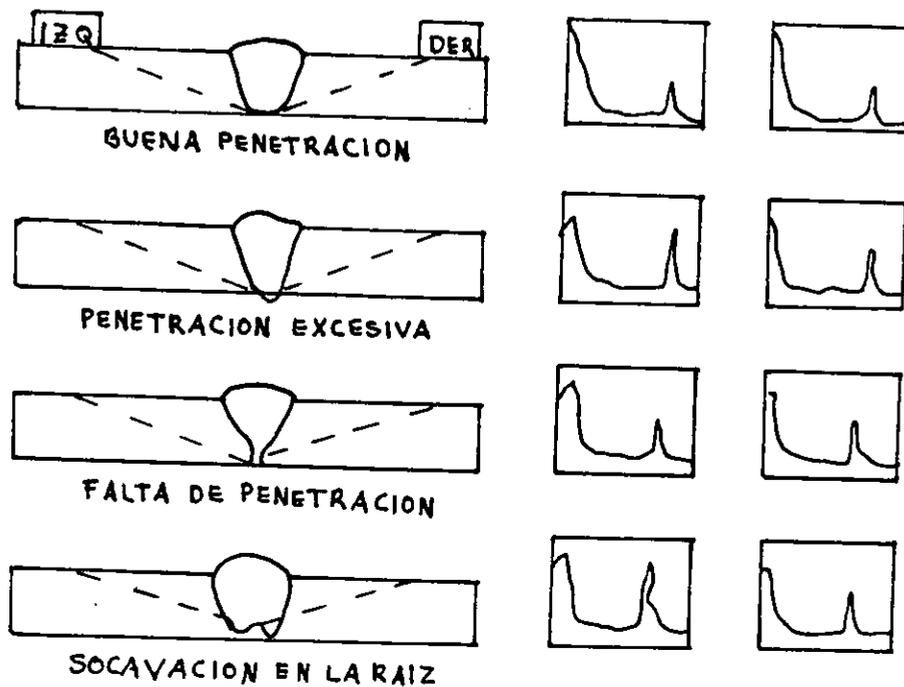


figura 5.2.8 Prueba de ultrasonido en uniones soldadas

5.3 Certificados y calificación de soldadores

Los soldadores certificados son aquellos soldadores calificados que cumplen con ciertos códigos de la AWS. Estos códigos establecen que los soldadores que hallan tenido un lapso de experiencia en exceso de seis meses serán certificados sobre la base de Pruebas Estándares de Calificación de Soldador, excepto que los soldadores previamente calificados sobre la base de pruebas de calificación hechas con placas de prueba de 1" de espesor tendrán la opción de utilizar placas de prueba de 3/8" ó de 1" de espesor para ser recalificados para soldar acero de espesor ilimitado.

Un soldador que tenga Tarjeta de Certificación de Soldador de tiempo atrás considerable, será elegible para recertificación sin volver a efectuar las pruebas, siempre que sea recomendado para recertificación por un representante (inspector) conocedor de soldadura que pueda aseverar por experiencia personal que el soldador ha realizado un trabajo aceptable utilizando el proceso de soldadura para el cual está calificado, dentro del período de seis meses que procede a la recomendación de recertificación. El certificado de Calificación de Soldador puede ser revocado en cualquier tiempo en que haya una razón específica para poner en duda la habilidad del soldador. Cuando esto ocurra, se requerirá una nueva prueba completa para la recertificación. Es falso en que una vez que es certificado un soldador queda certificado en forma permanente. La tarjeta es válida por un período de tres años (siempre que cuente aquella persona con un mínimo de seis días trabajados durante cada período de seis meses) y la fecha de vencimiento aparece indicada en la misma.

En términos generales hay tres pruebas de calificación:

1. Una prueba para calificar el procedimiento de soldadura que ha de usarse para un proyecto específico de soldadura. Esta se llama calificación de procedimiento.
2. Una prueba de competencia en soldadura del operador usando equipo de soldar sostenido a mano, conocido como calificación del operador de máquina de soldar.
3. Una prueba de la competencia del operador usando equipo de soldar totalmente automático.

Es importante para todos cuidar que las pruebas se efectúen apropiadamente para que los resultados sean una medida precisa de la habilidad para soldar. Antes de tomar una prueba, debe uno cerciorarse de que se hayan seleccionado los detalles apropiados de prueba para el tipo de acero, espesor de placa, junta y posición de soldadura que han de usarse como se ilustra en la figura 5.3.1

Por ejemplo las posiciones 3G y 4G califican al soldador para todas las posiciones en placa.

