



62
ejem
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**SOLDADURA: INSTALACIONES Y EQUIPO PARA
LOS LABORATORIOS DE INGENIERIA MECANICA**

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL

P R E S E N T A N :

JOSE JUAN DUEÑAS GONZALEZ

JOSE LUIS ESPEJEL HERNANDEZ

CARLOS HUMBERTO ORTUÑO PINEDA

RAUL RODRIGUEZ DIAZ



ASESOR: ING. JESUS REVUELTA GUTIERREZ

MEXICO, D. F.

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Por el oportunidad de habernos forjado en la máxima casa de estudios, con infinito agradecimiento.

A la Facultad de Ingeniería

Porque en sus aulas obtuvimos una de las herramientas más valiosas en la vida: una Profesión

A nuestro director de tesis ing. Jesús Revuelta Gutiérrez

Por todo el tiempo, paciencia y confianza en nosotros para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. José G. Torres Ortega,

Presidente del Comité Nacional Permanente de Peritos en Soldadura del CIME.
Por su valiosa atención, apoyo y facilidades para la realización del presente trabajo.

A las siguientes empresas por su atención y colaboración:

- Miller de México, S.A.
- Infra, S.A.
- Industrias Electromecánicas Mac's, S.A.
- Productos Mexicanos Flex-Arc, S.A.
- Oxval de México, S.A.
- Alear, S.A.
- Buffalo-Forge, S.A.
- Flexaust, S.A.
- Arcair de México, S.A.

A las siguientes instituciones y universidades.

Gracias por su valiosa colaboración y facilidades para la realización de este trabajo:

- Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos #7
- Centro de Estudios Tecnológicos México-Alemanes
- Universidad Panamericana
- Universidad Anahuac
- Universidad La Salle
- Universidad Iberoamericana
- Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Azcapotzalco)
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- Universidad Autónoma de Nuevo León
- Instituto Politécnico Nacional
- Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas
- Instituto Mexicano de Ensayos no Destructivos
- Universidad Nacional Autónoma de México

A DIOS:

Por permitirme la oportunidad
de lograr un paso más en mi vida
y de disfrutar el triunfo.

A MI MADRE:

HUMBERTINA PINEDA MALDONADO,
para una gran mujer llena de
entusiasmo y admiración, con todo
respeto a su memoria, le quiero
dedicar lo que logramos juntos.

A MI PADRE:

IGNACIO ORTUÑO ORTUÑO,
con gran cariño, admiración y
respeto le quiero agradecer el
apoyo incondicional que me ha
brindado para el logro de mis
metas. Lo quiero mucho papá.

A MIS HERMANOS:

**ANGELES, LOURDES, GUADALUPE,
CATALINA, IGNACIO, PATRICIA.**
Gracias por todo el apoyo incondicional
que me han brindado, por ser todo
un ejemplo a seguir de lucha y
esfuerzo para continuar adelante.

A MIS AMIGOS:

gracias por todo lo bello
que han aportado a mi vida.

UN RECONOCIMIENTO ESPECIAL:

a **ERIKA** y **HUGO**, quienes siempre
me han demostrado el gran cariño
que sienten por mí y al cual
no les he sabido corresponder
de igual manera. Gracias.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:

RAÚL, JOSÉ JUAN y JOSÉ LUIS
quienes siempre me brindaron
su apoyo incondicional. Gracias.

A TI MARY CHUY:

al gran amor de mi vida,
con quien quiero seguir
compartiendo mis más grandes
sueños e ilusiones.

C.H.O.P.

A Rosa M. González T., esa gran mujer

que me ha enseñado a vivir, luchar y superarme. Gracias por la paciencia, apoyo y confianza que siempre me tuviste y me tendrás. Te quiero mamá.

A mis hermanos

Carmen, Coromoto, Yadira, Lilia y Daniel, por apoyarme y creer en mí.
A Raúl, Lalo y mis sobrinos.
Los quiero mucho.

Al gran hombre que está alejado pero no ausente de mi vida; siempre estarás conmigo.

A Lupita G.

por compartir bellos momentos a mi lado. Nunca te olvidaré.

A mis amigos del alma

Oscar, Sergio, Ramón, Israel, Elías, Juan Carlos y Martín por su amistad.
¡Amigos, seguiremos juntos!

A mis amigas

Dinora, Laura, y Josefina.
A todos mis amigos de la facultad y de mi vida.
Tu sabes que eres uno de ellos.

¡Al fin! A mis compañeros y grandes amigos de la tesis
Raúl, Carlos y José Luis. Gracias.

J.J.D.G.

A MI MADRE:

Angela Hernández García.
Por todo el apoyo que constantemente he recibido a lo largo de toda mi vida.

A MI PADRE:

Jorge Espejel A.
que aunque no se encuentra presente físicamente, logre cumplir su anhelo que siempre esperaba de mí y de todos mis hermanos.

A mis 7 hermanos:

Beatriz, Jorge, Arturo,
Hector, Angelica, Alfredo,
y Lilia por enseñarme a continuar por un camino hasta llegar a conseguir la meta.

Gracias a Dios por haberme permitido realizar este logro.

J.L.E.H.

A MI PADRE:

Luis Rodríguez Flores.
Con eterno agradecimiento a
quien, con su ejemplo, fue
motivo de siempre superación
y que el haberme conducido
por este camino fue la mejor
herencia que pude haber recibido.

A MI MADRE:

Obdulia Díaz Vázquez
Con cariño, respeto y total
agradecimiento por tu apoyo
y comprensión que en todo
momento me brindas y que
me ha ayudado a salir adelante.

A MIS HERMANOS:

*Juan, Elena, Armando, Ernesto,
Alejandro, Víctor y Rosa.*
Con cariño, respeto y satisfacción
por los logros obtenidos.

A los amigos

que nunca se olvidan:
Edgar, Roberto y Rubén
Para quienes lo imposible no existe.

A mis compañeros y amigos:

*Carlos, Claudia, Hugo,
Jose Juan, José Luis,
Miguel y María Elena*
por su sincera amistad.

R.R.D.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
PARTE I	
GENERALIDADES DE LA SOLDADURA	
CAPITULO I.	
DESARROLLO HISTORICO DE LA SOLDADURA	2
CAPITULO II.	
PROCESOS DE SOLDADURA	5
2.1 SOLDADURA POR ARCO	7
2.1.1 Soldadura por arco de carbón	7
2.1.2 Soldadura por arco de metal protegido	7
2.1.2.1 Clasificación de electrodos "AWS"	7
2.1.2.2 Funciones principales del revestimiento del electrodo	10
2.1.2.3 Definición de electrodos de bajo hidrógeno	11
2.1.2.4 Descripción y uso de algunos electrodos de acero al carbono	12
2.1.3 Soldadura por arco sumergido	14
2.1.4 Soldadura por arco de tungsteno y gas	15
2.1.5 Soldadura por arco de plasma	15
2.1.6 Soldadura por arco de metal y gas	15
2.1.7 Soldadura por arco con núcleo fundente	19
2.1.8 Soldadura por espárragos	19
2.1.9 Soldadura por electrogas	19
2.2 SOLDADURA CON OXIGENO Y GAS COMBUSTIBLE	24
2.2.1 Soldadura autógena	24
2.2.2 Soldadura oxiácida	28
2.2.3 Soldadura con aire y acetileno	28
2.2.4 Soldadura con gas y presión	30
2.3 SOLDADURA POR RESISTENCIA	30

2.3.1 Soldadura por puntos	30
2.3.2 Soldadura por proyección	30
2.3.3 Soldadura por costura	32
2.3.4 Soldadura por arco con presión	32
2.3.5 Soldadura recalcada	32
2.4 SOLDADURA FUERTE O CON BRONCE	32
2.4.1 Soldadura fuerte por soplete	36
2.4.2 Soldadura fuerte por horno	36
2.4.3 Soldadura fuerte por inducción	37
2.4.4 Soldadura fuerte por inmersión	37
2.4.5 Soldadura fuerte por resistencia	37
2.4.6 Soldadura fuerte por infrarrojo	38
2.5 SOLDADURA BLANDA	38
2.5.1 Soldadura blanda por inmersión	39
2.5.2 Soldadura blanda por horno	39
2.5.3 Soldadura blanda por infrarrojo	39
2.5.4 Soldadura blanda por resistencia	39
2.5.5 Soldadura blanda por inducción	39
2.5.6 Soldadura blanda por soplete	39
2.5.7 soldadura blanda por onda	39
2.5.8 Soldadura blanda por caudín	40
2.6 SOLDADURA DE ESTADO SOLIDO	40
2.6.1 Soldadura en frío	42
2.6.2 Soldadura por forja	42
2.6.3 Soldadura por difusión	42
2.6.4 Soldadura por fricción	44
2.6.5 Soldadura por ultrasonido	44
2.6.6 Soldadura por explosión	48
2.6.7 Soldadura a alta presión	48
2.6.8 Soldadura por laminador	48
2.7 OTROS PROCESOS DE SOLDADURA	48
2.7.1 Soldadura por electroescoria	50

2.7.2 Soldadura por termita	50
2.7.3 Soldadura por inducción	52
2.7.4 Soldadura por haz de electrones	52
2.7.5 Soldadura por rayo laser	54

CAPITULO III.

SEGURIDAD DE LOS SOLDADORES	58
3.1 RIESGOS EN LA SOLDADURA	58
3.1.1 Seguridad en la caseta de trabajo de soldadura	59
3.1.2 Hoja de datos de materiales para seguridad	59
3.1.3 Exposición al calor	60
3.1.4 Vestimenta de protección	60
3.1.5 Prácticas de seguridad	60
3.1.6 Medidas de seguridad en el proceso de soldadura con arco eléctrico	63
3.1.7 Medidas de seguridad para soldadura y corte de oxiacetilónica	63
3.2 RIESGOS Y PROTECCION A CHOQUES ELECTRICOS	65
3.2.1 Instalación de los equipos de soldadura	66
3.2.2 Operación de la maquinaria y su mantenimiento	66
3.3 RIESGOS POR LA RADIACION DE ARCO	67
3.3.1 Protección de ojos	67
3.3.2 Lentes de contacto	69
3.3.3 Cortinas transparentes de soldadura	69
3.3.4 Otros factores	69
3.4 RIESGOS DE CONTAMINACION DE AIRE	69
3.4.1 Partículas materiales	70
3.4.2 Gases	70
3.4.3 Areas encerradas o limitadas	73
3.4.4 Ventilación	73
3.5 EL FUEGO Y LOS PELIGROS DE EXPLOSION	74
3.5.1 Areas de trabajo	76
3.5.2 Gases combustibles	76
3.5.3 Instrumentos	77
3.5.4 Soldadura en contenedores	77

3.6 RIESGOS CON GASES COMPRIMIDOS	78
3.6.1 Control de los cilindros de gas	78
3.6.2 Almacenamiento de un cilindro	78
3.6.3 Oxígeno	78
3.6.4 Gases combustibles	80
3.6.5 Gases protectores	80
3.7 SEGURIDAD EN PROCESOS ESPECIFICOS DE SOLDADURA	80

CAPITULO IV.

DEFECTOS Y ENSAYOS EN LA SOLDADURA	81
4.1 DEFECTOS EN LA SOLDADURA	81
4.1.1 Porosidad	81
4.1.2 Inclusiones	81
4.1.3 Fusión incompleta	81
4.1.4 Penetración incompleta	81
4.1.5 Socavado	83
4.1.6 Perfil bajo	83
4.1.7 Sobremonta	83
4.1.8 Laminaciones	83
4.1.9 Delaminaciones	83
4.1.10 Hojeaduras	83
4.1.11 Hoturas	83
4.2 ENSAYOS DESTRUCTIVOS	83
4.2.1 Prueba de tracción	84
4.2.2 Prueba de doblés	84
4.2.3 Prueba de escuadra	84
4.3 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	88
4.3.1 Inspección visual	88
4.3.2 Inspección radiográfica	88
4.3.3 Inspección con líquidos penetrantes	88
4.3.4 Inspección con partículas magnéticas	88
4.3.5 Inspección con ultrasonido	92

PARTE II

PROPUESTAS PARA LA MODIFICACION Y MEJORAMIENTO EN LAS INSTALACIONES DE LOS TALLERES DE SOLDADURA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM

CAPITULO V.

<i>SITUACION ACTUAL DE LAS INSTALACIONES DE SOLDADURA EN DIVERSAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS</i>	93
5.1 CECyT #7 (Vocacional) "CUAUHTEMOC"	93
5.2 CETMA (Centro de Estudios Tecnológicos México Alemanes)	100
5.3 UNIVERSIDAD PANAMERICANA	105
5.4 UNIVERSIDAD ANAHUAC	108
5.5 UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA	108
5.6 UNIVERSIDAD LA-SALLE	115
5.7 UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA-AZCAPOTZALCO	119
5.8 UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON	120
5.9 INSTITUTO TECNOLOGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES MONTERREY (Campus Monterrey)	124
5.10 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	126

CAPITULO VI.

<i>PRACTICAS DE SOLDADURA</i>	132
6.1 PRACTICAS DE SOLDADURA OXIACETILENICA	132
6.2 PRACTICAS DE SOLDADURA POR ARCO	137

CAPITULO VII.

<i>PROPUESTAS DE LAS INSTALACIONES PARA EL TALLER DE SOLDADURA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM</i>	141
7.1 DISTRIBUCION	141
7.1.1 Objetivo de la distribución	141
7.1.1.1 Principio de la Integración de conjunto	141
7.1.1.2 Principio de la mínima distancia recorrida	141
7.1.1.3 Principio de la circulación o flujo de materiales	142
7.1.1.4 Principio del espacio cúbico	142
7.1.1.5 Principio de la satisfacción y de la seguridad	142
7.1.1.6 Principio de la flexibilidad	142

7.1.2 Planeación de la distribución	142
7.2 VENTILACION	143
7.2.1 Tipos de ventilación	143
7.2.2 Tipos de ventiladores	153
7.2.3 Aplicaciones en soldadura	153
7.2.4 # de renovaciones de aire recomendadas	154
7.3 ILUMINACION	154
7.4 PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE SOLDADURA EN LOS TALLERES DE SOLDADURA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM	158
7.4.1 PRIMERA PROPUESTA PARA EL TALLER DE SOLDADURA	158
7.4.2 SEGUNDA PROPUESTA PARA EL TALLER DE SOLDADURA	162
7.4.3 TERCERA PROPUESTA PARA EL TALLER DE SOLDADURA	171
CONCLUSIONES	179
BIBLIOGRAFIA	181

PARTE I

GENERALIDADES DE LA SOLDADURA

- CAP. I Desarrollo histórico
- CAP. II Procesos de Soldadura
- CAP. III Seguridad de los soldadores
- CAP. IV Defectos y ensayos en la soldadura

INTRODUCCION

En la actualidad se han tenido grandes progresos en el desarrollo de tecnología para los procesos de soldadura; estos procesos que requieren de esta tecnología han adquirido gran importancia por el hecho de que se ha logrado reducir en forma considerable el costo y el tiempo de producción; así como también grandes avances en la calidad del producto terminado, eficiencia y mayor productividad.

El gran campo de la aplicación de la soldadura es en la manufactura de motores y equipos, automóviles, servicios de reparación, equipos industriales, agrícolas, de construcción, transportación, mineros y de extracción de petróleo, equipo eléctrico y electrónico, etc. La soldadura es aplicable prácticamente en cualquier parte, desde grandes fábricas industriales como ya se mencionó anteriormente, así como en pequeños talleres considerados como artesanales.

Como se ha expuesto la soldadura es ilimitada, su aplicación se realiza bajo todo tipo de condiciones (exteriores e interiores), en donde el soldador está expuesto continuamente al calor, a metal caliente, chispas, humos, posiciones incómodas y demás riesgos.

En general, la importancia de la soldadura es tal que casi todas las cosas que nosotros usamos en nuestra vida diaria son soldadas o están hechas por un equipo que fue soldado.

Ante este panorama el objetivo en la realización de este trabajo de tesis es desarrollar un conocimiento teórico-práctico a los estudiantes de Ingeniería que en sus programas de estudios contemplen la aplicación de los procesos de soldadura.

Para la elaboración de este estudio se realizó, una investigación a través de documentos, visitas a empresas, universidades, conferencias, congresos y experiencias relacionadas con este tema.

El trabajo se divide en dos partes:

La primera parte trata sobre generalidades teóricas de la soldadura y consiste en los capítulos del I al IV, que hablan sobre el desarrollo histórico, procesos, seguridad, defectos y ensayos en la soldadura.

En la segunda parte se hablara de las propuestas para la modificación y mejoramiento en las instalaciones de los talleres de la Facultad de Ingeniería; estará formada por los últimos tres capítulos. El capítulo V, es base fundamental para los dos siguientes, en este se explicara la situación actual de las instalaciones de soldadura en diversas instituciones educativas. El capítulo VI y VII trata sobre las prácticas que se sugieren e instalaciones propuestas respectivamente.

CAPITULO I

DESARROLLO HISTORICO DE LA SOLDADURA

Definición de soldadura: en general, es un proceso de unión de materiales a través de dos medios principalmente: por calentamiento y por presión.

La soldadura es un arte muy antiguo, cuya actividad inicial se cree que consistía en unir metales por medio de remachado o por un tipo de soldadura que no involucraba fusión, teniendo sus orígenes aproximadamente 3 000 años a.C. En la edad de bronce se tienen los primeros datos históricos, un herrero griego de nombre Glaukos inventó la forma de soldar el hierro; esto consistió en calentar las piezas en un horno o forja hasta ablandar el metal, posteriormente martillando las piezas lograba fusionarlas hasta convertirlas en una unidad. La práctica de soldadura por forja continua casi sin sufrir cambio alguno.

En la Edad de Hierro los Egipcios y otros pueblos del Medio Oriente aprendieron a soldar uniendo piezas de hierro para la fabricación de herramientas y armas hechas aproximadamente 1000 años a.C.. Algunos ejemplares se encuentran actualmente en exhibición en diferentes museos del mundo.

Durante la Edad Media, el arte de la herrería tuvo gran desarrollo y muchos detalles de hierro fueron hechos mediante soldadura por forja. Un ejemplo notable son las Columnas de Hierro de Delhi en la India, alrededor del año 310 d.C. Algunas grandes obras de soldadura hechas por los romanos han sido descubiertas en Europa. Sin embargo, no fue sino hasta el siglo XIX cuando se le conoce a la soldadura con ese nombre.

El inglés Sir Humphry Davy es considerado fundador de la soldadura moderna gracias a dos descubrimientos que realizó:

- El descubrimiento del acetileno.
- El descubrimiento de un arco eléctrico que saltaba entre dos terminales de un acumulador.

Se dio cuenta que aprovechando adecuadamente el arco eléctrico se podría utilizar para fundir un metal con otro, lo que dio paso al descubrimiento de la soldadura por arco.

A finales del siglo XIX (1877-1903) se lograron gran número de descubrimientos e inventos relacionados con la soldadura y corte con gas. Se desarrollaron los métodos de arco de carbón, de arco metálico y soldadura por resistencia. El francés Auguste de Meritens junto con su alumno el ruso Nikolai N. Bernardos, utilizaban el calor de un arco para unir placas de plomo de un acumulador con el proceso de arco de carbón en 1881. A Bernardos se le otorgó la patente para soldar metales con arco de carbón posteriormente. El, con su socio ruso Stanislaus Olszewaski, garantizan una patente británica en 1885 y una patente americana en 1887. Este trabajo fue el comienzo real del proceso de soldadura para soldar metales por arco.

Los esfuerzos de Bernardos trabajando con soldadura por arco de carbón fueron aparentemente restringidos, aunque este proceso fue capaz de soldar hierro y plomo. La soldadura por arco de carbón se volvió popular a fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX.

En 1890 el estadounidense C.L.Coffin fue el primero en lograr una patente de soldadura por arco, utilizando un electrodo de metal desnudo y logrando el primer proceso de soldadura por puntos.

En 1914, A.P. Sthohmenger desarrolló en Inglaterra, el primer electrodo envuelto en asbesto. Ese mismo año Oscar Kjellber de Suecia inventó el electrodo revestido o recubierto. Lo produjo sumergiendo longitudes cortas de alambre de hierro con carbonatos, silicatos y así sucesivamente, permitiendo el revestimiento en seco.

Durante ese periodo estuvieron desarrollándose procesos de soldadura por resistencia, por puntos, de costura, por proyección, etc. Durante la década 1900-1910, Elihu Thompson creó la Thompson Electric Welding Company en la cuál desarrolló diferentes procesos de soldadura de resistencia. En 1903, el proceso de soldadura por termita fue inventado por el alemán Goldschmidt y se usó intensivamente para soldar rieles de ferrocarril.

Durante este periodo, mientras la soldadura eléctrica se desarrollaba y aparecían otros procesos, la soldadura y corte con gas fueron extremadamente estudiadas; antes de 1900 se utilizaba hidrógeno y gas de hulla con oxígeno en los primeros intentos, tiempo después se diseñó un soplete que trabajaba con gas oxiacetilénico a baja presión para procesos de corte. Mas adelante, la producción de oxígeno y la utilización de aire, junto con la introducción de un soplete antorcha, se impulso el desarrollo de la soldadura y corte con gas.

La Primera Guerra Mundial trajo consigo una tremenda demanda de productos metálicos, por lo que el empleo de la soldadura cobró un gran auge. De esta necesidad surgieron muchas compañías en E.U. y Europa para manufacturar diferentes tipos de máquinas de soldadura y electrodos a fin de satisfacer la gran demanda. Con esto se logra experimentar diversas innovaciones de las que, en su mayoría, se obtuvieron resultados exitosos.

Inmediatamente después de la guerra, en 1919, veinte miembros del Wartime Welding Committee (Comité de Soldadura en Tiempos de Guerra) de la Emergency Fleet Corporation, bajo el liderazgo de Comfort Avery Adams, fundaron la American Welding Society (AWS), concebida como una organización no lucrativa dedicada al desarrollo de la soldadura y procesos afines. En ese mismo año, se lograron avances en el desarrollo de los procesos de soldadura, por ejemplo el de C.J. Holsiang que inventó la soldadura utilizando corriente alterna. Un año después en la General Electric Corporation, P. O. Nobel inventó la soldadura automática, utilizándola para reconstruir ejes de motores y ruedas de grúas.

En la década de los años 20's se estuvieron desarrollando diferentes tipos de electrodos. El acero al 0.20% de carbono o menos se utilizó para soldar prácticamente todos los grados de acero rolado, sin embargo los electrodos de alto contenido de carbono y los electrodos de aleación de acero fueron también ampliamente desarrollados. En 1929, Lincoln fue el que produjo varillas de electrodos extruidos y puestos de venta al público.

Para 1930, los electrodos revestidos habían adquirido gran popularidad, viéndose en la necesidad de preparar sus especificaciones y redactar los códigos que exigían materiales de aporte de la mejor calidad. En ese mismo año se desarrolló la soldadura de espárragos, la cuál tuvo mucha aplicación en los astilleros y la industria de la construcción.

En este periodo se comprendió que la atmósfera de oxígeno y nitrógeno molecular que entra en contacto con el metal de soldadura fundida causaba soldadura quebradiza y a veces porosas. En vista de esto, surgió el interés de proteger el ambiente que rodea al arco; se comenzaron a realizar trabajos de investigación para la implementación de técnicas de aplicación de gases protectores.

Alexandre y Langmuir realizaron considerables trabajos en cámaras utilizando como ambiente al hidrógeno. Usaron al inicio dos electrodos de carbono sustituyendolos posteriormente por electrodos de tungsteno. El efecto resultante era que el hidrógeno cambiaba a hidrógeno atómico en el arco, el cual expulsaba mucho calor en forma de una flama oxiacetilénica. A este proceso se le nombró soldadura de hidrógeno atómico.

En esta misma década, trabajos similares fueron realizados por H. M. Hobart y P. K. Devers pero utilizando atmósferas de argón y helio. Ellos se basaron en la idea original de C. L. Coffin (patentada en 1890) la cual consistía precisamente en soldadura por arco de tungsteno y gas con una atmósfera antioxidante; desarrollándose y perfeccionándose en años posteriores.

Uno de los procesos automáticos que llegó a ser muy popular fue el proceso de soldadura por arco sumergido. Este proceso de soldadura de arco fue desarrollado por la National Tube Company para ser aplicado en una fábrica de tubería en McKeesport (Pennsylvania, E.U.); fue diseñada para realizar la costura longitudinal en una tubería.

El proceso fue patentado inicialmente por Roblnof en 1930 y posteriormente fue vendido a Linde Air Products Company, donde fue renombrado soldadura Uniomelt (Unión disuelta), la soldadura de arco sumergido fue utilizada durante el incremento de acciones bélicas hacia finales de los años 30's y principios de los 40's en dos tipos de fábricas: los astilleros y las de armamentos. Este tipo de soldadura, que por ser más productiva, ha logrado permanecer en la actualidad como uno de los procesos más popularmente utilizados.

Ante la amenaza de la segunda guerra mundial, surgió la necesidad de soldar magnesio para fortalecer los aviones de combate. Ingenieros de la Northrup Aircraft Company en conjunción con la Dowchemical Company, iniciaron un programa para desarrollar un proceso de soldadura para unir magnesio, basándose en los trabajos hechos por Hobart y Devers sobre soldadura con gas inerte protector, se obtuvieron resultados favorables para soldar magnesio, aluminio y también soldadura inoxidable. Esta fue perfeccionada en 1941 y patentada por Neredith quien la nombró Soldadura Hellarc, debido a que en su inicio fue usado el helio como gas protector. El proceso de soldadura por arco de tungsteno y gas (TIG) se convirtió en uno de los procesos de soldadura por arco más importante.

Los trabajos hechos por Hobart y Devers sirvieron también de origen al proceso de soldadura por arco de metal y gas (MIG) desarrollado exitosamente en el Battelle Memorial Institute en 1948 bajo el patrocinio de la Air Reduction Company. El desarrollo de este proceso es similar al proceso de soldadura por arco de tungsteno y gas, solo por la diferencia en reemplazo del electrodo de tungsteno por un electrodo de alambre alimentado continuamente.

Posteriormente se realizaron cambios que hicieron al proceso más aceptable como fue el uso del electrodo de alambre de diámetro pequeño, el control de voltaje constante y la fuente de poder. La aplicación inicial fue para soldar metales no ferrosos, especialmente en grandes planchas de aluminio. La alta velocidad con que se depositaba del metal indujo a los usuarios a intentar el proceso sobre acero. El costo del gas inerte fue relativamente alto por lo que el ahorro de costo no fue inmediatamente disponible. Este proceso fue patentado por H.T Kennedy.

El proceso de soldadura con electrodos consumibles en un ambiente de dióxido de carbono (CO₂), -desarrollado por Lyubavsky y Novoshilov en 1953- tuvo gran auge porque resultaba económico para aplicarse en el soldado de aceros. Este proceso requería de electrodos de alambre largos con una corriente elevada. Para hacerlo más aceptable se hicieron esfuerzos por perfeccionarlo creando así electrodos de alambre de diámetro pequeño y la disminución de suministro de potencia.

Una de las consecuencias de estos desarrollos fue la variación del corto circuito en el arco, la cual fue conocida como nitroalambre, arco de corto o soldadura de transferencia sumergida, todo lo referente a ella apareció a fines de 1958 e inicios de 1959.

Tales variaciones la convirtieron en el más popular de los procesos de soldadura de arco con gas. Otra variación fue el uso de gas inerte con pequeñas cantidades de oxígeno, para lo cual, el arco de transferencia fue provisto de un tipo de atomizador; esta variación se volvió popular en los inicios de los 60's utilizada para soldar equipo agrícola. La última de las variaciones en la soldadura por arco de metal y gas fue el uso de corriente pulsante.

Para 1958, Lyubavsky y Novoshilov presentaron al mundo occidental el proceso de soldadura por electroescoria el cual ya se había empleado en la Unión Soviética desde 1951, basado en los trabajos hechos en E.U.A. por R. K. Hopkins. En la ex-URSS fue utilizado para satisfacer la gran demanda de soldaduras pesadas para construir máquinas y herramientas de gran tamaño.

El proceso de soldadura por haz de electrones, fue desarrollado en Francia a mediados de los cincuentas por J. A. Stohr, de la French Atomic Energy Commission. La soldadura por fricción, en la que se emplean altas velocidades rotatorias y presión para proporcionar calor, se desarrolló en la ex-URSS, adicionándose investigaciones en Gran Bretaña y E.U.A., este proceso sólo se emplea cuando se va a trabajar con un volumen suficiente de piezas debido al costo inicial del equipo y herramientas; se considera que el empleo de este proceso será muy común en el futuro.

El más novedoso de los procesos de soldadura es el de rayos láser, desarrollado originalmente en los Bell Telephone Laboratories, el láser está encontrando ya aplicaciones en la soldadura, teniendo un futuro prometedor.

CAPITULO II

PROCESOS DE SOLDADURA

En el desarrollo histórico de la soldadura se mencionó la creación de métodos y equipos para soldar aprovechando los conocimientos adquiridos en la ciencia y tecnología de cada época, dando origen a un gran número de procesos de soldadura, los cuales difieren unos de otros en diversos aspectos o bien pueden parecer similares en su operación.

La American Welding Society AWS (Sociedad Americana de Soldadura) organismo estadounidense de información, normalización y desarrollo de la soldadura y procesos afines, tuvo que definir a cada uno de los procesos de soldadura de la manera más completa posible para evitar problemas de confusión o mala interpretación que llegue a provocar el mal uso de equipos y procedimientos de soldadura que pongan en riesgo la seguridad del operador, debido a la gran diversidad de procesos de soldadura existentes.

Este organismo definió los procesos de soldadura desde el punto de vista de su operación y no desde un punto de vista metalúrgico, es decir, se consideraron los aspectos básicos de operación en lugar de las características metalúrgicas finales de la soldadura. Tal organismo definió el término proceso como " una secuencia ordenada distintiva y progresiva de una serie de acciones involucradas en la obtención de un tipo básico de resultado ".

Haciendo referencia de la definición de soldadura del capítulo I, se cuenta con una definición más técnica y profunda del concepto: "Es un proceso de unión de materiales por calentamiento de ellos a la temperatura de soldadura con o sin aplicación de presión o por la aplicación de presión solamente y con o sin el uso de material de aporte".

Se mencionó que la AWS tuvo que agrupar los procesos de acuerdo a el " modo de operar la energía transferida " como primera consideración. Un aspecto secundario es el efecto de capilaridad y de distribución del material de aporte sobre la unión. Este efecto distingue a los procesos de soldadura agrupados bajo " soldadura fuerte" y "soldadura blanda" de las clasificadas como " soldadura por arco ", " soldadura con gas " , " soldadura por resistencia " , " soldadura en estado sólido " y "otros procesos". La lista y agrupación de los procesos de soldadura se muestran a continuación en la tabla 2.1

En los diferentes acuerdos que tuvo la AWS sobre la definición de los procesos, se decidió que los términos "presión" y "no presión" no fueran designados como alguna agrupación o proceso independiente sino como un elemento aplicable o no a un proceso de soldadura en particular. Así mismo, no se reconoce a los términos "soldadura con fusión " como un proceso de soldadura, dado que la fusión de materiales se presenta en la mayoría de los procesos, sin embargo, se puede aplicar como una clasificación muy general o global de los procesos en dos categorías: soldadura por fusión y soldadura sin fusión.

Se entiende como soldadura con fusión al efecto de calentar las piezas de trabajo hasta alcanzar su punto de fusión y unirse entre si. El segundo tipo consiste en calentar las piezas hasta una temperatura inferior a su punto de fusión y unirlos con un material de aporte fundido, o bien calentarlos hasta que estén suficientemente plásticos y mediante cualquier medio aplicar presión y unirlos entre si. Existe otro método de unión el cual se basa solamente por la acción de la presión excluyendo calentamiento.

Se excluyeron términos o aspectos particulares de cada proceso que pudieran presentar confusión tales como la corriente utilizada (AC o DC) en los procesos de soldadura por arco o resistencia, el tipo de electrodos utilizado (consumibles, no consumibles, descubiertos, revestidos, alimentados continuamente) en los procesos de soldadura por arco, etc. Estos términos quedan englobados dentro de la definición del mismo proceso de soldadura, por tanto, no pueden considerarse agrupaciones de soldadura como tales.

En otros países la agrupación de los procesos de soldadura se han tomando otras consideraciones. Citando algunos países, podemos mencionar al Reino Unido donde los procesos son agrupados en dos categorías: el grupo I abarca todos aquellos procesos donde se requiere presión y calor para soldar y el grupo II engloba todos aquellos procesos donde únicamente se requiere calor.

GRUPO	PROCESO DE SOLDADURA	LETRA DE ASIGNACION
ARCO DE SOLDADURA (AW)	Sold. con arco de Carbón	CAW
	Sold. con electro gas	EGW
	Sold. con núcleo fundente	FCAW
	Sold. con gas y arco de metal	GMAW
	Sold. con gas y arco de tungsteno	GTAW
	Sold. con arco de plasma	PAW
	Sold. con arco de metal protegido	SMAW
	Sold. con arco de espárragos	SW
	Sold. con arco sumergido	SAW
SOLDADURA FUERTE o CON BRONCE (B)	Sold. por inmersión	DB
	Sold. en horno	FB
	Sold. por inducción	IB
	Sold. infrarroja	IRB
	Sold. por resistencia	RB
	Sold. con soplete	TB
SOLDADURA CON OXIGENO Y GAS COMBUSTIBLE (OFW)	Sold. oxiacetilénica	OAW
	Sold. oxhidrica	OHW
	Sold. con gas a presión	PGW
	Sold. con aire y acetileno	AAW
SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW)	Sold. a tope con arco	FW
	Sold. por proyección	RPW
	Sold. de costuras	RSEW
	Sold. por puntos	RSW
	Sold. recalcada	UW
SOLDADURA DE ESTADO SOLIDO (SSW)	Sold. en frío	CW
	Sold. por difusión	DFW
	Sold. explosiva	EXW
	Sold. por forja	FOW
	Sold. por fricción	FRW
	Sold. a alta presión	HPW
	Sold. por laminador	ROW
	Sold. ultrasónica	USW
SOLDADURA BLANDA (S)	Sold. por inmersión	DS
	Sold. en horno	FS
	Sold. por inducción	IS
	Sold. infrarroja	IRS
	Sold. con caudín	INS
	Sold. por resistencia	RS
	Sold. con soplete	TS
	Sold. ondulada	WS
OTROS PROCESOS DE SOLDADURA	Sold. con haz de electrones	EBW
	Sold. con electroescoria	ESW
	Sold. por flujo	FLOW
	Sold. por inducción	IW
	Sold. con rayo láser	LBW
	Sold. por termita	TW

En Alemania se agrupan tomando como consideraciones a la presión y a la fusión; la soldadura con fusión incluye procesos de soldadura ultrasónica, por fricción, por forja, por resistencia, por rociado y por difusión; el segundo incluye soldadura por gas, por electroescoria, por arco, por plasma, por haz de electrones y soldadura laser. En otros países se agrupan de acuerdo al tipo de energía involucrada, tales como: energía termoquímica, electrotérmica, mecánica o focalizada. En México, dada la gran influencia científica y tecnológica del vecino país del norte, además de normas, especificaciones y actividades relacionadas con la soldadura, se ha aceptado la agrupación hecha por la AWS.

Incluso los soldadores llegan a clasificar a los procesos de una manera un tanto empírica, considerando factores tales como: adición de metal de aporte, fusión de las partes a soldar, uso o tipo de electrodos, ambiente protegido o sin proteger, etc. De cualquier modo y para mejor comprensión siempre es bueno clasificar los diversos procesos de soldadura.

2.1 SOLDADURA POR ARCO (AW-Arc Welding)

Esta clasificación de procesos de soldadura engloba a nueve procesos específicos de soldadura, de los cuales, la mayoría son extensamente utilizados y por tanto populares. Algunos procesos de soldadura por arco resultan ser muy similares pero en diversos aspectos son totalmente diferentes. Debido a la similitud entre ellos es necesario definir claramente a cada uno de ellos, comenzando con la definición general del grupo. La soldadura por arco "es un grupo de procesos de soldadura que produce la unión de las piezas de trabajo mediante el calentamiento de ellas usando un arco eléctrico. Los procesos son usados con o sin la aplicación de presión y con o sin el uso de material de aporte".

2.1.1 SOLDADURA POR ARCO DE CARBON (CAW-Carbon Arc Welding)

Es el método más antiguo de los procesos de soldadura por arco, está considerado como iniciador de la soldadura por arco debido a que fue uno de los primeros que utilizó la energía eléctrica en la producción del arco de soldadura. La CAW se define como: "un proceso de soldadura donde se produce un arco eléctrico entre un electrodo de carbón (no consumible) y las piezas de trabajo. El proceso se emplea con o sin la aplicación de material de aporte, con o sin un ambiente protegido y sin la aplicación de presión". Tiene muy pocas aplicaciones hoy en día, la soldadura por arco de carbón doble es la que más se utiliza. Debido a su escaso uso industrial y por su misma antigüedad, el proceso se ha considerado como un proceso obsoleto. Este proceso es aplicado manualmente. Ver figura 2.1.1

2.1.2 SOLDADURA POR ARCO DE METAL PROTEGIDO (SMAW- Shielding Metal Arc Welding)

La aparición del proceso CAW trajo consigo el desarrollo rápido del proceso SMAW en el que la diferencia consiste en usar electrodos de metal con el uso de corrientes adecuadas. La SMAW se define como "un proceso de soldadura por arco en el que se produce un arco eléctrico entre un electrodo metálico protegido o revestido y las piezas de trabajo. La protección al arco y al metal fundido se logra debido al revestimiento del electrodo el cual en altas temperaturas se funde y forma una capa de flujo granular o escoria sobre la junta soldada que al solidificar puede ser retirada. El proceso se usa sin la aplicación de presión y el material de aporte necesario de la unión lo representa el mismo electrodo".

El arco se inicia al realizar un toque del electrodo con la pieza de trabajo e inmediatamente retirándolo para mantenerlo a corta distancia estableciéndose el arco, el cual, funde al electrodo en pequeñas gotas de metal que se depositan sobre la junta soldada. Conforme se funde el electrodo la distancia entre este y las piezas debe mantenerse para no interrumpir el arco. El proceso es muy versátil por lo que se usa para soldar la gran mayoría de los aceros. Véase la fig. 2.1.2

2.1.2.1 CLASIFICACION DE ELECTRODOS "AWS"

Actualmente el uso de la soldadura se ha convertido en una necesidad indispensable para la mayoría de las industrias modernas. Esta necesidad, a la vez, ha originado una gran demanda de electrodos de excelente calidad al menor costo posible.

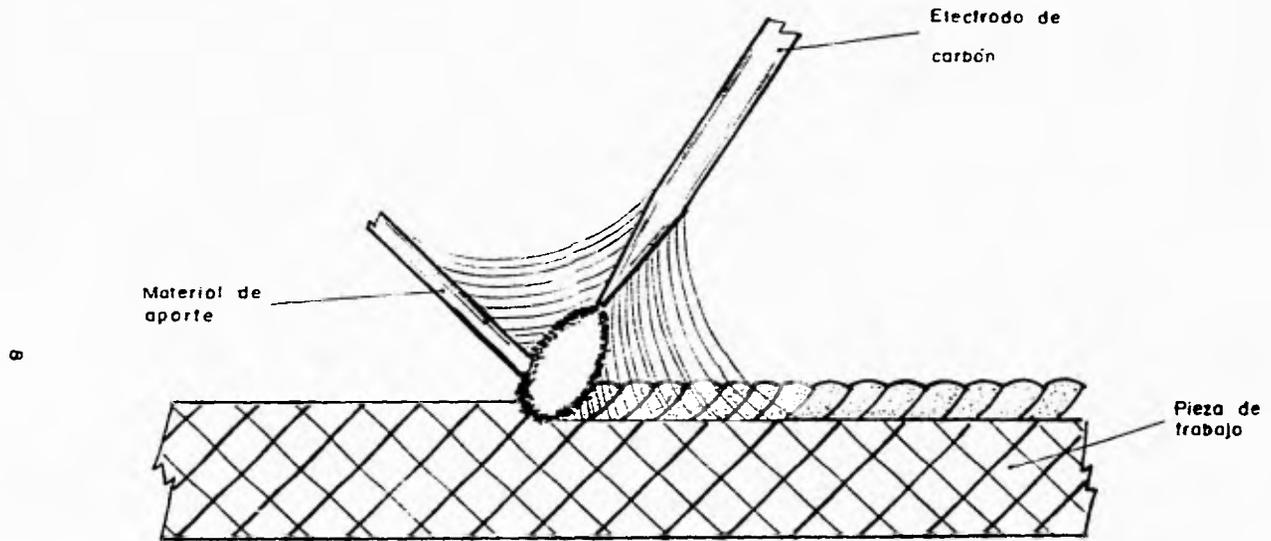


Fig. 211 Soldadura por arco de carbón (CAW)

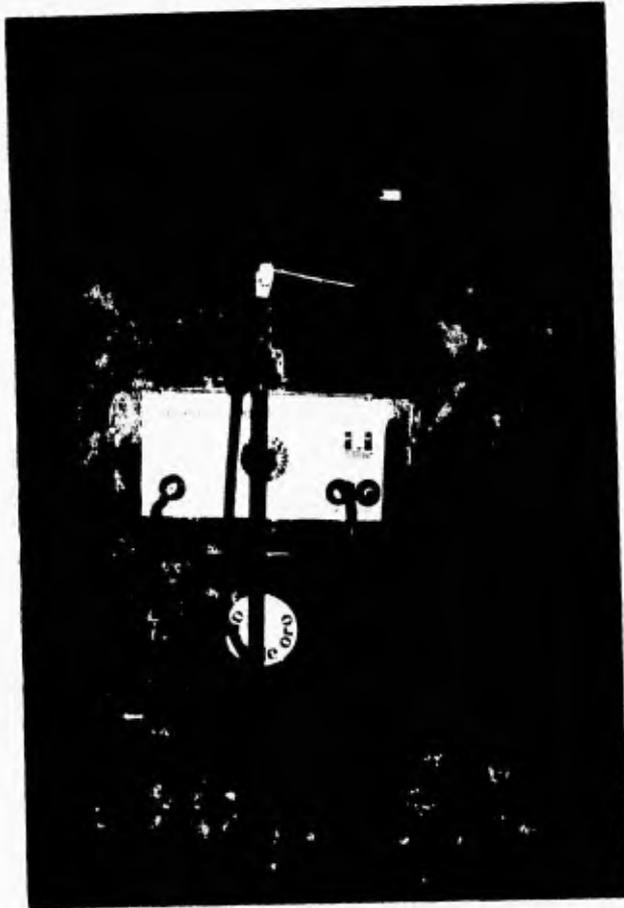


Fig. 2.1.2. Soldadura por arco de metal protegido (SMAW)

La AWS y ASME crearon un sistema a base de números y letras para clasificar a los electrodos. AWS-A5.1 y/o ASME-SFA5.1 son las especificaciones para clasificar los electrodos revestidos para aceros suaves y, así mismo AWS A5.5 y/o ASME SFA5.5, clasifican a los electrodos revestidos de baja aleación. Como ya se ha mencionado anteriormente en México se utiliza la clasificación AWS.

En términos generales, el fundente de los electrodos con clasificación AWS, comprendido entre los 6010,6011,6012 y 6013, está fabricado a base de celulosa y otros ingredientes. La diferencia básica entre estos electrodos es la forma de penetración y el tipo de corriente con que se debe usar. Entre mayor sea el contenido de celulosa en el fundente, mayor será la penetración. La numeración de los electrodos tiene que ver directamente con sus características de aplicación, tipo de corriente con que se va usar, así como el tipo de depósito.

La letra "E" significa que se trata de un electrodo revestido, los primeros dígitos (2 cuando es de 4 y 3 cuando es de 5), nos indican la resistencia mínima a la tensión en miles de libras sobre pulgadas al cuadrado (PSI). El penúltimo dígito nos indica la posición para soldar. El último dígito nos indica el tipo de revestimiento y sus características de soldabilidad. Cuando son electrodos de baja aleación llevan una letra y un dígito después de un guión, que significa el tipo y la cantidad de aleación.

Los electrodos con 70,000 libras por pulgada cuadrada de resistencia a la tracción o más existen en una gran variedad. Por ejemplo, el 7018; existe también con un índice adicional de letras y número como en el caso del 7018A1.

Los significados más comunes del índice adicional son los siguientes:

- A1: Significa un contenido de molibdeno.
- B1 al B4: Significa un contenido de cromo molibdeno.
- C1 al C3: Significa un contenido de níquel.
- D1 a D2: Significa un contenido de manganeso-molibdeno.
- G: Para electrodos no clasificados.
- M: Una clasificación militar (para soldar aceros de grano fino y extra fino).

Es muy importante tener en consideración que el significado del índice adicional tiene que ver de una manera directa con el acero que se desea soldar; por lo que, en los electrodos con esta clasificación se deben considerar sus características de resistencia en relación con las características del metal base para las que son clasificados.

La AWS y ASME crearon un sistema a base de números y letras para clasificar a los electrodos. AWS-A5.1 y/o ASME-SFA5.1 son las especificaciones para clasificar los electrodos revestidos para aceros suaves y, así mismo AWS A5.5 y/o ASME SFA5.5, clasifican a los electrodos revestidos de baja aleación. Como ya se ha mencionado anteriormente en México se utiliza la clasificación AWS.

2.1.2.2 FUNCIONES PRINCIPALES DEL REVESTIMIENTO DEL ELECTRODO

- 1) Actúa como limpiador y desoxidante del material base durante la soldadura.
- 2) Actúa como estabilizador del arco eléctrico y disminuye el chisporroteo.
- 3) Influye en forma directa en la penetración del cordón de soldadura.
- 4) Rompe las tensiones superficiales de las gotas del metal de aporte, permitiendo que éstas se amalgamen en forma homogénea con el material base.
- 5) Forma una capa de escoria que protege el cordón de soldadura caliente de la oxidación.
- 6) Evita el rápido enfriamiento del cordón de soldadura gracias a la protección de la capa de escoria.
- 7) Permite, por medio de elementos adicionales, obtener un cordón de soldadura con características especiales.

SISTEMA AWS PARA LA CLASIFICACION DE ELECTRODOS		
CIFRAS	SIGNIFICADO	EJEMPLOS
LOS 2 O 3 PRIMEROS DIGITOS (2 CUANDO ES DE 4 Y 3 CUANDO ES DE 5)	RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION EN MILES DE LIBRAS SOBRE PULGADAS CUADRADAS	E60xx= 60000 lbs/pulg2 E90xx= 90000 lbs/pulg2 E100xx=100000 lbs/pulg2 E120xx=120000 lbs/pulg2
PENULTIMO DIGITO	POSICIONES PARA SOLDAR	Exx1x = TODA POSICION Exx2x = POSICION PLANA Y HORIZONTAL Exx3x = POSICION PLANA Exx4x = TODA POSICION INCLUYENDO VERTICAL DESCENDENTE
<p>ULTIMO DIGITO</p> <p>0: ALTA PENETRACION: Para soldar únicamente con CD+ en corriente invertida (celulosa y sodio).</p> <p>1: ALTA PENETRACION: Para soldar en CA- CD+ polaridad invertida (CELULOSA y POTASIO).</p> <p>2: MEDIANA PENETRACION: Para soldar en CA- CD- polaridad directa (RUTILO y SODIO).</p> <p>3: LIGERA PENETRACION: Acabado terso para aplicarse con CA- CD + polaridad directa o invertida (RUTILO y POTASIO).</p> <p>4: PENETRACION MEDIANA: Para soldar en CA- CD+- polaridad directa o invertida (POLVO DE HIERRO y RUTILO).</p> <p>5: BAJO HIDROGENO Y SODIO: Para soldar en CD+ polaridad invertida.</p> <p>6: BAJO HIDROGENO Y POTASIO: Para soldar en CA- CD+ polaridad invertida.</p> <p>7: BAJO HIDROGENO, POLVO DE HIERRO, OXIDO DE HIERRO: Para soldar con CA- CD+- polaridad directa o invertida.</p> <p>8: BAJO HIDROGENO y POLVO DE HIERRO DE POTASIO: Para soldar con CA- CD+ polaridad invertida.</p>		

2.1.2.3 DEFINICION DE ELECTRODOS DE BAJO HIDROGENO

En términos generales los electrodos de bajo hidrógeno se puede definir como: aquellos en cuya zona de aplicación forman una atmósfera con bajo contenido de hidrógeno.