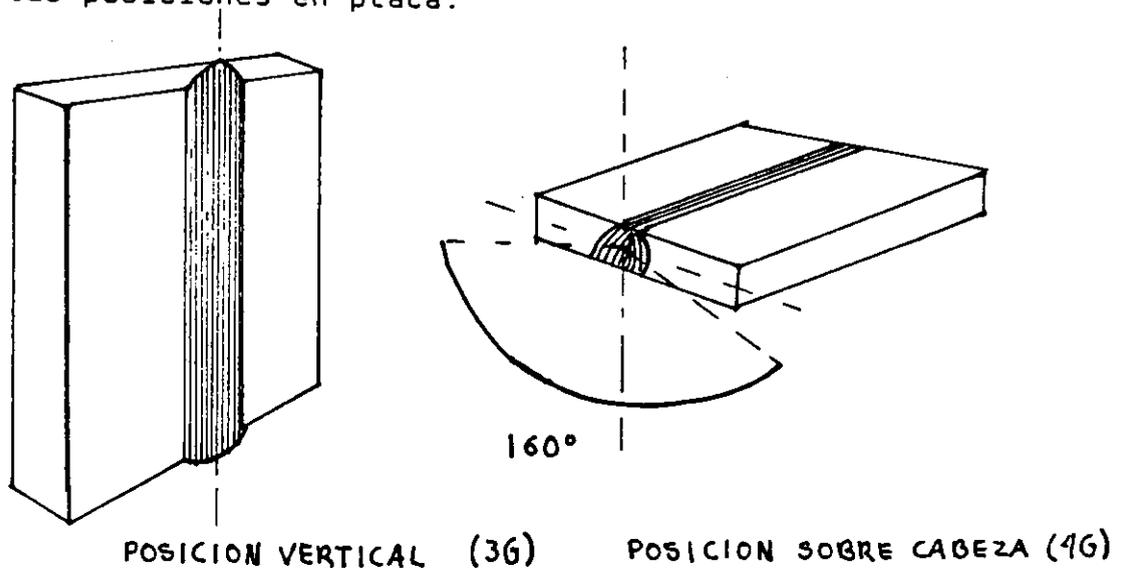


figura 5.3.1 Posiciones de prueba para soldadores.

El tipo y tamaño de electrodo para calificar está en función del metal base y el tamaño de la soldadura especificada en el proyecto, el cual si es cambiado, puede requerirse una recalificación. Por ejemplo en la tabla III se enlistan los varios tipos de electrodos, utilizados en arco eléctrico manual, de acuerdo al nivel de habilidad requerida para su operación.

GRUPO	CLASIFICACION DE ELECTRODOS
F4	EXX15, EXX16, EXX18
F3	EXX10, EXX11
F2	EXX12, EXX13, EXX14
F1	EXX20, EXX24, EXX27, EXX28

Tabla III. Clasificación de electrodos.

Los electrodos del grupo F4 son considerados los más difíciles a utilizar y requieren una gran habilidad manual. Normalmente, la calificación con este tipo de electrodos, automáticamente calificará a los soldadores para soldaduras con cualquier electrodo de otros grupos, por lo tanto, una prueba de calificación ejecutada con electrodos E7018, que cae dentro del grupo F4, calificará al soldador para todos los tipos de electrodos utilizados en una soldadura eléctrica manual.

TEMA VI

APLICACION DE LA SOLDADURA EN LA FABRICACION DE PILOTES

- 6.1 DEFINICION Y TIPOS DE PILOTES EN RELACION AL MATERIAL CON EL CUAL FUERON FABRICADOS.
- 6.2 EJEMPLO EN LA FABRICACION DE UN PILOTE DE CONCRETO ARMADO, UTILIZANDO ALGUN PROCESO DE SOLDADURA.

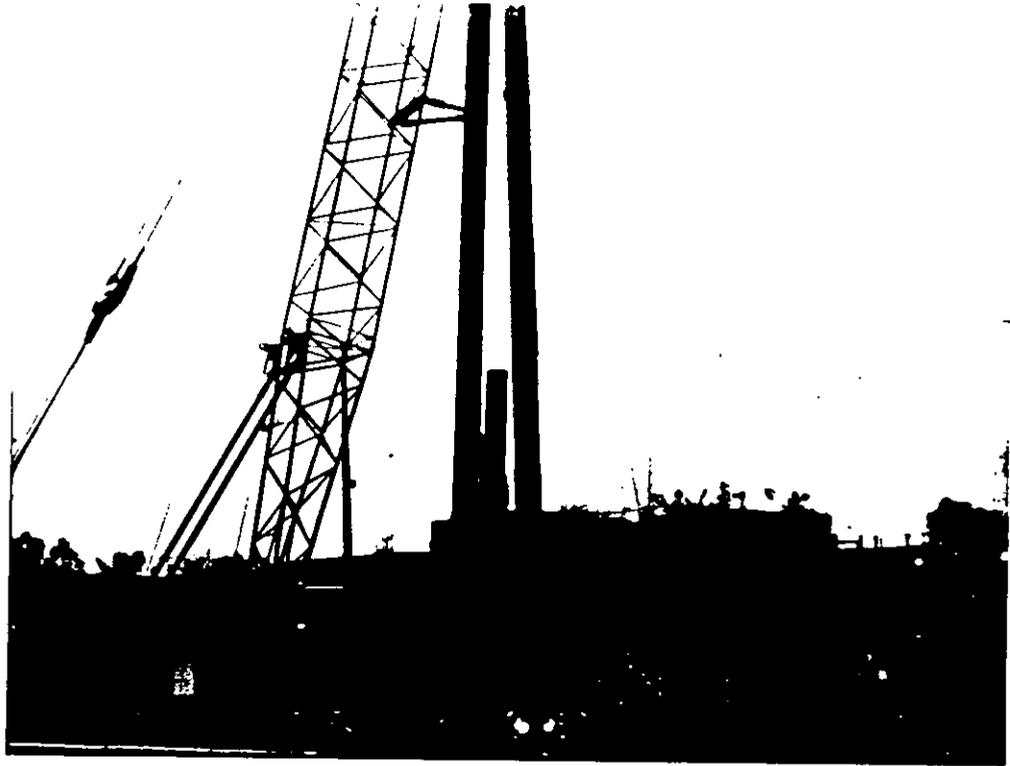
6.1 Definición y tipos de pilotes en relación al material con el cual son fabricados.

Al hablar de pilote como elemento importante en una estructura de Ingeniería Civil se refiere a un elemento de cimentación cuando se requiere transmitir cargas de una estructura a través de un espesor de suelo blando, hasta un estrato de suelo resistente que garantice el apoyo adecuado. Los pilotes atendiendo al material del cual están hechos pueden ser de:

- a) Madera
- b) Concreto
- c) Acero

Los pilotes de madera ya se usan muy raramente en trabajos de importancia y han quedado prácticamente circunscritos a estructuras provisionales o a funciones de compactación de arenas.

Los Pilotes de concreto son de uso común en la actualidad y son de concreto reforzado o presforzado; regularmente son fabricados a pié de obra y donde el acero de refuerzo (varillas corrugadas) juega un papel importante que por las condiciones del subsuelo, la profundidad es mayor a la longitud nominal del acero, y por tanto es necesario realizar uniones de varillas, no necesariamente traslapadas por especificación de proyecto sino realizando bulbos para varillas del No. 8 o mayores para dar continuidad al elemento, así también por medio de placas de acero soldadas a tope entre si mismas, cuando se trata de sección cuadrada, como se ilustra en la figura 6.1.1



Los pilotes de acero son de gran utilidad en aquellos casos en que la hincada de los pilotes de concreto se dificulta por la relativa resistencia del suelo, además son capaces de soportar el constante golpeteo del martinete en el hincado y mayor facilidad de penetración; suelen usarse en secciones tubulares, con tapón en la punta o sin el y pueden unirse por medio de una costura transversal de soldadura, cuando el nivel de desplante es mayor a la longitud del elemento.

6.2 Ejemplo en la fabricación de un pilote tipo de concreto armado y de sección cuadrada de 40 x 40 cm, con una longitud de 15 m, para el soporte del puente vehicular continentes.

Especificaciones de fabricación y calidad de materiales

- 1.- Los pilotes se fabricarán de concreto reforzado
- 2.- El acero de refuerzo deberá colocarse en la posición indicada cumpliendo estrictamente con los recubrimientos, diámetros de varillas, separación, etc. y debidamente asegurado para evitar desplazamiento durante el colado. Además se utilizaran silletas de varilla, bloques de concreto, separadores, etc. para garantizar la posición correcta del acero de refuerzo.
- 3.- Para el colado, los pilotes deberán colocarse en posición horizontal, monolíticamente y de una manera continua. El concreto deberá vibrarse y picarse con varillas y vibradores especiales para permitir la salida del aire y lograr un colado compacto.

Calidad de los materiales

Concreto: Se usara concretó que adquiera una resistencia a los 28 días $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$. El concreto deberá fabricarse en las proporciones adecuadas para obtener mezclas plásticas y uniformes, el revenimiento del concreto estará comprendido entre 7.5 y 10 cm. Los agregados deberán ser de primera calidad, la grava que constituye el agregado grueso, será el producto de roca sana y tamaño máximo de 3/4" del espaciamiento mínimo entre varillas o paquete de varillas. La arena será de grado duro y no deberá contener arcilla o materia orgánica; se recomienda que el material más fino que pasa la malla No. 200 esté comprendido entre el 3% y 5% del peso del material.

El agua deberá ser limpia o tratada.

El acero de refuerzo tendrá una resistencia $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ para el refuerzo principal de las secciones, el acero en placas será de $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ y deberán cumplir con la norma A-36. La soldadura será de arco eléctrico y se usaran electrodos de la serie E 80XX.

En la preparación de las juntas en el acero de refuerzo, solo se realizarán en los casos en que la longitud del elemento en el proyecto lo señale y para varillas del No. 8.

Debido a que la longitud de desplante del pilote es mayor a la longitud del elemento, se fabricará en dos secciones unidas por placas de acero A-36 con espesor de $3/4"$. Así también se realizarán bulbos en las varillas de tal forma se de continuidad al acero y esté se componga de una sola pieza.

Preparación del acero de refuerzo

En una preparación adecuada entre dos varillas se tiene como objetivo, una soldadura con buena penetración y fusión, para que la unión quede lo mas exenta posible de esfuerzos internos. Para evitar esto se harán las siguientes preparaciones.

La preparación se hará de manera que las costillas longitudinales paralelas al eje de la varilla coincidan con la cara de la raíz. figura 6.2.1