Ventajas de los electrodos de bajo hidrógeno:

1. Son formadores de escoria alcalina con un bajo contenido de hidrógeno.
2. Se obtiene soldadura sin rajaduras o poros.
3. Su depósito afina el grano.
4. Mejor elasticidad y una mayor resistencia.
5. Se puede aplicar con mayor rango de amperaje sin producir socavaciones.
6. Producen cordones uniformes con un mayor depósito de soldadura.
7. Poco calentamiento del electrodo al soldar.
8. Autoajusta la longitud de arco.
9. Evita el exceso del chisporroteo.
10. Buena estabilidad del arco en soldadura.

El revestimiento de los electrodos de bajo hidrógeno está formado por minerales como son: caliza en alto porcentaje y otros elementos secundarios. Al variar o substituir uno o más elementos secundarios, se obtiene un cambio, que influye directamente en la clasificación del electrodo, quedándose siempre integrado en la familia de los "bajo hidrógeno". Como por ejemplo:

- E-7015: (bajo hidrógeno sódico), elemento secundario: silicatos de sodio, posibilidad de aplicación exclusivamente con corriente directa, polaridad invertida.
- E-7016: (bajo hidrógeno potásico), elemento secundario: silicatos de potasio, posibilidad de aplicación; corriente alterna, corriente directa, con la polaridad invertida.
- E-7018: (bajo hidrógeno y polvo de hierro), la composición del revestimiento es similar al E-7015, excepto que este tiene una adición de alto porcentaje de polvo de hierro, que varía entre un 25 y 40% del peso del revestimiento.

2.1.2.4 DESCRIPCION Y USO DE ALGUNOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO

Electrodo E-6010

Los electrodos que pertenecen a este grupo, se distinguen por la alta penetración que es ocasionada por la alta potencia del arco, debido al alto contenido de celulosa en el revestimiento (aproximadamente el 35% de su peso). Otra característica particular de estos electrodos, es que durante la fusión producen un ruido muy parecido a un fuerte soplo, que se distingue claramente entre todos los demás electrodos. Este soplo es causado por la influencia del arco eléctrico, que descompone la celulosa en gas carbónico (CO) y vapor de agua (H₂O).

Estos electrodos son recomendados para la mayoría de aplicaciones de soldaduras en uniones de acero al carbón, como son tuberías, tanques, construcción, industria automotriz, reparación naval y pailería en general, etc. Son aplicados en soldadura en todas posiciones, haciendo uso exclusivamente de corriente continua o directa, con el tipo de polaridad invertida.

Electrodo E-6011

Los electrodos 6011 son electrodos celulósicos que son fabricados para ser usados con corriente alterna, sin embargo, se pueden usar también con corriente directa, conectando el portaelectrodo al polo positivo (polaridad invertida), su versatilidad de arco lo hace el electrodo preferido por los soldadores. Sus propiedades mecánicas son superiores y su principal campo de aplicación lo tiene en pailería, astilleros, tanques de almacenamiento, tubería entre otras. Aplicable en cualquier posición.

Electrodo E-6012

Estos electrodos se caracterizan por su alto contenido de titanio en el revestimiento, aproximadamente el 35% de su peso. Otros componentes en menor cantidad son: celulosa, ferromanganeso, silicatos de sodio, etc., estos son conocidos como electrodos rutilicos o electrodos de titanio. Son clasificados como de mediana penetración, su uso es para todas posiciones, utilizando corriente alterna, directa, conectando el portaelectrodo en el polo negativo o al polo positivo.

Electrodo E-6013

Electrodo rutilico de inmejorable suavidad de arco y remoción de escoria, tanto que durante la operación de soldadura se levanta por sí misma del cordón. El revestimiento está compuesto de celulosa, rutilo, ferromanganeso, silicatos de potasio y otros materiales silicosos. El potasio permite el uso de la corriente alterna con bajos amperajes y bajo voltaje en circuito abierto. Por lo tanto este tipo de electrodo puede ser usado con corriente alterna, o con corriente directa. Su uso es para todas posiciones, su baja penetración y poca salpicadura lo hacen insustituible en soldaduras de materiales delgados como tubulares, ventanería, pailería, astilleros, tanques, etc.

Electrodo E-6020

El revestimiento de este electrodo, está compuesto de óxido de hierro (en altos porcentajes), manganeso, un suficiente porcentaje de desoxidantes y compuestos de sílice. Su uso es limitado exclusivamente para posiciones plana y horizontal, con el uso de corriente alterna, corriente directa, conectando el porta electrodo al polo negativo (polaridad directa).

Generalmente los electrodos E-6020 son calculados de penetración profunda, debido a su uso con altos amperajes, su aplicación es permitida para soldaduras de recipientes de presión, parte de estructuras, etc.

Electrodo E-6022

Son recomendados para aplicaciones de soldadura en posición plana y horizontal. Estos electrodos tienen las características de producir cordones de soldadura lisos y uniformes a pesar de la alta velocidad de depósito que es producida por los altos amperajes.

Electrodo E-6027

Este material de aporte es uno de los electrodos más rápidos de este tipo, y puede llegar a obtenerse un rendimiento de aproximadamente el 200%, depositando hasta 165 gramos de metal por minuto (con electrodos de 6 mm de diámetro). El revestimiento tiene un alto contenido de poivo de hierro en combinación con otros ingredientes similares a los contenidos en los E-6020. Este electrodo es designado para el uso con corriente alterna o corriente directa, con el portaelectrodo conectado al polo negativo (polaridad directa). Su aplicación es recomendada para soldadura de filete y a tope en posición plana y horizontal.

El grado de profundidad (penetración) de la soldadura depositada con los electrodos 6027, es calculada en mediana penetración, la escoria es muy ligera y de fácil remoción.

Electrodo E-7014

El revestimiento de los electrodos 7014 es similar al revestimiento de los E-6012 y E-6013, con la diferencia que los primeros se distinguen por el alto contenido de titanio-sodio y titanio-potasio, mientras que los E-7014, son de alto contenido de óxido de hierro, necesario para poder producir soldaduras de alta producción, con el uso de altas intensidades de corriente.

Son electrodos de alto rendimiento, buena conformación, fusión suave, fácil encendido y remoción de escoria, el acabado es plano y ligeramente convexo. Las recomendaciones de uso es para corriente alterna, o corriente directa con polaridad invertida o directa, para aplicaciones en la fabricación de autopartes, vigas, implementos agrícolas, chasis de automotores, etc.

Electrodo E-7015

Son electrodos que pertenecen al grupo de los electrodos de bajo hidrógeno, con la escoria químicamente básica. Este electrodo es comúnmente llamado de bajo hidrógeno sódico, es recomendado para aplicar soldaduras con corriente directa, conectando el portaelectrodo al polo positivo. La penetración del cordón se considera moderada, en donde la escoria es ligera y de fácil remoción.

Para obtener resultados satisfactorios, el arco de soldadura debe de mantenerse lo más corto posible, para evitar el peligro de porosidades. Su uso es normal en pequeñas soldaduras sobre piezas ligeras, y las recomendaciones de uso de estos electrodos son para todas posiciones, hasta diámetros de 5/32 (4mm).

Diámetros superiores son recomendados para soldadura de uniones a tope, en escuadra y de bisel en posición plana y horizontal. Este electrodo también es recomendable para aplicaciones de soldadura sobre aceros con alto contenido de fósforo, proporcionando resultados satisfactorios.

Electrodo E-7016

Este electrodo tiene características muy similares a los E-7015, por cuanto se refiere al revestimiento, pero con una variante en su composición, consistente en la adición de silicatos de potasio y otras sales de potasio, el cual puede ser utilizado con corriente alterna, corriente directa, con la polaridad invertida. Estos electrodos son comúnmente llamados de bajo hidrógeno potásico.

Electrodo E-7018

Es el más conocido de los electrodos que pertenecen al grupo de los "bajo hidrógeno" y usado de todos. El E-7018 es un electrodo con polvo de hierro en el revestimiento para darle un mayor rendimiento. Los componentes del revestimiento permiten la obtención de soldadura en posición vertical ascendente, más rápida que cualquier tipo de electrodo, debido a la posibilidad de usarlos con rangos más altos de corriente. Se usa en casos de que se produzcan fracturas o porosidades al soldar aceros fuera de análisis, produciendo soldaduras de calidad radiográfica por lo que se usa en fabricación de recipientes de presión, tubería, astilleros, calderas, etc.

Electrodo E-7024

Este material de aporte es un electrodo cuyo revestimiento es rutilico con un alto porcentaje de polvo de hierro. Las recomendaciones de uso son para corriente alterna, corriente directa, con polaridad invertida o directa, exclusivamente para aplicación de soldadura en posición plana y horizontal de uniones a tope y de filete.

Este tipo de electrodo lo podemos encontrar también en medidas de 600-700 mm de longitud, para soldaduras de alto rendimiento, para ser usado con máquina de gravedad con intensidades de corriente más altas que los electrodos rutilicos normales (de 450 mm de longitud).se utiliza generalmente como material de relleno y de vista.

Electrodo E-7028

Este electrodo pertenece a la familia de los de bajo hidrógeno y con características casi parecidas al E-7018. La diferencia existente entre los dos consiste en que el E-7028 tiene un revestimiento más grueso que el 7018, aproximadamente el 50% del peso total del electrodo, y con una alta cantidad de polvo de hierro, alrededor del 50% del peso del revestimiento, por tanto su campo de aplicación es limitado a las posiciones plana, horizontal de filete, para producir altas cantidades de depósito, mientras que el E-7018, es aplicable en todas posiciones pero con un rango inferior de aportación.

El E-7028, lo podemos encontrar, para aplicación manual o para el sistema de soldadura de gravedad, en la siguiente forma: Básico rutilico, básico de circonio de 450 mm de longitud, o básico de circonio de 700 mm de longitud, para usarse en corriente alterna con máquinas de gravedad.

Electrodo E-7048

El electrodo 7048 es un material de aporte de bajo hidrógeno potásico y polvo de hierro, las características y composición del revestimiento son similares a las del 7018, con una excepción en las características operativas, porque el E-7048 es un electrodo especialmente fabricado para aplicaciones de soldadura en vertical descendente, es decir puede trabajar en todas posiciones menos la posición en vertical ascendente.

2.1.3 SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO (SAW- Submerged Arc Welding)

El proceso SAW se define como un proceso de soldadura por arco eléctrico que forma un arco entre un electrodo metálico desnudo y la piezas de trabajo. El arco eléctrico es protegido por una capa de flujo granular fundente el cual se coloca a lo largo de la junta soldada, no requiere de la aplicación de presión y el electrodo funciona como material de aporte. En el proceso, un tubo alimentador de fundente suministra este material fundente a lo largo de la costura conforme se avanza en el proceso. Inmediatamente del paso en el tubo alimentador un electrodo metálico desnudo se introduce continuamente en el material fundente hasta el área de trabajo iniciándose el arco y manteniendo este durante toda la operación sumergido en el fundente.

El intenso calor generado funde sólo una porción del material granular y la zona de soldado; el fundente forma una capa protectora y elimina la salpicadura de metal durante el proceso. Una vez solidificado el charco de fusión se puede eliminar la escoria obteniéndose soldaduras sanas.

La principal limitación de la SAW consiste en su aplicación en posiciones horizontales o planas únicamente. El proceso se aplica de manera automática, este proceso fue el que convirtió la soldadura automática en el más popular de la década de los 20's. Se aplica con éxito para soldar aceros aleados y de bajo contenido de carbón, aunque se usa también en la unión de materiales no ferrosos con muy buenos resultados. Véase la fig. 2.1.3

2.1.4 SOLDADURA POR ARCO DE TUNGSTENO Y GAS (GTAW- Gas Tungsten Arc Welding)

El proceso GTAW se define como: " un proceso de soldadura el cual forma un arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y las piezas de trabajo. El proceso utiliza un gas protector, sin la aplicación de presión y con o sin el uso de material de aporte". Los gases protectores son gases inertes tales como el argón, el helio o una mezcla de ellos. El calor del arco funde las piezas que se fusionan para formar la soldadura. El gas inerte se aplica mediante el portaelectrodo formando una atmósfera protectora que evita el contacto del metal fundido con la atmósfera oxidante. Véase al figura 2.1.4

El proceso se puede utilizar con CA o CD dependiendo de los metales que se van a soldar entre los que figuran el acero, hierro fundido, aleaciones de cobre, acero inoxidable, aluminio y magnesio principalmente. La alta densidad de corriente eléctrica producida por este proceso hace posible soldar a mayores velocidades obteniendo una mayor penetración y un mejor acabado en las piezas, este depende del ajuste del equipo y de la apropiada preparación del metal base. Es aplicado manualmente aunque día con día se esta volviendo más popular las máquinas de control automático.

2.1.5 SOLDADURA POR ARCO DE PLASMA (PAW- Plasma Arc Welding)

El proceso GTAW, dio origen al desarrollo de un proceso muy similar llamado PAW. Se notó que el gas usado se calentaba mediante el arco eléctrico; si se logra calentar el gas hasta una temperatura adecuada este se ioniza y puede actuar como un conductor de la corriente eléctrica a la pareja arco-gas en este estado de compresión se le conoce como plasma. El proceso se define como: "un proceso de soldadura por arco que crea un arco eléctrico comprimido entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y las piezas de trabajo (arco transferido) o entre el electrodo y la boquilla que comprime al arco (arco no transferido) la protección la suministra el gas ionizado inyectado por el soplete el cual puede ser reemplazado sin ningún problema con un gas protector. El proceso es utilizado sin la aplicación de presión y con o sin la aplicación de material de aporte".

El soplete fue diseñado de tal forma que el gas inerte comprimido entre en íntimo contacto con el arco eléctrico y con la boquilla de compresión. Esto aumenta la temperatura a niveles aproximados a 33 000 °C (diez veces más de la temperatura que se logra en el proceso de corte por acetileno), temperatura en el plasma que cuando sale inyectado actúa en un área muy pequeña, fundiendo rápidamente el metal o removiéndolo inmediatamente si es una operación de corte. El proceso se aplica con gases inertes como el argón aunque también se utilizan gases como el hidrógeno, el nitrógeno o una mezcla de nitrógeno y argón el cual a mostrado ser una mezcla protectora que arroja excelentes resultados.

En la operación de soldadura , la PAW sirve para unir diversos materiales metálicos, aunque el proceso es más popular en la operación de corte la cual se realiza en materiales ferrosos como en los aceros y no ferrosos tales como el aluminio, cobre y magnesio en los cuales corta espesores mayores a los 10 cm. El proceso se aplica por métodos manuales y automáticos. Ver figura 2.1.5

2.1.6 SOLDADURA POR ARCO DE METAL Y GAS (GMAW - Gas Metal Arc Welding)

El proceso GMAW se define como " un proceso de soldadura por arco en el que se crea un arco entre un electrodo metálico alimentado continuamente y las piezas de trabajo. El electrodo metálico funciona como material de aporte. El proceso se utiliza con la protección de un gas inerte suministrado externamente y no es necesaria la aplicación de presión".

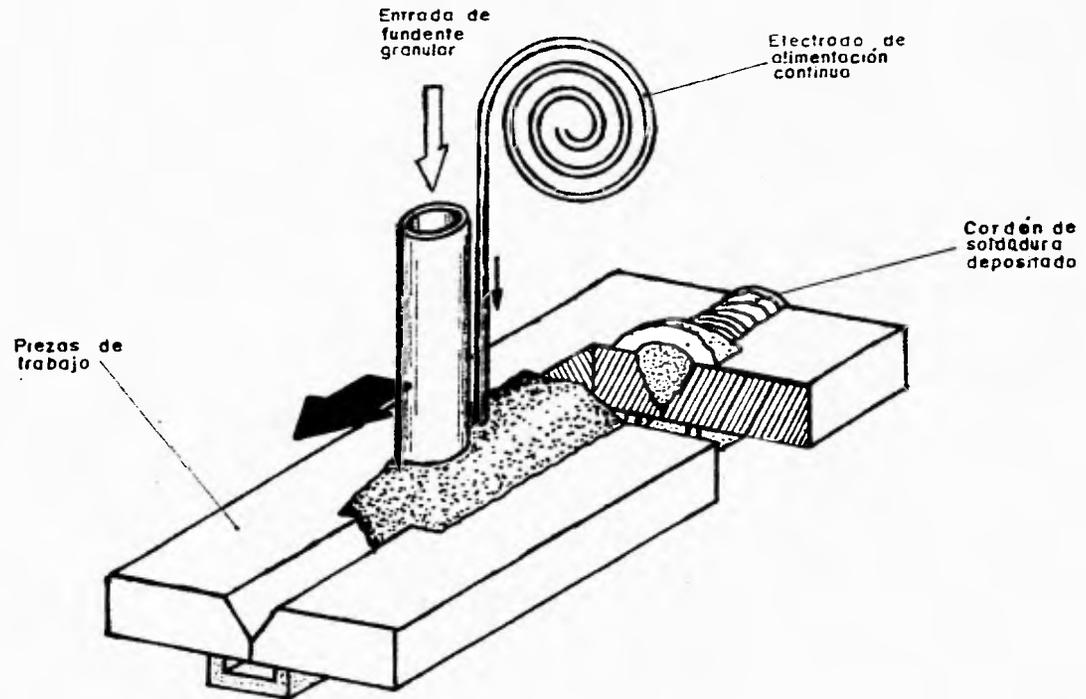


Fig.2.I.3. Soldadura por arco sumergido (SAW)

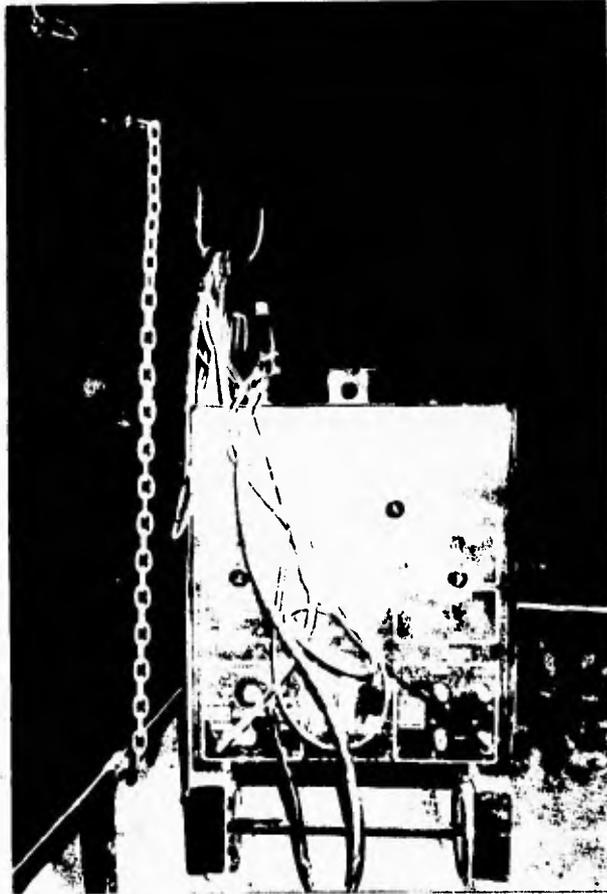


Fig. 2.1.4. Soldadura por arco de tungsteno y gas (GTAW)



Fig. 2.1.5. Soldadura por arco de plasma (PAW)

Este proceso, también conocido como soldadura MIG (Metal-Inert Gas) emplea un electrodo metálico consumible alimentado continuamente al charco de fusión el cual se deposita con cierta rapidez en la costura de soldadura bajo un ambiente protegido proporcionado por el gas inerte, el cual previene la contaminación de la soldadura. Se sabe que una polaridad invertida con corriente directa, produce un arco muy estable y proporciona un suministro de gran calor a las piezas de trabajo. La polaridad directa usada en el proceso junto con argón como gas protector presenta las desventajas de un arco inestable y exceso de salpicaduras.

El proceso es capaz de soldar materiales como el aluminio, magnesio, cobre y acero. En este último se usa al gas CO₂ como gas protector, principalmente en aceros al carbono y de baja aleación produciendo soldaduras sin defectos a alta velocidad. En la actualidad se ha convertido en un proceso muy popular, aplicándose manual, semiautomática y automáticamente, aunque el proceso facilita su aplicación automáticamente. Ver figura 2.1.6

2.1.7 SOLDADURA POR ARCO CON NUCLEO FUNDENTE (FCAW -Flux Cored Arc Welding)

Una variación del proceso GMAW, en el cual se usa un tipo de electrodo modificado y es comúnmente conocido como soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW). Definido como "un proceso de soldadura por arco en el que se emplea un arco eléctrico entre un electrodo metálico alimentado continuamente y las piezas de trabajo, el electrodo se emplea como material de aporte. La protección se obtiene mediante un flujo fundente contenido en el interior del electrodo metálico tubular y con o sin la aplicación adicional de un gas protector suministrado externamente y sin la aplicación de presión."

El proceso a sufrido diversas variaciones, en un inicio el electrodo metálico era revestido en su superficie externa con su fundente, después se modificó el electrodo a un electrodo tubular en donde se ha provisto el fundente en su interior o centro del electrodo. También existen las variaciones de utilizar el gas protector adicional o no, ambas variaciones se utilizan para soldar acero principalmente y puede aplicarse por medios automáticos o semiautomáticos. Ver figura 2.1.7

2.1.8 SOLDADURA POR ESPARRAGOS (SW-Stud Welding)

Un proceso especial de aplicación dentro del grupo de procesos de soldadura por arco es conocido como soldadura por espárragos (SW). Este proceso se define como " un proceso de soldadura por arco que produce un arco entre un metal esparcido o partes similares y las piezas de trabajo. El proceso se utiliza con o sin gas protector, con o sin la protección parcial de una cerámica añadida alrededor del metal esparcido, con la aplicación de presión después del contacto de las superficies con suficiente calor, y sin un metal de aporte". Este proceso fue desarrollado a mediados de los años 30's. Es aplicado normalmente por el método semiautomático para trabajos de construcción y trabajos de navios. Ver figura 2.1.8

2.1.9 SOLDADURA POR ELECTROGAS (EGW-Electro Gas Welding)

Un proceso de soldadura por arco y de posición limitada, es el proceso conocido como soldadura por electrogas. El proceso se define como " un proceso de soldadura por arco que produce un arco eléctrico entre un electrodo alimentado continuamente y las piezas de trabajo, empleado en posiciones verticales y con el uso de zapatas o placas moldeadoras que limitan la fusión de la soldadura metálica. El proceso es usado con la protección de gas suministrado externamente y sin la aplicación de calor. La soldadura con electrogas tiene gran aplicación en la soldadura de placas de hasta 7.5 cm de grosor, soldándolas satisfactoriamente.

Los materiales soldados por este método son la gran mayoría de los aceros de diferentes grados como aceros forjados, aceros inoxidable y aceros aleados. El equipo utilizado para soldadura por electrogas es muy similar al utilizado en la soldadura por electroescoria, incluso se pueden hacer los cambios pertinentes para transformar el equipo de un proceso de soldadura a otro. Ver figura 2.1.9



Fig. 2.1.6. Soldadura por arco de metal y gas (GMAW)

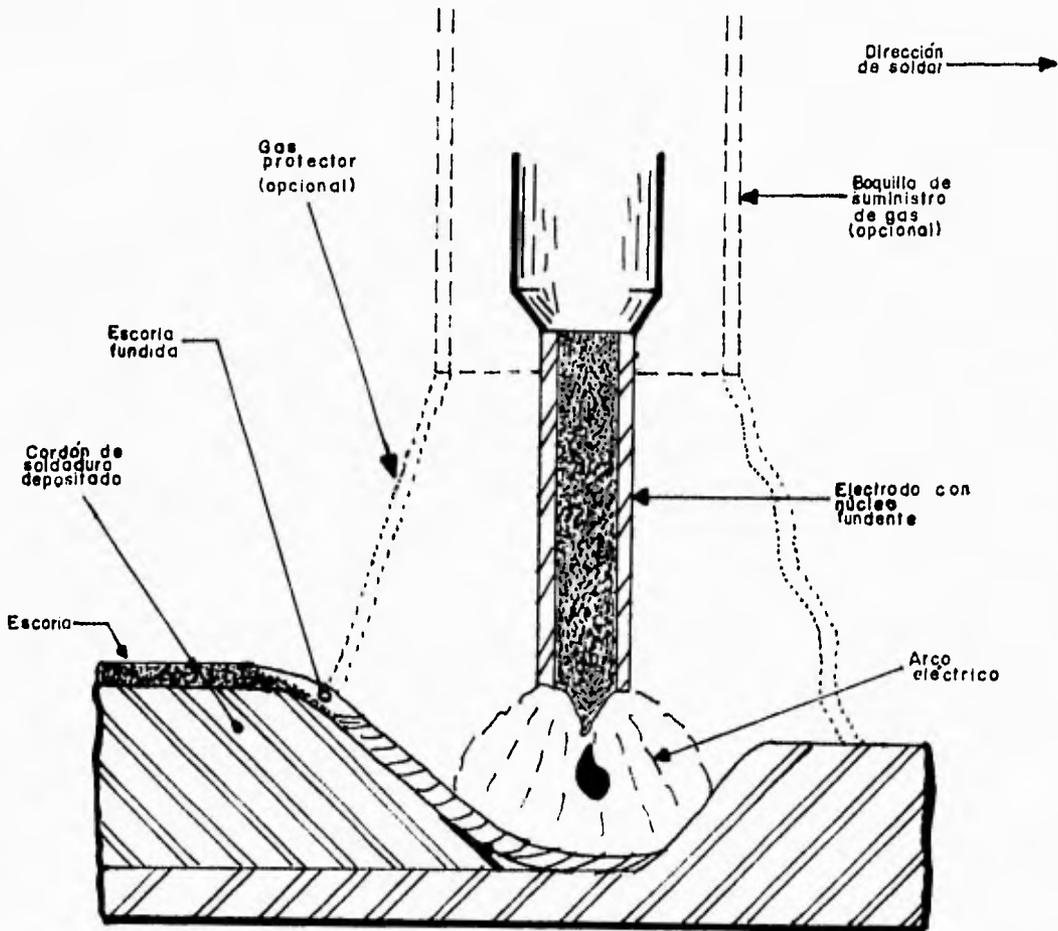


Fig. 2.1.7. Soldadura por arco con núcleo fundente (FCAW)

El espárrago se encuentra en contacto con la pieza de trabajo. Se aplica corriente eléctrica.

Se eleva un poco el espárrago y se establece el arco eléctrico.

Cuando se ha fundido el metal, se proyecta el espárrago contra la pieza de trabajo.

Soldadura terminada

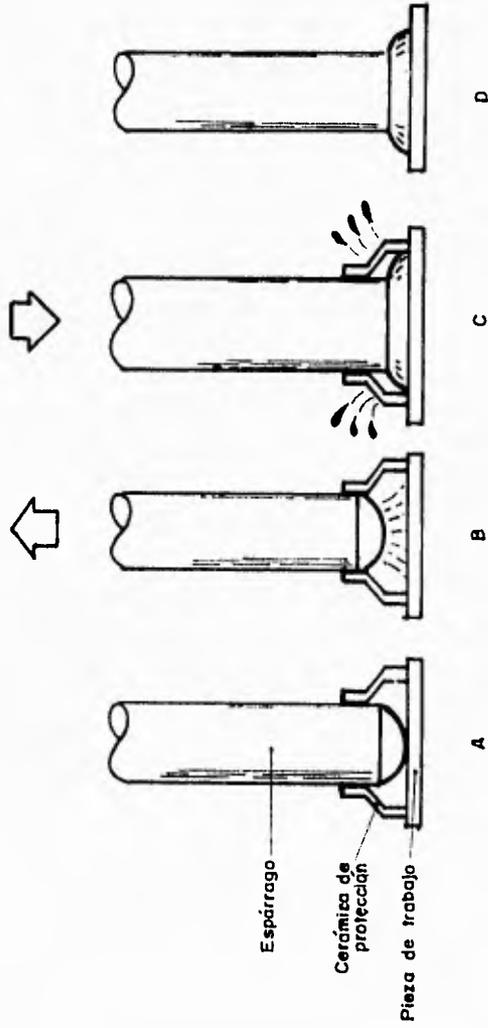


Fig. 2.1.8. Soldadura por espárragos (SW)

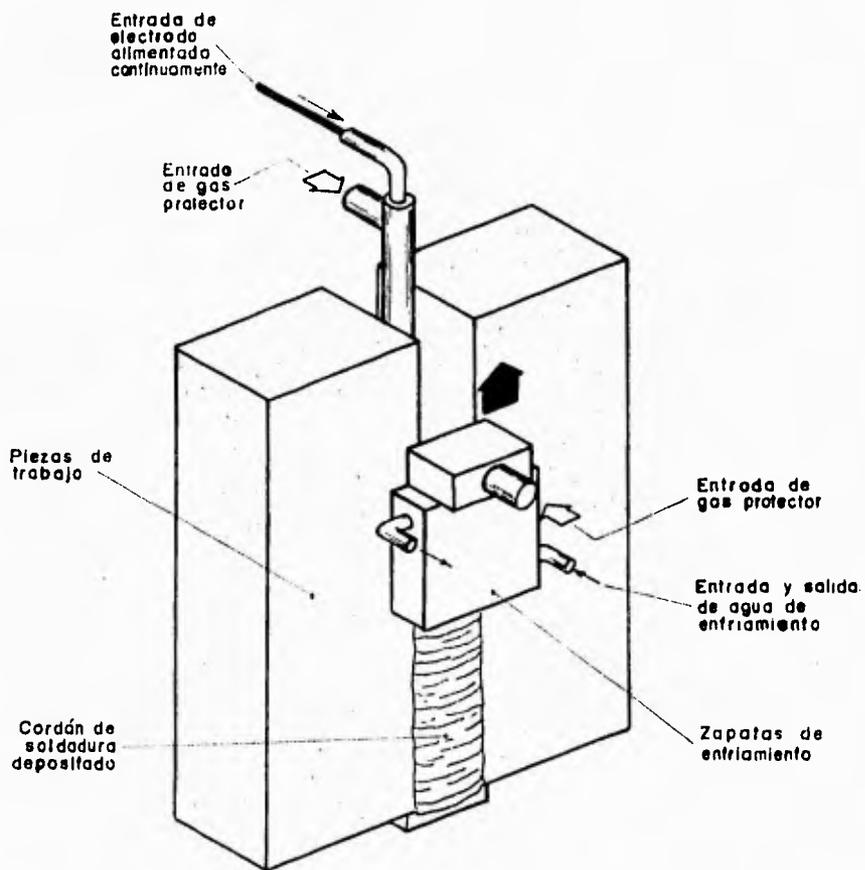


Fig.2.1.9. Soldadura por electrogas (EGW)

2.2 SOLDADURA CON OXIGENO Y GAS COMBUSTIBLE (OFW - Oxifuel Welding)

Los procesos de soldadura con gas y oxígeno son " un grupo del proceso de soldadura que produce la unión de las piezas de trabajo por calentamiento mediante una flama de gas generada por oxígeno y un gas combustible. Los procesos se utilizan con o sin la aplicación de presión y con o sin el uso de metal de aporte ".

Existen 4 procesos distintos dentro de este grupo, en el caso de 2 de ellos, la soldadura oxiacetilénica y la soldadura oxihidrica, su clasificación está basada en el gas utilizado. El calor de la flama es generado por la reacción química al arder los gases. En el proceso de soldadura con aire y oxiacetileno, el aire es usado en lugar del oxígeno y en la soldadura con gas a presión, la presión es aplicada al arder los gases. Este proceso utiliza normalmente acetileno como gas combustible.

2.2.1 SOLDADURA OXIACETILENICA (OAW - Oxiacetylene Welding)

Este proceso consiste en la fundición de dos o más piezas de trabajo por medio del calor de una flama producida por un gas combustible (acetileno) y aire u oxígeno, con o sin el uso de un metal de aporte. En la mayoría de los casos, la junta es calentada a un estado de fusión el cual no requiere presión. Ver figura 2.2.1

EQUIPO PARA SOLDADURA OXIACETILENICA

El equipo necesario que debemos tener para este tipo de proceso consiste principalmente en una fuente de suministro de gas, válvulas reguladoras de presión de los gases, sopletes, mangueras, un encendedor para soplete o "chispero", gafas de protección y varillas de soldadura o material de aporte. Es necesario que el equipo lleve un estricto control de seguridad y mantenimiento para protección del usuario.

SOPLETES. Los sopletes deben seleccionarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, tomando en cuenta el mezclador y la boquilla. Ver figura 2.2.1.2

Podemos decir que el soplete es la parte más importante de este equipo de soldadura. Su función es la de mezclar y controlar el paso de los gases, necesario para obtener la flama deseada. Este está formado por dos válvulas de admisión, una cámara mezcladora y una boquilla. La manguera verde que indica oxígeno, está conectado un extremo a la válvula de admisión y el otro al regulador de oxígeno, ambos extremos con conexiones derechas. De igual manera el acetileno, sólo que este con conexiones izquierdas. El soplete proporciona un medio para mezclar los gases y obtener la mezcla deseada en la boquilla.

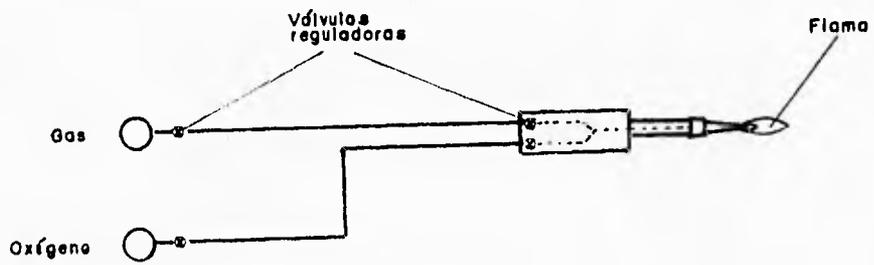
La boquilla es sujeta en un extremo de la cámara de mezclado utilizando una tuerca especial y vienen en diversos tamaños según los trabajos a ejecutar. El tamaño de la boquilla es medida por el diámetro interior de la salida. Las boquillas deben mantenerse libres y limpias de las acumulaciones de metal contraídas durante los trabajos, utilizando algún cepillo especial de alambre para así obtener la flama deseada. Existen dos tipos básicos de soldadura: el de presión equilibrada y el de inyector. En el primero, la boquilla de mezcla tiene un orificio central y alrededor de éste varios agujeros pequeños. De acuerdo con el fabricante, cualquiera de los gases puede entrar por el orificio central a una presión de 1 a 15 lb/pulg². El otro entrará por los agujeros más pequeños a la misma presión. En el de tipo inyector no se necesita mucha presión en el gas, el oxígeno pasa por una boquilla inyectora, creando una succión que arrastra el gas combustible hacia la cámara de mezclado.

REGULADORES. También llamadas válvulas automáticas de reducción, deben usarse sólo en los gases para los cuales están diseñados. Las funciones del regulador son: reducir la presión del cilindro a un nivel aceptable para los sopletes y mantener una presión constante en el mismo. Los reguladores de oxígeno son verdes y tienen rosca derecha, los de acetileno son rojos y tienen rosca izquierda.

CILINDROS. El oxígeno se encuentra almacenado en cilindros de 51"(1.30m.) de altura, 9"(0.23m) de diámetro y con presiones de hasta 2200 lb/pulg², generalmente se surten pintados de verde. Los cilindros de acetileno generalmente se surten de color rojo y presurizados a 250 lb/pulg². La mayoría de los tanques contienen un material absorbente para estabilizar el gas. Los cilindros deben sujetarse firmemente a un objeto rígido, a fin de evitar que este sea lanzado en caso de romperse una válvula. Todos los cilindros deberán tener marcados legiblemente el gas que contiene y deberán cumplir con las especificaciones establecidas. Ver figura 2.2.1.3



Fig. 2.2.l. Soldadura oxiacetilénica o autógena (OFW)



Mezcla de gases en el soplete



Temperaturas de la flama

Fig. 2.2.1.2. Soldadura por oxiacetileno o autógena (OAW)

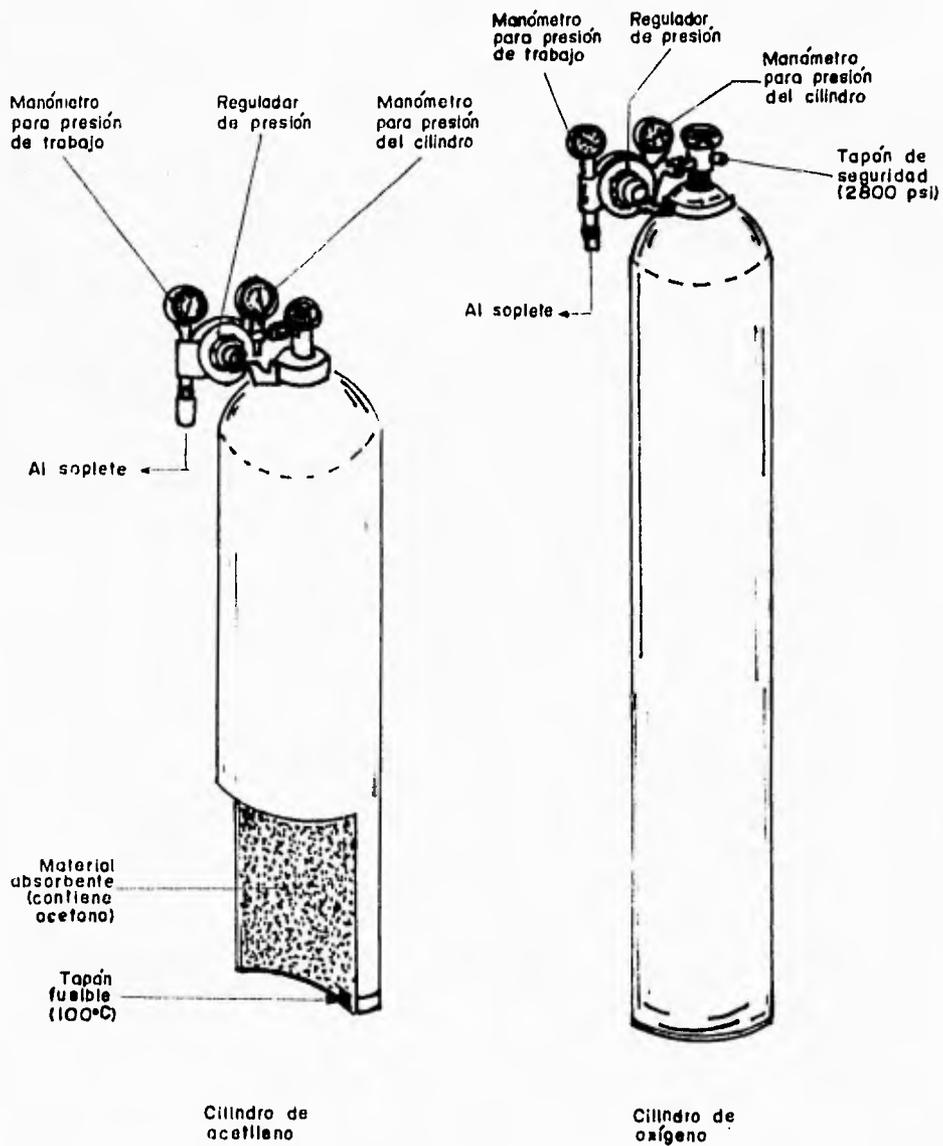


Fig. 2.2.1.3. Cilindros de gas para soldadura oxiacetilénica

TIPOS DE FLAMAS PARA SOLDADURA CON GAS. Existen dos tipos de flamas que son utilizadas en la industria de la soldadura: la flama premezclada y la de mezcla en boquilla. La primera es la que más se utiliza en la soldadura manual, la mezcla de los gases se lleva a cabo antes de salir de la boquilla produciendo un color azul o casi invisible de la flama.

Por el contrario, la flama de mezcla en boquilla o chiflón, no cuenta con una cámara de mezclado antes de la boquilla logrando que la combustión ocurra inmediatamente fuera de ella, su flama es de un color amarillento y su principal uso es en hornos industriales por ser radiadoras de calor, de ahí otro nombre que se le adjudica.

En la figura 2.2.1.4 se puede observar las diferentes flamas que se pueden producir a partir de la flama premezclada. El cono nos indica la flama premezclada en tanto que el envolvente extrae aire de la atmósfera. La flama oxidante es la más caliente, en donde se requiere de más oxígeno que acetileno. Esto puede ser perjudicial puesto que el exceso de oxígeno oxida el metal pudiendo no ser práctico en algunos casos. La flama carburizante requiere de más acetileno que oxígeno y se emplea para agregar carbón al metal de soldadura. En las flamas neutras existe una proporción igual de ambos gases, es la más común y las más usadas en la soldadura.

MATERIAL DE APORTE. También llamado alambre de soldar, sirve para rellenar y engrosar las juntas soldadas retribuyendo las pérdidas de metal que sufren las piezas durante la fusión de sus bordes. Para un resultado satisfactorio, el alambre de soldar estará en recíproca relación con la composición y buena calidad del material a soldar, de los gases empleados en la ejecución, flama usada y método de soldar (conducción del soplete).

Entre las condiciones que debe reunir el alambre de soldar están: la aleación del alambre, su comportamiento durante la soldadura, es decir, soldabilidad, que esté exento de poros, igualdad en coloración (latón y bronce), que sea resistente a la corrosión, elaborabilidad (fundición de hierro), carente de humo (latón). La superficie de estos alambres deberá ser lisa, exenta de batiduras, grasa, aceite, orín y otras impurezas.

Entre los alambres de soldar se tiene:

- * Alambres de soldar acero
- * Varillas para soldar piezas fundidas
 - para fundición gris
 - para fundición maleable
- * Varillas de soldar para metales no ferreos
 - para cobre
 - aleaciones especiales de cobre
 - para latón y bronce
 - para metales ligeros
 - para níquel y aleaciones que contengan níquel, plomo
 - chapa o alambre del mismo material para metales preciosos como son el oro, platino y plata

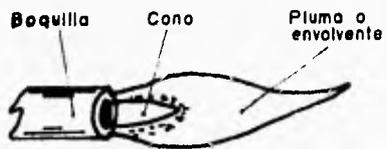
2.2.2 SOLDADURA OXHIDRICA (OHW-Oxihydrogen Welding)

La mezcla de oxígeno e hidrógeno arde a una temperatura inferior que la oxiacetilénica (2 000°C), es por ello que se utiliza para soldar laminas delgadas, aleaciones de bajo punto de fusión así como algunos trabajos de soldadura fuerte. En este tipo de proceso es más difícil obtener la flama apropiada, puesto que en ella no hay un color perceptible que nos pueda ayudar a regular el flujo de gas. Durante su operación se recomienda una atmósfera reductora.

Este proceso se caracteriza por la ausencia de óxidos que se puedan formar en la superficie de la soldadura. La calidad de los trabajos resulta ser la misma que en otros procesos. El equipo necesario para su operación, es el mismo que se utiliza en la soldadura oxiacetilénica.

2.2.3 SOLDADURA CON AIRE Y ACETILENO (AAW Air-Acetylene Welding)

Utilizado para plomo y algunos trabajos de soldadura blanda y fuerte. En este proceso, cuando se requiere de una combustión adecuada se hace soplar aire por medio del soplete, el cual es parecido a un mechero de Bunsen. Su temperatura de operación es inferior a cualquiera de los otros procesos de gas.



Flama premezcla básica



Flama oxiacetilénica neutra

3232°C 2093°C 1260°C



Flama oxiacetilénica carburizante

3149°C



Flama oxiacetilénica oxidante

3402°C

Fig. 2.2.1.4. Tipos de flama oxiacetilénica

2.2.4 SOLDADURA CON GAS Y PRESION (PGW-Pressure Gas Welding)

Este proceso consiste en calentar las áreas a unir para aplicar presión y completar la unión. En el calentamiento se usan flamas oxiacetilénicas hasta llegar a una temperatura de aproximadamente 1 200 °C. Existen dos métodos para este proceso, el primero (de junta cerrada) consiste en calentar las piezas manteniéndolas ya juntas y aplicándoles presión. Se utilizan sopletes multiflamo con enfriamiento de agua, esto para rodear a toda la junta. Durante la operación, el soplete oscila hacia adelante y hacia atrás para evitar el calentamiento local en exceso. Conforme aumenta la temperatura, los extremos, acondicionados utilizando un ligero chaflán, se cierran. Alcanzando la temperatura correcta, se le aplica una presión adicional que puede ser de unos 28 MPa, mientras que la presión inicial alcanza unos 10 MPa.

En el segundo método (de junta abierta), consiste en calentar las áreas a unir hasta que en éstas se forme una película del metal fundido, para posteriormente aplicarles presión y provocar la unión entre las superficies hasta su solidificación, aquí no es utilizado material de aporte y la presión aplicada regularmente es de 28 MPa.

2.3 SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW-Resistance Welding)

La soldadura por resistencia " es aquella soldadura o proceso que produce la unión de las superficies con el calor generado por la resistencia ofrecida por las piezas de trabajo al paso de la corriente eléctrica y la fusión producida por la presión de los electrodos en contacto".

La soldadura por resistencia es un proceso de producción adaptado principalmente a la unión de metales de bajo calibre que se pueden traslapar. Es el único proceso que emplea la acción de presión en la soldadura durante la aplicación de calor. Se pueden soldar la mayoría de los metales, aunque existen algunos materiales como estaño, zinc, plomo que se pueden soldar con gran dificultad. Para obtener buenas soldaduras se debe cuidar minuciosamente tres variables como son: corriente, resistencia y tiempo, y determinarse por factores tales como el espesor, clase de material y tamaño del electrodo.

Este grupo incluye cinco procesos muy populares, cada uno separado y diferente de los otros pero en muchos aspectos muy semejantes. Estos procesos son: (1) soldadura por puntos, (2) por proyección, (3) por costura, (4) por arco con presión, (5) soldadura recalcada.

2.3.1 SOLDADURA POR PUNTOS (RSW-Resistance Spot Welding)

El proceso RSW es definido como: " soldadura de partes traslapadas en la que la fusión está confinada en una área circular, relativamente pequeña". Este proceso es la forma más simple pero que más se aplica de la soldadura por resistencia. Su aplicación más simple, consiste en prensar 2 o más piezas de metal laminado entre electrodos metálicos (cobre o aleación de cobre) y hacer pasar una corriente de bajo voltaje y adecuado amperaje, para dar lugar a su unión.

2.3.2 SOLDADURA POR PROYECCION (PW-Projection Welding)

El proceso PW o también conocida como soldadura por resalto se define como: " soldadura por resistencia que produce la unión de las piezas por el calor generado por la resistencia al paso de la corriente eléctrica. Este tipo de soldadura se produce en puntos predeterminados por proyección, realces o crestas en las piezas controladas bajo presión y electrodos apropiados".

Se pueden efectuar un sin número de soldaduras simultaneas con este proceso. Su limitación en número está en la capacidad de la prensa en proporcionar y distribuir simultáneamente una presión y corriente adecuada.

Sin duda, la ventaja mayor de esta soldadura es la vida del electrodo ya que es larga y requiere de poco mantenimiento. En los materiales en donde se obtienen los mayores éxitos son el acero con bajo contenido de carbono (0.20%), el latón, el metal monel (Níquel-Cobre) y los aceros inoxidables. Ver figura 2.3.2

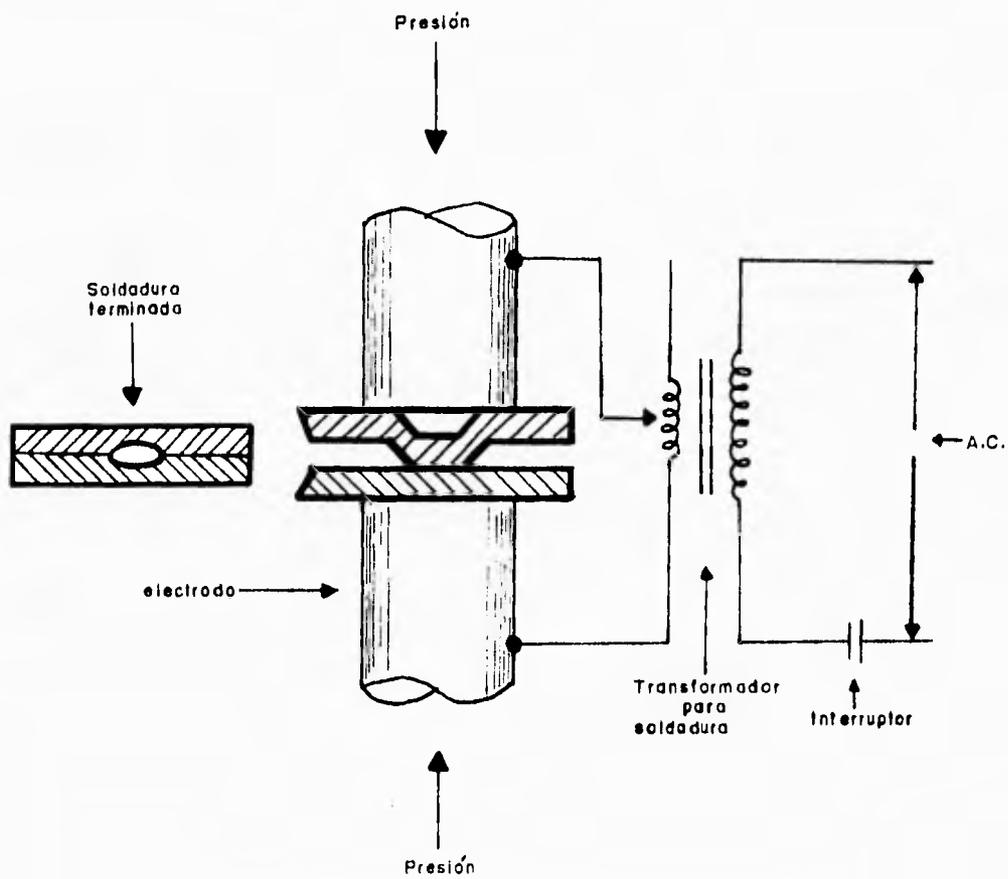


Fig. 2.32. Soldadura por proyección (PW)

2.3.3 SOLDADURA POR COSTURA (RSEW-Resistance Seam Welding)

El proceso RSEW esta definido como: "soldadura por resistencia en la que se produce una serie de soldaduras por puntos traslapadas por medio de electrodos rotatorios". Esta soldadura es comúnmente hermética a líquidos y gases. Se utilizan 2 electrodos circulares rotatorios, o un electrodo rotatorio y uno de tipo barra para transmitir la corriente.

La limpieza de las superficies de soldar son sumamente importantes para obtener resultados óptimos. Este tipo de soldadura se emplea en la producción de recipientes de metal, mofles y defensas para automóviles, gabinetes para refrigeradores y tanques de gasolina. Las ventajas de este tipo de soldadura es un mejor diseño, ahorro de materiales y bajos costos de producción. La figura 2.3.3 nos muestra la soldadura por costura.

2.3.4 SOLDADURA POR ARCO CON PRESION (FW-Flash Welding)

El proceso FW o también conocido como soldadura a tope con arco se define como: " proceso de soldadura por resistencia en el cual se prensan dos piezas de metal (que tienen una misma sección transversal) mediante dispositivos apropiados para transmitir la corriente y producir un arco que genera calor en las superficies de contacto".

Cuando ambas piezas alcanzan una temperatura apropiada para la profundidad correcta en un movimiento súbito se ponen en contacto las piezas con la fuerza suficiente para ocasionar una acción de deformación con rebordes. Esta acción de deformación empuja al metal fundido y a un metal de aporte plástico hacia afuera de la zona de unión, originando una soldadura con reborde.

Esta soldadura es utilizada ampliamente para barras redondas, tubos, formas estructurales pequeñas y muchas otras piezas de sección uniforme. El proceso es limitado para áreas pequeñas, debido a las limitaciones en corriente. Se puede utilizar para unir muchas aleaciones ferrosas y no ferrosas, con excepción de hierro fundido, plomo, estaño, zinc, bismuto y aleaciones de antimonio. Ver figura 2.3.4.

2.3.5 SOLDADURA RECALCADA (UW-Upset Welding)

El proceso UW se define como: "un proceso de soldadura por resistencia que consiste en producir la fusión sobre toda el área de la superficie acomodadas a tope, o bien a lo largo de una junta, mediante el calor generado por la resistencia al paso de la corriente eléctrica a través de la zona de contacto de dichas superficies". La presión se aplica antes de iniciar el calentamiento y se mantiene durante todo el periodo de la operación. Ver figura 2.3.5

Los procesos de recalado pueden clasificarse de la siguiente manera:

- la soldadura a tope con recalado de partes, soldando extremo con extremo (alambres, varillas, soleras y otras).
- la soldadura continua de costura a tope con recalado, usando una corriente de baja frecuencia.
- la soldadura continua con soldadura a tope con recalado, usando una corriente de alta frecuencia.

2.4 SOLDADURA FUERTE O CON BRONCE (B- Brazing)

Se define como: "un grupo de procesos de soldadura en el que produce la coalescencia mediante el calentamiento adecuado de las piezas de trabajo a temperaturas mayores a los 400°C y con la utilización de un metal de aporte no ferroso con punto de fusión inferior al del metal base; el metal de aporte se distribuye entre las superficies perfectamente ajustadas de la junta por atracción capilar".

El metal de aporte fundido se introduce entre las piezas de trabajo calientes hasta humedecer y distribuirse por completo sobre ellas. posteriormente se deja solidificar lográndose entonces la unión de los materiales. Aquí se encuentra el éxito tanto de la soldadura fuerte como la soldadura blanda, este depende de una baja tensión superficial del metal de aporte fundido para que fluya con facilidad y uniformidad sobre las superficies a soldar. Es común usar fundentes especiales que eliminen los óxidos de las superficies e incrementen la fluidez del metal de aporte, mejorándose así la soldadura fuerte. Es recomendable realizar una limpieza previa de las superficies para eliminar suciedad, grasas u óxidos.

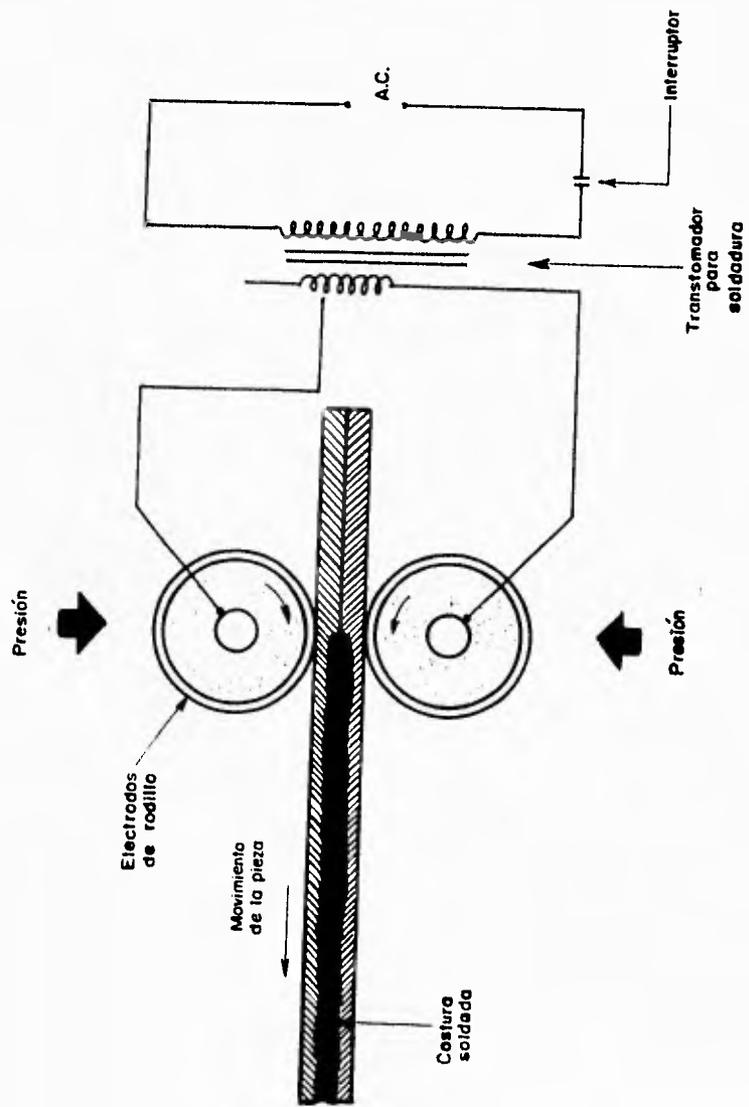


Fig. 2.3.3. Soldadura por costura (RSEW)

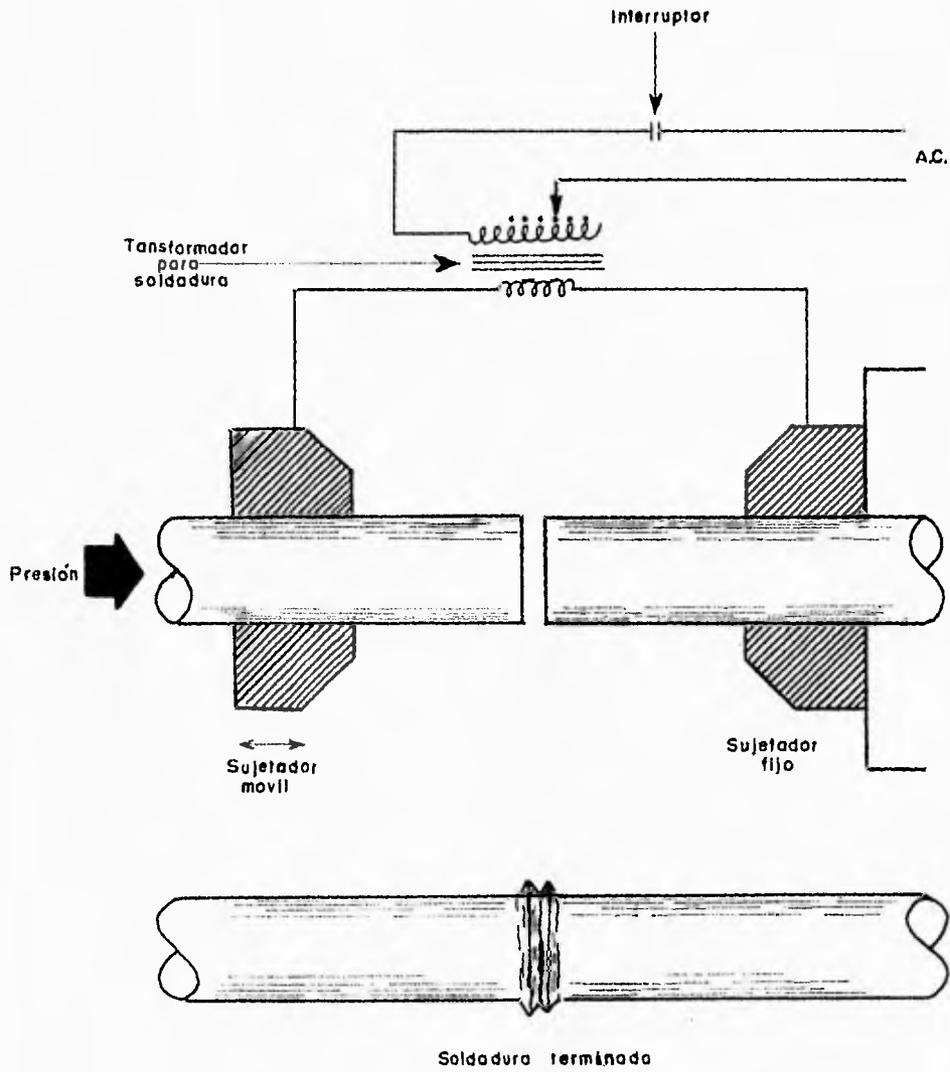


Fig.2.3.4. Soldadura por arco con presión (FW)

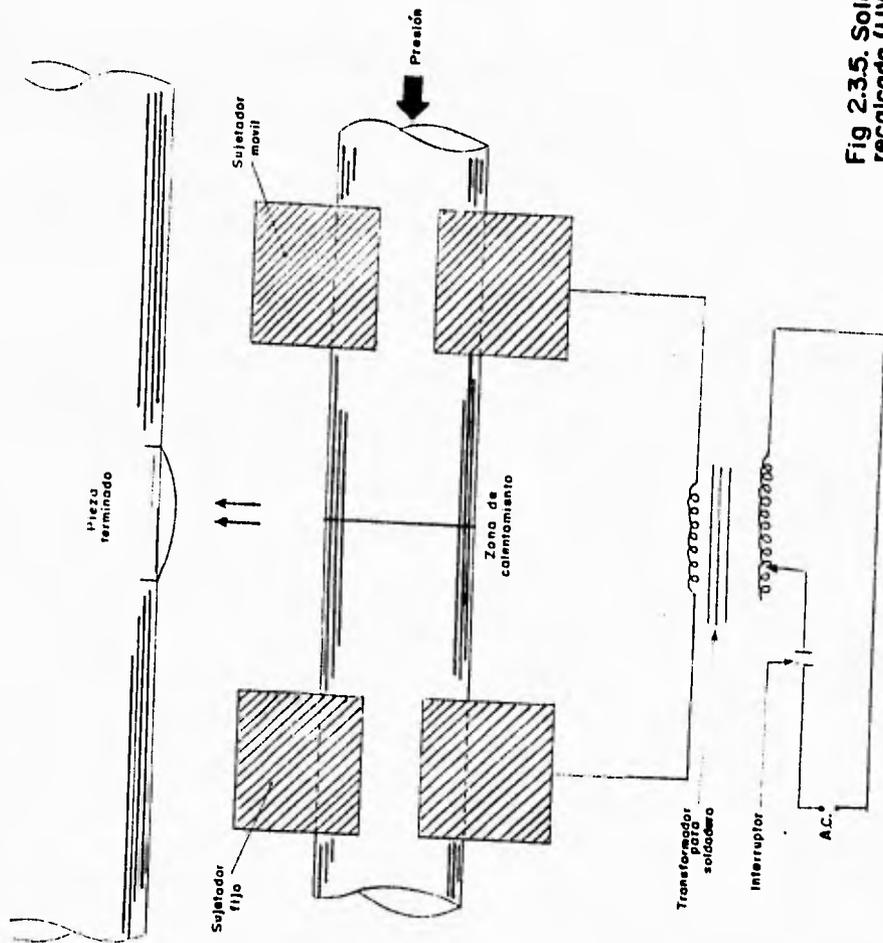


Fig 2.3.5. Soldadura recalcada (UW)

Dado que no existe fusión de las piezas se evitan los problemas ligados a ella. Como el agrietamiento, cráteres y demás defectos. La deformación de las piezas se mantienen al mínimo, además se pueden soldar piezas muy delgadas que por otros métodos resulta contraproducente hacerlo y la posibilidad de soldar materiales diferentes con gran éxito.

De acuerdo al método empleado para calentar las piezas es posible identificar a los procesos de soldadura fuerte. El método utilizado depende de diversos factores entre los que figuran el tipo de metal de aporte usado, la configuración de las piezas de trabajo, el equipo disponible y el costo. Existen seis procesos y aplicación de la soldadura fuerte: (1) soldadura fuerte por soplete, (2) por horno, (3) por inducción, (4) por inmersión, (5) por resistencia y (6) por infrarrojo.

2.4.1 SOLDADURA FUERTE POR SOPLETE (TB-Torch Brazing)

En este proceso de soldadura fuerte, las piezas son calentadas mediante la aplicación directa de una flama de gas obtenida por la combustión de un gas o por una mezcla de gas combustible con aire u oxígeno. Las piezas de trabajo al alcanzar una temperatura adecuada de calentamiento, se les agrega el metal de aporte generalmente en forma de alambre el cual se funde y se distribuye a lo largo de las superficies a soldar. Una vez distribuido uniformemente, se retira la flama para comenzar el enfriamiento del ensamble y la solidificación del metal de aporte obteniéndose así la unión de los materiales.

El gas combustible usado puede ser el acetileno, el propano o el gas natural y raramente se usa el hidrógeno, el butano y el gas LP. Cuando se usan gases carburantes en mezcla con los anteriores estos suelen ser el oxígeno y el aire comprimido resultando este último el más utilizado debido a su menor costo.

Entre los metales de aporte utilizados en este proceso figuran el latón, las aleaciones de bronce, las aleaciones de plata y el cobre-silicio principalmente. Es útil en la unión de aceros al carbono, aceros inoxidables, aceros aleados pero en bajo contenido, cobre y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones.

El equipo utilizado en este proceso resulta de muy bajo costo y es muy similar al utilizado en los procesos de soldadura por gas, llegando incluso a ser los mismos. El proceso se aplica de manera manual generalmente pero puede aplicarse también en una forma automática, es muy flexible debido a que puede aplicarse a infinidad de ensambles aunque se requiere que sea aplicado por soldadores con cierta habilidad. Algunas de sus desventajas son que las piezas sufren oxidación, es un proceso relativamente lento, no puede aplicarse en juntas inaccesibles y debido al calentamiento localizado puede presentarse la deformación de las piezas.

2.4.2 SOLDADURA FUERTE POR HORNO (FB-Furnace Brazing)

En este proceso, las piezas de trabajo se introducen a un horno junto con el metal de aporte precolocado sobre las superficies a unir; el metal de aporte se ha colocado previamente ya sea en forma de lámina muy delgada, pasta, polvo o mediante su rociado cuando este se encuentre en forma líquida y pueda agregarse.

El horno es calentado por medio de gas o eléctricamente, teniéndose así la facilidad en el control de la temperatura. Además existe la posibilidad del control de la atmósfera para proteger la junta soldada si se aplica algún gas protector, como el argón o el helio, debido a esto puede evitarse la oxidación de las piezas y la carburación y descarburación de los aceros.

El proceso se utiliza preferentemente para soldar con cobre como material de aporte debido a su gran resistencia mecánica y su bajo costo en comparación con otros metales no ferrosos, aunque es posible usar también materiales como el latón y las aleaciones de plata. El proceso es útil para soldar acero, cobre y sus aleaciones, acero inoxidable, níquel y sus aleaciones.

Sus ventajas son la producción de juntas soldadas libres de esfuerzos residuales, la deformación es mínima debido a la aplicación uniforme del calor por lo que las dimensiones finales del ensamble pueden ser las estimadas; se prefiere en la producción masiva. Entre sus desventajas esta la necesidad del uso de dispositivos de sujeción y posicionamiento de las piezas de trabajo resultando un proceso costoso si se usa en una producción por lotes.

2.4.3 SOLDADURA FUERTE POR INDUCCION (IB-Induction Brazing)

En la aplicación de la soldadura fuerte por inducción, se requiere del calor producido en las piezas de trabajo debido al paso de corrientes parásitas inducidas por una bobina de inducción. Debido a la resistividad de las piezas al paso de la corriente alterna inducida, estas se calientan hasta la temperatura de aplicación fundiendo el metal de aporte precolocado sobre las superficies a soldar. Las bobinas son colocadas en la proximidad de la unión para alcanzar el calentamiento de toda el área a soldar.

El material de aporte utilizado suele ser el cobre, la plata y sus aleaciones. El proceso se usa para soldar materiales que son buenos conductores del calor y la electricidad como el acero al carbono, acero inoxidable, cobre, níquel y sus aleaciones. Ordinariamente se requiere de la aplicación de un fundente que favorezca la buena ejecución de la soldadura fuerte.

Debido al calentamiento localizado con cierta rapidez, se hace posible la adopción del proceso en una producción en serie o masiva. Así mismo, el calentamiento localizado puede presentar problemas de deformación provocando efectos indeseables en las dimensiones finales del ensamble: otro punto en contra es el difícil control de la temperatura lo cual resulta muy difícil de lograrlo.

2.4.4 SOLDADURA FUERTE POR INMERSION (DP-Dip Brazing)

La soldadura fuerte por inmersión puede efectuarse por dos maneras, la primera se realiza a base de un baño de sal fundida y la segunda se realiza en un baño de metal de aporte fundido.

En el primer método, la soldadura fuerte se logra al sumergir las piezas de trabajo junto con el metal de aporte precolocado en la superficies de soldadura en un baño de sal fundida, la cual suministra el calor necesario para producir la unión. La sal fundida puede desempeñarse como fundente que favorece la distribución y atracción capilar del metal de aporte sobre las piezas de trabajo.

El metal de aporte utilizado en este proceso suele ser las aleaciones de latón y las aleaciones de plata. Por este proceso se pueden soldar metales como el acero, el cobre y sus aleaciones, el acero inoxidable, el níquel y sus aleaciones.

El proceso tiene la facilidad del control de la temperatura, las piezas se pueden calentar rápidamente y no es necesaria la aplicación de un fundente adicional pero si es recomendable que las piezas a unir estén limpias. Entre sus limitaciones se pueden mencionar el hecho de que las piezas se puedan sujetar o facilitar su suspensión para realizar el baño, los peligros inherentes a la sal utilizada (explosión o contaminación ambiental) y el de la oxidación de las piezas al extraerse del baño para su enfriamiento.

En el segundo método las piezas se sumergen en un baño de metal de aporte fundido, se debe hacer la limpieza de las superficies a soldar y su perfecta unión de fundente para facilitar la atracción capilar y su dispersión uniforme en el área de soldado. Esta modalidad es comúnmente usada para soldar acero con latón como material de aporte.

En ambas modalidades se debe considerar el descenso de la temperatura del baño debido a la entrada de las piezas de trabajo en él considerándose que los baños se encuentran a temperaturas superiores al punto de fusión del metal de aporte y de bajo del punto del o los metales bases. Ambos métodos son utilizados para soldar pequeñas piezas metálicas como alambres y placas de metal.

2.4.5 SOLDADURA FUERTE POR RESISTENCIA (RB-Resistance Brazing)

En el proceso, el calentamiento de las piezas de trabajo se logra al hacer pasar una corriente eléctrica a través de unos electrodos de carbón y las mismas piezas de trabajo; debido a la resistividad de los electrodos y de las piezas de trabajo se genera el calor necesario para fundir el metal de aporte precolocado en la zona de soldadura.

Los electrodos tienen además de la sujeción el posicionamiento de las piezas para que entre en contacto mecánico íntimo y así tratar de favorecer la acción capilar del metal de aporte ya fundido.

Los materiales de aporte que son favorecidos en este proceso son el cobre y sus aleaciones. Los metales que pueden unirse son el acero, cobre y sus aleaciones, acero inoxidable, níquel y sus aleaciones.

El equipo resulta de bajo costo, fácil de operar y aplicable a soldaduras largas de costura. Entre sus desventajas se mencionan la posible deformación de las piezas debido al calor localizado, la oxidación de las mismas y el difícil control de la temperatura. Se restringe su aplicación a determinadas configuraciones de las piezas de trabajo y es útil en la soldadura de partes eléctricas pequeñas.

2.4.6 SOLDADURA FUERTE POR INFRARROJO (IRB-Infrared Brazing)

En la soldadura fuerte por infrarrojo el calentamiento de las piezas de trabajo es obtenido de la energía radiante causada por los rayos infrarrojos, es decir, una fuente de calor "oscuro" emite rayos cuya longitud de onda se encuentra en la banda del infrarrojo dentro del espectro luminoso; aunque puede existir luz visible en el proceso, en realidad son los rayos infrarrojos los que suministran la radiación invisible provocando el calentamiento de las piezas. Las fuentes de radiación o lámparas de infrarrojo usadas son capaces de suministrar potencias de calentamiento superiores a los 5 000 watts suficientes para fundir el metal de aporte y calentar las piezas de trabajo.

En el proceso, las piezas de trabajo son ensambladas y colocadas de tal manera que la energía radiante choque directamente sobre la junta. Generalmente las piezas automontadas ya están provistas con el material de aporte precolocado en o cerca de la unión para que al fundirse durante la operación impregne el área de soldadura provocando así la unión de los materiales.

En la soldadura fuerte por infrarrojo, las partes pueden ser soldadas bajo una atmósfera de aire, una atmósfera inerte o un vacío. Este proceso no es tan rápido como el proceso IB, sin embargo, el equipo utilizado en éste resulta mucho más barato. Es aplicada de manera automática y rara vez es aplicada de manera manual.

2.5 SOLDADURA BLANDA (S-Soldering)

La soldadura blanda o soldadura con metales y aleaciones de bajo punto de fusión "es una agrupación de procesos en los que la coalescencia de los materiales se logra a partir del calentamiento de las piezas de trabajo y la adición de un metal de aporte en estado líquido. La temperatura de soldadura no excede los 450°C y no alcanza el punto de fusión de los metales base". La unión se logra al hacer fluir y distribuir el metal de aporte líquido (llamado también soldadura) sobre la superficies de la junta estrechamente entallada por acción capilar.

El metal de aporte es generalmente aleaciones de estaño y plomo y puede encontrarse en forma de barras, hojas dobladas, varillas, polvo, tiras y alambre. El porcentaje nominal de aleación determina las características físicas, mecánicas y de trabajo en la junta soldada.

Los procesos de soldadura blanda y fuerte son muy similares, de hecho, lo único que separa o diferencia a ambas agrupaciones es la temperatura de 450°C (esta temperatura es arbitraria y fue elegida hace ya muchos años siendo actualmente aceptada universalmente). Ambas agrupaciones son procesos de soldadura que logran la unión de materiales agregando diversos metales de aporte fundidos y donde la temperatura no alcanza el punto de fusión de las piezas. Los procesos de estas agrupaciones son mucho más antiguos que los procesos de soldadura por arco.

7 factores intervienen en la obtención de una junta soldada de alta calidad.

- a) *Diseño y ajuste de la junta.* El espaciamiento no debe ser excesivo y debe permitir el flujo del metal de aporte.
- b) *Limpieza previa.* Las superficies deben estar libre de óxidos, grasa, aceite, mugre, etc.
- c) *Selección y aplicación de un fundente.* El fundente elimina las capas de óxido presentes antes y durante la operación. El fundente debe ser fácil de remover una vez terminada la operación.
- d) *Selección y aplicación de la soldadura o metal de aporte.* Considerar los metales que intervienen en la aleación y el metal de aporte.
- e) *Aplicación de calor.* Seleccionar un proceso de soldadura blanda adecuado para aplicar el calor a las piezas.
- f) *Enfriamiento de la junta.* Habiendo logrado impregnar el metal base y rellenar los huecos y ranuras satisfactoriamente, se retira la fuente de calor para iniciar el enfriamiento, este se puede acelerar si se aplica una corriente de aire a la junta soldada.
- g) *Limpieza final.* Eliminar los restos del fundente y los óxidos capturados, debido a que puede llegar a ser corrosivos.

La soldadura blanda es ampliamente utilizada como proceso de unión de metales entre los que se incluyen cobre y sus aleaciones, aceros al carbón, aceros inoxidable, níquel y sus aleaciones. Se reconocen por su gran aplicación a los procesos de soldadura blanda conocidos como: soldadura blanda por inmersión, por horno, por infrarrojo, por resistencia, por inducción, por soplete, por onda, por caudín entre otros.

2.5.1 SOLDADURA BLANDA POR INMERSION (DS-Dip Soldering)

En el proceso DS el metal de aporte es calentado y fundido hasta la temperatura de soldadura, las piezas de trabajo se sumergen en el y a través de este baño se logra el mismo calentamiento de las piezas, la distribución y aplicación del metal de aporte sobre la junta. El metal de aporte o soldadura se mantiene en estado líquido mediante la aplicación de calor suministrado por una fuente externa. Es igual al proceso DB.

2.5.2 SOLDADURA BLANDA POR HORNO (FS-Furnace Soldering)

En el proceso FS se requiere de que las piezas a soldar sean colocadas dentro de un horno, el cual las calienta junto con el metal de aporte colocado previamente sobre la junta hasta la temperatura de soldadura blanda. En el proceso, se requiere de que las piezas sean ensambladas adecuadamente con la colocación de metal de aporte antes de introducir las al horno. El horno se puede calentar mediante electricidad o por algún combustible adecuado. Es un proceso muy similar al proceso FB.

2.5.3 SOLDADURA BLANDA POR INFRARROJO (IRS-Infrared Soldering)

En el proceso IRS, el calor necesario para fundir el material de aporte y calentar las piezas es suministrado por una fuente de energía radiante o radiación infrarroja. Es similar al proceso IRB.

2.5.4 SOLDADURA BLANDA POR RESISTENCIA (RS-Resistance Soldering)

En este proceso el calor necesario se obtiene de la resistencia al paso de la corriente en un circuito eléctrico del que las piezas de trabajo forman parte. El proceso se realiza con una herramienta manual provista de trozos de carbón y con la cual se sujetan las piezas de trabajo. La máquina para soldadura aplica un bajo voltaje y relativamente una corriente alta sobre los carbones y las piezas de trabajo. El proceso es manual e insignificamente diferente al proceso RB.

2.5.5 SOLDADURA BLANDA POR INDUCCION (IS-Induction Soldering)

La soldadura IS es un proceso en el que el calor requerido se obtiene de la resistividad de las piezas de trabajo al paso de corrientes eléctricas inducidas, las cuales se generan con la presencia de bobinas inductoras localizadas cerca de la junta. El proceso es semejante al proceso IB.

2.5.6 SOLDADURA BLANDA POR SOPLETE (TS-Torch Soldering)

En el proceso TS se hace uso de cilindros pequeños de algún gas combustible, usualmente propano. La combustión del propano y aire provocan una flama que se aplica directamente en la zona de soldadura. Una vez calentada las piezas se puede agregar el metal de aporte, generalmente en forma de alambre, aunque también puede colocarse previamente sobre la junta. El proceso es similar al proceso TB, la diferencia radica principalmente en la temperatura y en el uso de aire en lugar de oxígeno. La TS es ideal para realizar trabajos esporádicos u ocasionales y es extensamente utilizado en trabajos de plomería, para la reparación y realización de soldadura en cañerías y tuberías.

2.5.7 SOLDADURA BLANDA POR ONDA (WS-Wave Soldering)

Este es un proceso automático de soldadura blanda y concebido especialmente para ser aplicado en la industria de la electrónica. En el proceso, las piezas a soldar son bañadas repentinamente por el metal fundido debido al paso de una onda provocada en el metal de aporte líquido. La onda viaja sobre la superficie del metal y barre todas las partes a soldar.

El proceso es utilizado en la producción de tarjetas o pistas de circuitos impresos ya ensamblados. Los circuitos impresos se ensamblan con todos los componentes electrónicos y donde las terminales de dichos componentes atraviesan al circuito impreso quedando dispuestas a ser soldadas con la parte de pista correspondiente. La cara inferior de la tableta en donde se realiza la operación es colocada sobre un tanque que contiene el metal de aporte fundido. El equipo automático provoca una onda en el metal la cual viaja sobre la superficie. Debido a que la cresta de la onda se eleva un poco más sobre la superficie, en su viaje toca y baña las zonas a soldar produciéndose la unión.

2.5.8 SOLDADURA BLANDA POR CAUTIN (INS-Iron Soldering)

En el proceso INS, el calor requerido se obtiene de un cautín de soldadura, el cual transmite la energía calorífica a la junta y al metal de aporte para calentarlo y fundirlo respectivamente. Existen diversas formas de cautín y básicamente lo forma una pieza metálica o punta (ordinariamente de cobre) la cual es calentada y transmite el calor a las piezas de trabajo y a la soldadura o metal de aporte (generalmente en forma de alambre con núcleo fundente). El metal de aporte se aplica en la unión exacta, entre las piezas a unir y el cautín, de esta manera la soldadura se funde junto con el fundente, distribuyéndose, impregnando y rellenando la junta. Cabe mencionar que la única función del cautín es la de transmitir la energía calorífica a las piezas de trabajo hasta la temperatura adecuada para la formación de la aleación entre los metales participantes.

Existen desde los más rústicos calentados en horno o anafre, hasta los eléctricos que calientan la punta metálica mediante el calor de la resistencia interna de una bobina (lápiz de soldar) o mediante la resistividad de la punta metálica la cual forma parte de un circuito eléctrico (pistola de soldar). Otros cautines son calentados mediante gas; en el extremo de una punta metálica se aplica la flama de gas y este calor se transmite a la punta opuesta para aplicarse en la zona de soldar. Ver figura 2.5.8

Existen otros procesos de soldadura blanda que funcionan de acuerdo a diferentes principios de operación. Uno de estos es el proceso de soldadura blanda por ultrasonido en el que se hace uso de energía sónica para el calor necesario. Las vibraciones sónicas son transmitidas por el cautín al metal de aporte y a las piezas de trabajo, produciendo un efecto de fricción que provoca el calentamiento. Debido al efecto de vibración, las películas de óxido presentes son removidas realizándose así el impregnado del metal base y eliminando la necesidad de la aplicación de un fundente.

2.6 SOLDADURA DE ESTADO SOLIDO (SSW-Solid State Welding)

La agrupación denominada "soldadura en estado sólido" se define como "un grupo de procesos de soldadura que produce unión en los materiales por la aplicación de presión y con o sin la aplicación de calor a temperaturas por debajo del punto de fusión del metal base sin la adición de una soldadura fuerte o material de aporte."

En este tipo de soldaduras es necesario que se cumpla una condición para la obtención de una soldadura sana: las superficies de las piezas a soldar deben entrar en contacto mecánico íntimo. La obtención de esta superficie se logra mediante una preparación adecuada de ellas en las que intervienen trabajos de maquinado, abrasivos, esmerilado, pulido y/o ataque químico seguido de una limpieza profunda para desengrasarlas. Las piezas preparadas deben presentar una tersura aceptable en la zona a soldarse además de estar excluidos: la suciedad, la grasa, herrumbre, la humedad, gases absorbidos y demás contaminantes. Cumplida esta condición se aplica el proceso de soldadura en estado sólido más adecuado.

Salvo lo anterior, la soldadura en estado tiene un futuro prometedor debido a que ofrece ventajas que otros procesos son incapaces de hacerlo; entre las ventajas de estos procesos se pueden mencionar la eliminación de los efectos indeseables en las piezas de trabajo y en el cordón de soldadura debido al calor extremo aplicado, no habrá distorsión en la junta soldada y se obtendrán soldaduras libres de encogimiento, roturas o agrietamientos, cráteres, incrustaciones de escoria, porosidad y otros defectos asociados a los procesos de soldadura con fusión.

La agrupación engloba los siguientes procesos: soldadura en frío, por forja, por difusión, por fricción, ultrasonica, explosión, a alta presión y soldadura por laminador.



Fig.2.5.8. Soldadura blanda por caulín (INS)

2.6.1 SOLDADURA EN FRIO (CW-Cold Welding)

La soldadura en frío es un proceso en el que la unión de las piezas a soldar se logra con la simple aplicación de presión a temperatura ambiente y en donde no se hace necesaria la aplicación de calor o la adición de un material de aporte.

La presión aplicada ocasiona que los metales se deformen plásticamente y fluyan uno hacia el otro para unirse en una sola pieza. Esta presión se aplica por métodos manuales o mecánicos, en forma de impacto o de compresión lenta pero progresiva, siendo ambas formas muy efectivas para obtener soldaduras sanas. Esta soldadura es adecuada en la unión de aluminio de alta pureza o de pureza comercial, cobre, plomo, níquel, zinc, plata y una gran diversidad de aleaciones y combinaciones de piezas hechas con metales no ferrosos. Ver figura 2.6.1

2.6.2 SOLDADURA POR FORJA (FOW-Forge Welding)

Como se mencionó en el capítulo I, el proceso de soldadura por forja fue la primera y única forma de unir metales a lo largo de la historia hasta apenas el siglo XIX, cuando se lograron desarrollar nuevos procesos de soldadura diferentes a la forja. A grandes rasgos, el proceso consiste en calentar las piezas a unir hasta una temperatura por debajo del punto de fusión, generalmente se calientan hasta entrar en estado plástico. Las piezas en este estado se sujetan mediante pinzas adecuadas o algún mecanismo semejante y se colocan o ensamblan del modo en que se desean soldar. El soldador entonces martillea las piezas apoyadas en un yunque, comenzando desde el centro de la unión continuando en dirección a los extremos. Debido al estado plástico de los metales, estos fluyen logrando la coalescencia de las piezas. Las piezas para ser calentadas se colocan en un fogón donde se quema carbón aunque existen hornos donde el calor es obtenido por medio de la quema de petróleo.

No existe protección a los metales de la oxidación aunque existen diferentes compuestos en forma de polvos que pueden funcionar como protectores, disminuyendo el grado de oxidación de las piezas. Sus limitaciones están representadas por la aplicación de la soldadura a trabajos pequeños, es un proceso lento y peligroso. La unión resulta en la mayoría de las veces oxidada dando como resultado soldaduras defectuosas y de mala calidad.

2.6.3 SOLDADURA POR DIFUSION (DFW- Diffusion Welding)

El proceso de soldadura por difusión es aquel en que la unión de las piezas de trabajo se logra mediante la aplicación de presión y la aplicación limitada de calor donde la temperatura no llega al punto de fusión de cualquiera de las dos piezas a soldar en caso de no ser similares.

Las piezas preparadas adecuadamente se deben ajustar estrechamente hasta alcanzar el contacto real de metal con metal para luego aplicar el calor con el fin de aumentar la actividad molecular de las superficies y facilitar la difusión de los metales. Después se da paso a la aplicación de la presión, en donde se da como resultado que algunos átomos de las piezas a soldar emigren unos hacia otros produciendo una unión de alta resistencia muy sana.

Por otro lado, cuando las superficies son preparadas deficientemente e incluso sin preparar, la capa de impurezas de óxidos quedan atrapadas durante el proceso resultando soldaduras con defectos tales como impurezas, porosidades e incrustaciones las cuales permanecen en medio de la unión si el material aún no ha fluido y dentro de la unión una vez que ha fluido. Con el fin de corregir lo anterior existen depósitos electrolíticos o recubrimientos de uso común que se colocan en medio de las superficies a soldar; estos recubrimientos pueden utilizarse como materiales de aporte, ayudan a ser más compatibles las soldaduras de metales diferentes y minimizan los problemas provocados por la presencia de óxidos o suciedad.

En general este tipo de soldadura es muy similar a la soldadura por resistencia, en ambos procesos los parámetros importantes a considerar son muy similares (tiempo, temperatura y presión), incluso equipos similares son usados sólo que en la soldadura por difusión se utiliza además dispositivos que suministran y controlan la atmósfera con gas inerte. Las grandes desventajas están representadas principalmente por las necesidades de soldar grandes áreas y por consiguiente su correspondiente preparación para ser soldadas.

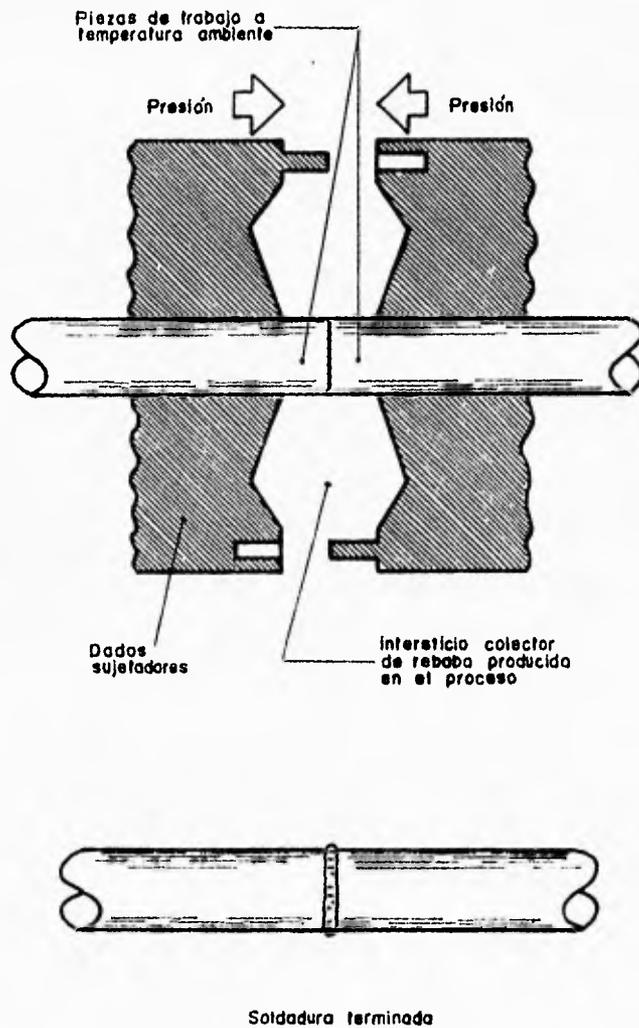


Fig. 2.6.I. Soldadura en frío (CW)

Se sueldan diversos materiales en combinación o similares, aplicándose con gran efectividad en aleaciones de titanio, circonio y materiales a base de níquel. Los aceros se llegan a soldar aunque es muy limitada la aplicación sobre ellos dado que se prefieren usar otros procesos que resultan más fáciles y económicos. Ver figura 2.6.3

2.6.4 SOLDADURA POR FRICCIÓN (FRW- Friction Welding)

El proceso de soldadura por fricción se originó en el principio de la obtención de calor mediante la fricción de dos superficies que entran en contacto, el calor es el resultado de la conversión de la energía mecánica a calorífica en dichas superficies en contacto, eliminado así la necesidad de la aplicación externa de calor. El calor de fricción se genera cuando entra en contacto una pieza que está girando a alta velocidad con otra pieza de trabajo que está fija y a la cual se le aplica una presión axial constante o de incremento gradual. Ambas superficies elevan su temperatura y entran en estado plástico logrando la unión de las piezas. Inmediatamente que se funden los materiales, el movimiento cesa y la soldadura finaliza con la aplicación de presión que reafirma la unión mientras el material aún permanece en estado plástico hasta solidificar.

En realidad, el proceso no requiere de que las superficies a soldar estén extremadamente preparadas y basta sólo con que se encuentren limpias y suficientemente lisas debido a que la rebaba producida en el proceso tiende a salir por los extremos arrastrando las impurezas y los óxidos hacia el exterior de la unión obteniéndose así soldaduras casi libres de defectos.

El Proceso FRW es útil para soldar diversos metales aún siendo no similares ; la buena soldadura de estos materiales depende de la naturaleza del mismo, el tamaño de la pieza, la velocidad de giro y la aplicación de la presión necesaria para su enlace. Dentro de este aspecto, cabe mencionar que al unir materiales diferentes se debe tomar en cuenta el grado de forjabilidad de estos, dado que uno podrá fluir más que otro afectando así las posibles dimensiones finales deseadas en la unión o pieza ensamblada. Como características particulares del equipo utilizado se cuenta con la sujeción segura de la pieza fija y la capacidad de suspender la rotación en la pieza móvil una vez que se ha alcanzado la unión.

Por su principio, el equipo resulta bastante simple y entre otras ventajas del proceso se encuentran la rápida producción de soldaduras sanas, un ahorro considerable en el consumo de energía utilizada y la poca preparación de las superficies. Su desventaja radica principalmente en la restricción a configuraciones limitadas de las piezas a soldar. Ver figura 2.6.4

2.6.5 SOLDADURA POR ULTRASONIDO (USW-Ultrasound Welding)

La USW es el proceso en el que la unión de los materiales ocurre cuando las piezas de trabajo se les aplica localmente energía vibratoria de alta frecuencia (10 a 175 kHz) o ultrasonido, simultáneamente con la aplicación de presión. Las ondas de alta frecuencia provocan en las piezas un efecto de fricción debido a la vibración aplicada, experimentándose una pequeña elevación de la temperatura que sumado a la presión permiten que ambos materiales fluyan uno hacia el otro para formar una soldadura, eliminándose así la aplicación externa de calor.

La buena preparación de las superficies a soldar utilizando este proceso trae como consecuencia la obtención de soldaduras altamente sanas aunque en ausencia de preparación de las piezas, la soldadura ultrasónica, por su naturaleza, llega a eliminar y romper películas de óxidos alcanzando el contacto metal con metal para obtener soldaduras de grado aceptables.

El equipo típico del proceso USW lo componen un transductor que produce el sonido, un sonotodo que transmite el sonido del transductor a las piezas de trabajo y un yunque como pieza de soporte.