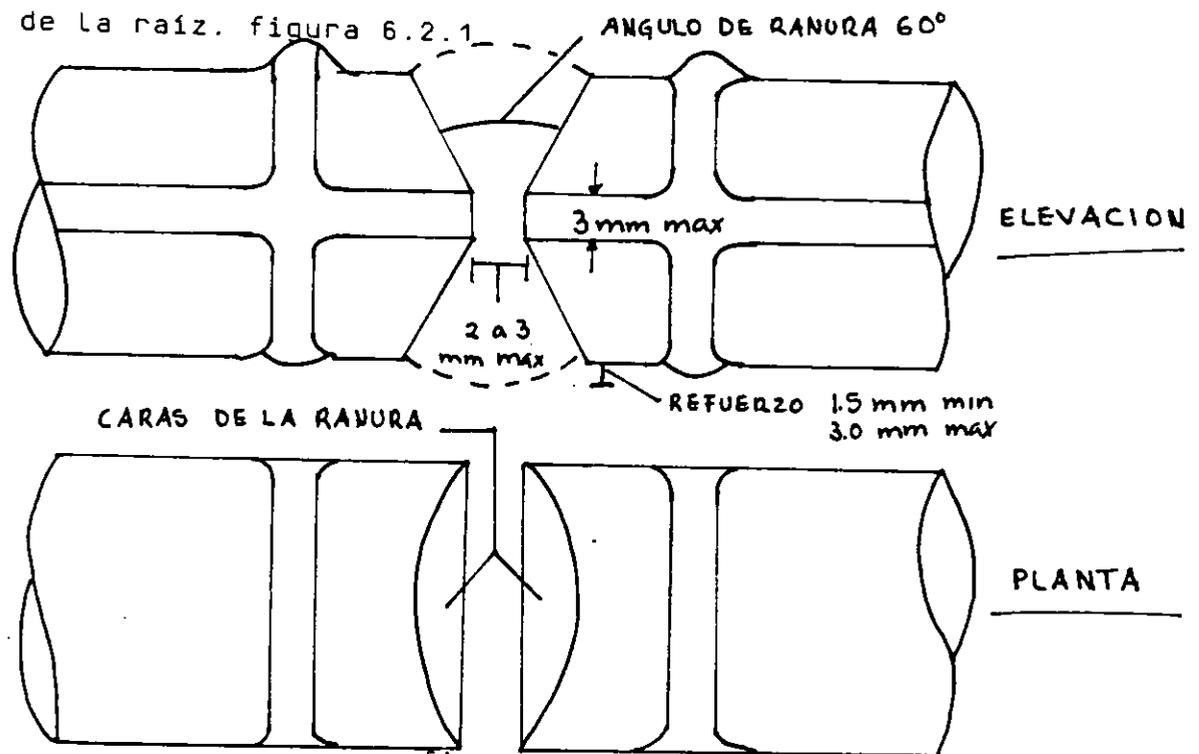


figura 6.2.1

Los cortes de los biseles podrán hacerse con oxiacetileno o segueta, siempre y cuando el laminado sea en caliente; si las varillas son torcidas en frío, únicamente se cortará con segueta.

El ángulo de la ranura será de 60 como máximo. La cara de la raíz (hombro) será de 3mm. La separación en la raíz será de 2 a 4 mm, dependiendo del diámetro del electrodo.

Antes de soldarse se alinearán perfectamente las varillas, de manera que sean colineales los ejes de los tramos por unir, siendo muy importante la coincidencia de las caras de la raíz (hombros).

En caso de no tener pareja la junta, se puede arreglar esta por medio del esmeril manual. Las figuras 6.2.2 se muestran los tipos de juntas prohibidas.

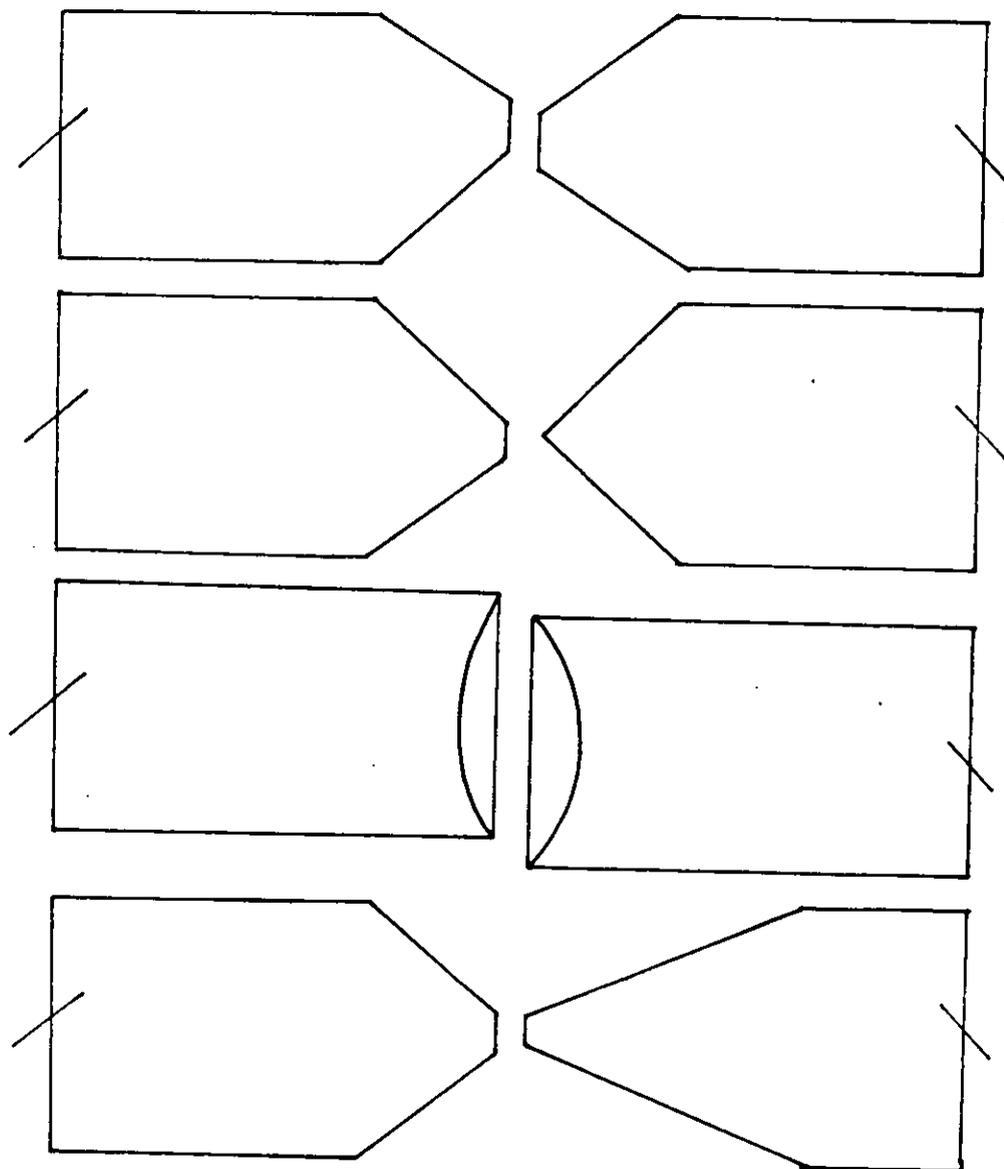


figura 6.2.2 Juntas prohibidas

Las superficies por soldar deberán estar limpias y libres de óxido, pintura, cemento o cualquier otro material extraño.