Este tipo de proceso es utilizado en la unión de diversos materiales y en la combinación de ellos, sobre todo en aleaciones de aluminio; sin embargo, está restringida al soldado de piezas que no pueden ser sometidas a la aplicación de calor extremo. Otras limitaciones están representadas por la unión de piezas preparadas para soldarse únicamente en traslape, en la unión de láminas o piezas muy delgadas y en la unión de alambres pequeños. Las soldaduras obtenidas por este proceso frecuentemente presentan una resistencia mucho mayor que las producidas por otro método. Sus aplicaciones son principalmente en la industria de la electrónica, eléctrica, empaçado y sellado estéril, aeronáutica, espacial, militar y nuclear. Ver figura 2.6.5

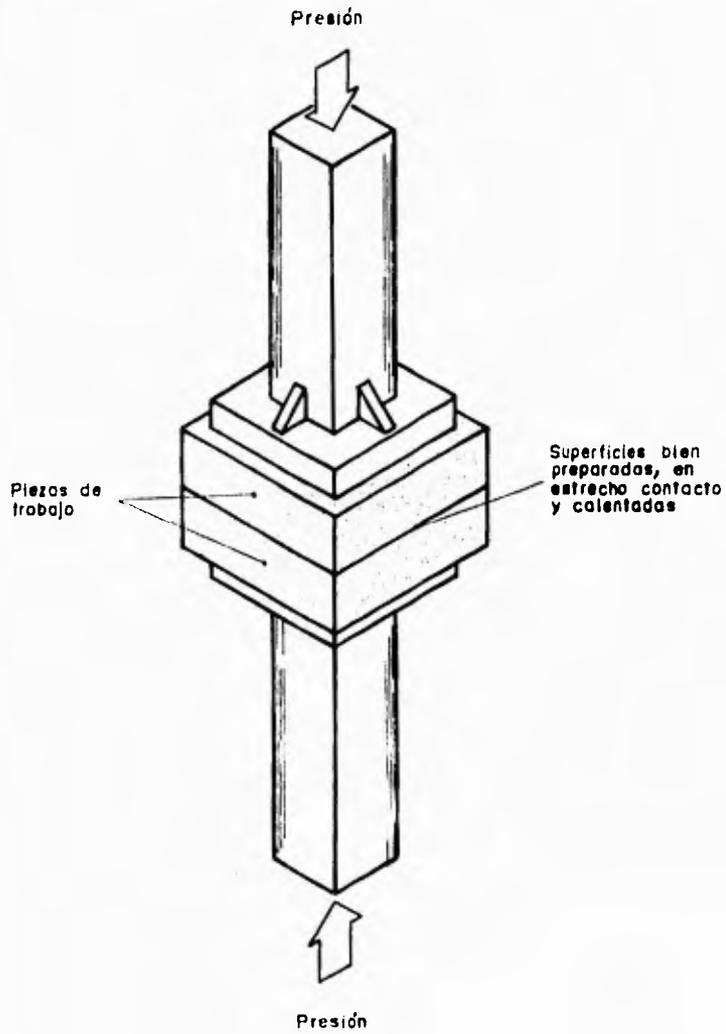


Fig.2.6.3. Soldadura por difusión (DFW)

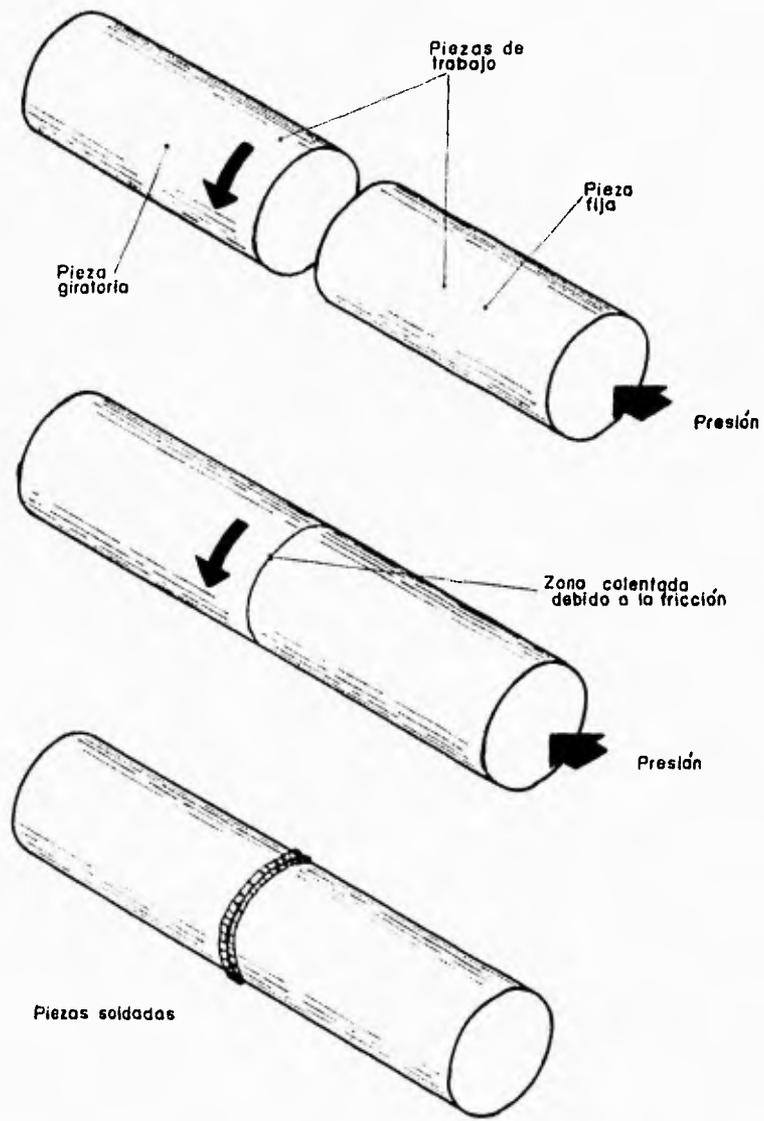


Fig. 2.6.4. Soldadura por fricción (FRW)

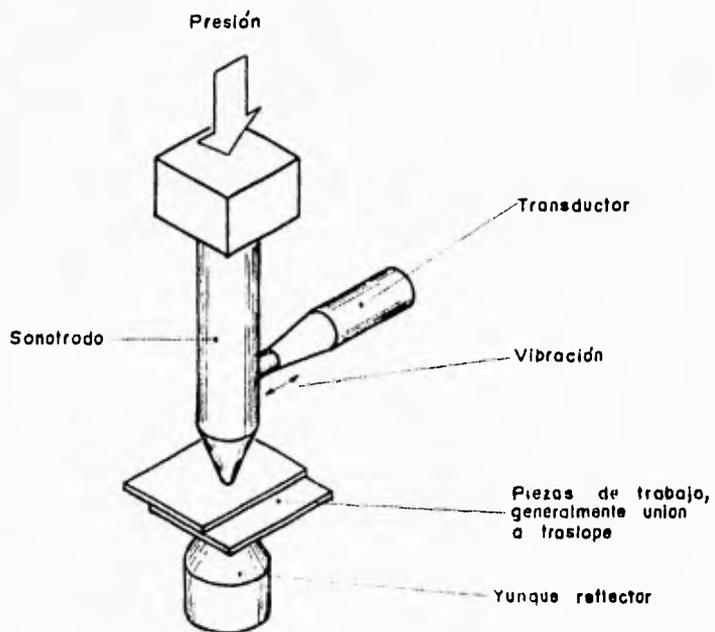


Fig. 2.6.5. Soldadura por ultrasonido (USW)

2.6.6 SOLDADURA POR EXPLOSION (EXW-Explosion Welding)

Es el proceso que une a los materiales por medio de la acción de un movimiento a alta velocidad obtenido mediante la detonación controlada de un explosivo. La unión de las superficies a soldar resulta de la aplicación de la presión e impacto desarrollados por el explosivo. El explosivo (plástico, líquido o granular) es colocado uniformemente sobre o en la proximidad de una de las piezas a soldar y la otra pieza se coloca sobre un yunque o placa de choque cuyo fin es el de absorber la energía excedente generada en la operación.

En la soldadura EXW generalmente se busca un punto inicial de colisión desde el cual comienza a desarrollarse una reacción a alta velocidad a partir de él. Esta reacción es el resultado del flujo plástico de las superficies en ambas placas. Esto únicamente ocurre mediante la aplicación de elevadas presiones desarrolladas por la explosión. La fuerza de explosión aunada a unas superficies bien preparadas producen una soldadura de alta calidad. En caso de la presencia de óxidos, estos tienden a disolverse, romperse o dispersarse en la zona de soldadura debido a la extrema deformación plástica eliminándolos y produciendo el enlace de los metales aunque esto no arroja soldaduras de gran calidad. La soldadura obtenida por este método presenta una apariencia de perfil ondulado como causa de la reacción superficial y resulta del enlace directo de metal a metal junto con la presencia de áreas fundidas periódicamente. Este tipo de perfil se obtiene en la mayoría de las soldaduras de materiales metálicos, aunque en algunas combinaciones de metales a soldar el perfil de unión obtenido es más bien en forma de una capa recta, debido a una zona de fusión previa y continua sobre las zonas a soldar y finalmente a la solidificación rápida de la misma.

Por la naturaleza de este proceso de soldadura, los materiales a unir se prefiere que sean dúctiles, resistentes al impacto y de no bajo punto de fusión. El proceso presenta ventajas tales como simplicidad, rapidez y capacidad de unir metales diferentes. Por último y como nota de seguridad es necesario que los explosivos sean manipulados y operados por personal calificado para su utilización segura. Es ampliamente utilizado en el recubrimiento de hojas metálicas, recubrimiento interno en tubería así como diferentes recubrimientos de recipientes que serán sometidos a presión o como recubrimientos de protección. Ver figura 2.6.6

2.6.7 SOLDADURA A ALTA PRESION (HPW-Hot Pressure Welding)

Es un proceso de soldadura de estado sólido que produce la unión de los metales con aplicación de presión y calor adecuados para producir una macro-deformación en el metal base. El vacío u otros métodos protectores pueden ser utilizados. En este proceso la unión ocurre en la interface entre las partes debido al calor y a la presión, que es acompañada por una deformación importante.

Este tipo de proceso es normalmente utilizado para la producción de la industria aeroespacial. Una variación de este proceso es la soldadura a alta presión isostática. En este caso, la presión es aplicada por medio de un gas inerte con alta temperatura en un recipiente a presión.

2.6.8 SOLDADURA POR LAMINADOR (ROW-Roll Welding)

Es un proceso de soldadura de estado sólido que produce la unión de metales por suficiente calor y presión aplicada con rodillos para provocar deformación en las superficies de contacto. Este proceso es muy similar al FOW excepto que la presión es aplicada por rodillos y no por martillo. La unión ocurre en la interface entre las dos partes por medio de difusión en las superficies de contacto.

Uno de sus usos mayores de este tipo de proceso es el revestimiento de un acero de baja aleación con un acero de alta aleación como es el caso de los aceros inoxidable. Es también utilizado para hacer materiales bimetálicos para la industria de instrumentos y para producir las monedas que son utilizadas en los E.U. que es una soldadura formada entre cobre y una aleación cobre-níquel.

2.7 OTROS PROCESOS DE SOLDADURA

Este grupo es denominado así debido a que engloba procesos de soldadura que por sus características de operación no pueden ser clasificados en otras agrupaciones. El grupo lo conforman los procesos de soldadura por electroescoria, por termita, por inducción, por haz de electrones y por rayo laser.

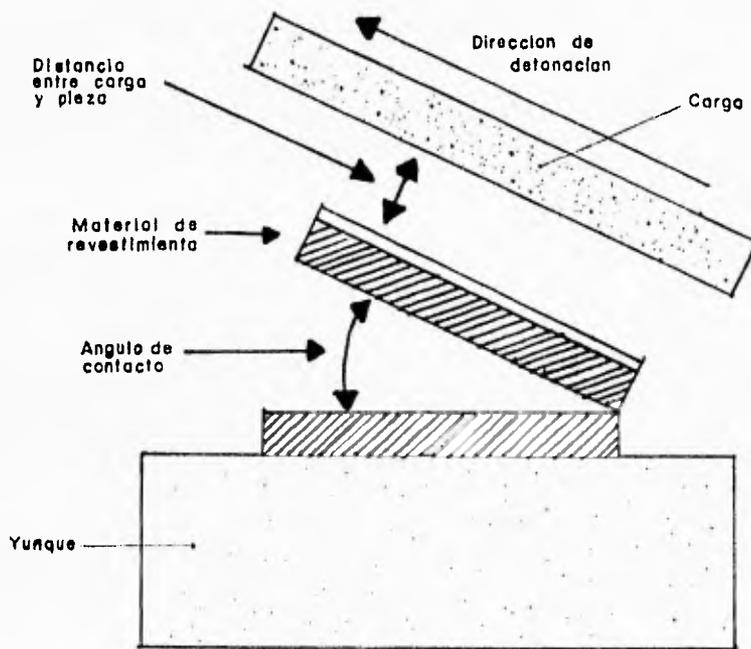


Fig. 2.6.6. Soldadura por explosión (EXW)

2.7.1 SOLDADURA POR ELECTROESCORIA (ESW-Electro Scorial Welding)

Este es un proceso de soldadura que utiliza energía eléctrica pero no en forma de un arco eléctrico y se concibió para aplicar soldaduras en posiciones verticales únicamente. Su principio está fundamentado en el aprovechamiento del calor generado por la resistividad de un material llamado escoria compuesta por diferentes sustancias fundentes. El principio de operación de este proceso es muy semejante a los procesos GMAW, FCAW, SAW y EGW. La soldadura ESW " es un proceso que produce la unión de los metales mediante el calor de una escoria fundida que derrite las piezas de trabajo y el electrodo metálico alimentado continuamente y que sirve como material de aporte produciendo la coalescencia de ellos. El metal fundido está protegido por la escoria que se mueve a lo largo del charco de fusión en el cual se está soldando".

El proceso se inicia con la agregación de la escoria fundente dentro de una "cuba" de fusión formada por tres placas o zapatas (una de arranque y dos de enfriamiento) y las superficies de las piezas de trabajo, posteriormente se enciende un arco eléctrico entre los electrodos y la placa de arranque, debido al calor generado por el arco eléctrico la escoria se funde hasta alcanzar una capa suficientemente gruesa; en este momento se cambia el flujo de la corriente para que ahora lo haga únicamente por la escoria fundida, esto se mantiene durante todo el proceso en estado líquido hasta una temperatura superior a los 1800°C. El calor generado funde al electrodo suministrado y a la superficie de las piezas a soldar formando un charco de fusión el cual está contenido o confinado por las tres placas.

Cuando se ha logrado contener cierta cantidad de material fundido, las placas o zapatas laterales solidifican la zona más inferior del charco de fusión debido a que cuentan con un sistema de enfriamiento con agua para luego comenzar a ascender junto con el charco de fusión. La velocidad de ascensión está en función de la temperatura de escoria y de la de enfriamiento, de la velocidad de fundición, de los electrodos y del metal base.

Durante el desarrollo del proceso, la escoria fundida se desempeña como una capa protectora para el metal fundido y existen dos formas de agregarla, una consiste en la adición directa al charco por medio de una tolva y el segundo método consiste en la adición de la escoria junto con el mismo electrodo, formando en él un núcleo fundente, siendo ésta la más práctica y aceptada que la primera.

La escoria (mezcla de diferentes compuestos químicos fundentes en su mayoría óxidos: SiO₂, MnO, Al₂O₃, CaO, CaF₂, FeO, TiO₂, N₂O) debe presentar características importantes tales como un alta resistividad (que resiste el paso de la corriente sin consumirse), necesaria para la generación de calor requerido, su viscosidad y densidad en estado líquido debe ser tal que permita su adecuado flujo y distribución uniforme del calor en toda la junta soldada, así mismo debe flotar fácilmente sobre el metal fundido para evitar defectos de inclusión en la soldadura final, debe además permanecer en la unión sin fluir hacia afuera de las placas de enfriamiento. La cantidad de electrodo (material de aporte) y su composición están en función del espesor y composición del metal base, existiendo tres tipos: sólido, con núcleo fundente y trenzado.

La ESW tiene gran aplicación en la soldadura de placas de amplio grosor, soldándolas satisfactoriamente. Los metales soldados exitosamente corresponden en su mayoría a diferentes grados de aceros forjados, aceros inoxidables y aceros aleados de alta resistencia. Se aplica en la fabricación y reparación de recipientes de pared gruesa, maquinaria pesada, en la industria petrolera y en la industria eléctrica. Ver figura 2.7.1

2.7.2 SOLDADURA POR TERMITA (TW-Termita Welding)

El proceso de soldadura por termita o soldadura aluminotérmica es un proceso en el que se hace uso de una reacción química exotérmica para obtener metal químico sobrecalentado y escoria, usados para la unión de las piezas.

En un crisol se prepara la termita, la cual es una mezcla de aluminio y óxido de hierro. Dado que el aluminio muestra una gran afinidad para combinarse con el oxígeno, forma en la reacción óxido de aluminio, compuesto que funciona como escoria y por otro lado se forma hierro líquido de alta pureza el cual se obtiene al descomponerse las moléculas de óxido de hierro y que se empleará como metal de aporte. Para llevar a cabo el proceso, se prepara el molde de fundición con ayuda de modelos de las piezas que se van a soldar.

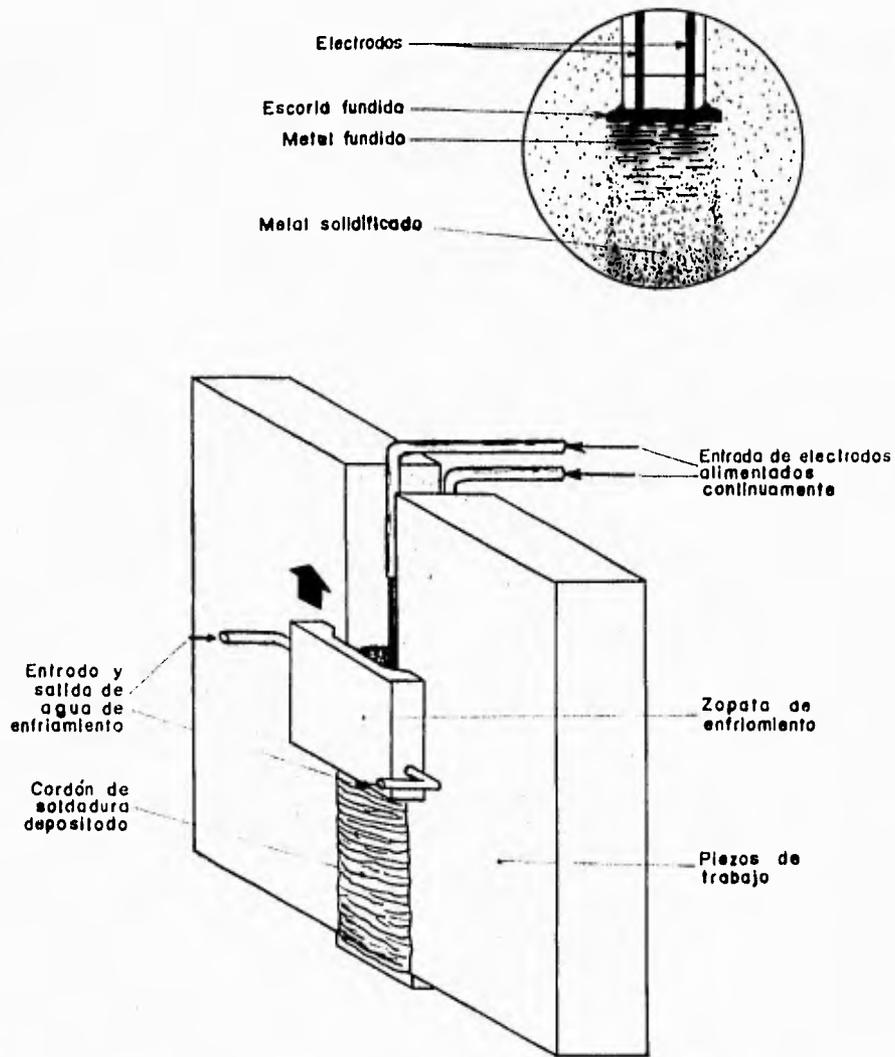


Fig.2.7.1. Soldadura por electroescoria (ESW)

El molde terminado, usualmente cuenta con tres cavidades (dos compuertas y un elevador), una de ellas llamada compuerta de calentamiento, la otra llamada compuerta de vaciado y la tercera llamada elevador que se ocupa para la salida de escoria al exterior.

Una vez preparado el ensamble sobre el molde se calienta el área de soldado al rojo a través de la cavidad de calentamiento usando para esto una flama exterior, cuando se consigue esto se coloca un tapón resistente al calor en dicha cavidad. Enseguida se hace comenzar la reacción de la termita en el crisol la cual dura aproximadamente 30 segundos usando para esto un polvo de ignición inicial. Cuando termina la reacción, se cuele y se hace fluir el metal líquido y la escoria hacia el interior del molde por la cavidad de vaciado. El metal líquido circunda las partes a unir mientras la escoria permanece como una capa protectora para la soldadura. El metal solidifica obteniéndose soldaduras sanas en las piezas debido a que el aire es excluido en el contacto de la soldadura. Durante el proceso de soldadura con termita se puede o no aplicar presión.

Este proceso es ampliamente aplicado en la unión de grandes piezas en donde prácticamente no existe limitación en el tamaño; se aplica en la fabricación y reparación de grandes piezas como rieles, cruces y elementos de cambios en vías para ferrocarril y tranvías, grandes piezas para componentes de barcos, cigüeñales, etc. Este proceso se muestra en la figura 2.7.2

2.7.3 SOLDADURA POR INDUCCION (IW-Induction Welding)

Debido a la naturaleza de este proceso, sólo puede aplicarse a materiales conductores de corriente eléctrica. Para realizarse, una bobina inductora, que no entra en contacto con las partes a soldar, induce en las piezas una corriente eléctrica cercana a la zona de soldadura. Ya que el material conductor posee resistividad al paso de esta corriente inducida, se genera calor rápidamente elevando la temperatura de las piezas a soldar, favoreciendo el flujo de los materiales uno hacia el otro auxiliándose de presión aplicada para lograr la unión de las piezas.

Debido a que se inducen corrientes de altas frecuencias, el calor es casi inmediato reduciendo los riesgos de formación de óxidos en la soldadura. Se ha comprobado que la utilización de frecuencias en el rango de 400 a 450 Hz efectúan soldaduras satisfactorias en la mayoría de los metales y es aplicado en la unión exitosa de materiales diferentes. Se usa en la costura de tubos, empaquetado y sellado metálico, producción de recipientes, etc.

2.7.4 SOLDADURA POR HAZ DE ELECTRONES (EBW-Electron Beam Welding)

El proceso EBW utiliza el calor producido por el bombardeo de las piezas de trabajo con un haz de electrones concentrado para producir la soldadura de ellos. Los electrones son proyectados hacia las piezas a una alta velocidad, produciéndose el choque entre estas partículas materiales y las superficies de trabajo teniéndose como efecto un calentamiento tan intenso que se puede llegar a vaporizar el metal fácilmente.

En el proceso, el haz es enfocado en un punto en el cual comienza la operación con la fusión del metal comenzando así mismo la penetración en el material mientras el metal fundido fluye alrededor de él, en este momento el haz puede moverse a lo largo de la junta fundiendo los bordes de las piezas y solidificando el metal una vez que ha pasado el haz de electrones produciéndose así la soldadura. Usualmente no se requiere del material de aporte.

Los electrones son disparados mediante un cañón de electrones, el cual consta, a grandes rasgos, de un cátodo desde donde son emitidos los electrones y un ánodo. Los electrones se concentran por medio de campos eléctricos para formar el haz. El haz se enfoca o se dirige mediante una bobina electromagnética y puede desviarse o manipularse mediante bobinas de deflexión. El haz enfocado abarca áreas tan pequeñas con diámetros de 0.3 a 0.7 mm aproximadamente concentrando potencias cercanas a los 1550 watts/mm², potencia suficiente como para fundir metales. Las temperaturas alcanzadas abarcan un rango amplio de temperaturas elevadas en las que se puede fundir fácilmente el tungsteno. La soldadura por haz de electrones puede efectuarse bajo tres modalidades de medios: al alto vacío, al medio vacío y sin vacío.

La EBW al alto vacío se concibió para disminuir dos efectos indeseables durante el proceso:

- a) la eliminación de la posible contaminación de la soldadura
- b) disminuir el efecto de un haz de electrones mermado.

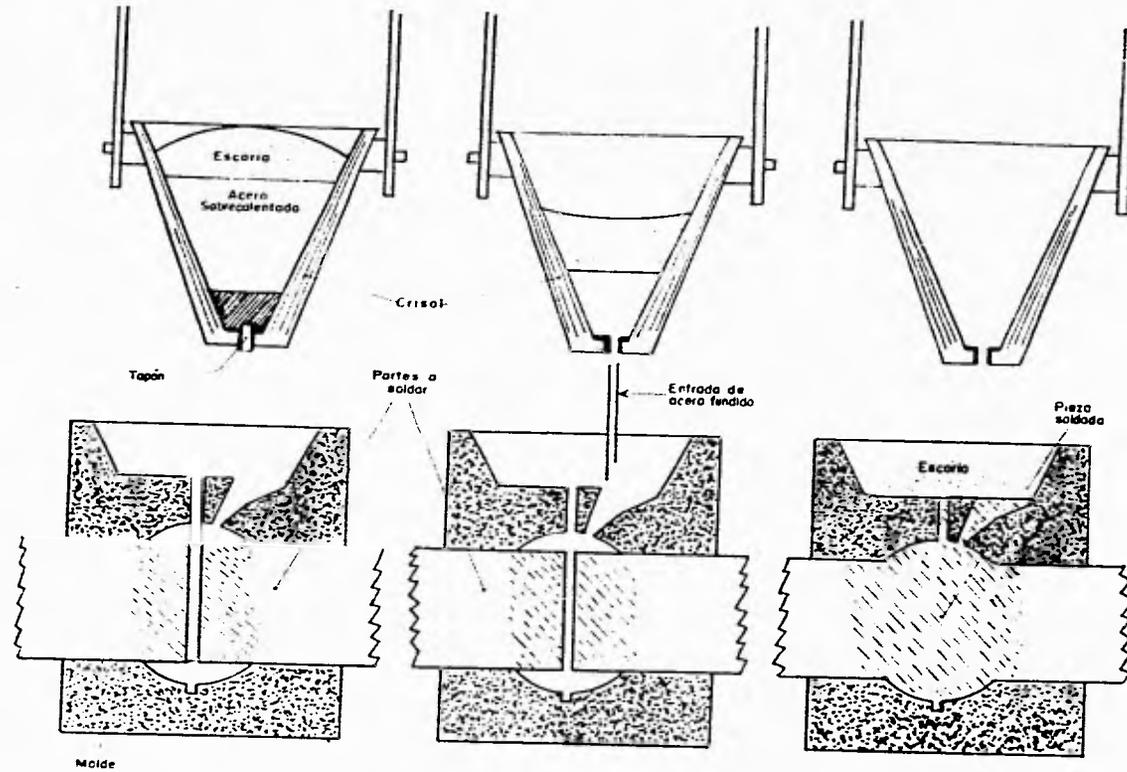


Fig. 2.7.2. Soldadura por termita (TW)

La EBW al alto vacío se aplica dentro de cámaras donde se produce el vacío, en el interior de ellas se localiza todo el equipo y las piezas de trabajo; al eliminarse completamente el aire interior se efectúa la aplicación del haz sobre las piezas, toda la operación es seguida y supervisada a través de ventanas especiales o por medio de equipos de televisión con circuito cerrado. Al eliminar la atmósfera se eliminan componentes perjudiciales presentes en el aire que puedan provocar óxidos sobre la soldadura.

La presencia de un haz de electrones mermado se debe principalmente a dos fenómenos. El primero se debe a que la carga eléctrica de los electrones es la misma provocándose el fenómeno eléctrico de repulsión y en consecuencia hace que los electrones se dispersen alejándose unos de otros y por tanto, perdiéndose la concentración del haz. El segundo fenómeno se da principalmente en la presencia de atmósferas debido a que se encuentran presentes átomos y moléculas en el recorrido del haz hacia las piezas de trabajo; cuando no se usa vacío los electrones pueden chocar con los átomos o moléculas de la atmósfera presente y por esta causa dispersarse, resultando un haz mermado. Al usar un alto vacío se está eliminando al máximo la presencia de átomos y moléculas de aire y evitando la contaminación de la junta soldada además de conservar un haz lo más completamente concentrado. La rapidez de aplicación de soldadura y la capacidad de soldar amplios grosores depende de la concentración del haz. En la aplicación de la EBW al medio y sin vacío estas características disminuyen.

Las ventajas de estas condiciones de trabajo en el medio vacío es la rapidez de preparación del medio ya que puede crearse rápidamente y en la EBW sin vacío la ventaja es la portabilidad del proceso, no restringiéndose al uso dentro de una cámara. En ambos medios, la protección se puede obtener de cierto modo con la aplicación de un gas protector.

Debido a la gran tecnología aplicada en la fabricación del equipo, se requiere de personal calificado y capacitado para su buena manipulación; por otro lado, al soldador se le debe advertir que el uso de la EBW sobre ciertos metales puede producir rayos X por lo que se le debe suministrar equipo y protección adecuada para disminuir estos riesgos.

El proceso une no solamente metales ferrosos y no ferrosos sino que puede soldar exitosamente metales cuyo punto de fusión es demasiado elevado, metales muy oxidantes, superaleaciones y otros materiales que por otros procesos de soldadura serían imposibles de unir. Ver figura 2.7.4

2.7.5 SOLDADURA POR RAYO LASER (LBW-Laser Beam Welding)

Una herramienta que ha mostrado ser efectiva en la unión de metales es la utilización del rayo laser. La soldadura por rayo laser es un proceso de soldadura en la que la coalescencia de los materiales se logra a partir de la fusión de las piezas de trabajo utilizando el calor intenso producido por la luz de un rayo laser.

La producción de un rayo laser es un proceso algo complejo y para su producción existen dos maneras de hacerlo. La primera utiliza un medio gaseoso (CO₂, N₂, He) y la segunda utiliza un medio en estado sólido (Rubí, Neodimio); ambos tipos son aplicados en las operaciones de soldadura y corte.

Existe información sobre la operación y producción de un rayo laser, por tanto sólo se tratará de dar un sentido general sobre ello. En la producción de un rayo laser de estado sólido por ejemplo, el medio laser, generalmente un cristal de rubí cortado especialmente, es iluminado mediante un haz producido por un tubo de neón o zenón; el rubí absorbe la luz durante la exposición estimulando los electrones de sus átomos. Cuando la estimulación llega hasta cierto grado, algunos electrones saltan de su órbita normal (abandonan su órbita) a una órbita con un nivel de energía más elevado. Cuando la energía luminosa se excede, comienza la transmisión de energía calorífica al exterior, debido al equilibrio térmico, los electrones excitados regresan a su órbita normal liberando en este proceso un fotón (emisión espontánea). Dado que esto ocurre en una secuencia continua de emisiones, estos fotones tienden a estimular a otros electrones excitados en la liberación de sus fotones, emitiendo así un rayo luminoso con longitud de onda igual conocido como laser.

El tubo de rayo laser cuenta en uno de sus extremos con un espejo altamente reflectivo y en el extremo opuesto con un espejo parcialmente reflectivo. El rayo luminoso entra en una serie de reflexiones hasta convertirse lo suficientemente denso como para atravesar al espejo parcialmente reflectivo. El rayo es entonces dirigido a las piezas de trabajo mediante una serie de lentes y espejos que lo enfocan sobre un punto exacto donde comenzará la costura.

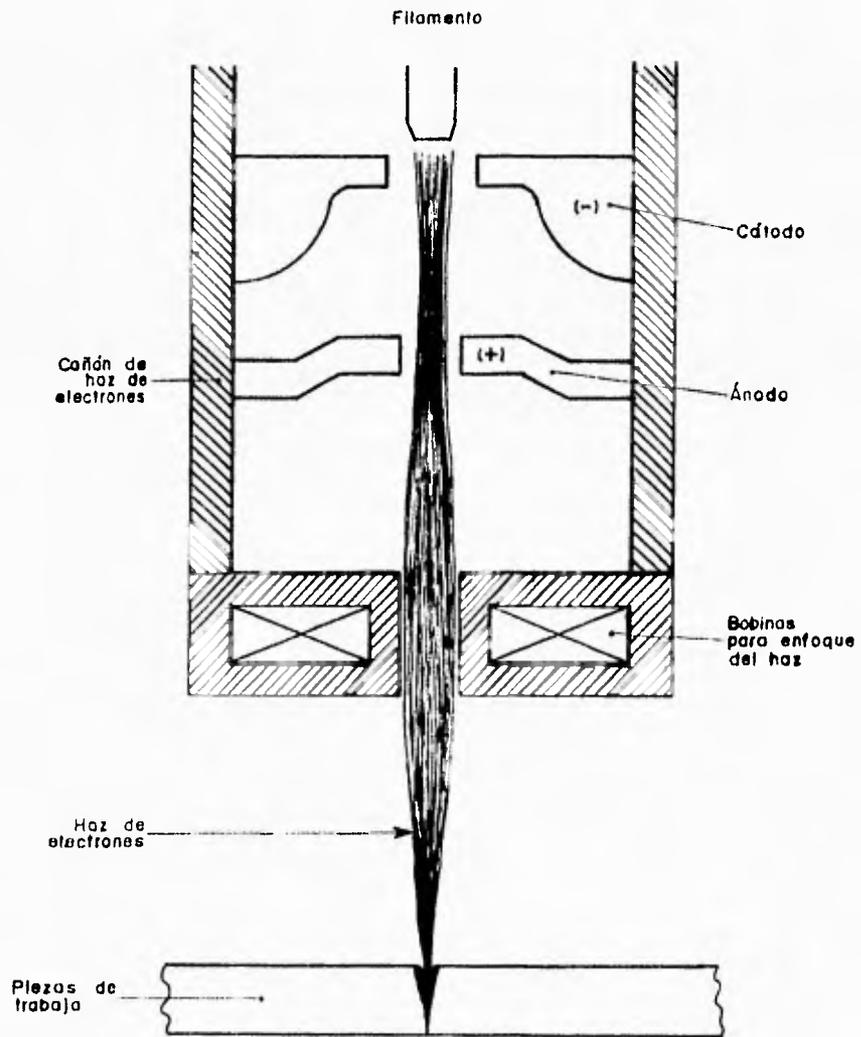


Fig.2.7.4. Soldadura por haz de electrones (EBW)

El calentamiento del área en donde se enfoca el rayo es tan intenso que funde rápidamente el metal formando un agujero, el rayo, una vez que ha penetrado puede moverse por donde se desea la costura. El haz es capaz de penetrar grosores hasta por encima de 2.5 cm en materiales como el acero.

Como en el proceso EBW, el proceso LBW no existe contacto con las piezas de trabajo, incluso el rayo laser puede viajar o dirigirse hasta ciertas distancias mediante espejos y lentes para producir la soldadura. Otras ventajas de la soldadura LBW es que al igual que la EBW suelda materiales no conductores de la electricidad, el calor intenso producido sólo afecta áreas pequeñas dado que la fusión se realiza rápidamente. Entre sus desventajas, se puede mencionar la aplicación de soldaduras de corta longitud y la posibilidad de reflejarse sobre superficies reflectivas o pulidas imprevistas causando quemaduras en personas o producir incendios si se llegase a enfocar por accidente sobre materiales flamables.

El proceso LBW suelda materiales similares y diferentes entre los que se encuentran el acero, cobre, níquel, circonio, aluminio, tungsteno y otras superaleaciones. El proceso es aplicado usualmente de manera semiautomática.

En la operación de corte de rayo láser se presenta la necesidad de agregar un gas, generalmente el oxígeno, para facilitar el corte. El rayo láser sale del tubo el cual es dirigido y concentrado mediante lentes y espejos hacia las piezas de trabajo, llegando a ellas con un diámetro aproximado de 0.1 mm y una potencia cercana a los 1000 watts/cm², potencia como vaporizar al instante al metal. Posteriormente se inyecta el gas auxiliar, el cual viaja envolviendo al rayo láser, para remover el metal fundido del trozo cortado; la operación continua moviendo el rayo a lo largo de la línea de corte deseada.

Otros gases utilizados en el corte son el argón, el helio, el nitrógeno y el CO₂. Los gases inertes tienen la características de ayudar a obtener un corte limpio sobre metales no ferrosos como el aluminio dado que no oxidan los bordes del corte como lo hace el oxígeno. Ver figura 2.7.5

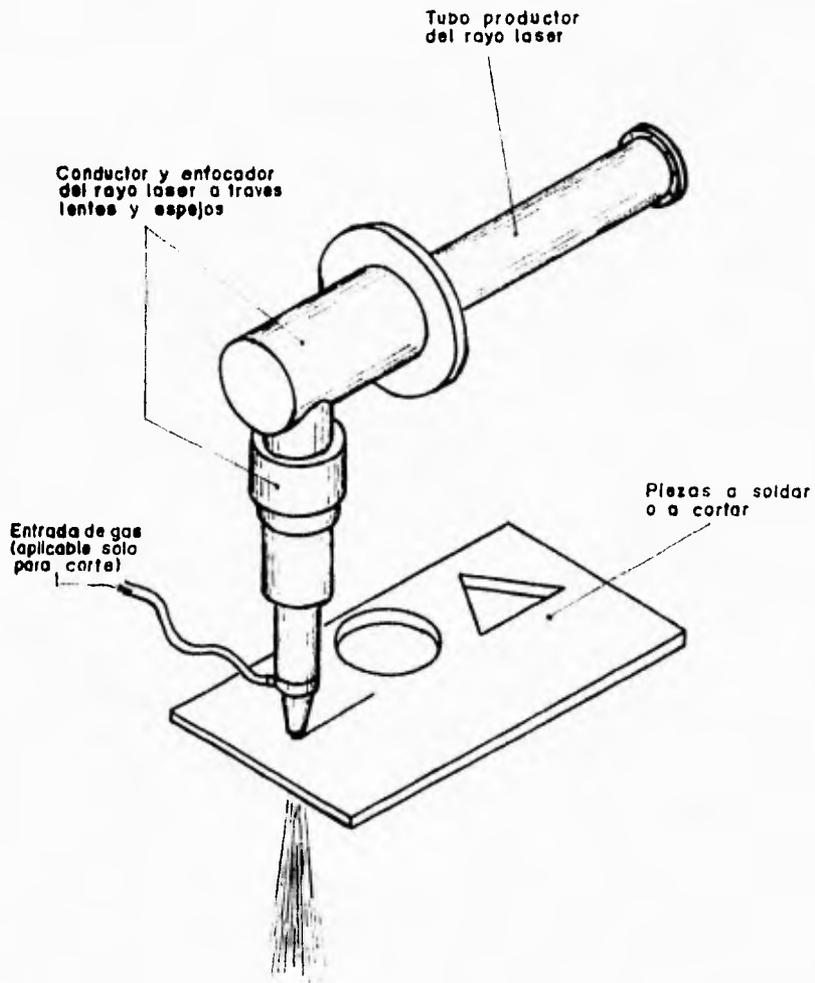


Fig. 2.7.5. Soldadura por rayo laser (LBW)

CAPITULO III

SEGURIDAD DE LOS SOLDADORES

La operación de soldadura no está libre de la presencia de diversos riesgos para la salud y seguridad de los soldadores, riesgos inherentes al proceso de soldadura utilizado que no se pueden eliminar totalmente pero que sí se pueden reducir o prevenir al máximo si se informa y capacita al operador sobre la práctica segura de la soldadura y sobre la existencia de estos riesgos.

Al adquirir equipo para la soldadura, en la mayoría de los casos, se olvida el aspecto referente a la seguridad, considerando solo aspectos inmediatos como las oportunidades de compra o los aspectos económicos; sin embargo, en muchas ocasiones no se consideran las condiciones bajo las que operarán estos equipos resultando contraproducente la compra por los riesgos o accidentes producidos debido a ambientes o instalaciones inadecuadas para su operación.

Dada la gran importancia de la seguridad en la soldadura, es necesario conocer los posibles riesgos, sus consecuencias y las precauciones mínimas que puedan utilizarse para lograr una práctica segura y adecuada de la soldadura.

3.1 RIESGOS EN LA SOLDADURA

Como toda ocupación, la soldadura puede producir ambientes laborales peligrosos para la vida o salud del operador, riesgos potenciales a los que el operador está continuamente expuesto durante el desempeño de sus actividades, sin embargo, la actividad es segura si se llevan a cabo las prácticas y medidas preventivas durante su ejecución.

La información sobre la existencia de riesgos y peligros que pueda advertir al soldador puede transmitirse usando etiquetas de advertencia en donde se señalen los posibles riesgos y las reglas mínimas de seguridad que deben tomarse; estas etiquetas de advertencia deben estar referidas y elaboradas de acuerdo a la agrupación de los procesos de soldadura o a un proceso o equipo específico de soldadura. Un ejemplo de estas etiquetas se muestran en la siguiente tabla

<p style="text-align: center;">ETIQUETA DE ADVERTENCIA PARA LOS EQUIPOS Y PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO.</p> <p style="text-align: center;">ADVERTENCIA: PROTEJASE usted mismo y los demás. Lea y comprenda esta etiqueta.</p> <p style="text-align: center;">LOS HUMOS Y GASES PUEDEN SER PELIGROSOS PARA SU SALUD LOS RAYOS DEL ARCO PUEDEN DAÑAR LOS OJOS Y QUEMARLO UN CHOQUE ELECTRICO PUEDE MATARLO.</p> <ul style="list-style-type: none">* Lea y comprenda las instrucciones de los fabricantes y las prácticas de seguridad de su supervisor.* Mantenga su cabeza fuera de los humos.* Use la ventilación suficiente, descargue los humos del arco. Confinar los humos y los gases para mejorar la zona de respiración y el área en general.* Use la protección correcta para ojos, oídos y cuerpo. <p style="text-align: center;">NO REMUEVA ESTA ETIQUETA.</p>

Existen riesgos y accidentes comunes a diversas ocupaciones manufactureras los cuales se dan principalmente por descuidos personales y que incluyen caídas de personas, golpes por objetos o maquinaria en movimiento, exposición a materiales peligrosos y así sucesivamente. Para evitar estos tipos de accidentes se requiere considerar precauciones necesarias para cada actividad desarrollada.

La soldadura, como una actividad manufacturera, presenta riesgos considerados particulares de esta operación:

- * Choque eléctrico
- * Radiación del arco
- * Contaminación de aire
- * Incendios y explosiones
- * Gases comprimidos
- * Otros riesgos (específicos a cada proceso de soldadura en particular)

Por otro lado debemos considerar el ambiente laboral en el que se desarrollan las actividades. El desempeño de los soldadores se da bajo diferentes condiciones, por lo que los riesgos varían de un ambiente de trabajo a otro, las condiciones de trabajo más frecuentes son:

- * Interiores y exteriores
- * Áreas abiertas o áreas cerradas
- * Grandes alturas o profundidades de trabajo

Las condiciones de trabajo y los procesos de soldadura o corte utilizados determinan los posibles riesgos a la salud, pero en general, los riesgos más comunes en soldadura son los mencionados anteriormente.

3.1.1 SEGURIDAD EN LA CASETA DE TRABAJO DE SOLDADURA

La seguridad en un taller de soldadura comienza con la misma gente, los supervisores deben impartir enseñanzas sobre disciplina y buen comportamiento en cada una de las actividades diarias del taller, todos serán y estarán así, capacitados e informados para detectar riesgos y poder actuar en caso de accidentes para proteger a los demás y así mismos.

Por otro lado, los soldadores tienen la obligación de poner atención, escuchar y aprender a realizar actividades seguras, cumplir con reglamentos o normas de seguridad del taller y hacer buen uso de los materiales para su trabajo de soldadura.

Los posibles riesgos de accidentes disminuyen si se toman medidas adicionales de seguridad como la de colocar materiales combustibles en lugares alejados a la zona de trabajo, si los trabajos de soldadura se realizan en el lugar indicado y no en lugares inadecuados, se cuenta con sistemas contra incendios y extintores estratégicamente localizados, botiquines y personal capacitado en primeros auxilios y en el uso de equipos de auxilio. No se debe olvidar el debido mantenimiento a los equipos de auxilio y seguridad para contar con ellos en las mejores condiciones posibles.

3.1.2 HOJA DE DATOS DE MATERIALES PARA SEGURIDAD

Debido a la gran diversidad de riesgos que pueden presentarse en la ejecución de cualquier proceso de soldadura y a los cambios constantes de tipos y materiales para soldar, es deseable que los jefes y supervisores estén informados constantemente mediante hojas de datos que los proveedores de materiales pueden elaborar de la materia que surten en donde se informe de las sustancias que conforman el material, de los compuestos resultantes al utilizarlos en la operación, la contaminación que produce, las características de cada sustancia producida y si es posible los límites tolerables de exposición del soldador. Con esta información, los supervisores tendrán una idea clara de los posibles riesgos que puedan presentarse y capacitar efectivamente a los soldadores para su protección a través de la práctica segura de soldadura.

3.1.3 EXPOSICION AL CALOR

En la gran mayoría de los procesos de soldadura, se hace referencia a la utilización de calor para fundir metales o para facilitar su difusión, por tanto, los soldadores están trabajando bajo condiciones de altas temperaturas. En las operaciones de soldadura y corte se corre el riesgo de entrar en contacto con metal fundido, metal al rojo, escorias ardientes y salpicaduras; es necesario proteger entonces al soldador con equipos de protección resistentes al calor que contribuya a aislarlo de él o de piezas calentadas excesivamente.

Se presenta un segundo efecto del trabajo con altas temperaturas y que en ocasiones no es considerado, este es la presencia de gases, humos y aire caliente que envuelve al soldador; es necesario que las instalaciones cuenten con sistemas de ventilación que suministren aire fresco en el taller de soldadura y que puedan extraer los humos y los gases producidos ahí debido a las operaciones normales de la actividad.

3.1.4 EQUIPO DE PROTECCION

La ropa necesaria para la protección del soldador depende de la localización del área de trabajo, el proceso utilizado, el equipo usado y la naturaleza del trabajo, sin embargo, la protección debe ser suficiente como para desempeñar una práctica segura de la soldadura. La protección mínima debe prevenir quemaduras y salpicaduras de soldadura y en el caso de algunos procesos de soldadura por arco, la ropa se desea preferentemente sin aberturas, hoyos o grandes huecos debido al riesgo de quemaduras en la piel por la radiación emitida por el arco eléctrico. En este caso se recomienda el uso de equipo de protección fabricado en cuero como mandiles, guantes, polainas, overoles, etc. deseables para procesos de soldadura en trabajos pesados (corrientes de trabajo mayores a 200 amperes). Si no se llega a contar con este tipo básico de vestimenta, se sugiere utilizar vestimenta de lana o algodón; en realidad se prefiere la confeccionada con lana ya que no absorbe el calor tan fácilmente además de que la de algodón representa una mayor flammabilidad, incluso el uso de esta ropa se puede hacer en trabajos ligeros de soldadura debido a una protección aceptable en estos tipos de trabajos.

Para soldadura con gas se recomienda tener la vestimenta en buen estado y libre de la presencia de grasas y aceites o que se llegue a impregnar de estas sustancias durante la operación. Además no se deben portar en los bolsillos cerillos o encendedores para cigarrillos debido a que al exponerse al calor pueden encenderse o explotar causando heridas y quemaduras al operario. Ver figura 3.1.4

3.1.5 PRACTICAS DE SEGURIDAD

1. Nunca ponga a trabajar generadores eléctricos accionados por motor de combustión interna dentro de edificios o zonas confinadas, a menos que se hayan tomado las providencias necesarias para extraer el monóxido de carbono que se produce.
2. Nunca deje que los cables de suministro de energía de las máquinas soldadoras portátiles se enreden con los cables de soldar, ni que queden lo suficientemente cerca de la operación de soldadura como para que su aislamiento pueda dañarse por chispa o por metal caliente.
3. Mantenga siempre las terminales de soldadura y los cables primarios de alimentación de energía fuera de escaleras, pasillos o puertas.
4. Repare o cambie inmediatamente los cables defectuosos. Desconecte la corriente antes de empalmar cables. Utilice únicamente conectores aislados para cable, del tipo de seguro de perno y que tenga una capacidad no menor que la del cable (ver tabla 3.1.5).
5. Apague siempre la máquina de soldar cuando la vaya a dejar por un periodo de tiempo prolongado.
6. Nunca meta en agua un portaelectrodo caliente.



Fig. 3.1.4. Equipo de protección para soldadura

7. Mantenga siempre los cables de soldar limpios de grasa y aceite.
8. Nunca deje que los cables de soldar queden asentados en agua, en tierra, en zanjas o en fondos de tanques.
9. Nunca haga reparaciones al equipo de soldadura sin desconectar antes la corriente de alimentación a la máquina.
10. Nunca cambie el interruptor de polaridad estando la máquina bajo carga. Espere hasta que quede trabajando en vacío la máquina y se abra el circuito. De lo contrario puede quemarse la superficie de contacto del interruptor y el arqueo resultante puede causar lesiones al soldador.
11. Nunca sobrecargue un cable de soldadura (ver tabla 3.1.5).
12. Nunca trabaje una máquina con conexiones deficientes. Evite las zonas húmedas y mantenga las manos y la ropa secas en todo momento.
13. Nunca haga saltar un arco sobre un cilindro de gas a presión.
14. No haga saltar un arco si está cerca alguien sin protección adecuada para los ojos, careta o rejilla.

**TABLA 3.1.5
CALIBRES DE CABLES RECOMENDADOS PARA SOLDADURA MANUAL (a)**

TAMAÑO DE LA MAQUINA EN AMPERES.	CICLO DE SERVICIO (%)	CALIBRES DEL CABLE DE COBRE PARA TRAMOS COMBINADOS DE CABLE DEL ELECTRODO MAS EL CABLE DE TIERRA.				
		<=15 metros	15-30 metros	30-45 metros	45-60 metros	60-75 metros
100	20	#8	#4	#3	#2	#1
180	20	#5	#4	#3	#2	#1
180	30	#4	#4	#3	#2	#1
200	50	#3	#3	#2	#1	#1/0
200	60	#2	#2	#2	#1	#1/0
225	20	#4	#3	#2	#1	#1/0
250 (d)	30	#3	#3	#2	#1	#1/0
300	60	#1/0	#1/0	#1/0	#2/0	#3/0
400	60	#2/0	#2/0	#2/0	#3/0	#4/0
500	60	#2/0	#2/0	#3/0	#3/0	#4/0
600	60	#3/0	#3/0	#3/0	#4/0	c
650	60	#3/0	#3/0	#4/0	b	c

- a Para soldadura completamente automática, deben usarse dos cables 4/0 para menos de 1200 amperes, o 3 cables 4/0 hasta 1500 amperes.
- b Usar cordón doble del #2/0.
- c Usar cordón doble del #3/0.
- d Para máquinas de 225 amperes y ciclo de servicio del 40 %, úsese el mismo calibre de cable que para las máquinas de 250 amperes y ciclo de servicio del 30%.

15. Cuides siempre que la porción no aislada del portaelectrodo no toque la tierra de la soldadura cuando está conectada la corriente.

16. Nunca cargue cables de soldar enrollados sobre sus hombros mientras están energizados.

3.1.6 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL PROCESO DE SOLDADURA CON ARCO ELECTRICO

1. Asegurarse de que el equipo de soldadura de arco este instalado adecuadamente y conectado a tierra. El equipo debe estar en perfectas condiciones.
2. Antes de iniciar la operación de soldadura se debe verificar que todas las conexiones eléctricas estén bien conectadas y apretadas.
3. Usar cables para soldadura de calibre adecuado.
4. Asegurarse de que los cables portaelectrodos y las conexiones estén debidamente aislados.
5. Cuando el tenedor del electrodo no este en uso, colgarlo en los aditamentos proporcionados para su uso.
6. Desconectar la corriente de red antes de limpiar y hacer ajustes internos de la máquina de soldar.
7. No cambiar nunca la polaridad mientras la máquina está trabajando.
8. Observar las precauciones de operación normales para evitar riesgos eléctricos.
9. Mantener el área de trabajo limpio y seco.
10. Retirar los materiales inflamables que se encuentran en el área de trabajo antes de iniciar cualquier operación.
11. No soldar cerca de gases o líquidos volátiles o inflamables.
12. No producir un arco eléctrico en cilindros de gases comprimidos.
13. No soldar en espacios limitados o reducido sin la debida precaución.
14. Usar lentes apropiados en la careta mientras se esté soldando, así se protegen los ojos de los rayos peligrosos del arco eléctrico.
15. Al picar la escoria alejar la cara y usar gafas protectoras.
16. Usar guantes de cuero y proteger la ropa con delantal, mangas, etc. para evitar los rayos del arco y las chispas abotonar el cuello de la camisa.
17. En la zona de trabajo poner una cortina de protección para rayos del arco a fin de proteger a otras personas que puedan estar trabajando cerca.
18. No soldar recipientes como tambores o barriles que hayan contenido material inflamable sin haber tomado las debidas precauciones.
19. Antes de iniciar la operación de soldar asegurarse de que haya ventilación adecuada en la zona donde se trabaja . Tomar las debidas precauciones cuando se trabaje con plomo, zinc, cobre o cadmio.
20. Cuando se trabaje en lugares altos, utilizar una correa o cuerda de seguridad.

3.1.7 MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA SOLDADURA Y CORTE DE OXIACETILENICA

1. Asegurarse que todos los aparatos de prueba para gas estén instalados adecuadamente y en buen estado. Asegúrese que todas las conexiones estén apretadas antes de prender la flama. Use solución de jabón para detectar fugas.
2. Usar siempre el equipo adecuado de protección para soldar o cortar.

3. Mantenga la zona de trabajo limpia y libre de materiales peligrosos. Cuando utilice flama para corte, tener cuidado porque las chispas pueden viajar de 10 a 15 m. Tratar de evitar que las chispas no entren en contacto con las mangueras, reguladores o cilindros.

4. Manejar con mucho cuidado los cilindros de gas comprimidos. Cuando no estén en uso los cilindros mantenerlos tapados.

5. Asegurarse que todos los cilindros de gas comprimido estén seguros en la pared o soportados bajo una estructura. Mantener los cilindros de acetileno en la posición vertical.

6. Almacenar los cilindros de gas comprimido en lugares seguros y con buena ventilación. Los cilindros de oxígeno y acetileno deben estar separados y fuera de tanques o de otras zonas confinadas.

7. Cuando los cilindros de gas comprimido y cilindros de gas combustible estén vacíos, cerrar la válvula y marcarlos.

8. Use el oxígeno y el acetileno o otros gases combustibles con la flama apropiada y solamente para el propósito requerido.

9. Para prevenir retrocesos de flama (E) que la flama vaya de la punta del soplete hacia el cilindro utilice siempre válvulas de retención contra inversión o contrapresión en los cilindros, en los generadores y, cuando sea posible, en el mango del soplete.

10. Nunca utilizar el acetileno a presiones arriba de 103.4 KPa. Una presión mas alta puede provocar una explosión.

11. Nunca utilizar aceites, grasas o cualquier otro material flamante con algún aparato de prueba con oxiacetileno, gas combustible. El aceite y grasa en contacto con oxígeno puede provocar combustión espontánea.

12. Nunca intente pasar gas de un cilindro a otro. Ni mezcle gases en un cilindro o utilice un cilindro que tenga fugas de gas.

13. Cuando se arme un equipo, observe la válvula del cilindro de gas antes de conectarlo al regulador. Asegurarse que todos los dispositivos estén limpios y apretados.

14. Utilizar siempre esta secuencia para encender la antorcha.

- Abrir la válvula del cilindro de acetileno
- Abrir la válvula 1/4 de vuelta
- Regular el tornillo de la válvula ajustadora del cilindro de acetileno a una presión adecuada.
- Dar vueltas a la válvula de acetileno (se tiene que purgar la línea de acetileno).
- Abrir lentamente todo el camino de la válvula de cilindro de oxígeno .
- Abrir 1/4 de vuelta la válvula de oxígeno.
- Regular el tornillo del paso del oxígeno para trabajar a una presión adecuada.
- Dar vuelta a la válvula de oxígeno (se tiene que purgar la línea de oxígeno).
- Abrir la válvula de acetileno 1/4 vuelta hasta que se logre un encendido adecuado.
- Abrir la válvula de Oxígeno 1/4 vuelta.
- Ajustar a una flama neutral.

15. Utilizar esta secuencia y técnica correcta para apagar la flama.

- Cerrar la válvula de la boquilla de acetileno primero y posteriormente cerrar la válvula de la boquilla del oxígeno.
- Cerrar la válvula del cilindro de acetileno primero y posteriormente la del oxígeno.
- Abrir la boquilla de acetileno y la válvula de oxígeno (liberar la presión del regulador y la manguera).
- Finalmente a una distancia determinada de la válvula de regulación ajustar manualmente hasta que se elimine la flama.
- Cerrar todas las válvulas.

Nota: Diferentes fabricantes de boquillas recomiendan diferentes procedimientos de terminar un trabajo para acetileno y oxígeno. Siga los procedimientos adecuados para cada tipo de boquillas.

16. Usar mecanismos de escape cuando se solde o corte con plomo, cadmio, cromo, manganeso, latón, bronce, zinc o acero galvanizado. Evite respirar el aire que directamente sale de la pluma de la flama.

17. Si se está manejando materiales combustibles o volátiles tomar las debidas precauciones para trabajar con ellos.

18. No soldar o cortar recipientes que hayan contenido algún material combustible sin tomar las debidas precauciones.

19. No soldar o cortar recipientes sellados o compartimientos sin algún orificio y sin haber tomado las precauciones debidas.

20. No soldar o cortar en espacios limitados sin tomar las debidas precauciones.

Si los peligros mencionados son adecuadamente manejados el soldador estará seguro como en cualquier otro trabajo industrial. Existe una etiqueta de advertencia para estos procesos que se deben tomar en cuenta para la prevención de accidentes. Ver la siguiente tabla

<p style="text-align: center;">ETIQUETA DE ADVERTENCIA PARA PROCESOS DE GAS OXIACETILENICA</p> <p>ADVERTENCIA: PROTEJASE usted mismo y los demás. Lea y comprenda esta etiqueta.</p> <p>LOS HUMOS Y GASES PUEDEN SER PELIGROSOS PARA SU SALUD. LOS RAYOS CALORIFICOS (RADIACIONES INFRARROJAS DE FLAMA O METAL CALIENTE) PUEDEN DAÑAR LOS OJOS Y QUEMARLOS.</p> <ul style="list-style-type: none">* Lea y comprenda las instrucciones de seguridad del fabricante.* Mantenga la calma y alejese del humo.* Use la ventilación suficiente, para mantener humos y gases fuera de su zona de respiración.* Utilice la protección correcta para ojos, oídos y cuerpo. <p>NO REMUEVA ESTA ETIQUETA</p>
--

3.2 RIESGOS Y PROTECCION A CHOQUES ELECTRICOS

Los peligros de choque eléctrico se deben al material y equipo que opera con corriente eléctrica o que la transfiere, esto incluye cables de extensión, herramientas eléctricas, conectores y cualquier máquina de potencia eléctrica. Aunque el voltaje suministrado a las máquinas muchas veces resulta ser el doméstico, a la salida del equipo de soldadura el voltaje de operación resulta ser menor, sin embargo, estos bajos voltajes de soldadura se convierten peligrosos al trabajar bajo condiciones desfavorables aumentando la probabilidad de ocurrencia de un choque eléctrico peligroso.

La protección de choque eléctrico se comienza da comenzando al ser prudentes desde la misma compra del equipo de soldadura; dado que existen diversos fabricantes de equipo eléctrico para soldadura puede darse el caso de que estas marcas no estén certificadas o que sus productos no cumplan con requisitos, especificaciones o estándares de operación o seguridad. La adquisición del equipo va más allá de la simple compra de la maquinaria, el personal debe tener cuidado en cualquier detalle, estos incluyen los dispositivos aislantes de seguridad y protección en las terminales o contactos, la carcasa de la maquinaria debe estar prevista con ranuras o agujeros de ventilación de tamaño adecuado y para los que sea imposible al soldador entrar en contacto con los circuitos eléctricos internos de la máquina, la carcasa no debe removerse tan fácilmente sino que para ello sea necesario el uso de herramientas forzosamente, la máquina debe de contar con las etiquetas preventivas correspondientes a la advertencia de choque eléctrico.

En el proceso SMAW se recomienda el uso de portaelectrodos en buen estado y provistos de un buen aislamiento para que el soldador no corra el riesgo de entrar en contacto con la corriente eléctrica.

En cualquier proceso semiautomático en donde se utiliza algún tipo de electrodo alimentado continuamente, las pistolas de aplicación deben evitar el contacto del soldador con los bajos o medios voltajes y en el caso en que sea necesario el uso de altos voltajes en la operación, estos deben ser inaccesibles para el operador durante el desarrollo normal de la soldadura.

3.2.1 INSTALACION DE LOS EQUIPOS DE SOLDADURA

La maquinaria eléctrica para procesos de soldadura por arco se deben instalar de acuerdo a los códigos oficiales establecidos o en su caso, de acuerdo a las instrucciones de instalación que el fabricante hace acompañar a la máquina; en el instructivo, el fabricante llega a recomendar el calibre óptimo del cable que se va a utilizar en las diferentes conexiones de la máquina. Otra medida de seguridad es que las carcasas de las máquinas se prefieren aterrizadas para evitar choques eléctricos que puedan sufrir los soldadores. Algunas medidas de prevención adicionales son el uso de interruptores individuales para cada equipo los cuales sirvan para desconectarlo de la línea de fuerza, cuando sea necesario llevar a cabo un programa de mantenimiento profundo para evitar que las máquinas fallen o se presenten peligros potenciales debido al mal estado de los aislamientos y de la maquinaria en sí.

Muchas veces se da el caso en que se cuenta con un cierto número de máquinas eléctricas y una sola línea de fuerza trifásica; en estos casos se aconseja que se conecten todas las máquinas en la misma fase y en fase, debido a que entre las diferentes terminales para soldar puede presentarse diferencias de voltaje que pueden llegar a causar accidentes. Para verificar que las máquinas se han conectado directamente sólo basta con checar los voltajes entre los portaelectrodos, este debe ser prácticamente cero. De manera similar ocurre con fuentes de fuerza de corriente directa, si una máquina es conectada en polaridad directa y otra es conectada en polaridad inversa sobre una misma línea, existirá un voltaje peligroso entre los portaelectrodos, deben evitarse todos estos errores y también es obvio que se deben evitar conexiones simultáneas de AC con DC a una misma fuente.

Otras recomendaciones adicionales en la instalación de la maquinaria es el uso de cables flexibles que conecten los portaelectrodos con la máquina, la colocación de la máquina debe ser en un lugar tal en el que no se obstruya la entrada libre de aire o ventilación de la máquina por los orificios existentes en la carcasa para tal fin.

3.2.2 OPERACION DE LA MAQUINARIA Y SU MANTENIMIENTO

De entrada se sugiere tener un orden en el cableado para evitar el enredo de cables de suministro y cables de soldadura debido a que pueden llegar a entrar en contacto accidentalmente produciendo chispazos o cortos.

Los cables de suministro deben entrar total y seguramente al interior de la máquina de soldadura, también se desea que los cables no se enrolen sobre la máquina o que el soldador los enrolle sobre sí mismo. Los portaelectrodos no deben colocarse en sitios donde puedan entrar en contacto con otras partes del circuito eléctrico de soldadura, esto implica la remoción de los restos de electrodos que pueden llegar a quedarse en el portaelectrodo.

Durante la operación del equipo el operador debe verificar que este se encuentre seco al igual que el área de trabajo debido a que si se trabaja sobre agua o en presencia de áreas excesivamente húmedas se incrementa la probabilidad de ocurrencia de un choque eléctrico; si por algún motivo la maquinaria se llegase a mojar, el personal calificado debe ser el encargado de secarla a través de un mantenimiento, los soldadores nunca deberán tratar de hacerlo ni tratar de reparar fallas en el equipo o en los dispositivos, estos tienen la única obligación de notificar a los supervisores para que se tomen las medidas pertinentes.

El equipo de soldadura y sus dispositivos auxiliares deben tratar de mantenerse en las mejores condiciones de operación a través de un programa de mantenimiento para ser inspeccionados periódicamente. Durante las actividades de mantenimiento la maquinaria debe desconectarse de la corriente eléctrica para que esta tarea se lleve a cabo libre de riesgos por el contacto con altos voltajes.

Es recomendable llevar un archivo en donde se guarden los datos y se expresen a detalle las actividades de mantenimiento realizadas en cada una de las máquinas. Un mantenimiento diario realizado por los supervisores consiste en la revisión visual de cables, contactos, portaelectrodos y otros dispositivos sencillos. Cualquier falla detectada por el operador debe ser reportada a los supervisores para evitar problemas y llevar a cabo el reemplazo correspondiente de las partes defectuosas.

3.3 RIESGOS POR LA RADIACION DE ARCO

El arco eléctrico es una fuente muy poderosa de luz: visible, ultravioleta e infrarroja, esto hace, que los soldadores y demás personas cercanas al arco de soldadura requieran de protección adecuada para dicha radiación. La brillantez y espectro de un arco de soldadura eléctrica depende del proceso de soldadura, de los metales en el arco, de la atmósfera del arco, de la longitud del arco y de la corriente de soldadura. Entre más grande sea el voltaje y la corriente de arco, mayor será el espectro de la luz del arco. Como toda radiación, esta decrece con el cuadrado de la distancia. Aquellos procesos que producen humo alrededor del arco presentan un brillo menor dado que el humo actúa como un filtro. La exposición de la piel y los ojos al arco es muy similar a la exposición al sol. Cuando se utiliza un electrodo de tungsteno para el proceso "TIG", la mayoría de los soldadores sospechan que existe una radiación X en el arco. Tal radiación es insignificante, por lo que se ha probado que tales precauciones son innecesarias.

El calor radiado del arco es en forma de radiación infrarroja, la protección es suministrada por el propio ojo y la vestimenta que se porta. Para minimizar la radiación luminosa alrededor del área de soldadura son colocadas casetas con el fin de que las personas que se encuentren trabajando estén protegidas del arco.

3.3.1 PROTECCION DE OJOS

Como protección los soldadores deben usar caretas de soldadura con placas especiales de filtro o cristales filtro. Las caretas de protección deben estar en perfectas condiciones de funcionamiento dado que las aberturas o quebraduras pueden permitir que la luz del arco penetren directamente y hagan daño a la vista. Por su diseño son preferidas las caretas de soldadura con frente curvado a las de frente recto, porque reducen la cantidad de humos de soldadura que entran a la zona de respiración del soldador. Las de fibra de vidrio son recomendadas por su bajo peso.

Algunas caretas de soldadura están adheridas a cascos de seguridad como protección para trabajos de construcción o industriales. Los cristales filtro o placas vienen en varias densidades ópticas con el fin de filtrar hacia afuera una gran porción de los rayos del arco. Las sombras de los cristales de filtro usados están basados sobre el proceso de soldadura, los tipos de metal base y la corriente de soldadura. Los cristales filtro deben estar templados con el fin de garantizar que estos no se quiebran cuando son golpeados por las salpicaduras de la soldadura. La tabla 3.3.1 nos muestra las sombras de filtro recomendadas de acuerdo al estandar americano "Prácticas educacionales y ocupacionales para la protección de la cara y los ojos".

Existen hoy en día una gran variedad de diseños de lentes filtro para caretas de soldadura. Un tipo de cristal filtro utiliza una capa delgada de cristales líquidos entre dos piezas de vidrio limpio. Estos cristales tienen propiedades especiales, para cuando una señal eléctrica es captada a través de ellos, cambia la capacidad de transmitir la luz. Otro tipo de filtro cambia a color oscuro cuando se expone al brillo de la luz del arco. Estos filtros se están convirtiendo muy populares ya que eliminan la necesidad de abrir y cerrar el filtro o de estar removiendo la careta de soldadura. Los anteojos de seguridad deben satisfacer todos los requisitos del estandar de protección de ojos y caras.

TABLA 3.3.1 SOMBRA DE FILTRO RECOMENDADA EN CADA PROCESO

Operación de Soldadura o de corte	Tamaño del electrodo Espesor del metal o Corriente de soldadura	Numero de sombra filtro
Soldadura blanda		2
Soldadura fuerte		3 o 4
Corte con oxígeno		
Ligero	Menos de 1 plg. (25mm)	3 o 4
Medio	1 a 6 plg. (25-150mm)	4 o 5
Pesado	Mas de 6 plg. (150mm)	5 o 6
Soldadura con gas		
Ligera	Menos de 1/8 plg. (3mm)	4 o 5
Media	1/8 a 1/2 plg. (3-12 mm)	5 a 6
Pesada	Mas de 1/2 plg. (12mm)	6 u 8
Soldadura por arco de metal protegido		
Varilla de soldadura	Menos de 5/32 plg. (4mm)	10
Electrodos	5/32 a 1/4 plg. (4-6mm)	12
	Mas de 1/4 plg. (6.4mm)	14
Soldadura por arco de metal y gas (MIG)		
Metal base no ferroso	Todos	11
Metal base ferroso	Todos	12
Soldadura por arco de tungsteno y gas (TIG)		
Soldadura de hidrógeno atómico	Todos	12
Soldadura por arco de carbón	Todos	12
Soldadura por arco de plasma	Todos	12
Arco por carbón y aire		
Ligero		12
Pesado		14
Corte por arco de plasma		
Ligero	Menos de 300 A	9
Medio	300 a 400 A	12
Pesado	Mas de 400 A	14

3.3.2 LENTES DE CONTACTO

En los E.U., la Asociación Optométrica Americana adoptó una política declarando que los lentes de contacto pueden utilizarse en ambientes riesgosos junto con la seguridad normal y apropiada para los ojos. Fue notado que el calor o el destello de la soldadura por arco no es lo bastante intenso para deteriorar el plástico del que los lentes de contacto están hechos. A su vez, los expertos afirman que es imposible que el arco eléctrico "pegue" los lentes de contacto al ojo.

En ocasiones el soldador que está expuesto por un periodo corto al arco le produce una quemadura o destello que se le conoce como "fotoqueratitis". Este es muy similar a la quemadura solar del ojo. El soldador en un periodo aproximado de 24 hrs. tendrá la dolorosa sensación de arena en los ojos. Dicha sensación es normalmente de duración temporal y no debe durar más de 48 hrs. La primera manifestación tangible de esta quemadura puede ocurrir después de 6 a 12 horas, un alivio temporal es utilizar gotas para los ojos; Si la sensación dolorosa dura más allá de un día un doctor deberá ser consultado para tratamiento.

3.3.3 CORTINAS TRANSPARENTES DE SOLDADURA

Las cortinas transparentes de soldadura están hechas de películas plásticas de polivinilclorado. Su espesor generalmente es de 0.3mm, relativamente dura, disponible en láminas largas y se encuentran en colores: azul, verde, gris, y amarillo. Según investigaciones realizadas por la Occupational Safety and Health Act (OSHA) con el color gris se obtiene la mejor protección y con el amarillo la menor. El material es muy resistente a la flama. Por ningún motivo deben utilizarse para material de cortina los cristales filtro que son utilizados para las caretas.

3.3.4 OTROS FACTORES

Las operaciones de soldadura deben estar aisladas completamente de las operaciones de desengrase de metales o limpieza con solventes. Estas sustancias químicas utilizadas pueden contener tricloroetileno u otro hidrocarburo clorado los cuales se descomponen para fotogenerar gas cuando se exponen a la radiación (ultravioleta) del arco. La fotogeneración puede reunirse en concentraciones peligrosas que trae consigo grandes daños perjudiciales para la salud. Afortunadamente, el olor del gas es rápidamente reconocido (huele a heno recién cortado), si este es detectado, el área debe ser evacuada y ventilada. Todas las operaciones de desengrase deben tener por lo menos 60 m. de distancia de las operaciones de soldadura. Si esto no es posible, se debe contar con una adecuada ventilación.

Los rayos ultravioleta de arco, particularmente los de alta intensidad del arco de tungsteno y gas (TIG) sobre aluminio reaccionan con el oxígeno de la atmósfera para generar ozono. El ozono una forma alotrópica del oxígeno mucho más activa, el cual tiene un olor agradable. Es relativamente inestable y rápidamente recombina a oxígeno.

La exposición al ozono causará una sensación de quemadura en la garganta, tos y dolor de pecho durante la respiración. Se requiere de una ventilación adecuada.

3.4 RIESGOS DE CONTAMINACION DE AIRE

Los procesos de soldadura y corte producen la contaminación del aire por el humo que levantan en dichas operaciones. Este humo o pluma es similar al humo que se eleva de un fuego de madera o al de una parrilla que se utiliza para barbacoa. Los humos de soldadura contienen dos tipos de contaminación del aire: partículas materiales y gases.

La AWS ha hecho innumerables estudios sobre la atmósfera para recomendar precauciones con el fin de evitar daños mayores. A introducido una serie de etiquetas en las que se mencionan los posibles riesgos que pueden tener los soldadores, así como los pasos adecuados que se deben tomar para proteger al personal de las concentraciones que podrían ser perjudiciales. El daño potencial de los humos y gases depende de:

- La composición química de las partículas materiales.
- La concentración en la zona de respiración del soldador.
- El tiempo de duración a la exposición.

3.4.1 PARTICULAS MATERIALES

Las partículas materiales son sólidos extremadamente pequeños suspendidos en el aire. El humo es un ejemplo de partículas materiales. Las partículas materiales incluyen polvo doméstico común, polvos, polen, smog, cenizas, polvos de molienda, niebla, arena, etc. El tamaño de partículas de interés para la contaminación atmosférica cubre el rango de 0.001 a 100 micras debido a que abarca a las típicas y más pequeñas que se emiten por la actividad del hombre, a las que tienen mayor repercusión en la salud y porque comprende un rango aceptable de las que son perceptibles al ojo humano (mayores a 50 micras) y a las que tienen la propiedad de permanecer suspendidas en el aire (menores a 1 micra). El tipo de partícula material se relaciona con el proceso de soldadura, tipo de electrodo o material de aporte, corriente de soldadura empleada, localización de la soldadura, las condiciones atmosféricas, los vientos, etc. Todas las partículas no son iguales y dependen del tamaño y del tiempo de exposición para los efectos en la salud.

En general, la soldadura con electrodos de acero templado en aceros limpios producen humos que contienen una alta proporción de óxidos de hierro y pequeñas cantidades de óxido de calcio, óxido de titanio y silice amorfo. Los electrodos de bajo hidrógeno producen los mismos óxidos mencionados anteriormente y fluoruros. Los electrodos de acero inoxidable presentan una concentración baja de óxidos de hierro, pero para este caso existen óxidos de cromo, de níquel y fluoruros.

El metal base es una fuente de partículas materiales, este puede volatilizar y producir contaminantes aerotransportables. Algunos compuestos de cromo y níquel pueden ser encontrados en el humo cuando el arco esta soldando acero inoxidable. La AWS ha desarrollado un método estandarizado para la medición y la determinación de partículas materiales producidas por los diferentes procesos de soldadura. Este método esta resumido en el documento de la AWS " Método para muestrear partículas aerotransportables generadas por la soldadura y procesos afines".

Algunos metales no deben ser soldados sin el uso de sistemas de ventilación porque los metales vaporizados son potencialmente riesgosos. Entre los metales mas comunes que producen riesgos de contaminación aerotransportable son el Berilio, Latón, Bronce, Níquel, Vanadio y Zinc. El arco de soldadura no debe realizarse en dichos metales a menos de que exista una ventilación adecuada o que el soldador este protegido en alguna otra manera similar.

Los contaminantes aerotransportables son producidos cuando el proceso de soldadura o corte se aplican sobre materiales recubiertos. El metal base recubierto con cualquiera de los metales mencionados anteriormente deben ser tratados con precaución y ventilación adecuada. Otros recubrimientos tales como pinturas, barnices, plásticos y aceite pueden también generar contaminación.

3.4.2 GASES

Los gases pueden ser utilizados o producidos en la mayoría de los procesos de soldadura, corte y procesos similares. Estos gases son producidos como producto de la combustión del gas combustible que se trabaja cuando el fundente es derretido en el arco.

El gas es producido por alguno de los componentes del revestimiento del electrodo de soldadura o del material contenido en el núcleo fundente del alambre del electrodo. Estos revestimientos y materiales contenidos son diseñados para producir gases y ayudar a proteger el área de arco de la atmósfera.

Los fundentes utilizados en la soldadura con gas, soldadura fuerte, soldadura de arco sumergido y soldadura por electroescoria producen gases cuando estos se encuentran a elevadas temperaturas.

En la soldadura fuerte y soldadura de gas los fundentes utilizados algunas veces contienen flúor, este al llevarlo a una temperatura alta o su punto de fusión produce cantidades pequeñas de flúor en la atmósfera, el cual produce efectos dañinos por lo que requiere de una adecuada ventilación como medida de seguridad para el trabajador. Ver tabla 3.4.2.1

El Dióxido de carbono (CO₂) es el gas más comúnmente producido por la desintegración del electrodo de revestimiento o materiales del núcleo fundente del electrodo. El CO₂ es utilizado para ayudar a proteger el área de arco de la atmósfera. Existe la posibilidad de producir monóxido de carbono (CO) en el arco; sin embargo, este reacciona o se recombina rápidamente con las moléculas de oxígeno libre en la atmósfera produciéndose CO₂.

TABLA 3.4.2.1.

**ETIQUETA DE ADVERTENCIA DE FUNDENTES QUE CONTIENEN FLUOR.
ADVERTENCIA: CONTIENE FLUOR. Protejase usted mismo y los demás.
Lea y comprenda perfectamente la etiqueta.**

LOS HUMOS Y GASES PUEDEN SER PELIGROSOS PARA SU SALUD. PUEDE PROVOCAR QUEMADURAS EN LOS OJOS Y EN LA PIEL . PUEDE SER FATAL SI SE COMIERA.

- * Lea y comprenda las instrucciones de seguridad del fabricante.
- * Mantenga la calma y aléjese del humo.
- * Use suficiente ventilación para mantener humos y gases fuera de la zona de respiración.
- * Evite el contacto con los ojos y la piel.
- * Aléjese del alcance de los niños.

PRIMEROS AUXILIOS: Si existe contacto con los ojos lave inmediatamente con agua antes de que transcurran 15 minutos. Si lo comiera, induzca al vómito. Nunca dar respiración de boca a boca a un desmayado. Llame a un médico.

NO REMUEVA ESTA ETIQUETA.

Los procesos de soldadura con gas protector utilizan diversos gases para proteger la atmósfera. Son utilizados gases inertes como el argón y el helio para soldadura de arco y soldadura de arco de plasma, algunas veces se utilizan gases activos o mezclas de gases inertes para arco de metal y gas o soldadura de arco con núcleo fundente. Se requiere de una ventilación adecuada para remover todos los gases de la zona de respiración del soldador.

La cantidad de humos o gases que el soldador tiene probabilidades de inhalar está regida por factores tales como la dimensión de la zona, la aplicación de la soldadura, el número de soldadores, el tiempo de duración del arco, la ventilación con que se cuente, el tipo de materiales de soldadura y el tamaño de la pieza de trabajo.

Los materiales tóxicos a los que puede estar expuesto el soldador dependerá del tipo de soldadura, de los metales base y de la presencia de disolventes volátiles en el aire. Los grados de toxicidad de estos materiales pueden variar enormemente.

Esto se puede observar en la tabla 3.4.2.2 en la cual, se anotan varios de los materiales más comunes que pueden encontrarse en la soldadura y con sus valores límites de concentración. Debe hacerse notar que estos valores representan solo el grado de toxicidad. El riesgo real de daño corporal no puede ocurrir, excepto en el caso de que el individuo inhale estos materiales en cantidades considerablemente mayores durante periodos prolongados.

TABLA 3.4.2.2
LISTA ABREVIADA DE MATERIALES TOXICOS, CON SUS
LIMITES TOLERABLES DE CONCENTRACION.

SUBSTANCIA	PPM	mg/m3
Acetato de butilo	150	710
Acetona	1000	2400
Acido nítrico	2	5
Acido sulfúrico	-	1
Alcohol butílico	100	300
Alcohol etílico	1000	1900
Alcohol metílico (metanol)	200	260
Antimonio y sus compuestos (como Sb)	-	0.5
Arsénico y sus compuestos (como As)	-	0.5
Carbonilo de níquel	0.001	0.007
Compuestos de circonio (como Zr)	-	5
Estaño (compuesto inorgánico excepto SnH4 y SnO2)	-	2
Estaño (compuestos orgánicos)	-	0.1
Gas líquido de petróleo (LPG)	1000	1800
Hafnio	-	0.5
Humo de cobre	-	0.1
Humo de óxido de magnesio	-	15
Humos de óxido de zinc	-	5
Humo y polvo de cobalto metálico	-	0.1
Itrio	-	1
Keteno	0.5	0.9
Manganeso y sus compuestos (como Mn)	-	5
Metal cromo y sales insolubles	-	1
Metil acetileno propadieno (MAPP)	1000	1800
Metil acetileno (propino)	1000	1650
Molibdeno	-	-
Compuestos insolubles	-	15
Compuestos solubles	-	5
Negro de Carbón	-	5
Níquel metálico compuestos solubles (como Ni)	-	1
Oxido de boro	1	15
Polvos y neblinas de cobre	-	1
Sales cromosas (como Cr)	-	0.5
Talio (compuestos solubles)	-	0.1
Tántalo	-	5
Telurio	-	0.1
Tetrabromuro de acetileno	1	14
Trementina	100	560
Tribromuro de boro	1	10
Trifluoruro de boro	1	3
Tungsteno y sus compuestos (como W)	-	-
Insolubles	-	5
Solubles	-	1
Uranio (natural) compuestos solubles e insolubles (como U)	-	0.2
Vanadio	-	-
humo de V2O5	-	0.1
polvo de V2O5	-	0.5

3.4.3 AREAS ENCERRADAS O LIMITADAS

Todas las operaciones de soldadura, corte y operaciones similares que se llevan a cabo en espacios limitados y restringidos requerirán de que se encuentren perfectamente ventilados para evitar la acumulación de materiales tóxicos, gases combustibles, o deficiencia de oxígeno. Un área encerrada o también llamada espacio limitado, es un espacio relativamente pequeño o un espacio restringido que tenga una pobre ventilación.

Las áreas encerradas, en donde también están incluidos los túneles, son áreas problemáticas no solamente para los soldadores sino también para cualquier trabajo que se realice dentro de ella. Los peligros más comunes son la deficiencia de oxígeno, la concentración de gases venenosos, gases inflamables o explosivos y la acumulación de humo denso o materia similar. Es por ello, que las operaciones de soldadura y corte no se deben nunca comenzar sin tomar las debidas precauciones.

En áreas encerradas, una máquina soldadora de combustión interna puede producir un incremento de CO y CO₂ provocando un serio peligro para las personas que trabajan dentro del área. El mismo problema puede ocurrir cuando se precalienta la soldadura utilizando para ello gases combustibles, carbón, etc. Los gases del escape emitidos por la máquina deberán estar siempre conducidos hacia el exterior.

Otro problema relacionado con áreas encerradas implica atmósferas enriquecidas en oxígeno. Dichas atmósferas pueden resultar de posibles fugas en los compartimientos o en la línea de oxígeno cuando se trabaja con soplete de corte por oxiflama. Normalmente, la atmósfera contiene aproximadamente 21 % de oxígeno. Si este se incrementa en un 5 % más, la atmósfera enriquecida podría acelerar una combustión rápida o incluso una mezcla explosiva.

El encendido de un arco o de una flama podría ser extremadamente peligroso. La ropa, los trapos grasosos y otros puntos combustibles podrían encenderse rápidamente y crear condiciones muy peligrosas. El oxígeno de un cilindro con gas comprimido nunca deberá ser usado para ayudar a ventilar un compartimiento encerrado. Este tampoco debe ser usado en lugares con aire comprimido.

La deficiencia de oxígeno puede ser otro riesgo potencial eminente para los trabajadores en un área encerrada. Cuando se usa un proceso por arco de metal con gas protector (argón, CO₂), estos que pesan aproximadamente una y media veces el peso del aire que desplazan. Por lo tanto, la zona de respiración del soldador se convertirá en una atmósfera rica en gas protector y será deficiente en oxígeno.

3.4.4 VENTILACION

La ventilación deberá estar contemplada en cualquiera de los procesos de soldadura, corte y operaciones relacionadas. Una adecuada ventilación será cuando los riesgos por concentraciones de contaminantes estén por debajo de los niveles fijados por OSHA y dependerá de lo siguiente:

- 1.- Volumen y configuración del espacio donde se trabaje.
- 2.- Operaciones generadoras de contaminantes (número y tipo).
- 3.- Nivel permisible de tóxicos.
- 4.- Adecuado flujo de aire natural y condición atmosférica del lugar.
- 5.- Localización de las zonas de respiración de otras personas con respecto a la contaminación generada por los soldadores.

Una adecuada ventilación se podrá obtener por medio de las siguientes formas:

- 1.- Ventilación natural.
- 2.- Ventilación mecánica general.
- 3.- Ventilación por extracción local.

En interiores, la ventilación natural se lleva a cabo si el espacio en donde se trabaje es lo suficientemente grande (284 m³ para cada soldador), si no existen divisiones, trabes u otra estructura que obstruya la ventilación, si se cuenta con una altura de 5 m y si el trabajo no se lleva a cabo en áreas encerradas.

Si el trabajo es realizado en áreas exteriores la ventilación natural ocurre sin mayor problema. Si se están soldando materiales de alto riesgo, deberá ser sustituida la ventilación.

La ventilación mecánica general se lleva a cabo si las dimensiones del área de trabajo son menores a la expuesta en ventilación natural y si se presentan las condiciones para la obstrucción de la ventilación. Este tipo de ventilación es recomendable si: el operador trabaja en cabina individual, para mantener un bajo nivel de contaminantes en la zona y como previsión de acumulación de gases de mezclas explosivas.

Si la ventilación general mecánica no es capaz de mantener un bajo nivel de contaminantes en el aire cumpliendo con los límites recomendados, se requerirá de la ventilación por extracción local. En este tipo de ventilación son colocados capuchas o campanas cerca del área donde se esté trabajando, ya sean fijas o móviles, obteniéndose una rápida extracción de los gases y conservando niveles más bajos de los recomendables. Este tipo de extracción puede ser obtenida por cuatro métodos diferentes:

- 1.- Haciendo uso de campanas móviles colocadas cerca del arco. Ver figura 3.4.4.1
- 2.- Colocando una valla fija y dos lados alrededor del soldador con suficiente velocidad de flujo de aire.
- 3.- Mesas con ventilación para corrientes de aire con flujo de 47 m³/min por cada m² de superficie.
- 4.- Para un volumen bajo o extracción de humos a alta velocidad, son usados los extractores adheridos a la pistola de soldadura.

Este último sistema se basa en la succión de humo dentro del mismo punto de generación. Se aplica a procesos semiautomáticos, robots. Este sistema es muy económico, reduce la necesidad de aire masivo ya que es mucho menor el aire que se extrae y además de que sus unidades proporcionan aire caliente o frío reemplazando el aire extraído. La extracción de aire debe ser filtrada antes de soltarla a la atmósfera o regrese al área de trabajo.

La ventilación forzada local consiste en un ventilador situado de tal manera que provoque un total movimiento del aire en toda la cabina y pueda ser desplazado. Deberá producir una velocidad de 30 m/min y estar situada a una distancia de aproximadamente 0.6 m del área de trabajo. La eficiencia de ventilación es fácil de medir con la ayuda de un velocímetro. Este tipo de ventilación es muy popular en Europa, no siendo así en E.U. ni en otras partes del mundo.

Para saber si la ventilación es la adecuada, se coloca dentro del casco del soldador un aparato especial para realizar un muestreo de la atmósfera, ya que es la zona de respiración de mayor importancia. Tales muestras son recuperadas dentro de periodos específicos y son analizadas químicamente para saber los porcentajes de compuestos que se encuentran en la zona de respiración. La cantidad de material encontrado es comparado dentro de un factor de tiempo en que la muestra fue tomada y saber si se excede de los límites establecidos. Tal límite no debe exceder de los 9 TLV (el TLV es una marca de registro de la Conferencia Americana de Higiene Industrial Gubernamental) en materiales peligrosos. Esto es establecido por la OSHA basados en información de la ACGIH. Los porcentajes encontrados de material deben estar por debajo de los límites de la TLV. Todo este trabajo analítico deberá realizarse bajo personal calificado y familiarizado con operaciones de soldadura.

3.5 EL FUEGO Y LOS PELIGROS DE EXPLOSION

La gran mayoría de los accidentes en las plantas industriales se debe al fuego ocasionado por los procesos de corte y soldadura, los cuales son utilizados en áreas no especificadas para su uso. Los tres elementos que conforman el llamado triángulo de fuego se encuentran presentes en general en las operaciones de soldadura, estos son: "combustible, calor y oxígeno". En la mayoría de los accidentes industriales que involucran el fuego se deben a las chispas, las cuales son glóbulos del metal fundido y pueden alcanzar una distancia de 13 m. Estas también pueden ocasionar agujeros en el tubo, pequeñas grietas en el piso o llegar a incendiar áreas cercanas al área de trabajo donde se encuentre material flamable.

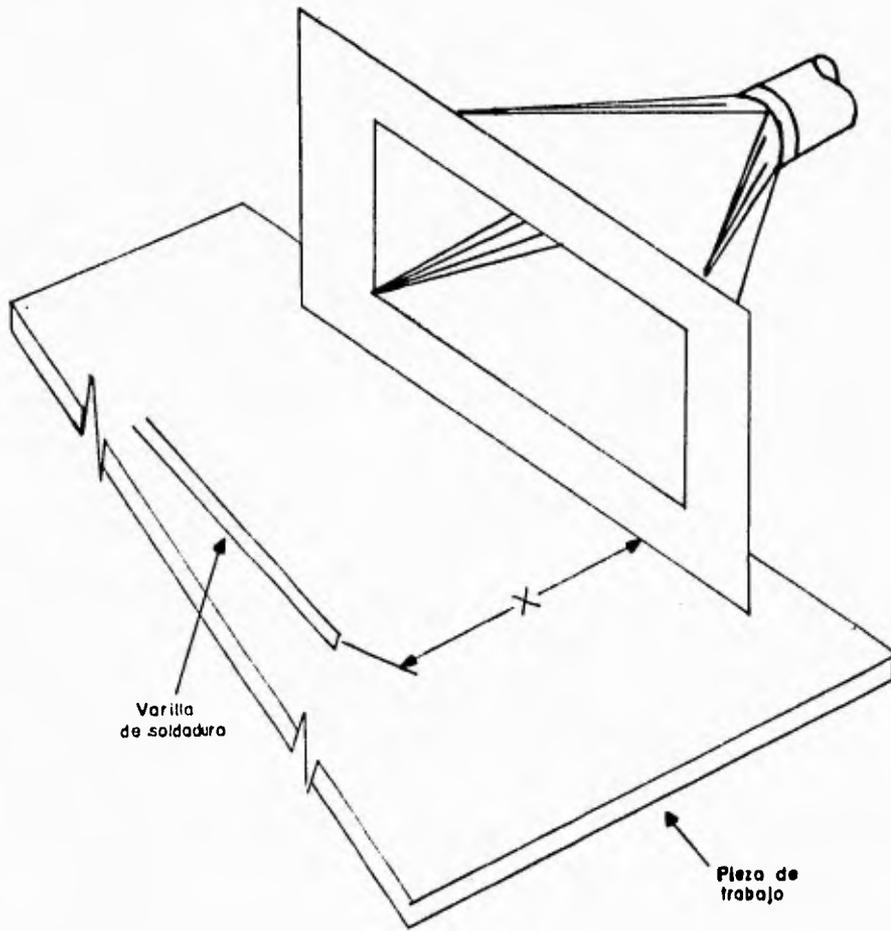


Fig. 3.4.4.1. Extracción localizada usando una campana móvil

Los cilindros de acetileno y otros gases combustibles deberán estar almacenados en lugares donde exista ventilación y en áreas libres de oxígeno, conservando su posición horizontal. Si llegase haber una fuga de acetileno y este se encendiera produciendo un fuerte sonido deberá evacuarse lo más pronto posible a la gente del lugar, pues este fuego es muy difícil de apagar. Al cilindro ardiente se le tratará de aislar y mantenerlo fresco con agua. A los cilindros restantes también se les mantendrá frescos y se deberá de tener cuidado para retirar todo tipo de material inflamable.

Si la flama existe a boca de válvula y es imposible cerrarla, es mejor dejar que se quemé todo el gas y no permitir que se escape y se mezcle con el aire, puesto esto ocasionaría una gran explosión. Si la flama es pequeña, ya sea que exista en la manguera de conexión o en el vástago de la válvula, bastará con un guante, tela mojada o hasta un puñado de lodo para extinguirla. Mojar completamente los guantes y ropa, ayudará a aproximarse al tanque.

3.5.3 INSTRUMENTOS

Todos los aparatos de corte y soldadura de gas deberán tener la aprobación de un laboratorio de pruebas. Su reparación y mantenimiento se llevará a cabo por gente calificada. Todos los componentes deberán ser cuidadosamente inspeccionados periódicamente y recibir mantenimiento desde el primer signo de deterioro. La grasa o el aceite nunca deberán ser usados en ningún tipo de soldadura de gas o corte. Únicamente las mangueras de material resistente se podrán usar para los equipos de gas y oxígeno. Siendo recomendables las de doble vulcanizado.

La especificación de colores para las conexiones y tuberías en los E.U. es la siguiente: el color verde es usado para el oxígeno, el color rojo para el acetileno o gas combustible, y el negro para gas inerte o aire comprimido. El estandar internacional toma al color azul para el oxígeno y el naranja para el gas combustible.

Las conexiones y mangueras para el oxígeno se encuentran a mano derecha del soldador y a la izquierda el gas combustible quien también en la manguera se encuentra maquinada una marca en su tuerca. Las mangueras y conexiones deberán ser revisadas periódicamente.

3.5.4 SOLDADURA EN CONTENEDORES

Cuando se está soldando en contenedores u objetos huecos tales como tambores, tanques, compartimientos huecos, ensambles, etc., se debe poner especial atención en ellos pues, durante la operación se puede elevar la temperatura y presión del aire o gas que esté encerrado a tal punto que llegue a explotar. Siempre se deberá ventilar con aire antes de soldar algún área hueca ya que ésta puede contener algún gas peligroso que pueda explotar con un arco de flama.

Los contenedores (incluyendo tuberías), además de algún gas encerrado puede contener residuos combustibles sólidos o líquidos, por ello, se requiere que dicho contenedor esté limpio. La limpieza se llevará a cabo por medio de personal calificado que conozca las características del contenido. La limpieza se hará en el exterior, si esto resultase impráctico, se dispondrá a ventilar todos los gases y vapores del área interna. Drenar cualquier material y remover todo sedimento, eliminando así todo residuo antes de soldar o cortar. El material encontrado en el contenedor se identificará y se elegirá el método de limpieza.

Si el material es soluble en agua, el contenedor se limpiará con agua. Si no es soluble en agua, se limpiará con soluciones químicas calientes o con vapor. Los químicos se mezclarán con agua caliente y colocados dentro del contenedor, posteriormente, llenar el contenedor completamente de agua, introducir vapor vivo y agitar la solución. Si no están disponibles el agua caliente y el vapor se podrá usar el método de agua fría, aunque éste es menos efectivo. La agitación podrá hacerse por medio de un compresor de aire. Otra forma de limpiar el contenedor es llenarlo a 1/4 de solución y limpiarlo minuciosamente; aplicar después vapor a baja presión, permitiendo que ventile a través de las aberturas. El flujo de vapor puede llevar varias horas.