En la figura 6.2.3 se señalan tres alternativas de preparaciones para varillas colocadas verticalmente. La preparación en bisel sencillo solo se usará cuando las condiciones de trabajo impidan usar las preparaciones en doble V o doble bisel.

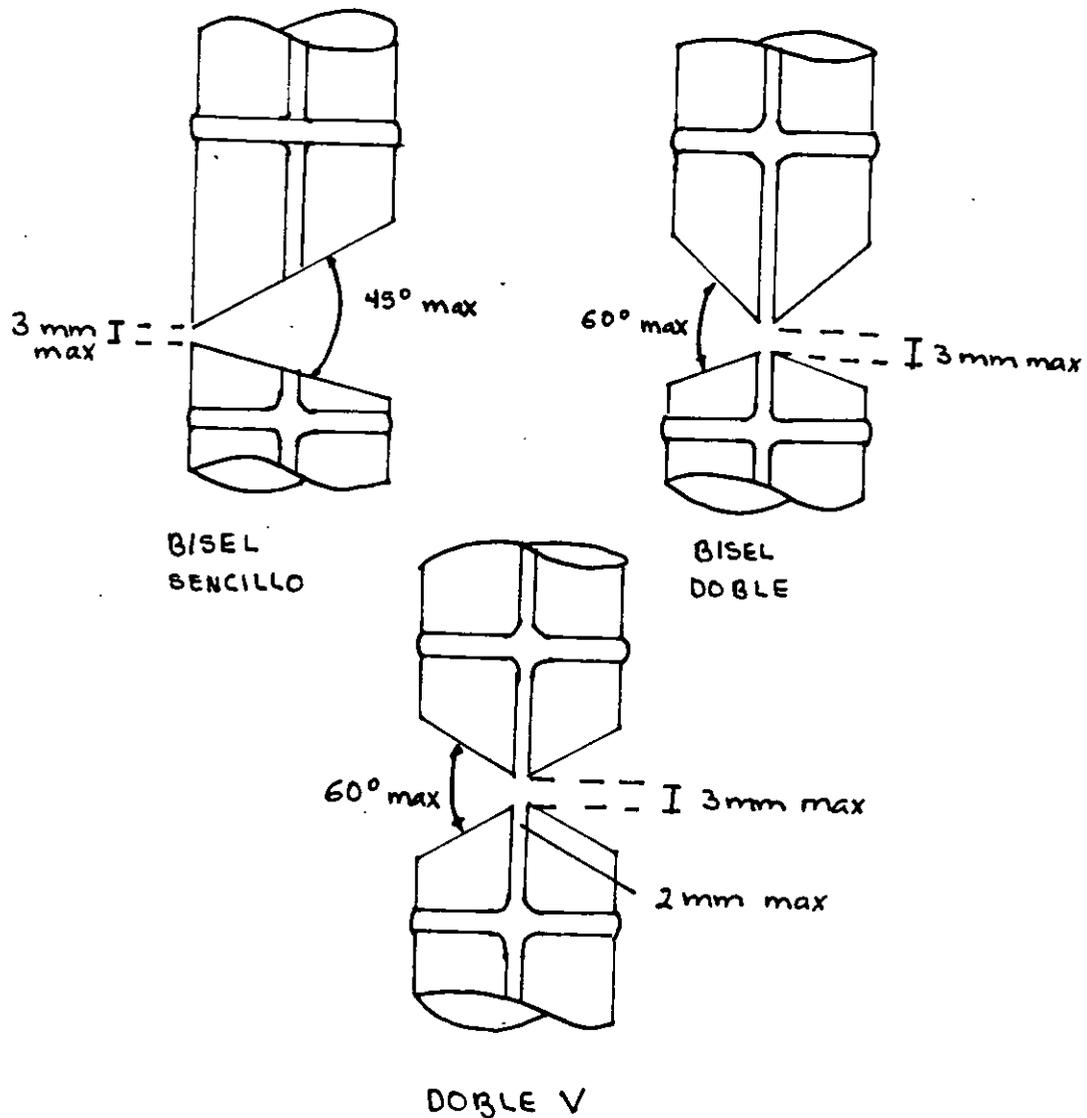


figura 6.2.3 Preparación para varillas colocadas verticalmente

Para el caso de soldar en el lugar y en posición plana se recomienda que:

El corte de los biseles sea de tal manera que la raíz coincida con alguna de las corrugaciones de la varilla.

Se usará una placa de respaldo de cobre doblada en forma de una media caña, que además servirá para el buen alineamiento de las varillas. El espesor de esta placa podrá ser de 1/4" a 1/2" para evitar su pronta distorsión.