Ninguno de los métodos antes mencionados son perfectos, por lo que una vez terminada la limpieza del contenedor se deberá hacer una inspección minuciosa de la limpieza, de no ser así, se deberá volver a limpiar el contenedor. Una vez que se ha limpiado el contenedor, se debe cerrar todas las aberturas y después de 15 minutos introducir gas para comprobar. Si la concentración de vapores flamables de esta muestra rebasa los límites de flamabilidad se deberá repetir la operación de limpieza.

Una vez determinado que gas es seguro en el interior se procederá a marcar, firmar y fechar el contenedor. Marcado el contenedor como seguro se dispondrá a ser llenado con agua como precaución adicional antes de soldar o cortar, llenar el recipiente a unas pulgadas del punto de soldado. Asegurarse también que el espacio entre el nivel del agua sea ventilado para que puedan escapar los gases calientes. Ver figura 3.5.4.1

Como alternativa al llenado de agua, el contenedor puede ser llenado con un gas inerte, de tal forma que los gases inflamables y vapores pueden ser convertidos a no inflamables y no explosivos al utilizarse en suficientes cantidades. Como ejemplo de este gas puede ser usado el nitrógeno o el dióxido de carbono, los cuales son normalmente usados. La concentración de los gases inflamables se deben de chequear por medio de pruebas. Durante toda la operación de corte y soldadura se deberá mantener la concentración de gas inerte.

3.6 RIESGOS CON GASES COMPRIMIDOS

Todos los gases comprimidos son un riesgo potencial. El mayor riesgo se tiene cuando hay una liberación repentina del gas por una fractura en la válvula, el cual al encontrarse bajo presiones demasiado altas, puede provocar severos daños ya que el cilindro puede salir "disparado" causando graves daños materiales y humanos, de forma similar cuando el gas produce fuegos o explosiones.

3.6.1 CONTROL DE LOS CILINDROS DE GAS

Los cilindros de gas combustible, gas protector y oxígeno deberán ser controlados bajo las más estrictas normas de seguridad en cuanto a fabricación, mantenimiento e inspección. Estos cilindros de gases comprimidos deberán estar marcados para identificar el tipo de gas que contiene, ya sea por producto químico o por su nombre comercial. No existe un código uniforme internacional para identificarlos, sin embargo, en algunos países han normalizado sistemas para marcar utilizando colores.

3.6.2 ALMACENAMIENTO DE UN CILINDRO

Los cilindros que contengan oxígeno deberán estar siempre separados de los que contengan materiales y gases combustibles. Los cilindros deben de mantenerse en lugares frescos y una adecuada ventilación. La temperatura del cilindro no debe exceder los 54 °C. Se deben almacenar verticalmente y asegurarse que no caigan. Las tapas de protección deben de permanecer siempre en su lugar. Si el cilindro se encuentre vacío, se deberá marcar y asegurarse que las válvulas estén bien cerradas.

Si el cilindro de gas esté en uso, deberá tener un regulador para saber el contenido. Tener perfectamente fijo el cilindro con cadenas u otro mecanismo de sujeción con o sin uso. Utilizar los accesorios adecuados para el abrir y cerrar de válvulas. Los cilindros para soldadura y corte móvil, tendrán que estar bien montados y diseñados para que no caigan ni se golpeen, Asegurarse de que no existan circuitos eléctricos donde esté el cilindro, evitando así posibles accidentes con cortos circuitos.

3.6.3 OXIGENO

Es un gas no venenoso, insípido, inodoro e incoloro y que además no arde por sí mismo, pero necesario para toda combustión. El oxígeno produce temperaturas mucho más altas que el aire atmosférico y se emplea en lugar de éste para alimentar todas las flamas de soldar. Este deberá permanecer lejos de los materiales y gases combustibles. Los cilindros con oxígeno nunca deben manejarse con guantes que contengan aceite o algún otro material combustible. Las fugas de oxígeno se extienden a todo el lugar y pueden provocar incendios o explosiones dado que el oxígeno no quema pero sí acelera la combustión de los distintos materiales de hidrocarburos, además, el aceite o la grasa en presencia del oxígeno puede provocar una ignición espontánea causando un incendio o explosión. Nunca utilizar al oxígeno como instrumento de aire, o donde éste último sea utilizado normalmente, es por ello que al cilindro de oxígeno se le debe marcar con la leyenda "oxígeno nunca aire".



Fig. 3.5.4.1. Regla de seguridad para soldar recipientes que contuvieron sustancias combustibles

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

3.6.4 GASES COMBUSTIBLES

Siempre que se este soldando o cortando un material en donde se emplee gas combustible, se deberá estar siempre alerta a contrafuegos y flashbacks, ya que los gases combustibles son sumamente peligrosos.

Un contrafuego se debe a la obstrucción del flujo de gas, por una punta recalentada o dañada y se denota por un ruido fuerte asociado con la extinción de la flama y su reignición en la punta de la antorcha. Cuando esto suceda el equipo deberá cerrarse inmediatamente y corregir las fallas.

El llamado "flashback" emite un silbido y una flama característica que puede ocurrir en la punta de la antorcha, antes de la flama o en la boquilla o en la manguera. Se debe a la acción de una mezcla explosiva en una de las líneas. Igualmente debe cerrarse el equipo, comenzando por la del oxígeno y después la del gas, posteriormente efectuar las correcciones necesarias.

3.6.5 GASES PROTECTORES

Los llamados gases protectores son inertes o activos. Entre los inertes encontramos al argón y helio quienes deben ser almacenados en cilindros de alta presión, los cuales se trabajarán con sumo cuidado. El CO₂ es un gas activo y se utiliza en operaciones de soldadura con ambiente protegido, este se almacena como un líquido pero gasifica a su liberación.

3.7 SEGURIDAD EN PROCESOS ESPECIFICOS DE SOLDADURA

Uno de los peligros potenciales es el que provoca la electricidad y los gases comprimidos utilizados en los diferentes procesos de corte y soldadura. En cada proceso se involucran peligros particulares, los cuales son los siguientes:

En la soldadura submarina se realizan las operaciones más peligrosas en donde se involucra la profundidad y presión (que es mayor a la del nivel del mar) siendo el riesgo proporcional a su magnitud, además de que la soldadura húmeda acarrea grandes peligros.

Tanto la soldadura fuerte y blanda emiten humos nocivos al trabajarse arriba de su temperatura normal y la operación de sus equipos las hacen más peligrosas. Para ello, es necesario una adecuada ventilación mecánica, capaz de desplazar todos los gases explosivos y tóxicos del área de trabajo. Se debe tener cuidado de las grandes cantidades de fundente líquido y material de aporte, pues estos crean peligro al generar gases tóxicos.

De igual forma, a la soldadura por resistencia se le asocia peligro con los movimientos y operación de su equipo. Durante las operaciones de soldadura se deben de utilizar los equipos de protección necesarios como son la careta y lentes especiales, para proteger los ojos del material que pueda ser expulsado.

Tanto el corte por arco como el corte de arco de plasma generan ruido dañino cuando se emplean corrientes altas. El operador debe de estar adecuadamente protegido cuando se emplee soldadura por haz de electrones ya que al ser automatizado se emplean altos voltajes y se generan rayos-x.

La soldadura por laser es una operación automatizada para corte, soldadura y tratamientos especiales de materiales. Su instalación requiere de mucha precaución y la deberá hacer el fabricante. Durante su operación, se emite cierta radiación, los cuales pueden causar daños oculares. Es por ello que nunca deben faltarle al operador los implementos protectores, como importante medida de seguridad.

CAPITULO IV

DEFECTOS Y ENSAYOS EN LA SOLDADURA

La junta soldada llega a presentar defectos que incrementan los riesgos de falla; debido a que el desempeño seguro de las juntas es de vital importancia en diferentes estructuras o manufacturas metálicas es necesario que se practiquen pruebas o ensayos sobre las uniones para comprobar la calidad de la soldadura y asegurar el desempeño de la unión para que ésta sea lo más satisfactoria y segura posible. Una buena junta soldada es aquella que presenta el menor número de defectos, el cordón es continuo y se alcanza una buena difusión de los materiales con el metal de aporte. La identificación de los defectos en una junta soldada nos sirve para calificar la resistencia de un cordón de soldadura así como su comportamiento mecánico.

4.1 DEFECTOS EN LA SOLDADURA

Una discontinuidad en soldadura se define como la interrupción en la estructura del metal de aporte o como una falta de homogeneidad en las características mecánicas o físicas en el metal base o de aporte.

Un defecto en soldadura es una discontinuidad en la junta soldada que no cumple con especificaciones o códigos haciéndola rechazable. Estas discontinuidades pueden presentarse tanto en el metal de aporte depositado como en la zona de soldadura del metal base y son consecuencia del proceso utilizado, los metales que intervienen (de base y aporte), la habilidad del soldador, equipo usado y las condiciones de trabajo.

Existen diversos defectos en una junta soldada pero los que tienden a presentarse con más frecuencia en la soldadura son: porosidad, inclusiones, fusión incompleta, penetración incompleta y socavado entre otros; aunque pueden presentarse otros defectos como los llamados perfil bajo, sobre monta, laminación, delaminación, hojeaduras y roturas. Ver figura 4.1

4.1.1 Porosidad

Son rastros de gas atrapado en el metal solidificado, no puede considerarse como una discontinuidad a menos que se presente excesivamente en la junta soldada. Se debe a la presencia de contaminantes o humedad en los metales base o de aporte, por su incompatibilidad en los últimos y en los procesos de soldadura AW por una mala técnica de inicio y finalización del arco además por el mal control de voltajes en el equipo.

4.1.2 Inclusiones

Son materiales atrapados en el cordón de soldadura o entre el metal de aporte y el de base. Por la naturaleza de la soldadura, estos materiales suelen ser fragmentos de escoria o de tungsteno principalmente. Su presencia se debe a técnicas y procedimientos inadecuados de soldadura o por falta de limpieza y aseo durante el proceso.

4.1.3 Fusión incompleta

Este defecto se debe a la aplicación insuficiente de calor o al difícil acceso de este a la zona de soldadura provocando fusión parcial de los metales. Es causa de técnicas impropias de soldadura, mala preparación de los metales y presencia de películas de óxidos en las superficies a soldar.

4.1.4 Penetración incompleta

Sucede cuando el metal de aporte o cordón de soldadura no penetra totalmente en la junta y se debe principalmente a la aplicación insuficiente de calor, mala preparación de la junta, aplicación de un proceso de soldadura inadecuado o diseño impropio de las piezas a soldar.

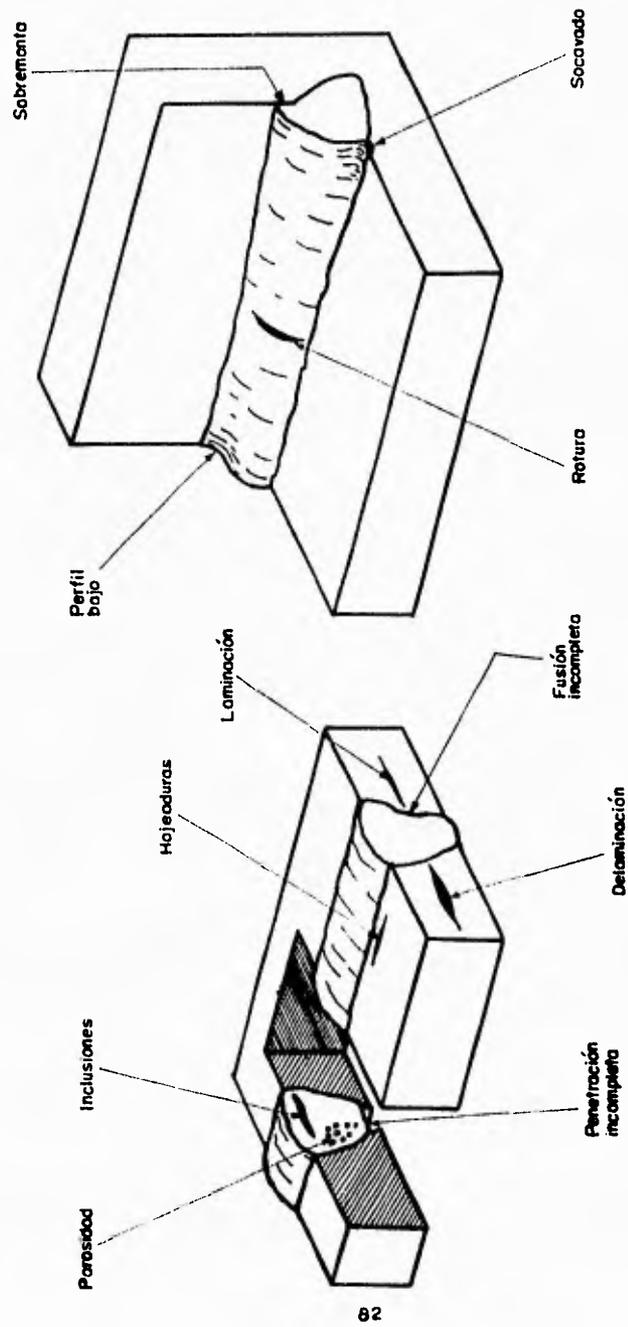


Fig. 4.1. Defectos en soldadura

4.1.5 Socavado

Es la formación de una endadura o depresión a uno o ambos costados del cordón de soldadura una vez que el metal se ha solidificado; este defecto suele ser un concentrador de esfuerzos para la junta soldada. No se considera defecto o discontinuidad si la profundidad del socavado es mínima o queda dentro de las tolerancias especificadas. Se debe a técnicas de soldadura mal aplicadas y en procesos de soldadura por arco por el uso excesivo de corriente para soldar.

4.1.6 Perfil bajo

Es una depresión o rechupe sobre la cara del cordón de soldadura o sobre la raíz de la unión. Se debe principalmente a una técnica inadecuada de soldadura por falta de habilidad en el soldador.

4.1.7 Sobremonta

Es cuando la soldadura se sobremonta o encima sobre las superficies del metal base y se puede presentar en la cara o raíz, esto puede ocurrir por falta de control en el proceso de soldadura, impropia selección del metal de aporte o impropia penetración del metal base. La sobremonta es una discontinuidad superficial.

4.1.8 Laminaciones

Son defectos planos y alargados (tipo placa) ordinariamente localizados al centro de la junta soldada. Se presentan debido a la presencia de gases atrapados o incrustaciones no metálicas en el metal base.

4.1.9 Delaminaciones

Son defectos consecuentes de la separación de las laminaciones debido a la presencia de esfuerzos que deforman la estructura.

4.1.1.0 Hojeaduras

Son defectos planares principalmente en el metal base y son considerados defectos críticos si de acuerdo a los esfuerzos a que se pueda someter la junta soldada puedan propagarse para formar roturas.

4.1.11 Roturas

Pueden presentarse en el metal de aporte o en el de base, llegan a ocurrir durante la solidificación o después de ella y son causa de esfuerzos locales que sobrepasan al máximo esfuerzo del metal. Generalmente tienen como antecedente algún otro tipo de discontinuidad que bajo la presencia de esfuerzos degeneran en roturas.

4.2 ENSAYOS DESTRUCTIVOS

Los ensayos destructivos son técnicas o métodos que se practican en la pieza soldada existiendo destrucción de la misma con el fin de comprobar la calidad y características.

Dentro de estos ensayos se pueden realizar:

- Pruebas de tracción o de tensión
- Prueba de flexión o doblez
- Pruebas en escuadra (en soldadura de ángulo)

Proceso de soldadura	Tipo de discontinuidad							
	Arco eléctrico	Porosidad	Inclusiones	Fusión incompleta	Penetración incompleta	Socavado	Sobremonta	Roturas
Esparrago				*		*		*
Arco-plasma	*			*	*			*
Arco sumergido	*	*	*	*	*	*	*	*
TIG	*			*	*			*
MIG	*	*	*	*	*	*	*	*
Arco-flujo centrado	*	*	*	*	*	*	*	*
Arco-metal protegido	*	*	*	*	*	*	*	*
Arco-carbón	*	*	*	*	*	*	*	*

4.2.1 Prueba de tracción

Esta es la más popular, la cual consiste en la aplicación de una carga axial a una probeta de dimensiones normalizadas que ha sido soldada.

La carga aplicada actúa hasta llegar a la deformación y rotura de la probeta. El ensayo es útil para establecer un conjunto de propiedades mecánicas en las juntas soldadas como lo son: límite elástico, punto de rotura, ductilidad, etc. La prueba se realiza en máquinas universales, la cual tiene la flexibilidad de poder aplicar otras pruebas en la misma probeta. Ver figura 4.2.1

4.2.2 Prueba de doblez

La prueba consiste en la aplicación de una fuerza de compresión mediante un penetrador y por efecto de ésta, la pieza se encorva o dobla. Este tipo de prueba se practica preferentemente en soldadura a tope y se usa para comprobar la sanidad y ductilidad de la junta soldada así como para calificar la habilidad y procedimiento del soldador. Esta prueba se efectúa en máquinas diseñadas para este propósito y pueden realizarse pruebas a diferentes grados de doblez y en las modalidades de cara, raíz o lateral. Una buena junta soldada no marcará ningún defecto y en ninguna dirección en un doblez de 180°. Ver figura 4.2.2

4.2.3 Prueba en escuadra

La prueba consiste en la aplicación de una fuerza en el lado opuesto al cordón de soldadura en una soldadura en "T" hasta conseguir su rotura. Sirve para calificar la habilidad y técnica del soldador debido a que los cordones aplicados deben estar lo más sanos posibles, exentos de defectos. Ver figura 4.2.3

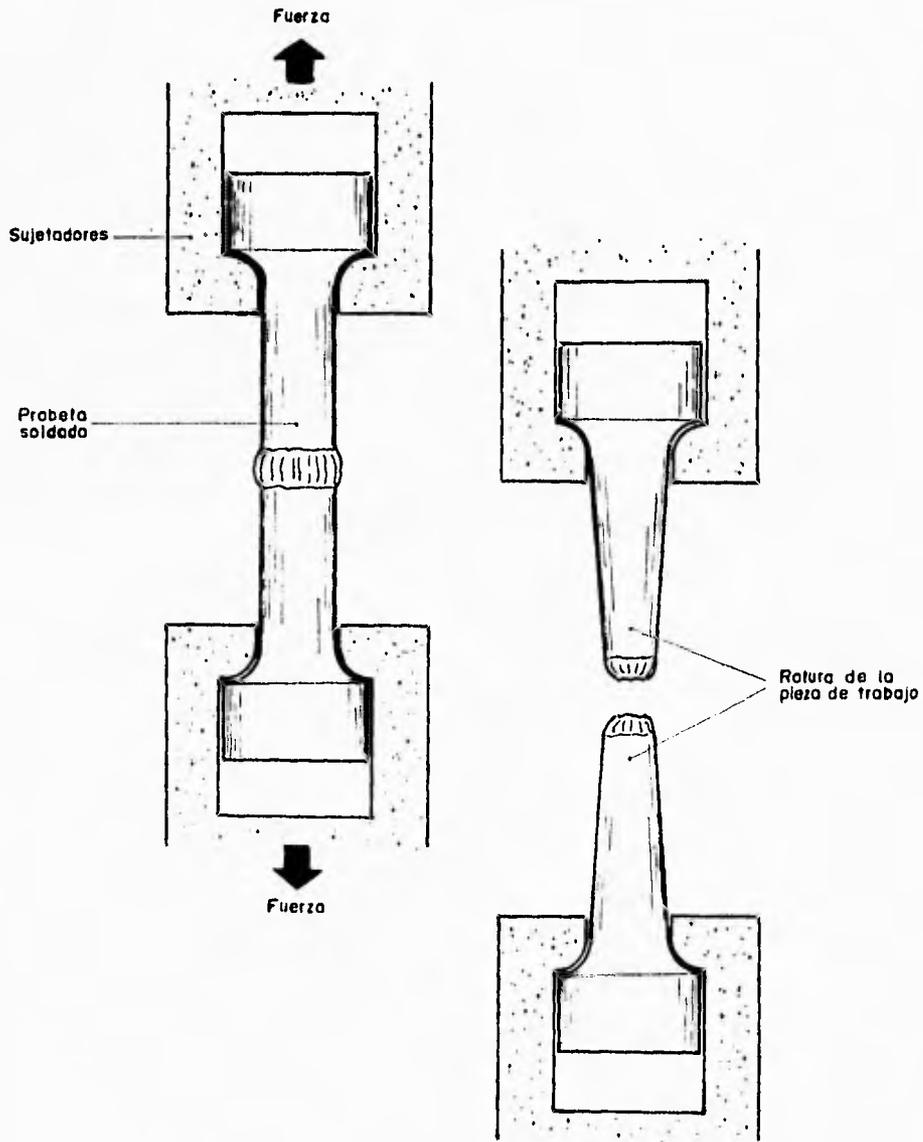


Fig. 4.2.1. Ensayo de tracción

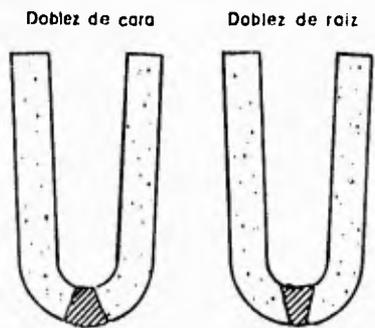
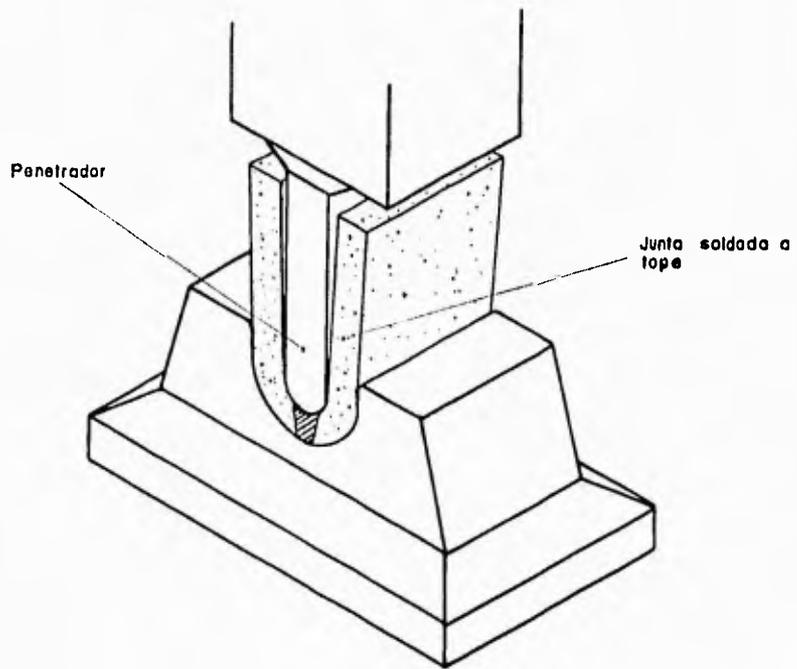


Fig. 4.2.2. Ensayo de doblez

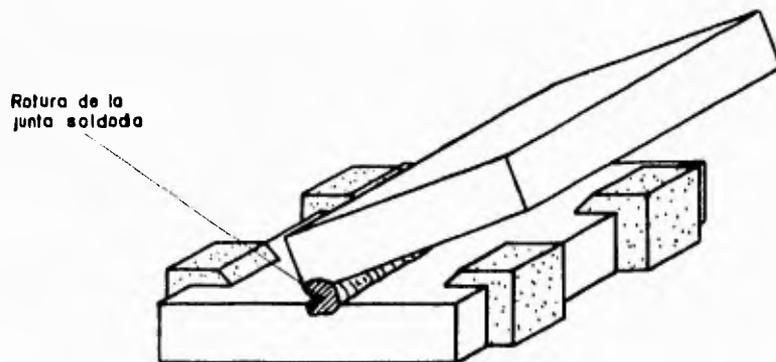
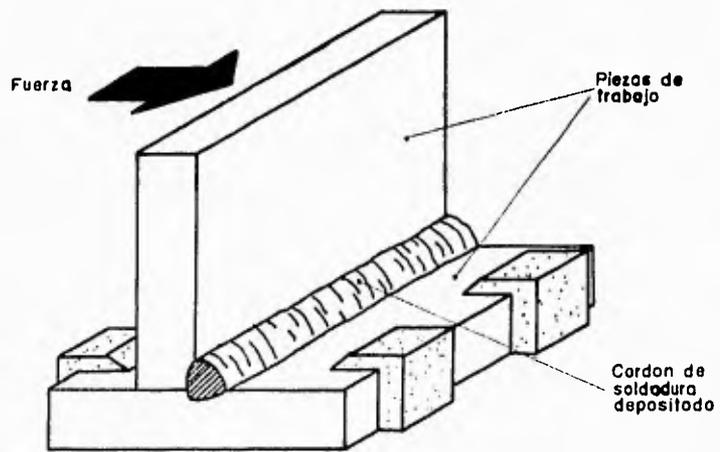


Fig. 4.2.3. Prueba de escuadra

4.3 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Son técnicas que emplean métodos físicos para la inspección y comprobación de la calidad en juntas soldadas, sirven para detectar defectos y discontinuidades presentes. Estos ensayos tienen las características de no destruir las juntas y en consecuencia no alteran las propiedades físicas, mecánicas o dimensionales de la unión.

Este conjunto de técnicas abarcan métodos desde los más sencillos y económicos hasta los más elaborados y confiables; las técnicas existentes son : la inspección visual, radiográfica, por líquidos penetrantes, por partículas magnéticas y por ultrasonido.

4.3.1 Inspección visual

Es una técnica sencilla, consiste en la revisión visual de la junta soldada, no es necesario la utilización de equipo sofisticado, sólo se requiere de contar con supervisores capacitados y familiarizados con los procesos de soldadura y con la experiencia en identificación a simple vista de los defectos presentes.

La inspección visual no solo se debe hacer después de haber aplicado la soldadura, sino que la inspección visual comienza desde la preparación de las piezas y continúa durante la aplicación del proceso para evitar al máximo la presencia de defectos en la junta soldada, finalizando con una inspección de la junta después de haber depositado el cordón de soldadura. Ver figura 4.3.1

4.3.2 Inspección radiográfica

Es un método en el que la junta soldada es revisada mediante la aplicación de radiaciones, la sanidad de la soldadura se nota o revela sobre películas radiográficas, la cuál ofrece una imagen de la junta sin haber sido destruida. Las radiaciones utilizadas (rayos x, gama, de iridio o de cobalto) tienen la propiedad de atravesar los materiales hasta llegar a la película radiográfica obteniéndose así, una transparencia de la junta que se inspecciona.

El método es útil para detectar defectos superficiales e internos en la junta, pero se requiere de personal calificado para que opere el equipo y de interpretes de la transparencia obtenida, además de una fuente de radiación de la película fotográfica. Ver figura 4.3.2

4.3.3 Inspección con líquidos penetrantes

Es una técnica de inspección que consiste en el revelado de defectos superficiales principalmente. La junta soldada es primero lavada y desengrasada posteriormente se aplica un líquido que puede ser colorante o fluorescente, el cual penetra en las discontinuidades que existan sobre la junta. Una vez que se ha secado, se elimina el exceso de líquido penetrante a través de un lavado con agua y disolvente.

Una vez hecha esta operación y con la superficie de la junta soldada totalmente seca, se aplica un revelador cuyo fin es absorber el penetrante que se ha quedado en los defectos; cuando el revelador seca, forma una película en donde quedan "impresos" los defectos debido al penetrante que había quedado sobre ellos. Si el penetrante es colorante, los defectos se pueden observar directamente y si es fluorescente se hace necesario el uso de una lámpara de rayos ultravioleta que haga contrastar las discontinuidades. Ver figura 4.3.3

4.3.4 Inspección con partículas magnéticas

Esta técnica de inspección se basa en el principio de la distorsión sufrida en un campo magnético debido a la presencia de discontinuidades de la junta soldada. Las líneas de campo magnético se distorsionan en su dirección debido al cambio sufrido por la presencia de una discontinuidad en el cordón de soldadura.

La inspección se realiza aplicando polvo o limadura de hierro sobre la junta soldada y entre los polos magnéticos. Las discontinuidades son identificadas perfectamente debido a la concentración o dispersión de la limadura por causa de una discontinuidad.



Fig. 4.3.i. Inspección visual

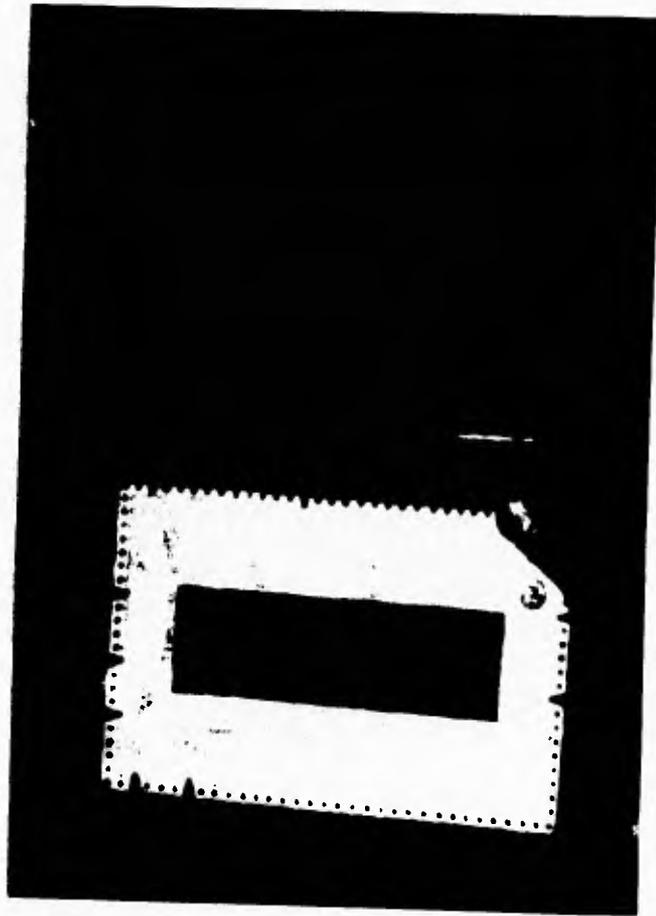


Fig. 4.3.2. Inspección radiográfica



Fig. 4.3.3. Inspección con líquidos penetrantes

Otra forma de realizar la inspección es aplicando un líquido que contiene en suspensión partículas magnéticas y auxiliándose con una lámpara de rayos ultravioleta, dichas partículas fluorescen y revelan la distribución sobre el cordón de soldadura.

El método sólo detecta defectos superficiales y subsuperficiales no siendo capaz de revelar defectos internos de la junta soldada. Ver figuras 4.3.4.1 y 4.3.4.2

4.3.5 Inspección con ultrasonido

Esta técnica de inspección se basa en la aplicación de sonidos a alta frecuencia a la unión, estos penetran en la junta soldada y viajan atravesando el material para luego reflejarse a la superficie de contacto, debido a los defectos superficiales e internos, estas ondas de sonido se distorsionan y sólo algunas de ellas (atenuadas) son detectadas y analizadas, así se interpreta la presencia de defectos en un cordón de soldadura.

Un transmisor-receptor piezoeléctrico emite y recoge las ondas acústicas las cuales se procesan para luego desplegarse en pantallas que muestran las fallas presentes en la junta.

El ultrasonido es útil para detectar discontinuidades superficiales e internas además de brindar información sobre la conformación de la geometría de la junta soldada, la profundidad del cordón y su adherencia al metal base, etc. La técnica requiere de personal capacitado que interprete las imágenes desplegadas en pantalla y personal que opere el equipo para tomar las muestras. Ver figura 4.3.5



Fig.4.3.4.J. Inspección con partículas magnéticas



Fig. 4.3.4.2. Inspección con partículas magnéticas aplicando luz UV

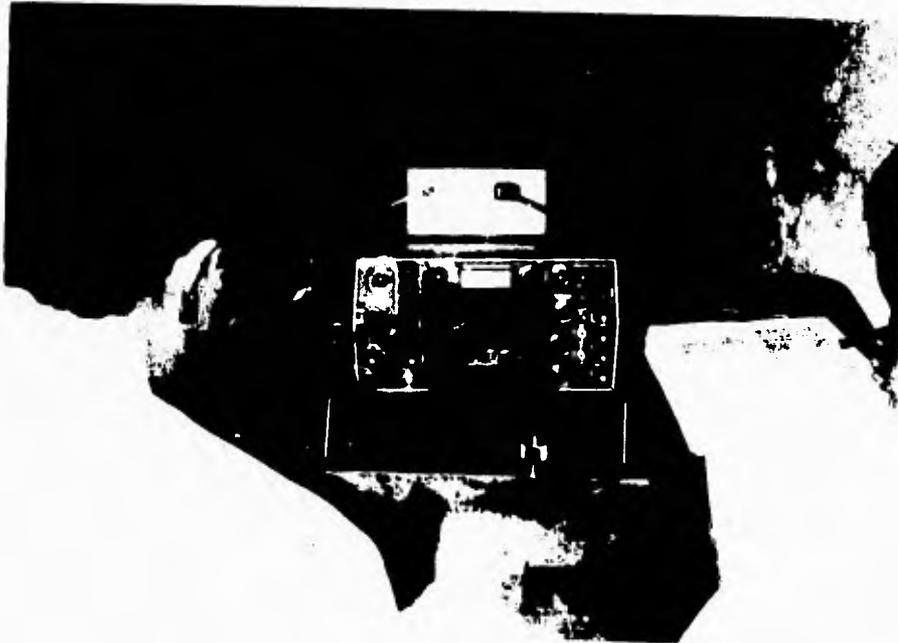


Fig. 4.3.5. Inspección con ultrasonido

P A R T E I I

PROPUESTAS PARA LA MODIFICACION Y MEJORAMIENTO EN LAS INSTALACIONES DE LOS TALLERES DE SOLDADURA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M.

- CAP. V Situación actual de las instalaciones de soldadura en diversas Instituciones Educativas
- CAP. VI Prácticas de soldadura
- CAP. VII Propuestas de las instalaciones para el Taller de Soldadura de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

CAPITULO V

SITUACION ACTUAL DE LAS INSTALACIONES DE SOLDADURA EN DIVERSAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS

En México se requiere impulsar cada vez más la educación y capacitación con planes y programas de estudio adecuados a las necesidades del país, desde los niveles de educación básica hasta superior y posgrado, así como crear centros de investigación e instalaciones donde se apliquen y se aprovechen adecuadamente todos los conocimientos adquiridos por el personal egresado de las diferentes instituciones de enseñanza, considerando la adaptación y mejoramiento de tecnologías para lograr un desarrollo industrial el cual pueda enfrentarse a la apertura de las fronteras comerciales.

Ante ello, la enseñanza actual de la soldadura no se debe enfocar en programas demasiado profundos debido a que el estudio de este campo es muy extenso y el alumno no aprovecharía adecuadamente sus conocimientos, en cambio le sería de mayor utilidad una enseñanza básica o técnica.

En una escuela donde sus programas de estudio incluyan la enseñanza de soldadura requiere contar con un equipo e instalaciones apropiadas para su óptimo aprovechamiento y que el alumno se desenvuelva en un ambiente favorable para su adiestramiento en este campo. Ante tal situación, se realizaron una serie de visitas a diferentes escuelas que imparten dentro de sus programas de estudios la enseñanza de la soldadura con el fin de conocer la situación real de las instalaciones, equipos (de trabajo y protección) y métodos de enseñanza.

5.1 CECyT #7 (Vocacional) "CUAUHTEMOC"

Nivel de enseñanza: Medio Superior
Ubicación: Ermita Iztapalapa, Col. Santa María Aztahuacan
Del. Iztapalapa, México, D.F.
Materia: Laboratorio de soldadura
(Técnico en soldadura)

Descripción del equipo:

Las instalaciones y equipos con las que cuenta el laboratorio para soldadura son muy adecuados al propósito de la escuela es decir, para adiestrar técnicos en soldadura. Cuenta con una gran variedad de equipo de soldadura eléctrica, soldadura de puntos, soldadura TIG, soldadura MIG y soldadura oxiacetilénica. Así como también con el equipo necesario para su operación.

Instalaciones:

En el área de soldadura por arco se cuenta con instalaciones muy prácticas y didácticas, las cabinas están hechas de tabique refractario color crema con una altura aproximada de 2 m, cuenta con una cortina como protección en cada cabina y existe una pequeña ventanilla de vidrio ahumado que sirve como protección para una persona del exterior que esta observando, facilitando al instructor la supervisión del desempeño del alumno. Esta área de soldadura cuenta con extracción localizada en cada cabina para evacuar los gases provocados durante la práctica. Ver figura 5.1.1 y 5.1.2

El área de soldadura oxiacetilénica cuenta con áreas gemelas las cuales constan de una misma instalación que las conecta con los tanques de acetileno y oxígeno, de esta instalación parten dos ramas en donde pueden trabajar dos alumnos simultáneamente. La soldadura oxiacetilénica se realiza en mesas de trabajo montadas en casetas de ladrillo refractario con una altura aproximada de 1.60m. (Ver figura 5.1.3 y 5.1.4). Esta área cuenta con extracción localizadas en la parte superior de cada caseta ayudando a eliminar el gas producido durante el proceso. Ver figura 5.1.5 y 5.1.6



Fig. 5.1.1. Caseta de soldadura por arco. CECyT no.7



Fig. 5.1.2. Caseta de soldadura por arco. CECyT no 7



Fig. 5.1.3. Instalaciones para OAW. CECyT no.7



Fig. 5.1.4. Caseta para OAW. CECyT no.7



Fig. 5.1.5. Sistema de extracción. CECyT no.7



Fig. 5.16. Salida de humos. CECyT no 7

El laboratorio cuenta además con una zona de enseñanza teórica con aproximadamente 40 bancas y un pizarrón, instruyendo al alumno sobre las prácticas, uso del equipo y seguridad concernientes a las prácticas que se vayan a realizar.

Métodos de enseñanza:

Durante las sesiones en este laboratorio se les enseña la soldadura por arco, soldadura por puntos, MIG, TIG y soldadura oxiacetilénica con 2 horas diarias por cada sesión. Para la asesoría en el laboratorio existen tres técnicos los cuales proporcionan ayuda a quien la necesite, estos mismos califican el comportamiento, la habilidad y la práctica que se realizó en el laboratorio. Durante toda la estancia del alumno en la escuela (6 semestres) se le enseña a soldar en todo tipo de materiales, configuraciones, posiciones, en diferentes ambientes de soldadura y teóricamente se les enseña la mayor cantidad de procesos de soldadura.

En cada sesión la persona tiene que traer sus electrodos para soldar, así como también una bata y zapatos. Todo lo demás es proporcionado en el laboratorio, previamente presentando una credencial y un vale del material requerido.

Algo nuevo que se observó en esta institución fue la implementación de la ventanilla ahumada que sirve para que el instructor pueda observar el desempeño del alumnado con el fin de detectar sus deficiencias durante la operación y poder corregirlas oportunamente.

Los problemas que se observaron claramente en las instalaciones de soldadura por arco, fueron primeramente las dimensiones observadas en cada caseta, pues a nuestro parecer son demasiado pequeñas, ya que sus dimensiones son aproximadamente 1.5 x 1.5 m. Estas dimensiones son óptimas cuando trabaja un solo alumno por caseta. Otro problema observado fue que durante cada práctica los gases emitidos no son captados en su mayoría por los extractores cuando están en operación la mayoría de las máquinas de soldar, ocasionando una acumulación de los gases en el laboratorio.

Un problema más que se observó en general es que por cada sesión asisten de 20 a 30 alumnos, los cuales se encuentran amontonados en el área de soldadura eléctrica y la otra parte de las instalaciones de soldadura oxiacetilénica están totalmente abandonadas. La solución a este problema sería utilizar al mismo tiempo todas las instalaciones con que se cuenta distribuyendo a los alumnos en todo el laboratorio.

5.2 CETMA (Centro de Estudios Tecnológicos Mexicano-Alemán)

Nivel de Enseñanza: Medio Superior

Ubicación: Calz. Tlahuac y Cuitlahuac s/n. Col. Los Reyes

Materia: Iztapalapa, Del. Iztapalapa; México, D.F.
Taller de Soldadura (Técnicos en Mecánica y Electricidad).

Descripción de Equipo:

Se tiene un taller exclusivo para soldadura; en este se llevan a cabo las prácticas de soldadura oxiacetilénica, con ocho mesas de trabajo y todo el equipo necesario para ese propósito. Cuenta con diez casetas para realizar las prácticas de soldadura eléctrica y lo necesario para realizarlas. El equipo con el que ha funcionado esta institución ha sido el mismo desde sus inicios, no ha mostrado cambio alguno en los últimos 15 años; todo el equipo de soldadura eléctrica con el que se cuenta es para soldar con electrodo recubierto. Su equipo de seguridad es el adecuado y más completo para realizar las prácticas.

Instalaciones:

Hace unos veinte años esta institución era la que contaba con el mejor equipo de soldadura eléctrica y oxiacetilénica; ahora es un taller que tiene buenas instalaciones en dimensiones y distribución, pero el equipo que se tiene para estos tiempos resulta ser obsoleto. A pesar de esto el equipo sigue funcionando.

El taller es amplio con grandes puertas, una a la entrada y otra en la parte posterior del taller, las cuales sirven para permitir la entrada de aire en forma natural, ya que no se cuenta con un sistema de ventilación adecuado. Ver figura 5.2.1

El taller se divide en tres secciones principales: la primera de ellas se encuentra localizada en un extremo del taller y es el de la soldadura oxiacetilénica, la cual cuenta con ocho mesas de trabajo provistas de tabique refractario y una instalación de gas acetileno en serie para surtir a todas ellas; el gas es proporcionado por un generador de gas acetileno, este es único en todas las instituciones que se visitaron. Ver figura 5.2.2

La segunda sección se refiere a la soldadura eléctrica; y esta se encuentra localizada en el otro extremo del taller, se cuenta con diez casetas de trabajo con paredes de tabique, todas con dimensiones apropiadas para las prácticas, están pintadas de un color gris mate con cortinas de protección de color negro y cada caseta cuenta con su respectiva mesa de trabajo, en la parte inferior de cada mesa de trabajo se encuentra un extractor de humos que los conduce hacia el exterior por medio de tuberías. La mayoría de estos extractores ya no funcionan en forma adecuada. Ver figura 5.2.3

La tercera sección es una área que se encuentra en medio de los dos tipos de soldadura ya mencionados; aquí se preparan las piezas a soldar y se verifica la resistencia de las piezas soldadas, se cuenta con el equipo necesario para esto: dos cizallas, una máquina para doblar lámina, cuatro mesas de trabajo, dos esmeriles y tres yunques.

La iluminación con que se cuenta es de dos formas: el techo del taller cuenta con secciones de vidrios transparentes que permiten el paso de la luz del día y la otra es el alumbrado general eléctrico.

Métodos de enseñanza:

Las prácticas de soldadura son dirigidas por un profesor y un auxiliar. Los alumnos se dividen en dos grupos, uno para soldadura eléctrica y el otro para oxiacetilénica; el profesor expone la parte teórica y práctica de los dos tipos de soldadura y el auxiliar ayuda principalmente en la parte práctica. Los trabajos realizados por los alumnos son supervisados y calificados por el profesor y también por el auxiliar.

En las prácticas de soldadura eléctrica y de soldadura oxiacetilénica tienen sesiones que duran seis horas diarias durante dos semanas en todo el año. A los alumnos se les proporciona todo el equipo y material necesario para realizar sus prácticas. En soldadura por arco se les enseña únicamente a soldar con electrodo revestido, y por puntos, no cuentan con equipo MIG, TIG y Plasma; y se les enseña a soldar en diferentes configuraciones, posiciones y materiales. De igual manera para la soldadura oxiacetilénica se les proporciona de lo necesario, y se les enseña a soldar con y sin material de aporte en posiciones con diferentes materiales y a realizar cortes con el soplete.

El taller de soldadura de esta escuela cuenta con buena distribución y dimensiones de las diferentes áreas de soldadura, las consideramos adecuadas para el buen desempeño de las prácticas. Pero en lo que se refiere a el equipo utilizado, es muy antiguo y no hay gran preocupación para adquirir algún otro tipo de proceso para soldar como el MIG, TIG y Plasma que permita al alumno conocer algo más que el proceso por electrodo recubierto. Otro factor importante es la ventilación, la cual es deficiente por que no existe un sistema que permita el flujo continuo del humo al exterior, y se realiza de manera natural como ya se explicó anteriormente. Hace falta mencionar que la iluminación no es la adecuada para poder realizar buenas prácticas de soldadura ya que es insuficiente.

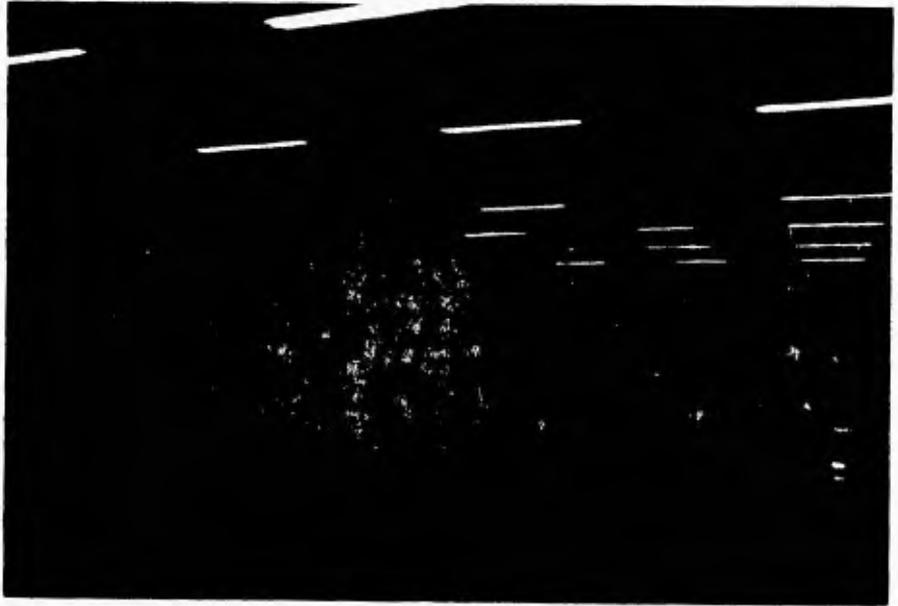


Fig. 5.2.l. Instalaciones de soldadura. CETMA



Fig. 5.2.2. Instalaciones y equipo para OAW. CETMA



Fig. 5.2.3. Casetas para soldadura por arco. CETMA

5.3 UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Nivel de enseñanza: Superior
Ubicación: Col. Mixcoac, Del. Benito Juárez, Mex. D.F.
Carreras en que se imparte Ing. Industrial
Ing. Electromecánica
Materia: Proc. de Manufactura. 6º sem. de Ing. Industrial
Proc. de Conformado. 8º sem. de Ing. Electromecánica

Descripción del equipo:

Cuenta con una caseta en la que se localiza una mesa de trabajo, la cual es utilizada para realizar trabajos tanto de soldadura oxiacetilénica como de soldadura eléctrica. Además de la mesa de trabajo, se encuentran un equipo de soldadura oxiacetilénica y un equipo de soldadura eléctrica marca Miller. Cuenta con las partes y accesorios necesario para la operación del equipo (herramientas y protección personal).