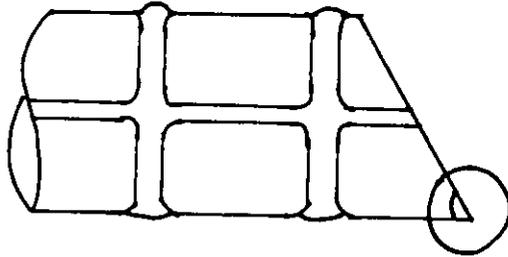
Debido al respaldo podrá aumentarse la separación en la raíz y cerrarse el ángulo de la ranura, siendo la primera de 4 a 5 mm el segundo de 30° a 45° .

No deberá haber separación entre la base de la raíz y la placa de respaldo.

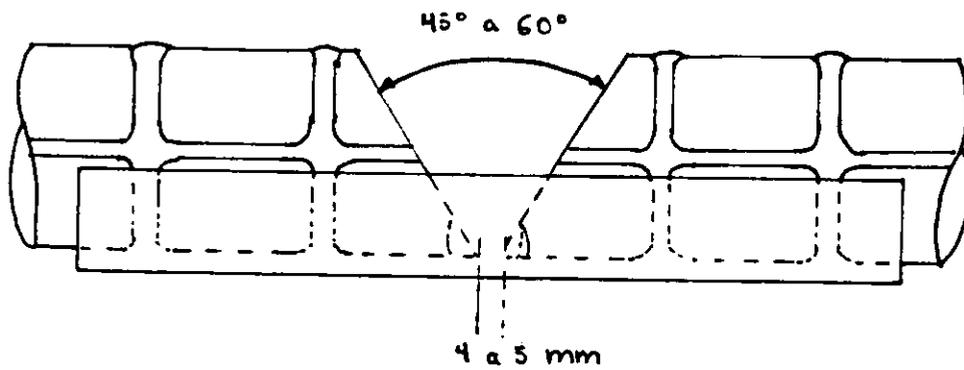
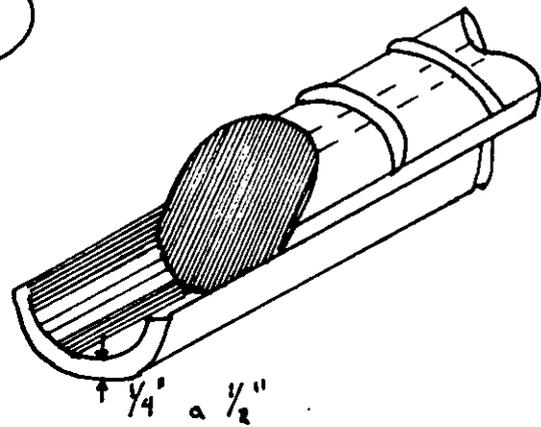
La placa de respaldo se utilizará para los primeros cordones, pudiéndose quitar después para emplearla en otras juntas. figura 6.2.4

El mayor peligro en este tipo de soldadura es una falta de penetración, que bien puede evitarse al no dejar espacio entre la placa de respaldo y la base de la raíz, pues si lo hay, al soldar el primer cordón los gases tendrán salida por abajo dejando escoria produciendo el defecto de falta de penetración.

CORTE COINCIDENTE CON UNA
CORRUGACION EN LA RAIZ



PLACA DE COBRE EN MEDIA
CAÑA COMO RESPALDO



POSICION PLANA, LECHOS HORIZONTALES

figura 6.2.4 Placa de respaldo

Por otra parte cuando la temperatura ambiente sea igual o inferior a 10° C, es necesario la aplicación de calor, como precalentamiento en las partes por unir hasta elevarlas a una cierta temperatura predefinida que permita relajar los esfuerzos producidos durante la fusión y aplicación de la soldadura de unión, principalmente en la zona y vecindad en donde se depositará la soldadura.

No deberá aplicarse soldadura en superficies húmeda, expuestas a la lluvia o vientos fuertes, que impidan tener resultados adecuados de soldaduras sanas.

La superficie sobre la cual será depositado el metal de aportación debe estar terso, uniforme y libre de partículas sueltas, desgarnes, grietas y otras discontinuidades que pudieran afectar la calidad y resistencia de la soldadura.

Así también las superficies adyacentes a la zona de soldadura, deben estar libres de escamas, escoria, herrumbre, humedad, grasa y otros materiales extraños que impidieran una soldadura sana o lleguen a producir gases dañinos a la calidad de la soldadura durante su fusión.

La preparación de la junta por unir debe incluir la limpieza de una zona con un ancho de 1/2" como mínimo para ambos lados de la zona a soldar.

En la limpieza se podrán usar pulidoras con disco abrasivo, esmeril, cardas, cepillos de alambre, detergentes o solventes adecuados para asegurar una limpieza satisfactoria. figura 6.2.5



Para la elección del material de aporte, hay que considerar la clase de corriente, posición para soldar, el espesor del material para soldar y forma de preparación.

Los electrodos para las uniones de soldadura en varillas, y placa estarán de acuerdo con la tabla IV y características del material base.

Designación	comp. química con % de P	grado	Resist min. a la tensión Kg/cm ²	Limite min. de fluencia Kg/cm ²	Para desarrollar el 125% del esf. de fluencia de la placa	Para desarrollar el 125% del esf. de fluencia de la varilla
ASTM A-36		36	4920	2810	E60 E70	
ASTM A615-68		40	4920	2810		E60
		60	6330	4220		E80
		75	7030	5720		E100

Es importantes considerar que los electrodos deberán ser protegidos contra la humedad y conservarse a una temperatura de 40 °C durante su almacenamiento en el frente de trabajo y hasta su utilización a fin de que no sean afectados y conserven sus características o propiedades de la soldadura. De no ser así deberán pasar por un horneado de por lo menos 2 horas a una temperatura de 450° F (230° C) antes de su utilización.

Unión entre placa y acero de refuerzo

Para el anclaje de la placa con el acero de refuerzo, esta debe sobreponerse en el armado para centrarla y marcar el lugar donde se harán las muescas correspondientes, los diámetros de dichas perforaciones serán del número de la varilla, más 1/8" que se dejará como separación de raíz entre los elementos a unir.

Además estas perforaciones estarán distribuidas en toda el área de la placa formando un bisel de 30° opuesto al armado, de tal forma que el acero longitudinal se ancle a la placa

perpendicularmente como se muestra en la figura 6.2.5



Una vez realizados los huecos con equipo de corte de oxiacetileno (más adecuado), se colocará en posición correcta la placa con el armado, y se procederá a aplicar el fundido de tal forma que el soldador asegure una buena fusión y penetración del material de aporte. Después de aplicar el primer cordón se lleva a cabo una limpieza a fondo para quitar rebabas y escoria producidas por la fusión de los materiales a unir, esto es para evitar defectos perjudiciales al momento de aplicar los siguientes cordones de relleno como se ilustra a continuación figura 6.2.6



Aplicación del fondeo

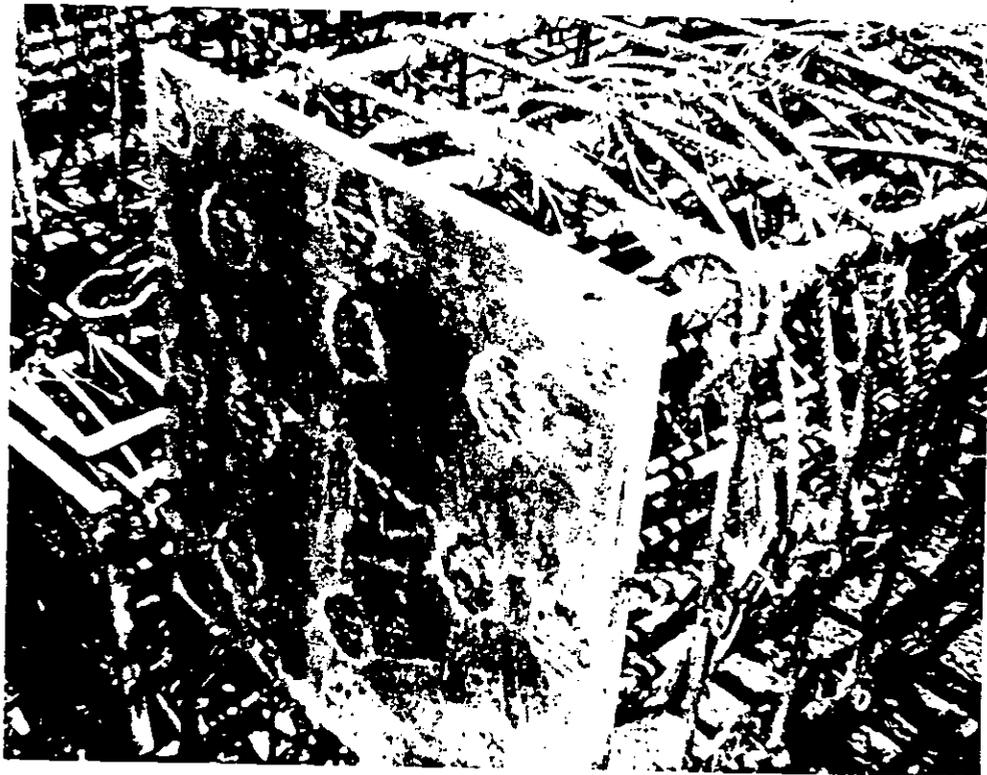
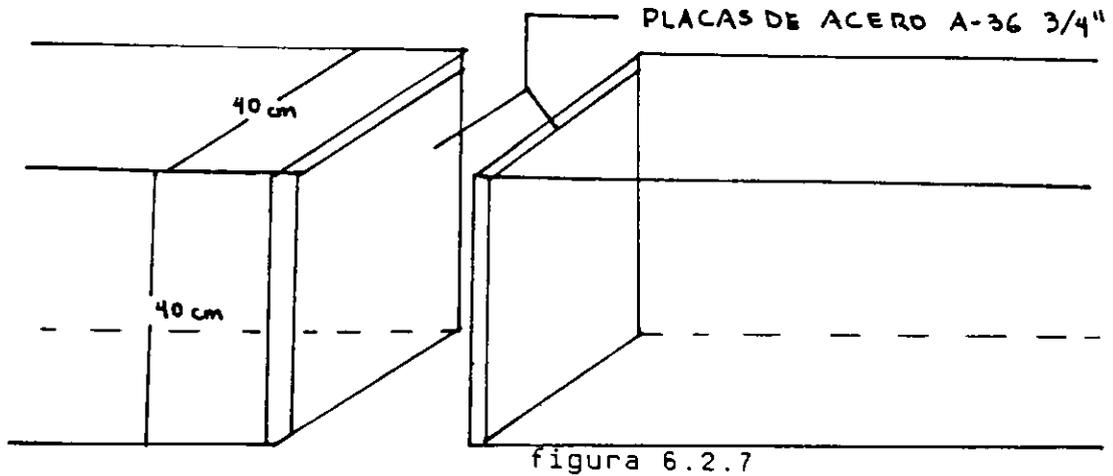


figura 6.2.6 Terminado en la aplicación de soldadura de relleno.