Instalaciones:

En una sola caseta de dimensiones pequeñas (3mx2m aprox.) se cuenta con los equipos ya mencionados de soldadura, por consecuente existe un espacio limitado de trabajo. La caseta se limita del exterior con una cortina de lona para seguridad y protección del personal de otras áreas del laboratorio. En cuanto a ventilación cuenta con una campana que abarca casi toda el área, la cuál está conectada a un extractor para capturar los humos generados de las operaciones. Ver figura 5.3.1 y 5.3.2

Métodos de enseñanza:

El tiempo que le dedica el alumno al laboratorio es de 2 horas. por semana, existiendo un total de 4 sesiones de las cuales dos son para enseñanza teórica impartidas por personal capacitado de empresas dedicadas al ramo (Infra y Miller principalmente) y personal docente; dentro de esta enseñanza se le instruye al alumno el uso del equipo y las prácticas seguras de soldadura. Las 2 sesiones restantes son dedicadas a la práctica de la soldadura. Para soldadura oxiacetilénica se hace practicar la unión de materiales con y sin material de aporte, soldadura a tope, en T, en traslape, además de la aplicación de lo aprendido en las clases teóricas (medidas de seguridad, precauciones y manejo de equipo). Para soldadura eléctrica se les enseña sobre depositación de cordones lineales, en media luna, en luna invertida, a soldar en configuraciones a tope, en "T" y en traslape. El modo de evaluar incluye la contestación de un cuestionario previo y calificación teórico-práctico de lo realizado en la práctica.

Los problemas que consideramos importantes y que aquejan a este laboratorio es la falta de espacio para que el alumno trabaje en forma adecuada ya que existe un amontonamiento por la limitación del lugar. Debido a esto, existe gran concentración de humos generados en todo el laboratorio y que repercuten en la salud del personal que elabora en el laboratorio.

Aunque es una Institución privada y con posibilidades de contar con instalaciones y equipo apropiadas, no existe un gran número de alumnos que demanden el uso del laboratorio y tal vez por ello se encuentra la justificación por la que se cuenta con tan poco equipo. Se tiene que considerar también el enfoque que se le da a la soldadura dentro de la carrera, nos hace suponer que se imparte sólo lo básico y necesario para desempeñarse profesionalmente.

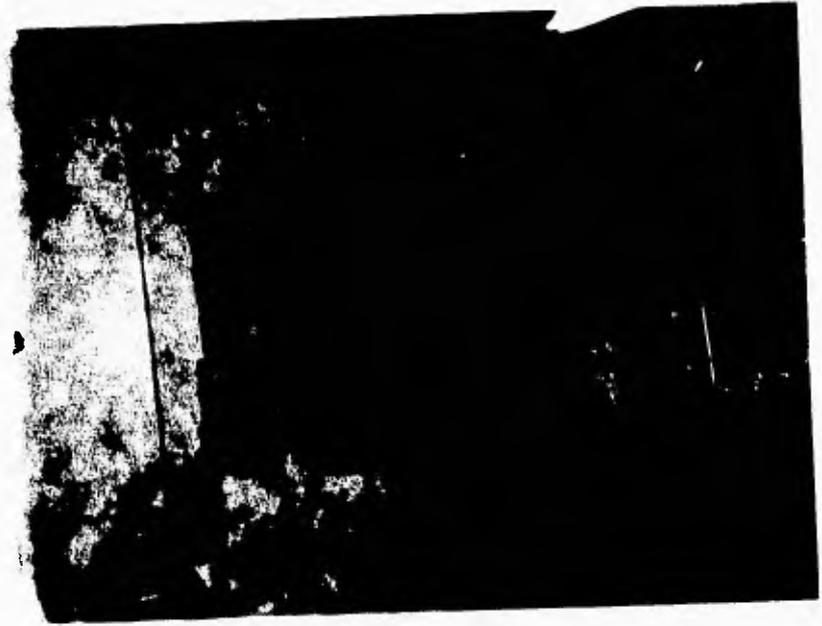


Fig. 5.3.1. Caseta de soldadura y campana de extracción. UP



Fig. 5.3.2. Extractor de humos. UP

5.4 UNIVERSIDAD ANAHUAC

Nivel de enseñanza: Superior
Ubicación: Col. Lomas Anahuac, Huixquilucan, Edo. de México.
Carreras en que se imparte Ing. Industrial
Ing. Mecánica
Materia: Procesos de Manufactura.

Descripción del equipo:

Cuenta con un equipo de soldadura eléctrica marca Miller y un equipo de soldadura oxiacetilénica junto con el equipo de protección necesario para su operación.

Instalaciones:

Cuenta con un pequeño laboratorio en el que existe una caseta de trabajo de dimensiones pequeñas (2m x 2m aprox.) en donde sólo existe ventilación natural proporcionadas a través de pequeñas ventanas. La protección hacia otras áreas del laboratorio se realiza por medio de paredes pintadas de color negro brillante (para absorber los rayos ultravioleta), dado que el fin de las paredes son solo la protección de los rayos estas no se construyeron hasta el techo del laboratorio, haciendo suponer que bajo condiciones de ventilación insuficiente exista concentración de humos dentro y hacia otras áreas.

Métodos de enseñanza:

Se imparte dos sesiones (2 horas a la semana cada sesión) de soldadura eléctrica y oxiacetilénica en donde se les enseña el manejo y cuidado del equipo y prácticas seguras de la soldadura desarrollándoles cierta habilidad en este campo. Su forma de calificar es tomando en cuenta un trabajo teórico-práctico de lo enseñado en cada área de la soldadura.

Como se pudo notar, el área de trabajo es insuficiente para que se pueda realizar un adecuado trabajo de soldadura independientemente del número de alumnos que hacen uso de este laboratorio.

Trabajar en un área tan reducida y encerrada puede provocar un sin número de riesgos que ponen en peligro tanto al alumno como las instalaciones ya que no existe un libre movimiento del área, en una acción inesperada puede ocurrir caída de tanques, las chispas de soldadura eléctrica podrían ser el inicio de un incendio o explosión en el área.

No existe protección para el exterior del taller, puesto que existen ventanas de vidrio transparente que dejan pasar la luz del arco eléctrico al exterior, corriendo el riesgo de provocar serios daños a personas cercanas al área de trabajo.

Siendo esta Universidad una institución privada de renombre, sorprende que no cuente con unas instalaciones al menos adecuadas para la enseñanza y práctica de la soldadura, lo cual hace pensar que el campo de soldadura no es tan importante dentro de la formación profesional, enfocándose únicamente al aspecto informativo del campo.

5.5 UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

Nivel de enseñanza: Superior
Ubicación: Col. Paseo de las Lomas, Alvaro Obregón, México, D.F.
Carreras en que se imparte Ing. Industrial
Ing. Mecánica
Materia: Procesos de Manufactura I. Ing. Industrial
Procesos de Conformado. Ing. Mecánica

Descripción del equipo:

Cuenta con dos casetas de trabajo para soldadura eléctrica Miller y dos mesas de trabajo para soldadura oxiacetilénica, los cuales se encuentran actualmente en operación. Ver figura 5.5.1, 5.5.2 y 5.5.3

Instalaciones:

En el laboratorio no hay divisiones entre cada área, encontrándose el área de soldadura cercana a la forja y a la de fundición, el resto del laboratorio es ocupado para mesas de trabajo y almacenamiento de materiales. Las dimensiones del área de soldadura son: para soldadura eléctrica cada caseta tiene una dimensión de 1.2m x 1m aprox. colocadas conjuntamente, separadas entre sí por medio de cortinas de lona, frente al soldador la protección la realiza el muro, hacia el interior del laboratorio no existe protección alguna. Cada caseta cuenta con su propio interruptor de energía eléctrica como medida de seguridad.

La extracción de humos se realiza por medio de una campana conectada a un ventilador montado en una ventana. Dentro de la campana se ubica una lámpara que ayuda a la visibilidad del soldador para el inicio del arco. Para soldadura autógena se tiene una dimensión de 1.2m x 2.5m aprox. en donde se localizan dos mesas de trabajo no existiendo extracción de humos en este tipo de soldadura. Ver figura 5.5.4 y 5.5.5

Métodos de enseñanza:

Para Ingeniería Mecánica se imparten tres sesiones cada una de dos hrs., siendo la sesión semanalmente; para Ingeniería Industrial se imparten dos sesiones con las mismas características. Durante la práctica en soldadura autógena, se le instruye a soldar con o sin material de aporte y corte de materiales con gas, a soldar aluminio y en configuraciones a tope, en traslape, en "T" y de borde, manejo del equipo y medidas de seguridad. Para soldadura eléctrica se les enseña a identificación y uso de electrodos, aplicación de cordones y soldadura a tope, traslape en "T" y de borde, manejo del equipo y seguridad. La evaluación del alumno consta de un cuestionario previo del trabajo realizado sobre el tema y un reporte de la sesión además de cumplir con los reglamentos del laboratorio.

Se considera que las instalaciones de esta universidad en cuanto a dimensión y distribución de sus áreas de trabajo están muy limitadas e inadecuadas para un buen desempeño de los alumnos. Aunque se cuenta con un sistema de ventilación, resulta ineficaz puesto que existe concentración de humos por las dimensiones del laboratorio en general contribuyendo a ello los humos generados por el área de fundición y forja. Otro de los problemas que se notó es la carencia de cortinas que protejan hacia el interior del laboratorio de la luz producida por el arco eléctrico y que podría llegar a producir daños a la vista.

Es notable el interés que se tiene para la enseñanza de la soldadura, para que el alumno tenga los conocimientos suficientes en este campo por lo que se tiene planeado ampliar las instalaciones del laboratorio en general en un futuro y así contribuir a una buena formación profesional.

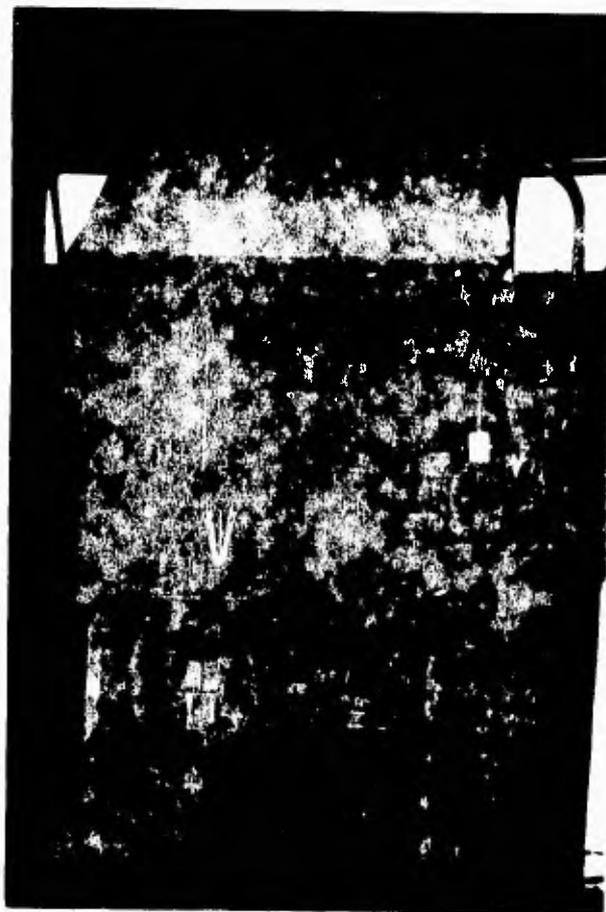


Fig. 5.5.i. Instalaciones para soldadura por arco. UIA

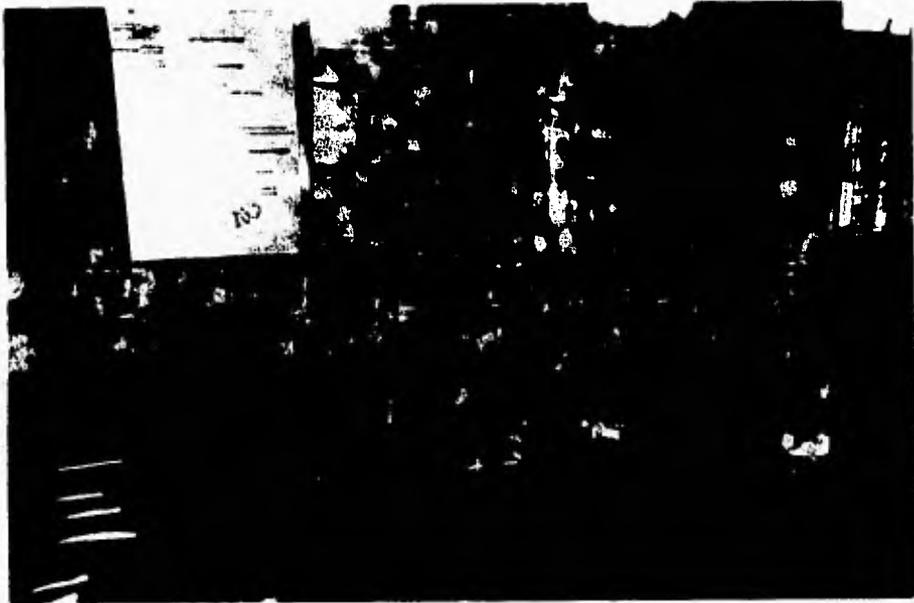


Fig. 5.5.2. Instalaciones de soldadura OAW. UIA

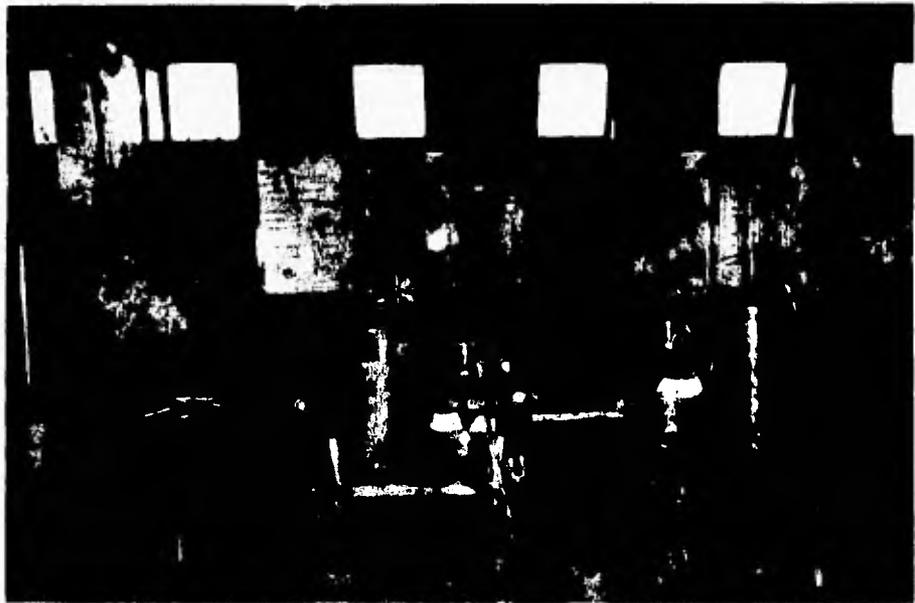


Fig. 5.5.3. Equipo utilizado para soldadura OAW. UIA

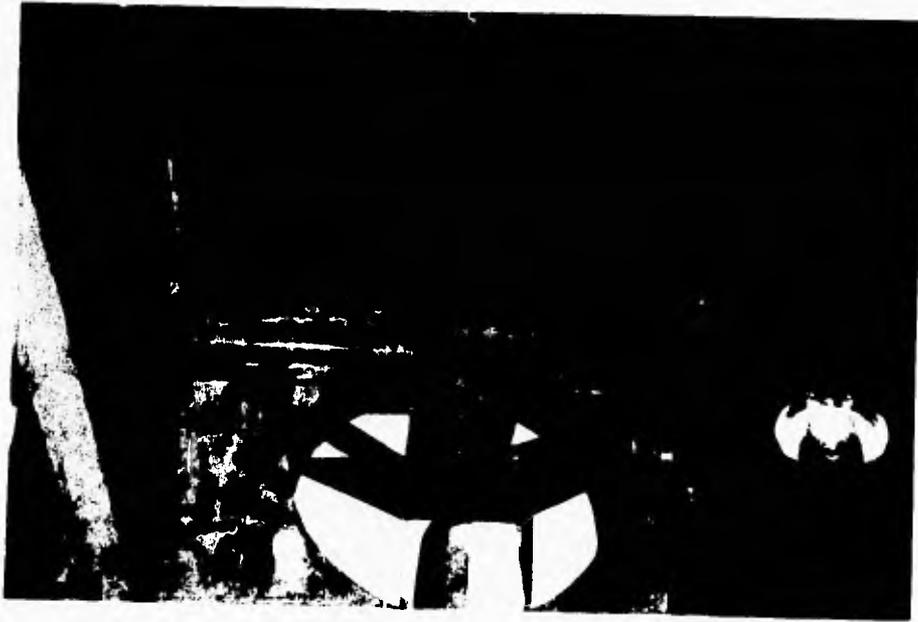


Fig. 5.5.4. Ventilación e Iluminación. UIA



Fig. 5.5.5. Salida de humos. UIA

5.6 UNIVERSIDAD LA-SALLE

Nivel de enseñanza: Superior
Ubicación: Hipódromo Condesa. Del. Cuauhtemoc. Mex. D.F.
Carreras en que se imparte: Ingeniería Industrial
Ingeniería Mecánica
Materia: Procesos de Manufactura.

Descripción del equipo:

Esta institución cuenta con 4 equipos Miller de soldadura eléctrica y de 2 soldadura oxiacetilénica. Cada equipo de soldadura eléctrica se encuentra localizado en sus respectivas casetas. Actualmente todo el equipo se encuentra en funcionamiento.

Instalaciones:

El área de soldadura se localiza dentro de un taller en donde también se localizan las áreas de fundición y forja. A un costado se encuentra la zona de máquinas-herramientas. En toda el área existe un adecuado espacio entre cada área la cual permite la buena movilidad del alumnado y del personal docente.

En lo concerniente al área de soldadura, para soldadura eléctrica se cuenta con 4 casetas cuadradas de lámina con adecuada protección entre si y con el exterior. En su entrada cada caseta cuenta con cortinas corredizas de lona color oscuro, en cuyo interior cada caseta está pintada de color negro mate. Así también, se cuenta con una mesa de trabajo para la realización de las prácticas, la cual se puede realizar de manera satisfactoria, pues las dimensiones son aceptables para la buena movilidad de una persona. Cada máquina cuenta con su propio interruptor de corriente. Para soldadura oxiacetilénica, se cuenta con 2 mesas de trabajo ubicadas a un costado de la soldadura eléctrica correspondientes a los dos equipos existentes. Ver figura 5.6.1 y 5.6.2

La ventilación se lleva a cabo por medio de extractores de gravedad, los cuales operan para todo el taller en general. La altura del piso al techo es de aprox. de 5 metros, existiendo un buen flujo de los gases. Ver figura 5.6.3

Métodos de enseñanza:

El método de enseñanza en esta institución es de 3 sesiones (2 horas cada sesión a la semana) para soldadura eléctrica y oxiacetilénica. Existe un reglamento en donde se pone de manifiesto, entre otras cosas, que aquella persona que no cuente con el equipo adecuado y cuestionario previo no entrará a dicha sesión. En soldadura eléctrica se les enseña el uso y aplicación de los electrodos, aplicación de cordones, manejo del equipo y seguridad. En soldadura autógena se les enseña el uso y aplicación de los tres tipos de flamas, manejo del equipo y medidas de seguridad. La forma de evaluar es por medio de un examen teórico-práctico en donde se evalúan los conocimientos y habilidades adquiridas.

En general las instalaciones para el área de soldadura se consideran satisfactorias y adecuadas para un nivel de enseñanza superior. Aunado a esto y a sus métodos de enseñanza de la soldadura, el aprendizaje en este campo se cumple satisfactoriamente para poder profundizar en el área y seguir más adelante si se desea.

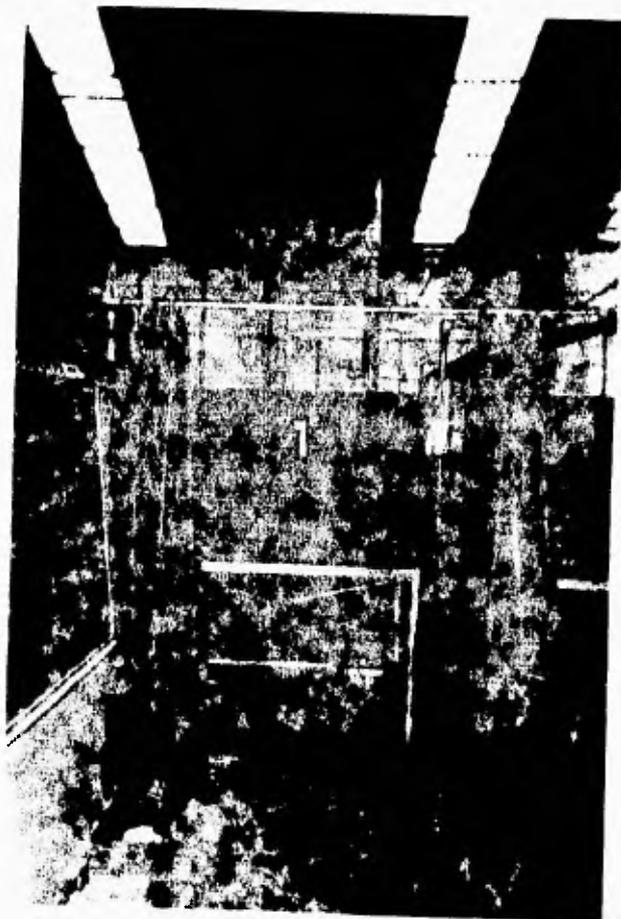


Fig. 5.6.l. Caseta para soldadura eléctrica, U.LaSalle

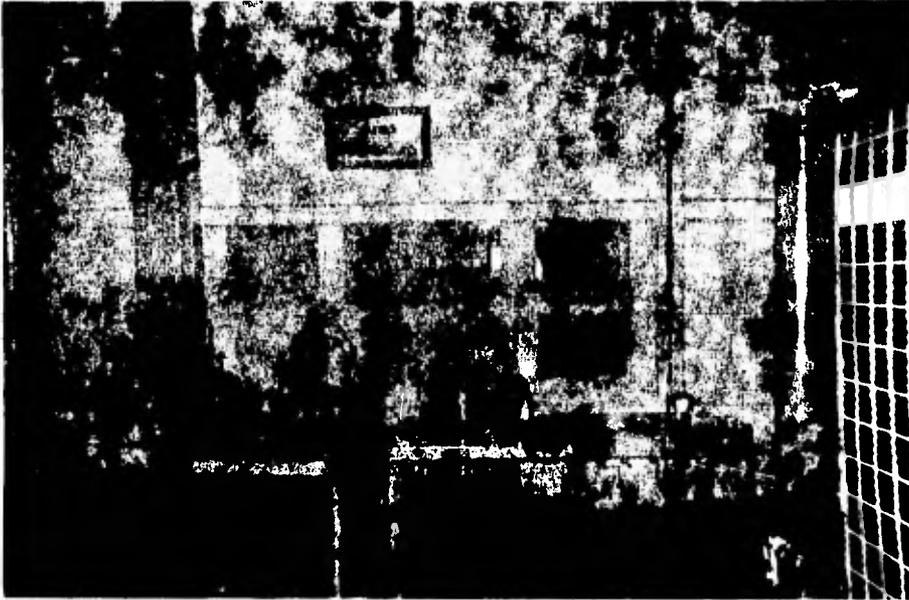


Fig.5.6.2. Instalaciones y equipos para OAW. U. LaSalle



Fig. 5.6.3. Extractor de humos. U. LaSalle

5.7 UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA-AZCAPOTZALCO

Nivel de enseñanza:	Superior
Ubicación:	Col. Reynosa, Tamps. Del. Azcapotzalco. México, D.F.
Carreras en que se imparte	Ingeniería Industrial Ingeniería Mecánica
Materia:	Procesos de Manufactura I. (Ing. Industrial). Procesos de Manufactura I. (Ing. Mecánica).

Descripción del equipo:

Esta Universidad cuenta con tres equipos de soldadura eléctrica los cuales dos son marca Miller y operan con corriente alterna y corriente directa, el tercer equipo no contaba con especificaciones del fabricante; para soldadura oxiacetilénica se cuenta con dos equipos estando solo uno en operación, finalmente y por comentarios del encargado del taller se cuenta con un equipo de soldadura por puntos manufacturado en la misma universidad.

Instalaciones:

En un taller de 6 m. de altura aproximadamente en el cual se localizan las áreas de fundición y soldadura, la mayor parte del taller lo ocupa el área de fundición dejándose tan sólo un área de 6x4 m aprox. para soldadura; su altura es de aprox. 3 m debido a que en la parte superior se ubican cubículos de los profesores que laboran ahí. El área para soldadura está delimitada con malla metálica sin protección alguna hacia el exterior. Dentro del área se construyó una estructura de tubos en donde, por su configuración, al colgarse las cortinas pueden formarse casetas con la debida protección. Las cortinas son de lona color azul marino y debido al diseño se pueden mover o recorrerse de un lugar a otro. Las paredes que también llegan a delimitar el área, están pintadas de color gris brillante. Los equipos para ambos tipos de soldadura se encuentran en la misma área junto con dos mesas no fijas utilizadas para trabajar en ambos equipos. La ventilación se lleva a cabo a través de dos extractores de pared controlados por un interruptor y localizados a una altura aproximada de dos metros, están montados sobre una sola pared. Dichos extractores presentan las siguientes características :

Marca S & P (Hecho en México).
3/4 CP. 60 Hz.
Vol. 14500 m³/h
Vel. 1725 RPM
220/440 Volts

Un punto importante en estas instalaciones es que, se encuentra en el área un extintor como medida de protección ante cualquier eventualidad.

Métodos de enseñanza:

Al alumno se le pide un cuestionario previo relacionado con la práctica que se va a realizar, éste proporciona información acerca del tema y de los puntos a realizar en la práctica. Además de la evaluación del cuestionario previo existe la evaluación del trabajo realizado en la misma práctica. Un examen final en donde se consideran todas las prácticas abarcadas en el trimestre y un proyecto final en donde también se involucran todo lo enseñado al alumno complementan la calificación. Para cada tipo de soldadura se abarca una sesión de tres horas para ambas carreras. Para soldadura eléctrica se le enseña al alumno la identificación y explicación de cada una de las partes del equipo, a depositar varios cordones, a unir dos placas a tope y finalmente a identificar los distintos tipos de unión.

Para soldadura oxiacetilénica el alumno es instruido en la identificación y explicación de cada una de las partes del equipo, a identificar los diferentes tipos de flama, a soldar con y sin material de aporte y a unir tramos de lámina en alguna configuración básica. Se mencionó que anteriormente la afluencia de alumnos a dicha área era de 30 alumnos por sesión, actualmente están entrando al área un promedio de 15 alumnos por sesión.

Las dimensiones en cuanto altura para el área de soldadura es muy baja, lo que dificulta la dispersión de los gases y aunque se cuenta con dos extractores, se considera que la ventilación es ineficaz debido a la presencia de una puerta localizada a escasos 1.5 m aprox. sobre la misma pared por lo que el flujo de aire no llega a arrastrar los humos generados durante la operación. La instalación eléctrica está en malas condiciones debido a la exposición de cables sin aislante en el interruptor donde se controlan los ventiladores. Por otro lado, se nota que el número de alumnos que entran a las prácticas es muy alto para el escaso equipo con que se cuenta, por lo que genera que el alumno no aproveche de la mejor manera el poco tiempo que se le dedica a cada práctica.

5.8 UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

Nivel de enseñanza: Superior
Ubicación: Entre Av. Universidad y Prof. Cuauhtemoc Monterrey, N.L.
Carreras en que se imparte: Ing. Mecánica Eléctrica
Materia: Procesos de Manufactura.

Descripción del equipo:

Para soldadura de arco eléctrico se cuenta con dos salones o talleres, existiendo en el primero 7 casetas de trabajo con equipo Lincoln actualmente trabajando y en el segundo con 8 casetas de trabajo con equipo Miller menos actualizado que el anterior, en el cual solo se trabaja cuando existe una sobresaturación de alumnos en el equipo reciente. Ver figura 5.8.1 y 5.8.2

Para soldadura oxiacetilénica se cuenta con cinco equipos en operación. En cuanto el equipo de seguridad se cuenta con las medidas suficientes de protección.

Instalaciones:

Las dimensiones del primer salón para soldadura de arco eléctrico son un poco restringidas en cuanto a tamaño de la caseta ya que miden 1.5 mts. de ancho por 1.5 mts. de largo aprox., no obstante, el alumno cuenta con la movilidad necesaria, cada caseta está pintada de color gris mate. La extracción de humos está basada en un sistema de 3 ventiladores distribuidos en tal forma que se abarca toda el área. Ver fig. 5.8.3

Las dimensiones del segundo salón para soldadura de arco eléctrico son mayores pero con un grave problema al no tener sistema de extracción de humos salvo por las ventanas existentes en dicha área.

El mismo problema que en el caso anterior se muestra en las instalaciones para soldadura oxiacetilénica, incrementándose aún más ya que es una área encerrada de menores dimensiones causando concentraciones de humos y gases peligrosos para la salud.

Métodos de enseñanza:

El tiempo que le dedica el alumno al laboratorio es de 2 hrs. a la semana, teniendo tres sesiones para cada una de las áreas y añadiendo tiempo o sesiones extras fuera de horario si es necesario para finalizar la práctica. Existe un encargado de laboratorio, el cual tiene como cargo dar la práctica a los alumnos y a su vez, calificarlos de manera teórica y práctica. El reglamento existente exige que para acceder a las instalaciones, el alumno debe contar con el equipo necesario para trabajar. Queda estrictamente prohibido entrar con tenis.

Se nota que la preocupación principal del laboratorio es que el estudiante aprenda lo básico y necesario en cuanto a soldadura para poder desenvolverse satisfactoriamente en su desempeño profesional.

El gran problema existente en las instalaciones es la extracción de humos en el área del soldador, puesto que no se cuenta con el equipo suficiente y apropiado para poder contrarrestar este efecto que trae consigo grandes problemas a la salud.

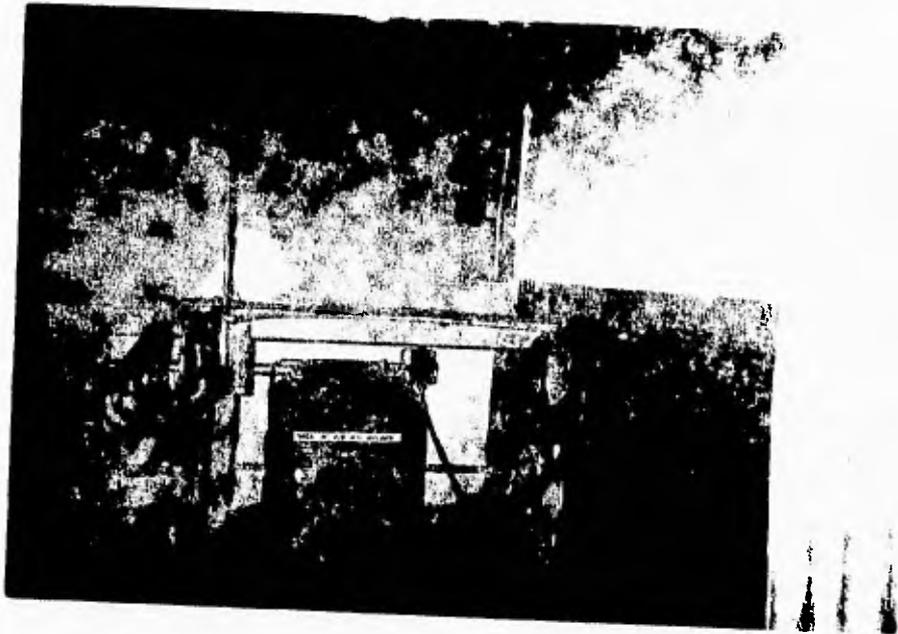


Fig. 5.8.1. Instalaciones y equipo para soldadura eléctrica. UANL



Fig. 5.8.2. Otro aspecto de las instalaciones para soldadura. UANL



Fig. 5.63. Instalaciones y ventilación de humos. UANL

5.9 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES (ITESM) (Campus Monterrey)

Nivel de enseñanza:	Superior
Ubicación:	Av. Eugenio Garza Sada Monterrey, N.L.
Carreras en que se imparte	Ingeniería Industrial
Materia:	Procesos de Manufactura.

Descripción del equipo:

El equipo con que cuenta esta institución es muy escaso, contando tan solo con 2 equipos para soldadura eléctrica marca Lincoln digital y un equipo para soldadura oxiacetilénica el cual no se encontraba en operación. Ver fig. 5.9.1

Instalaciones:

Cuenta con un laboratorio en el cual se encuentran ubicadas diferentes tipos de máquinas-herramientas y en un pequeño espacio de 1.5 x 1.5 m. aproximadamente se encuentra el área de la soldadura. La extracción es llevado a cabo por ventilación natural a través de ventanas del mismo laboratorio.

Métodos de enseñanza:

El número de alumnos es escaso por lo que se supone que con dos equipos es suficiente para poderse desenvolver satisfactoriamente y que el alumno aprenda lo básico en soldadura. Su método de enseñanza se basa primordialmente en la teoría siendo esta enriquecida por la facilidad de hacer visitas a empresas dedicadas a dicho ramo y procesos afines con el objetivo de lograr una mejor ilustración del alumno. La sesión del laboratorio es de 2 horas a la semana en la cual existen de 3 a 4 alumnos. Su forma de calificar se basa en un examen teórico-práctico de lo visto en cada práctica.

Siendo una institución de prestigio es difícil aceptar que no cuente con las instalaciones mínimas para el buen desarrollo en la enseñanza de la soldadura. Formalmente no se cuenta con ellas. En cuanto a seguridad, no se cuenta con la protección en casetas a través de lonas que ocasiona daños a la vista, tampoco para evitar dispersión de chispas.

Por otra parte, se debe tomar en cuenta que el grado de aplicación de estos conocimientos a la práctica por parte de los alumnos es casi nulo, es decir, se está hablando de otro nivel social en donde los alumnos prácticamente tienen asegurado un puesto a nivel gerencial en su mayoría.

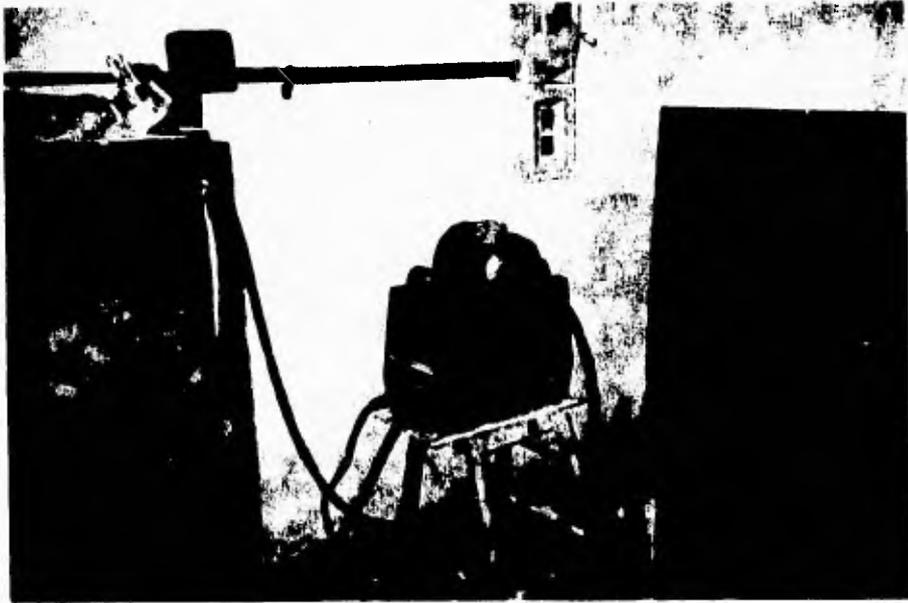


Fig. 5.9.1. Instalaciones y equipo de soldadura eléctrica. ITESM, NL

5.10 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Nivel de enseñanza:	Superior
Ubicación:	Ciudad Universitaria, Facultad de Ingeniería. México, D.F.
Carreras en que se imparte	Ingeniería Industrial Ingeniería Mecánica
Materia:	Procesos de Manufactura. (Ing. Industrial) Procesos de Conformado. (Ing. Mecánica)

Descripción del equipo:

Los equipos con los que cuenta la UNAM en su mayoría son equipos de soldadura eléctrica marca Miller. Además de las plantas para soldar que se conectan a la línea de energía eléctrica cuenta con una máquina para soldar del tipo generador-transformador y que es movido por una máquina de combustión interna. Se tiene equipos de soldadura SMAW, GMAW, GTAW y PAW. Para soldadura oxiacetilénica se cuenta con tres equipos. Cada equipo cuenta con todos los aditamentos necesarios para protección y su funcionamiento. Cabe mencionar que dentro del laboratorio de Manufactura Avanzada se cuenta con un equipo robotizado Motoman y que generalmente es utilizado para aplicar soldadura GMAW.

Instalaciones:

Dentro de los talleres de Ingeniería Mecánica se localiza el área de soldadura, en ese taller se encuentran también localizadas las máquinas herramientas, fundición, equipo de control numérico y manufactura avanzada (estos dos últimos, en un edificio aislado dentro del mismo taller). Las dimensiones de taller son 75 m. de largo por 58 m. de ancho y una altura de aproximadamente 6 m. Ver figura 5.10.1

Para el área de soldadura en específico se cuenta con 10 casetas utilizadas para soldadura eléctrica las cuales no tienen las mismas dimensiones. Son hechas de lámina, pintadas de color negro mate y con protección al exterior por medio de cortinas plásticas de color naranja, dentro de cada cabina se encuentran una mesa de trabajo y el equipo de soldadura. Ver figura 5.10.2

Para el área de soldadura oxiacetilénica se cuentan con cinco mesas de trabajo y tres equipos de soldadura, todos en operación. Se localizan en un área abierta en donde no existe separación o cabina alguna para realizar los trabajos, sólo una línea amarilla en el suelo actúa como límite de esta área con respecto a las otras. Ver figura 5.10.3

La ventilación en soldadura oxiacetilénica no existe, para soldadura eléctrica sólo algunas casetas cuentan con campanas que son conectadas al exterior por medio de tubos pero que no cuentan con un extractor que impulsen los gases; otras casetas sólo cuentan con la campana pero aún no se conectan al exterior, quedando inconcluso el sistema de extracción. Ver figura 5.10.4

Métodos de enseñanza:

Existe una gran libertad para que los profesores evalúen a sus alumnos pero en general, se pide un cuestionario previo correspondiente a la práctica a realizar, se evalúa el trabajo realizado por el alumno en la práctica cuya evaluación abarca desempeño, limpieza y asistencia.

Algunos profesores incluso piden los reportes de cada una de las prácticas al final del semestre y otros evalúan con un proyecto de trabajo en donde se involucren actividades de cada una de las áreas del laboratorio, la teoría debe apoyar substancialmente lo que se abarca en la práctica y debe de ser vista antes de que se realice la práctica. Las sesiones en laboratorio son de dos horas, impartándose una sesión por semana. Dedicándole dos sesiones a la soldadura eléctrica y otras dos para soldadura oxiacetilénica en Ingeniería Industrial mientras que para Ingeniería Mecánica se imparten tres sesiones para cada tipo de soldadura.



Fig.5.10.1. Instalaciones para soldadura. Facultad de Ingeniería, UNAM



Fig. 5.10.2. Casetas para soldadura por arco, Fac. Ingeniería, UNAM



Fig. 5.10.3. Instalaciones y equipo para OAW. FI-UNAM



Fig. 5.10.4, Extracción de humos en soldadura por arco, FI-UNAM

Generalmente, se instruye al alumno de las medidas de seguridad y uso del equipo para ambos tipos de soldadura; para soldadura eléctrica en específico, se enseña el encendido del arco, la identificación de electrodos, la depositación de cordones lineales (helicoidal y en zig-zag), soldadura a tope y en "T". Se le instruye al alumno para hacer una inspección visual de su trabajo e indicándole los defectos de soldadura en los que se ha caído. Para soldadura oxiacetilénica se les enseña el encendido del soplete, la identificación de las diferentes flamas existentes, a soldar con o sin material de aporte en placas a tope o a traslape, se le enseña el corto de metal, así como a realizar alguna prueba destructiva para verificar la calidad de la soldadura realizada por el mismo alumno.

En la Facultad de Ingeniería se cuenta con instalaciones que en número no son suficientes para la enseñanza, se ha notado algunas deficiencias como el mantenimiento de los equipos de soldadura eléctrica, no existe una estandarización en las dimensiones de las casetas, las lonas que cubren estas cabinas son inadecuadas, la ventilación que se trató de colocar en el área resulta ineficaz y sólo ha causado la obstrucción de luz hacia la caseta por lo que los alumnos y el propio personal se ha visto en la necesidad de mover la mesa de trabajo dentro de la caseta con el fin de visualizar un poco mejor las piezas a soldar, provocando que los humos generados no sean captados por la campana, dispersándose dentro del taller y existiendo concentración de gases en horas de clase.

Un serio problema existente dentro de esta institución es que existen profesores que evalúan al alumno sin tener contacto con ellos en el área de soldadura, es decir, que el alumno trabaja directamente con el técnico que es el encargado tan solo de dar la práctica y no calificarla. Por otro lado, cada caseta no cuenta con su propio interruptor de energía eléctrica lo que representa un serio riesgo para la propia instalación eléctrica del taller en caso de presentarse un siniestro en una máquina de soldadura. Finalmente para soldadura oxiacetilénica es necesario la adquisición de equipos, pues la gran demanda en la práctica de este proceso es alta y los alumnos dedican poco tiempo efectivo para la utilización del equipo.

CAPITULO VI

PRACTICAS DE SOLDADURA

Un programa de entrenamiento de soldadura efectivo debe estar diseñado para proveer la habilidad mínima y conocimientos suficientes para realizar diferentes tipos de requerimientos y trabajos en soldadura.

En la mayoría de los programas de las diversas instituciones el tiempo disponible para la práctica de la soldadura no es el adecuado, el programa debe condensarse para proveer la enseñanza en menos procesos o en menos tipos de electrodos o metal de aporte, etc.

Es por ello, que no importando el tipo de programa para enseñanza de la soldadura este debe ser planeado de acuerdo a los siguientes puntos:

- 1) Una introducción y discusión previa de cada practica. Está provee información de antecedentes la cual puede variar de 15 a 30 minutos en donde se incluyen preguntas y respuestas. Pueden utilizarse equipo de ayuda complementario como audiovisuales.
- 2) Una demostración para explicación. Esta demostración puede ser repetida cuantas veces sea necesario de modo que no existan preguntas acerca de la técnica empleada. Los puntos importantes deben ser demostrados y explicados claramente para el mejor entendimiento de la técnica. Pueden utilizarse audiovisuales.
- 3) Supervisión de prácticas individuales. Después de la discusión y la demostración cada persona deberá realizar la práctica individual de la técnica demostrada. Los instructores deben revisar periodicamente el avance de cada estudiante y corregir las posibles fallas que se generen.
- 4) Evaluación de prácticas periódicas. En la terminación de cada etapa particular, se deberá realizar una prueba práctica que cubra la técnica involucrada para determinar el exitoso dominio de la etapa que se esta desarrollando.

En general para tener un mejor aprovechamiento en el adiestramiento del alumno en la soldadura, se debe contar con equipo didáctico como carteles, películas, transparencias, diapositivas, acetatos, etc.

6.1 PRACTICAS DE SOLDADURA OXIACETILENICA

Objetivo: El alumno será capaz de identificar los procedimientos básicos y más importantes que intervienen en la técnica de la soldadura oxiacetilénica.

Consideraciones Generales:

La técnica de soldadura oxiacetilénica es aquella que aprovecha el calor producido al consumirse los gases con el objeto de fundir los metales y de esta manera lograr la unión.

Equipo Requerido:

- Tanque de Oxígeno.
- Tanque de Acetileno.
- Manguera de color rojo (acetileno).
- Manguera de color verde (oxígeno).
- Manómetros.
- Soplete.
- Boquillas.
- Chispero.
- Equipo de seguridad (guantes, peto, gafas y polainas).

Equipo para corte:

- Soplete estandar de corte.
- Boquillas de corte de diferentes tamaños.
- Cabezas de corte de diferentes ángulos.
- Un martillo de bola.
- Un ángulo de acero de 1/4".
- Dos prensas en forma de C de 4".
- Limpiadores de puntas o boquillas de sopletes.

Práctica #1 :

Objetivo: Ensamblar y preparar el equipo para soldadura oxiacetilénica de acuerdo a los procedimientos.

Procedimientos:

Se parte de que los reguladores, las mangueras de oxígeno y acetileno estén conectados, para el mejor aprovechamiento del tiempo.

- Atornillar la punta de la manguera al cuerpo del soplete.
- Aflojar el tornillo de ajuste, girándolo en sentido contrario a las manecillas del reloj, en ambos reguladores, el de oxígeno y el de acetileno.
- Abrir completamente la válvula del cilindro de oxígeno.
- Abrir media vuelta la válvula del cilindro de acetileno.
- Al finalizar el trabajo cerrar la válvula del cilindro de acetileno.
- Cerrar la válvula del cilindro de oxígeno.
- Abrir la válvula de acetileno del soplete, para liberar la presión.
- Soltar el tornillo de regulación del regulador de acetileno, girándolo en sentido contrario a las manecillas de reloj.
- Cerrar la válvula de oxígeno del soplete.

Práctica #2 :

Objetivo: Encender y apagar el soplete para corte y soldadura.

Procedimientos:

- Abrir lentamente la válvula del acetileno, aproximadamente una y media vueltas. Abrir lentamente la válvula del cilindro de oxígeno.
- Abrir la válvula de admisión de gas combustible (acetileno) del soplete.
- Girar el tornillo del regulador de presión en sentido de las manecillas del reloj hasta que el manómetro indique la presión deseada, (tanque de acetileno).
- Cerrar la válvula de acetileno en el soplete.
- Abrir la válvula de admisión de oxígeno del soplete.
- Girar el tornillo del regulador de presión en sentido de las manecillas hasta que el manómetro indique la presión deseada, (tanque de oxígeno).
- Cerrar la válvula de oxígeno en el soplete.

Encendido del soplete:

- Abrir la válvula de entrada de gas combustible en el soplete.
Con ayuda del chispero, encender el soplete.
Una vez establecida la flama, abrir la válvula de oxígeno en el soplete.

Ajuste de la flama:

La flama se ajusta al tipo deseado (neutra, carburante u oxidante), abriendo o cerrando la válvula de oxígeno.

Apagado del soplete:

- Cerrar la válvula de admisión de gas combustible en el soplete.
- Cerrar la válvula de admisión de gas oxígeno en el soplete.
- Cerrar la válvula en el cilindro de acetileno.
- Cerrar la válvula en el cilindro de oxígeno.
- Abrir la válvula de acetileno en el soplete para liberar la presión.
- Aflojar el tornillo del regulador de acetileno en sentido contrario de las manecillas del reloj.
- Cerrar la válvula de acetileno en el soplete.
- Abrir la válvula de oxígeno en el soplete para liberar la presión.
- Aflojar el tornillo del regulador de oxígeno en sentido contrario de las manecillas del reloj.
- Cerrar la válvula de oxígeno en el soplete.