Cuando se trata que la unión sea a base de placas metálicas, el material base para la aplicación de este procedimiento deberá ser en placas de acero al carbón del tipo A-36 para sus diferentes tipos y espesores.

Las uniones serán a tope (I I) y se dimensionarán y prepararan de acuerdo a las indicaciones de los planos de diseño, como se muestra en la figura 6.2.7



Al presentar la piezas del elemento de acuerdo al procedimiento de ensamble, se debe comprobar que cumplan con las dimensiones de los planos de diseño, además de revisar que la alineación longitudinal en la zona de unión sea aproximada a la separación de la raíz especificada, detectando las ondulaciones o discontinuidades en el bisel, si es el caso.

A continuación se aplica la soldadura en las zonas de la junta en que presenten la separación de raíz si existe, después y principalmente en las partes de la junta que quedan a Tope.

El alineamiento del elemento a soldar podrá verificarse mediante el empleo de una plomada a distancia de tal forma se proyecte la verticalidad sobre el elemento a unir, esto es para asegurar que las dos partes por unir, asienten bien una de la otra y queden sobre un mismo plano. Otra forma es por medio de un Tránsito.

Para cumplir con el alineamiento de las piezas durante los trabajos de fabricación, se podrán utilizar algunas herramientas provisionales soldados al metal base o simplemente punteado. Al término de dichos trabajos, los herrajes provisionales deberán ser retirados con arco-aire o disco esmeril, eliminando la soldadura y dejando al ras el material base circundante a la unión. En ningún caso se arrancarán los herrajes ya que se corre el riesgo de dañar el metal base. figura 6.2.8



Cuando la temperatura del metal base esté por debajo de la temperatura listada en la tabla de precalentamiento y para los procesos de soldadura que estén siendo usados y los espesores del material que están siendo soldados, el metal base deberá ser precalentado de tal manera que las partes sobre las cuales el metal de soldar va a ser depositado, se encuentre sobre la temperatura mínima especificada, se precalentarán a una distancia considerada desde el eje de la junta, igual al espesor de la parte que está siendo soldada. figura 6.2.9



figura 6.2.9 Aplicación de calor al metal

En resumen es necesario que la soldadura deba ser aplicada en la posición correcta señalada en las especificaciones de proyecto y únicamente por soldadores u operadores calificados, además previamente a los trabajos, las maquinas deberán estar verificadas para su buen funcionamiento.

La inspección de los procesos y aplicación de la soldadura se llevará a cabo solo si las especificaciones de proyecto lo indican o lo solicite el control de calidad, pudiendo ser mediante inspección visual, líquidos penetrantes, radiografías, o algún otro tipo de inspección, anotando los datos y resultados en los formatos del procedimiento de inspección utilizado.

El Ingeniero designado, es el responsable de la correcta implantación de estos procedimientos en cada uno de los frentes de trabajo, donde se requiera la realización de procesos de soldadura.

Conclusiones

Con este trabajo se pretende dar un panorama general de la soldadura, como herramienta importante en toda construcción, mencionando algunos aspectos constructivos de la soldadura, así como su importancia en el control de la calidad, ya que para asegurar una buena calidad de las conexiones soldadas es necesario el trabajo conjunto de diseñadores, supervisores y soldadores competentes. Además se describen deficiencias que pueden tener las soldaduras, así como defectos técnicos de control de calidad, las cuales incluyen diferentes tipos de inspección que pueden ser preventivas, técnicas, y de control. Como labores preventivas son estudios que se realizan para analizar los problemas a futuro y en la manera de solucionarlos. Los subcapítulos contenidos en la preparación de las juntas, selección de los electrodos y la calificación de soldadores, pueden agruparse como tareas preventivas.

Las labores técnicas son aquellas que el inspector debe conocer para resolver problemas específicos que se presenten en la ejecución de la unión, estos conocimientos generalmente se adquieren a través de la experiencia, de los mismos soldadores y de problemas similares en obras anteriores.

De las recomendaciones que la técnica nos enseña, dependerá mucho la calidad de las soldaduras y el buen desempeño de la inspección. Trabajos técnicos son: ejecución de la unión y obtención de la placa radiográfica.

Las labores de control se hacen durante la inspección, ya que son métodos de control de calidad de soldadura y como tareas específicas de control son: preparación de las juntas,

calificación de soldadores, ejecución de la unión, aspecto exterior de las soldaduras y pruebas destructivas para control, asimismo, obtención de la placa radiografica y , reparación de juntas defectuosas como control final de la inspección.

De todo esto podemos señalar que el control de calidad de la soldadura es necesaria en cualquier tipo de estructura metálica, y también de concreto si hay soldadura de varillas, pues esta visto que la seguridad que proporciona, paga sobradamente el costo de ella, que por otra parte, es bajo en relación al costo total de la obra.

Bibliografía

- Especificaciones generales de construcción
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas
parte novena segunda edición
- Normas de Calidad de Los Materiales
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Libro 4 parte 4.01 1996
- Structural Welding Code Steel
American Welding Society 1990
- La técnica de la soldadura en la Ingeniería de Construcción
Sahling Bernhard
Madrid, Blume
- Soldadura por Arco Eléctrico
Francisco Campos D.
Grupo Industrial F. Campos
- Inspección visual y radiográfica a juntas soldadas por arco
eléctrico en puentes y edificios
Secretaría de Obras Públicas
Dirección General de Proyectos y Laboratorio
México 1971