Práctica #3 :

Objetivo: Trazar un cordón de soldadura en posición plana.

Material:

Placas de acero dulce, laminadas en caliente (3 x 6 cm y 1/8" (0.32cm) de espesor)

Procedimientos:

- Seleccionar el tamaño de boquilla del soplete adecuado para soldar.
- Colocar la pieza de trabajo sobre la mesa en la posición más favorable para su depositación.
- Encender el soplete y ajustar a una flama neutra (trabajar de derecha a izquierda).
- Fundir el metal de base para formar un pocillo, procurándose que el cono interior del soplete no toque dicho pocillo.
- Mover el soplete en el sentido indicado, con movimientos oscilantes y uniformes. Cuando la velocidad es demasiado lenta, se corre el riesgo de sobrecalentar y quemar las piezas, creándose en ellas un agujero. Un pocillo pequeño indica que la velocidad de soldado es demasiado rápida. Un cordón correcto debe ser ancho, uniforme y libre de gotas colgantes.

Práctica #4 :

Objetivo: Trazar un cordón en posición plana usando material de aporte.

Material:

Placas de acero dulce, laminadas en caliente (3 x 6 cm y 1/8" (0.32cm) de espesor).
Varilla de soldadura de 1/8" (0.32cm) de diámetro.

Procedimientos:

- Colocar la pieza de trabajo de tal manera que favorezca la aplicación de la soldadura. Llevar acabo, la fusión tanto del metal base como la varilla de aporte al mismo tiempo. La posición del material de aporte es similar a la del soplete, solo que esta es sujeta con la mano contraria.
- Sostener la varilla apenas dentro de la envolvente exterior de la flama, mientras esta se concentra sobre una región del metal base para comenzar el cordón. Cuando comience a fundirse el metal, alimentar la varilla de soldadura undiéndola en el pocillo de metal fundido y moviendo simultáneamente la punta del soplete transversalmente.

Si se mantiene la flama demasiado tiempo en un solo lugar, el pocillo de metal fundido se hará muy profundo y podrá pasar al otro lado. Si esto ocurre, tratar de tapar el agujero antes de continuar.

Práctica #5 :

Objetivo: Depositar un cordón de soldadura en dos piezas de trabajo en unión a tope, usando material de aporte.

Material:

Placas de acero dulce, laminadas en caliente (3 x 6 cm y 1/8" (0.32 cm) de espesor)
Varilla de soldadura de 1/8" (0.32 cm) de diámetro.

Procedimientos:

- Colocar las piezas de trabajo en posición horizontal sobre la mesa de trabajo, dejando un entre hierro para la abertura de raíz, aproximadamente 1/14" (0.18 cm).
- Encender el soplete ajustándolo a flama neutra. Calentar las piezas de trabajo.
- Mantener el cono de la flama apuntando hacia el borde de avance del pocillo de metal fundido, asegurándose que el cono inferior no toque el metal fundido.
- Unir con puntos de soldadura los extremos de las dos piezas de trabajo dejando que se enfrien.
- Calentar ambas piezas de trabajo formando de nuevo un pocillo de metal fundido.
- Introducir la varilla de material de aporte tratando de mantener el cono de la flama entre la varilla y el pocillo.
- Oscilar el soplete y la punta de la varilla con movimiento lento, haciendo rodar la varilla de metal de aporte de un lado a otro de la junta.
- Avanzar con lentitud suficiente para permitir que el metal de base se funda completamente a lo largo de la sección transversal de la ranura.
- Continuar soldando hasta que ambas piezas de trabajo estén completamente fusionadas.
- Probar la soldadura colocándola sobre la porción elevada del yunque.

Práctica #6 :

Objetivo: Soldar juntas de esquina con o sin material de aporte.

Material:

Placas de acero dulce, laminadas en caliente (3 x 6 cm y 1/8" (0.32 cm) de espesor).
Varilla de soldadura de 1/8" (0.32 cm) de diámetro.

Procedimientos:

- Tomar dos de las placas de acero colocándolas sobre la mesa de trabajo, en ángulo recto.
- Encender el soplete y ajustarlo a flama neutra.
- Trabajar de derecha a izquierda calentando los bordes que forman la esquina, hasta formar un pocillo o punto de metal fundido. El cono interior de la flama no debe tocar el pocillo de metal fundido. Colocar un punto de soldadura en el extremo.
- Unir con otro punto de soldadura el extremo opuesto y deje enfriar los puntos.
- Crear una soldadura completa a lo largo de los bordes de la esquina, asegurándose de lograr una buena penetración; no sobre caliente el metal.
- Avanzar con lentitud suficiente para permitir que el metal de base se funda completamente a lo largo de la sección.
- Probar la soldadura colocándola sobre la porción elevada del yunque.

Práctica #7 :

Objetivo: Soldar una junta a traslape, en posición plana.

Material:

Placas de acero dulce, laminadas en caliente (3 x 6 cm y 1/8" (0.32cm) de espesor)
Varilla de soldadura de 1/8" (0.32 cm) de diámetro.

Procedimientos:

- Acomodar las láminas de manera que la superior quede trasiapada sobre la inferior por la mitad de su anchura y una por puntos de soldadura los extremos en la cara de la soldadura.
- Encender el soplete ajustándolo a flama neutra.
- Fundir la orilla de la lámina superior con un movimiento oscilatorio agregando varilla de metal de aporte, soldando hacia la izquierda hasta que ambas piezas de metal queden soldadas.
- El cono interior de la flama no debe tocar el pocillo de metal fundido.
- Probar la soldadura colocándola sobre la porción elevada del yunque.

Práctica #8 :

Objetivo: Soldar una junta en T.

Material:

Placas de acero dulce, laminadas en caliente (3 x 6 cm y 1/8" (0.32 cm) de espesor)
Varilla de soldadura de 1/8" (0.32 cm) de diámetro.

Procedimientos:

- Colocar una placa de metal en posición horizontal sobre la mesa de trabajo.
- La segunda placa metálica sobre un borde, colocándola en posición vertical a lo largo del centro de la placa horizontal. Calzar la placa vertical hacia arriba.
- Encender el soplete y ajustarlo a flama neutra.
- Agregar la varilla de material de aporte, entre el pocillo y el cono de la flama.
- Unir por puntos las dos piezas de placa metálica en ambos extremos dejando que se enfrien los puntos de soldadura.
- Comenzar a soldar por la izquierda calentando ambas piezas de metal, formando un pocillo de metal fundido.
- Introducir la varilla de metal de aporte entre el pocillo y el cono de la flama, dejando la varilla en el pocillo hasta que esté completa la soldadura.
- Oscilar lentamente el soplete y la punta, haciendo rodar la varilla de metal de aporte de lado a lado en dirección contraria a la de oscilación del soplete a lo largo de la abertura de la raíz.
- Mantener un avance con lentitud suficiente para permitir que el metal de base se funda completamente a lo largo de la sección.
- Continuar soldando las placas hasta que estén completamente unidas por fusión.
- Probar la soldadura colocándola sobre la porción elevada del yunque.

Práctica #9 :

Objetivo: Reconocer y nombrar todas las partes del soplete estandar oxiacetilénico para corte.

Equipo para corte:

Soplete estandar de corte
Boquillas de corte de diferentes tamaños
Cabezas de corte de diferentes ángulos
Limpiadores de puntas o boquillas de sopletes

Procedimientos:

- Ver los componentes, conocer las instrucciones que proporciona el equipo y aprender la nomenclatura correcta de todas las partes de un soplete estandar de corte.

Práctica #10 :

Objetivo: Preparar el metal para corte, a mano libre, con el soplete estandar de oxiacetileno.

Material:

Una placa de acero dulce (8x12 cm y 1/4" (0.64 cm) de espesor)

Procedimientos:

- Seleccionar la punta del soplete del tamaño correcto para cortar placa de acero de 1/4" (0.64 cm).
- Colocar la placa que se va a cortar sobre la mesa de trabajo, y usando el punto de marcar y un martillo de bola, marque la pieza de metal dividiéndolo en secciones.
- Encender el soplete y ajustarlo a flama neutra.
- Apuntar el soplete de corte de manera que la punta o boquilla quede en un ángulo de 45° respecto a la orilla de la placa de acero, y aproximadamente 1/16" (0.16 cm) por encima de la superficie de la placa.
- Mantener la flama de precalentamiento.
- Oprimir lentamente el gatillo para oxígeno de corte y simultáneamente comience a dar al soplete una posición tal que la boquilla de corte quede perpendicular a la superficie de la placa por cortar.
- Sostener el soplete con buen pulso, y llevarlo hacia usted con la suficiente lentitud para ir cortando el metal. Al realizar los cortes, deje enfriar todas las piezas de metal.

Práctica #11 :

Objetivo: Cortar biseles, a mano libre, en placa de acero de más de 1" (2,54 cm) de espesor, usando un soplete estandar oxiacetilénico para corte.

Material:

Una placa de acero dulce (4x6 y 1/4" (0.64 cm) de espesor)

Procedimientos:

- Seleccionar la boquilla de soplete del tamaño apropiado para cortar placa de acero de 1/4" (0.64 cm).
- Colocar la placa para cortar sobre la mesa de trabajo, dejar un borde saliente sujetándolo sobre el centro con prensas en forma de C en ángulo recto.
- Encender el soplete y ajustarlo a flama neutra.
- Calentar la placa de acero hasta lograr que el metal tome un color rojo brillante.
- Abrir lentamente y uniformemente la válvula del oxígeno para corte.
- Avanzar el soplete con una rapidez que permita hacer un corte limpio del metal.
- Mantener el soplete contra el ángulo de acero a toda la longitud del corte, haciendo un corte a bisel.

6.2 PRACTICAS DE SOLDADURA POR ARCO

Objetivo: El alumno será capaz de diferenciar las diversas partes que integran el equipo de soldadura eléctrica, así como la función que realiza cada elemento y seleccionar las ventajas de esa técnica comparada con otras técnicas.

Consideraciones Generales:

La soldadura por arco eléctrico es una técnica en la cual se unen dos piezas mediante un proceso de fusión por un arco eléctrico producido por corriente eléctrica que fluye a través de un electrodo y la pieza.

Una consideración importante es la medida y la corriente para diferentes electrodos. Esta medida depende de varios factores, tales como:

1. Espesor del material a soldar (ver figura 6.2)
2. Separación de los filos de unión.
3. Posición de la unión.
4. Habilidad del soldador.

**TABLA 6.2
ELECTRODOS CON LOS VALORES MAS RECOMENDADOS
PARA LOS ESPESORES DEL METAL**

ESPESOR DEL METAL:	MEDIDA DEL ELECTRODO:	CORRIENTE (Amp.)
Calibre 18	3/32"	50-80
Calibre 16	3/32"	50-80
Calibre 14	1/8"	90-135
Calibre 12	1/8"	90-135
Calibre 10	5/32"	120-175
3/16"	5/32"	120-175
1/4"	3/16"	140-200
5/16"	3/16"	200-275
3/8"	3/16"	200-275
1/2"	1/4"	250-350
3/4"	1/4"	250-350
1"	5/16"	325-400

Equipo requerido:

- Máquina para soldar CA/CD.
- Cabina de trabajo con su cortina protectora.
- Portaelectrodo.
- Electrodo.
- Grapa para tierra.
- Careta.
- Cepillo de alambre
- Martillo para picar.
- Tenazas.

Práctica #1 : Ensamble del equipo para soldadura de arco metálico protegido.

Objetivo: Aprender a preparar el equipo para soldar con arco metálico protegido.

Equipo:

- Ropa y equipo de protección (peto, polainas, guantes, careta)
- Máquina para soldadura de arco: incluyendo cables de tierra del portaelectrodo, sujetador o pinzas para tierra y portaelectrodo.
- Mesa de soldadura
- Martillo de rebabear para quitar escorias y salpicaduras.
- Cepillo de alambre para limpiar la zona soldada.

Material: Placa de acero dulce de (2 x 6 cm y 1/8" (0.32 cm) de espesor) y un electrodo E-6010.

Procedimiento:

- Asegurar que esté conectado el cable de tierra o terminal de trabajo entre la máquina y la pieza de trabajo.
- Conectar uno de los extremos del cable de tierra o terminal de la pieza de trabajo a la máquina de soldar y el otro a la mesa de trabajo.
- Conectar el cable del electrodo a la máquina de soldar
- Colgar el portaelectrodo en el gancho portacable, en donde no pueda ponerse en contacto con el cable de tierra.

Práctica #2 : Establecer y mantener un arco.

Objetivo: Aprender a establecer y mantener un arco.

Procedimiento:

- Colocar una placa plana de acero dulce sobre el banco. Cepillar hasta que quede libre de suciedad y escorias.
- Sujetar la terminal de tierra a la placa.
- Ajustar el amperaje de la máquina de soldar entre 120 y 140.
- Ajustar el electrodo en el portaelectrodo.
- Arrancar la máquina de soldar.
- Establecer el arco, raspando o tocando el metal base con el electrodo. La distancia entre el electrodo y el metal base debe ser igual al diámetro del electrodo. Si el electrodo se pega al metal base, un giro rápido hacia un lado lo libera. De no ser así extraer el electrodo del portaelectrodo parando la máquina y golpeando el electrodo para despegarlo.
- Sostener el electrodo perpendicularmente a la pieza de trabajo, con el extremo de soldar apuntando ligeramente hacia atrás, hacia el cráter.
- Mover el electrodo hacia adelante, sólo con la rapidez suficiente para depositar uniformemente el metal fundido (El ancho del cordón debe ser de alrededor 1 1/2 veces el diámetro del electrodo).
- No cambiar nunca el amperaje mientras el arco está sostenido. Si se requiere ajustar el amperaje es necesario apagar la máquina.
- Rebabeear perfectamente los cordones de soldadura y limpiar la zona soldada con un cepillo de alambre.

Práctica #3 : Formación de un recubrimiento con cordones ondulados.

Objetivo: Aprender a trazar cordones usando uno o más de los tres dibujos normales de ondulado.

Procedimiento:

- Colocar la placa de metal de acero dulce cepillándola hasta dejarla limpia de suciedad y escamas.
- Sujetar firmemente la terminal de tierra a la placa.
- Ajustar el amperaje de la máquina entre 120 y 140.
- Colocar el electrodo en el portaelectrodo.
- Encender la máquina de soldar.
- Establecer el arco y forme un pocillo de metal fundido.
- Hacer un cordón ancho, haciendo oscilar la varilla de un lado a otro (la oscilación se logra moviendo el electrodo hacia atrás y hacia adelante, transversalmente a la dirección del alambre y moviendo al mismo tiempo el electrodo hacia adelante, para hacer avanzar el cordón).
- Seguir haciendo cordones hasta que quede completamente cubierta la superficie plana.
- Limpiar la escoria existente.

Práctica #4 : Soldadura de una junta a tope de ranura escuadrada en posición plana.

Objetivo: Aprender a realizar una junta a tope con ranura escuadrada que sea aceptable en posición plana.

Procedimiento:

- Cepillar las placas de acero dulce hasta dejarlas limpias de suciedad y escamas colocándolas sobre el banco con sus bordes paralelas y separadas aproximadamente 1/4" (0.64 cm).
- Sujetar la terminal de tierra a una de las placas.
- Ajustar el amperaje de la máquina entre 120 y 140.
- Colocar el electrodo en el portaelectrodo.
- Encender la máquina de soldar.

- Unir con unas puntas de soldadura las placas en uno de sus extremos para mantenerlas alineadas, establecer un arco en el extremo opuesto del espacio y comenzar a soldar la junta a tope.
- Hacer un cordón sosteniendo el electrodo perpendicular a las placas, en un movimiento oscilatorio.
- Formar un cordón penetrando hasta el fondo de la ranura.
- Quitar la escoria y cepillar la soldadura con cepillo de alambre.

Práctica # 5 : Junta a tope de una ranura en V en posición plana.

Objetivo: Soldar una junta a tope de una ranura en V.

Procedimiento:

- Cortar a esmeril un bisel de 30° en dos piezas de acero dulce, a lo largo de sus lados.
- Colocar las piezas de acero sobre la solera de respaldo, con los bordes biselados paralelos no frente al otro, con un espacio de 1/8 (0.32 cm) aproximadamente entre ellos.
- Sujetar firmemente la terminal de tierra a una de las piezas de acero.
- Unir con puntas de soldadura el metal a la solera de respaldo en ambos extremos de la junta, para mantener alineadas las piezas.
- Establecer un arco y hacer un cordón sencillo para sellar el espacio entre las dos piezas de la junta.
- Limpiar perfectamente toda la escoria del primer cordón.
- La segunda capa y las capas subsecuentes, pueden depositarse usando un movimiento ondeado.
- Limpiar toda la escoria de la soldadura.

CAPITULO VII

PROPUESTAS DE LAS INSTALACIONES PARA EL TALLER DE SOLDADURA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM

7.1 DISTRIBUCION

La distribución o disposición del equipo (instalaciones, máquinas, etc.) y áreas de trabajo, es un problema inevitable para todas las plantas industriales. La distribución en planta determina la eficiencia y en muchos casos la supervivencia de la empresa.

"La distribución de planta consiste en seleccionar el arreglo más eficiente de las instalaciones físicas, con el fin de lograr la mayor eficiencia al combinar los recursos para producir un producto o servicio. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades y servicios, como el equipo de trabajo y el personal del taller".

7.1.1 OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCION

Existen lineamientos, principios y técnicas generales que si se aplican de una manera correcta, pueden conducir a una distribución eficiente, segura y satisfactoria para los empleados.

Si se establecen objetivos claros, precisos, rigurosos, armoniosos y medibles se logra una distribución de planta satisfactoria y mucho más económica que permitan maximizar el aprovechamiento de todos los recursos en una instalación.

Los objetivos básicos de una distribución de planta son:

1. Integración conjunta de todos los factores que afecten a la distribución.
2. Movimiento del material según distancias mínimas.
3. Circulación del trabajo a través de la planta.
4. Utilización efectiva de todo el espacio.
5. Satisfacción y seguridad de los trabajadores.
6. Flexibilidad de ordenación para facilitar cualquier reajuste.

7.1.1.1 Principio de la integración de conjunto

"La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte la óptima integración entre todas estas partes".

No es suficiente concebir una distribución adecuada sin tomar en cuenta equipos de protección contra fuego, humos y vapores, condiciones de ventilación apropiadas, así como otras muchas características de servicio que faciliten y favorezcan las operaciones. Todos estos factores deben integrarse en una unidad de conjunto, de forma que cada una de ellos este relacionado con los otros y con el total.

7.1.1.2 Principio de la mínima distancia recorrida

"A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta".

Todo proceso industrial implica movimiento de material; por más que se desee eliminarlo no se podrá conseguirlo por entero. Al trasladar el material en distancias cortas se ahorra tiempo y esfuerzo, es decir, se tratará de colocar las operaciones sucesivas inmediatamente adyacentes unas a otras, de esta forma se eliminará el transporte entre ellas, de tal manera que cada una de las actividades descargará el material en el punto en que la siguiente lo recoge.

7.1.1.3 Principio de la circulación o flujo de materiales

"En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales".

Este es un complemento del principio de la mínima distancia a recorrer. Significa que el material se moverá progresivamente de cada operación o proceso al siguiente, hacia su terminación con un mínimo de interrupciones, interferencias o congestiones con otros materiales u otras piezas del mismo conjunto.

7.1.1.4 Principio del espacio cúbico

"La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal".

Una distribución implica la ordenación de los diversos espacios ocupados por los hombres, material, maquinaria, y los servicios auxiliares. Todos ellos tienen tres dimensiones; por ello, una buena distribución debe aprovechar el espacio libre existente por encima de nuestras cabezas o bajo el nivel del suelo.

7.1.1.5 Principio de la satisfacción y de la seguridad

"A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores".

La satisfacción del trabajador es un factor esencial, ya que un trabajador motivado trabajará mejor y nos proporcionará mejores resultados.

La seguridad es un factor de gran importancia en la mayor parte de las distribuciones y vital en algunas. Una distribución nunca es efectiva si se somete a los trabajadores a riesgos o accidentes.

7.1.1.6 Principio de la flexibilidad

"A igualdad de condiciones, siempre será más eficiente la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes".

Este punto es esencial en la sobrevivencia de una empresa. A medida que los descubrimientos y avances tecnológicos evolucionan rápidamente, exigen a la industria que siga el mismo ritmo de su avance. Esto implica cambios frecuentes, ya sea en el diseño del producto, proceso, equipo, producción.

7.1.2 PLANEACION DE LA DISTRIBUCION

Planear no es una tarea fácil ya que existen un sin número de distribuciones potencialmente buenas que se han echado a perder. La culpa recae generalmente en el hombre que la proyecta. Puede incurrir en la equivocación de dar muchos detalles por conocidos y pasar por alto muchas características vitales.

La distribución de planta implica un análisis objetivo basado en verdades o hechos reales, por ello es necesario contar con una metodología perfectamente comprobada para alcanzar nuestros objetivos. Este deberá incluir los siguientes puntos:

1. Definir el objetivo de la instalación que se va a diseñar.
2. Especificar las actividades primarias que habrá de realizarse.
3. Especificar las actividades asociadas necesarias para apoyar a las actividades primarias.
4. Determinar las necesidades de espacio para todas las actividades.
5. Determinar las interrelaciones de todas las actividades.
6. Generar distribuciones alternativas.
7. Evaluar distribuciones alternativas.
8. Terminar y poner en práctica la distribución.

7.2 VENTILACION

Se entiende por "ventilar" a la acción de renovar el aire del interior de un recinto, lugar o local y sustituirlo por aire fresco. Cuando el aire en un local o recinto no es extraído o renovado se contamina y enrarece debido a la presencia de polvos, olores, gases y cuanto elemento perjudicial o contaminante pueda contener el ambiente encerrado o estancado. De no ventilarse el lugar, la respiración en el humano se hace difícil y molesta afectando directamente su salud, el buen desempeño y aprovechamiento de las actividades que se realicen.

La masa de aire que se necesite renovar para efectuar una buena ventilación depende de diversos factores, entre los que se pueden mencionar:

- Dimensiones, arquitectura y características del local a ventilar.
- Cantidad de calor generado que hay que eliminar o disipar.
- Granulometría y cantidad de sólidos en suspensión que hay que expulsar.
- Cantidades y tipos de gases y/o humos generados en el local.
- Actividades específicas que se realicen y número de personas en el local.

Cabe señalar que el término "ventilar" implica lo señalado anteriormente y no involucra términos tales como: humedad y temperatura que son términos con una tendencia a ser aplicados al aire acondicionado.

7.2.1 TIPOS DE VENTILACION

De acuerdo a como se suministre o extraiga el aire la ventilación de un local puede efectuarse de las siguientes formas:

- Extracción de aire enrarecido del local.
- Suministro de aire fresco hacia el local.
- Mezcla extracción-suministro en un sólo sistema de ventilación.

El primer sistema consiste en colocar estratégicamente en el local, un número determinado de ventiladores-extractores que toman el aire del interior y lo expulsan al exterior. La ubicación de los ventiladores puede ser en paredes, ventanas o en el techo. Ver figuras 7.2.1.1, 7.2.1.2 y 7.2.1.3.

Para favorecer el flujo de aire, es necesario que existan puntos o huecos en el mismo local que permitan la entrada de aire; es deseable que la entrada de aire al interior sea en mayor cantidad que la masa de aire expulsada al exterior por los ventiladores. Ventanas, puertas, rendijas y preferentemente toberas pueden ser estos huecos que permitan la entrada de aire hacia el local. Puede darse la posibilidad de colocar equipos anticontaminantes que depuren al máximo el aire enrarecido que se expulsa a la atmósfera, mientras que se dificulta la colocación de equipos que filtren el aire de entrada.

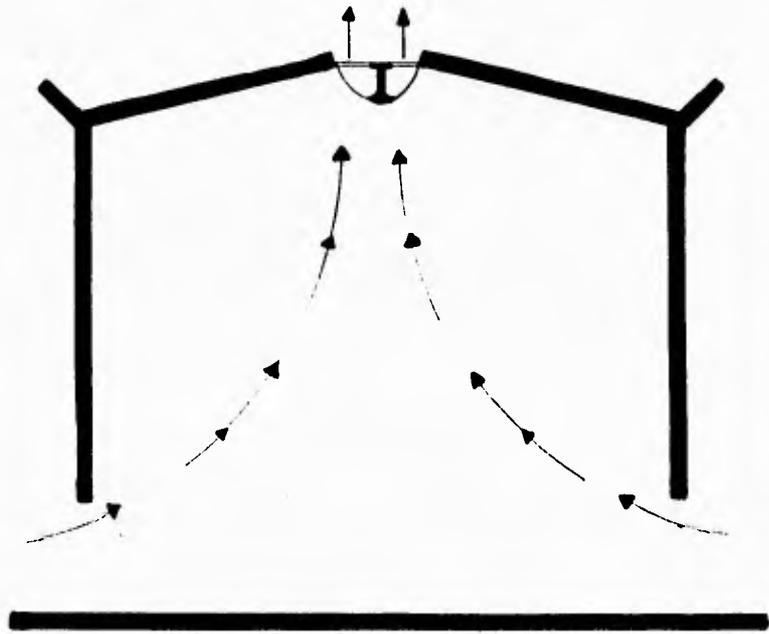


Fig. 7.2.II. Ventilación por depresión de tipo ascendente

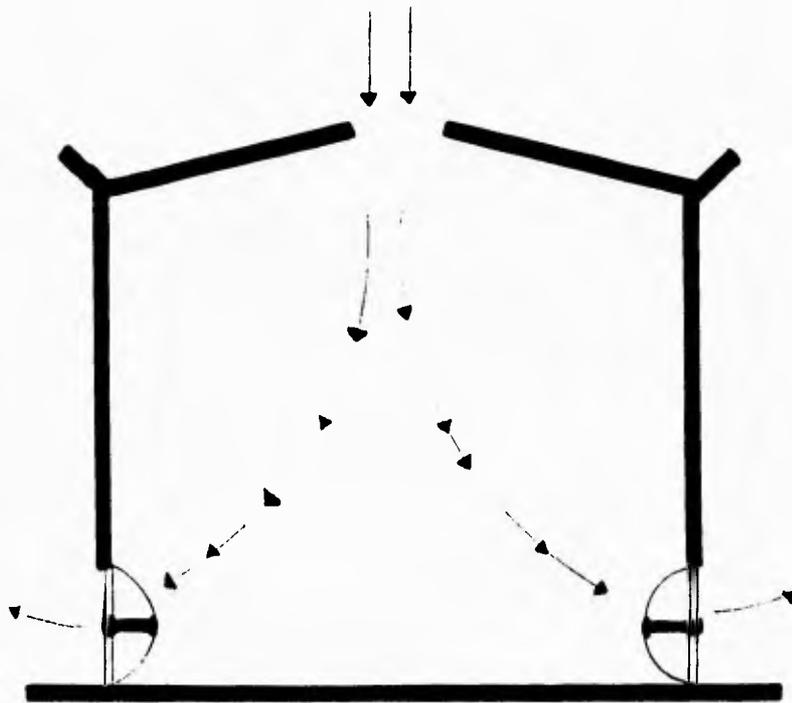


Fig. 7.2.I.2. Ventilación por depresión de tipo descendente

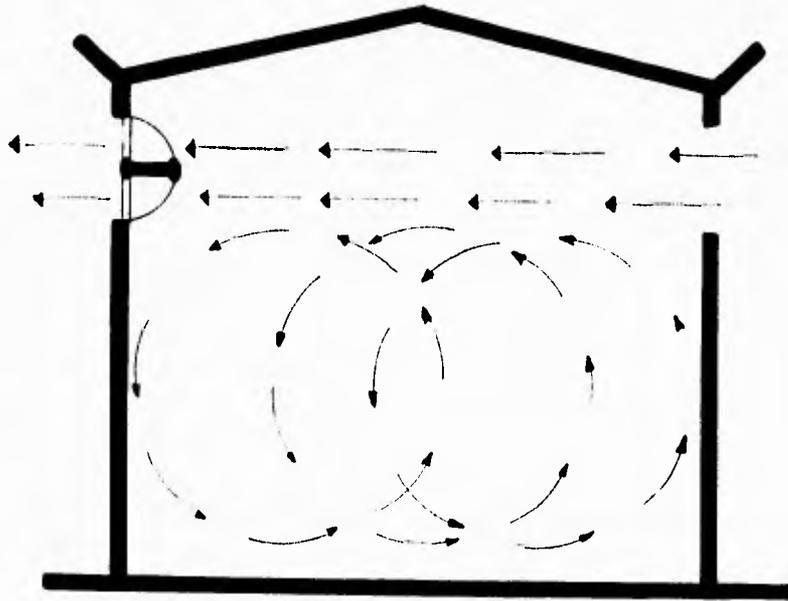


Fig. 7.21.3. Ventilación por depresión de tipo cruzado

En el sistema de suministro de aire fresco al local, los ventiladores captan aire limpio del exterior y lo expulsan hacia el interior del local. Debido al desarrollo de una sobrepresión de los ventiladores, el aire inyectado al interior empuja al aire enrarecido al exterior evacuándolo por huecos previstos para tal fin. Un detalle en este sistema es que debido a la sobrepresión del aire en el interior, se impide la entrada de gases o aire por huecos que no habían sido considerados para este fin. Los huecos que sirven para evacuar el aire impuro pueden ser puertas, ventanas y rendijas, aunque pueden colocarse salidas de aire y controlar así un poco la evacuación. Así mismo, se favorece la colocación de filtros en el ventilador los cuales servirán para eliminar las partículas y contaminantes que pueda presentar el aire del exterior e inyectar al recinto aire de una pureza más alta. Ver figuras 7.2.1.4, 7.2.1.5 y 7.2.1.6.

Debido a que se suministra aire, esto puede facilitar el control de entrada de aire al recinto y a su vez, favorece el que se pueda redistribuir a diferentes cantidades y zonas de acuerdo a las necesidades del local para renovar en forma adecuada y eficaz las masas de aire en el interior.

En el sistema de extracción-suministro intervienen los dos sistemas de ventilación anteriormente descritos, sólo que en este sistema interviene un análisis profundo para su aplicación debido a la presencia de entrada y salida de masas de aire; por un lado se tiene ventiladores-extractores que evacúan el aire enrarecido provocando depresiones, por otro lado se cuenta con ventiladores impulsores que suministran aire al interior provocando sobrepresiones, como resultado de este sistema se tendrá en el local zonas de presión y depresión lo que puede favorecer la presencia de corrientes de aire imprevistas o indeseables, sin embargo, siempre se buscará que los ventiladores-impulsores suministren una masa de aire mayor (aprox. 20 a 25 % más) que la masa de aire enrarecido evacuada por los ventiladores-extractores, así se conseguirá que en local exista una cierta sobrepresión y la eficiencia del sistema se incrementa. Finalmente cabe mencionar que en ambos tipos de ventiladores pueden dotarse de filtros o sistemas anticontaminantes que favorecerán las condiciones ambientales interna y externa. Ver figuras 7.2.1.7 y 7.2.1.8.

Otra manera de clasificar a los sistemas de ventilación es por los mecanismos usados y su disposición en local a ventilar:

- Ventilación natural
- Ventilación mecánica
- Ventilación localizada

La ventilación natural se logra efectuar principalmente por la conjugación de factores físicos, el más importante es la presencia del movimiento de aire en el ambiente.

Cuando existe diferencia entre el exterior y el interior del local, de condiciones como la temperatura, la altura y la presión en conjugación con el movimiento de masas de aire la ventilación natural puede efectuarse fácilmente, este tipo de ventilación puede favorecerse aún más si el diseño, geometría o configuración del local es tal que pueda captar esos aires en movimiento.

La ventilación mecánica se efectúa con ayuda de ventiladores impulsores o extractores de aire que puedan operar en lugares estratégicamente colocados. Cuando se trata de ventiladores-extractores, en ocasiones se utiliza una serie de campanas conectadas por medio de una red de tuberías a un extractor. El extractor debe contar con una potencia tal que ayude a evacuar el aire enrarecido y logre además suplir las pérdidas de presión debido a la tubería. Para el caso del suministro de aire al interior, el ventilador-impulsor debe proporcionar las presiones y flujos necesarios para cada una de las secciones consideradas y si el aire es distribuido a través de una tubería se debe vencer la resistencia que esta pueda oponer al distribuirse el aire en todo el local.

En la ventilación localizada lo que se trata de hacer es captar los gases, polvos o humos en el mismo lugar de la generación ya sea por medio de campanas o colectores, tuberías flexibles o fijas y si es posible colocar filtros al extractor de tal forma que la evacuación sea capaz de captar en su totalidad los contaminantes generados; finalmente los gases evacuados deben expulsarse al exterior lo más depurados posible.

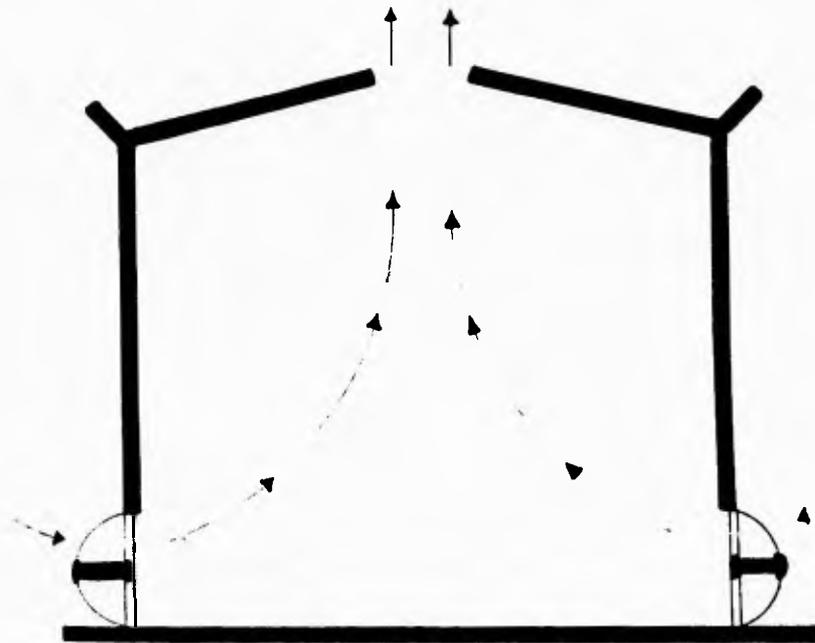


Fig. 7.2.1.4. Ventilación por sobrepresión de tipo ascendente

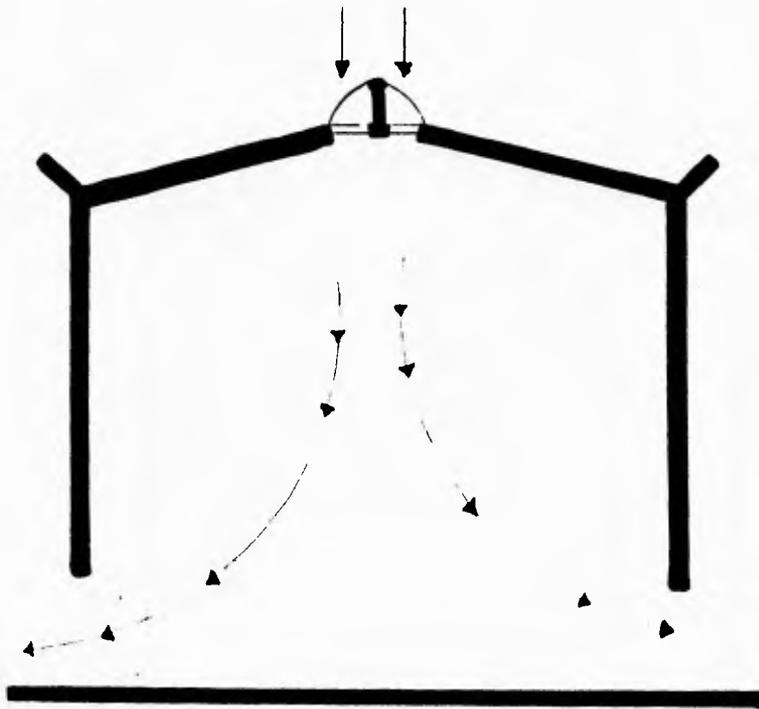


Fig.7.21.5. Ventilación por sobrepresión de tipo descendente

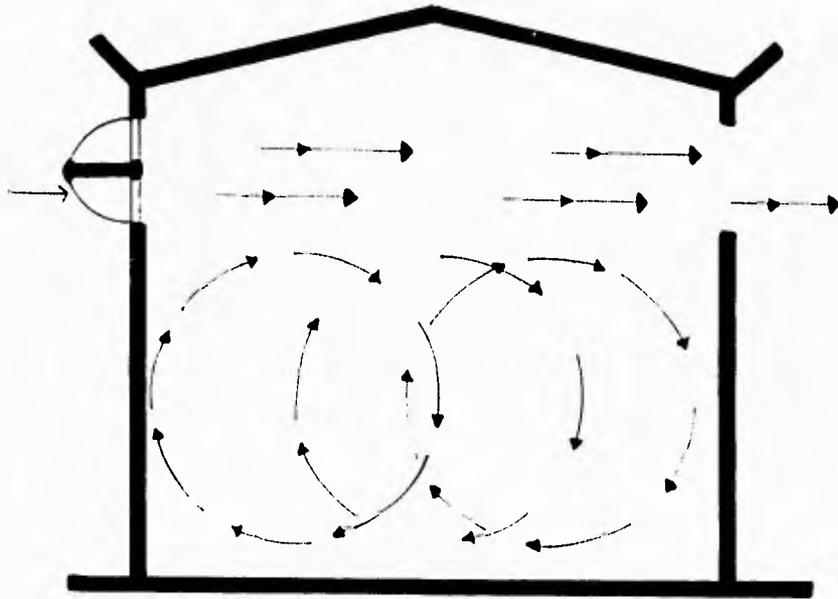


Fig. 7.2.1.6. Ventilación por sobrepresión de tipo cruzado

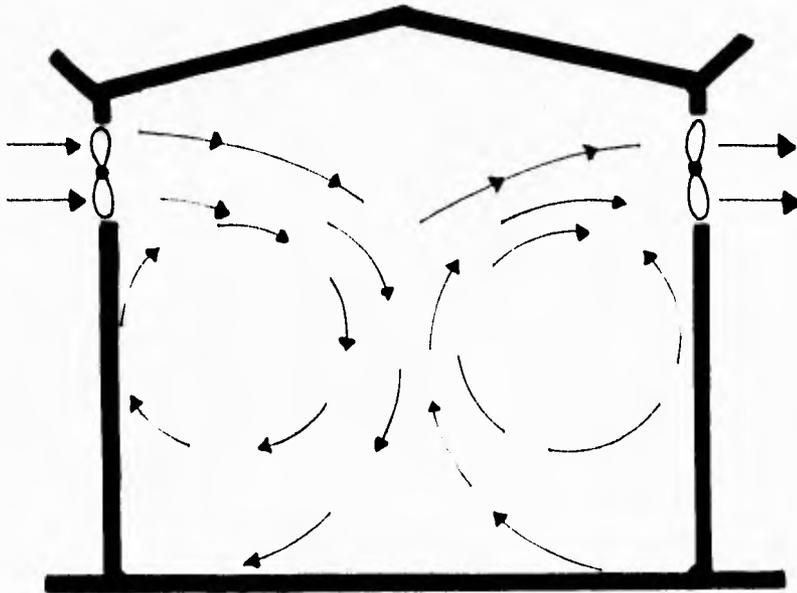


Fig. 7.2.1.7. Extracción-impulsión. Aire aspirado e inyectado a baja velocidad

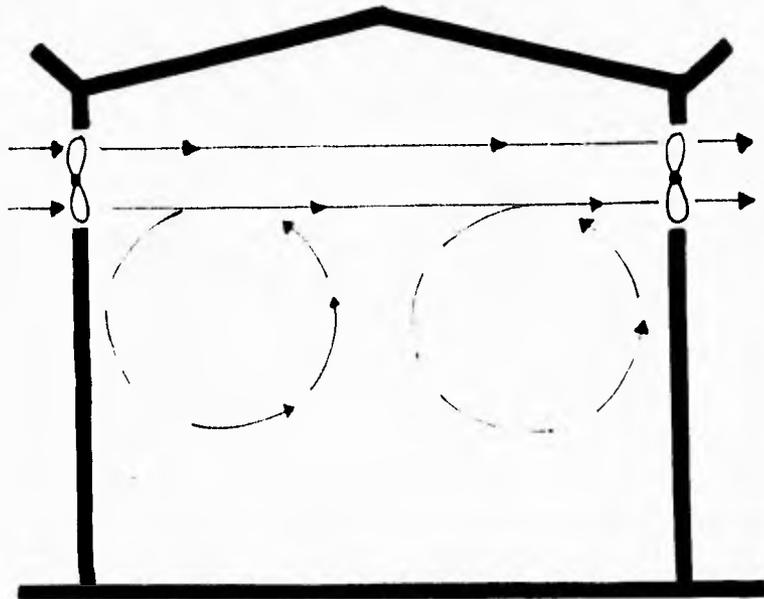


Fig. 7.2.1.8. Extracción-impulsión. Aire aspirado a baja velocidad y aire inyectado a alta velocidad

7.2.2 TIPOS DE VENTILADORES

Ventiladores axiales o helicoidales. En esencia es un ventilador axial, la corriente del fluido gaseoso a impulsar es paralela al eje longitudinal del giro de la hélice. La característica de estos ventiladores es la impulsión o extracción de grandes volúmenes de fluido pero a baja presión. Esta característica hace que sea apropiado para suministrar grandes caudales de aire con mínima diferencia de presión siendo ampliamente usados en grandes locales o instalaciones en donde se requiere de grandes masas de aire por mover. Entre otras ventajas se puede mencionar la facilidad de colocarse ya sea en muros o ventanas y la flexibilidad de suministrar o extraer el aire de un local con tan sólo invertir la dirección de giro, una ventaja más es la de no provocar turbulencia cuando esta podría ser indeseable.

El ventilador centrífugo. Lo conforma principalmente una turbina y una carcasa llamada voluta. La turbina es en sí un rotor provisto de una serie de álabes radiales y la cual se encuentra envuelta por la boluta. La boluta en su interior está diseñada en forma de una envolvente semejante a una espiral, cuenta con dos bocas, una de aspiración situada paralelamente a la cara de la turbina y la segunda es una salida de impulsión colocada tangencialmente con respecto al giro de la turbina.

Debido a la fuerza causada por los álabes al girar la turbina, el fluido es captado por la boca de aspiración e impulsado hacia la periferia en donde la envolvente lo recoge y por su mismo diseño, lo conduce y concentra hacia la boquilla de impulsión.

La acción de los álabes crea una depresión en la boquilla de aspiración, el fluido entra entonces al ventilador y en esa misma cantidad es arrojado o impulsado; de ahí que estos ventiladores sólo sean útiles para extraer o impulsar pequeñas cantidades de fluido pero con una gran diferencia de presión, siendo adecuados especialmente para una ventilación localizada.

Existe otro factor importante que influye en la selección de un ventilador, este es el nivel sonoro desarrollado por el ventilador, es decir, es el nivel de ruido o ruido máximo admisible generado en la operación del ventilador. Debido a que el ruido es un factor contaminante que influye en el bienestar personal y social de la gente que se encuentre o trabaje en cercanía donde operan ventiladores se espera éste opere lo más silencioso posible. En esto intervienen aspectos de diseño tales como el que sus elementos rotativos se encuentren totalmente equilibrados estática y dinámicamente, las aletas deben estar perfectamente moldeadas y correctamente montadas con tolerancias mínimas.

La transmisión a través de correas suelen ser más silenciosa que un acoplamiento directo al motor; el aislamiento y soporte del ventilador en el suelo o pared se prefiere que sea de un material elástico. Otros aspectos independientes al ventilador son la presencia de aire turbulento, sacudidas, etc. La distribución será más uniforme si se evitan estas turbulencias; la velocidad de operación también influye en el nivel sonoro y ambas variables están relacionadas en forma proporcional.

7.2.3 APLICACIONES EN SOLDADURA

En los últimos años, el soplete utilizado en soldadura GMAW ha sido objeto de sumo interés tratando de que este sea cada vez de mejor calidad, más funcionable y durable.

Dicho interés condujo a diseñar sopletes enfriados a base de agua hasta la necesidad de eliminar los humos generados durante el proceso, para lo cual se idearon dos formas de combatirlos presentando sus ventajas a sí como sus desventajas. El primero emplea una boquilla móvil la cual extrae los humos en la cercanía del arco. Entre sus ventajas está su flexibilidad y movilidad además de no afectar el tamaño del soplete, sin embargo, presenta el inconveniente de no aprovechar su movilidad y flexibilidad, ya que comúnmente el soldador no hace uso de la boquilla durante la operación, adicionalmente a una distancia de 30 cm del arco, la capacidad de extraer humo es nula.

El segundo sistema utiliza un dispositivo de succión integrado al propio soplete, teniendo la ventaja de seguir continuamente la trayectoria del arco, además de no permitir que el humo alcance el área de respiración del soldador.

Este sistema, debido a su nueva adaptación, se enfrenta al problema de peso y dimensión, provocando dificultad al establecer y controlar el arco creando además otros problemas técnicos.

Tales boquillas de extracción existen en dos tipos. En la primera el sistema de extracción está sujeto al soplete soldador, el cual presenta serias deficiencias tecnológicas. En el segundo tipo (extracción de humo integrado), es un diseño completo sin necesidad de adaptarse como la primera boquilla, además de estar especialmente diseñado para la extracción.

Las desventajas mencionadas en un principio se han tratado de eliminar haciendo mejoras en el diseño, el peso y las dimensiones se han disminuido notablemente, al grado de ser un incremento ligero, el cual se compensa con el buen balance que este presenta durante la operación. Ver figura 7.2.3.1.

Por otro lado, la manguera de extracción que se conecta a la manguera de soldar es muy suave y está fijada a una manija con conexión giratoria lo cual reduce las cargas de flexión y torsión ejercidas durante la operación. Existen accesorios para este tipo de sopletes entre los cuales se cuenta con una boquilla en forma de cono para no obstaculizar la visión del soldador así como protecciones hechas de cuero para proteger a la manguera de objetos cortantes, piezas de trabajo calientes o salpicaduras de la soldadura.

El humo de la soldadura se crea en tres formas diferentes. A partir del arco de las salpicaduras de la soldadura y humo generado de la superficie aceitosa o superficie de desechos. De estos tres casos, el soplete solamente puede capturar en su mayoría el humo generado por el arco; el generado por las salpicaduras de la soldadura es imposible evacuarlo por medio de la boquilla de succión, por la lejanía en que ocurre esto.

La capacidad para extraer el humo depende en gran parte de la posición en que la junta a soldar se encuentre así como la corriente a utilizar para soldar. Cuando las juntas son cerradas, es más fácil su extracción en comparación con las abiertas. Cuando se utiliza una corriente alta, se genera más humo con flujo térmico más rápido lo que hace que la extracción sea más fácil. Este tipo de sopletes para soldadura con sistema de extracción integrado tiene una eficiencia de 70 a 85 % a absorber los humos generados.

7.2.4 NUMERO DE RENOVACIONES DE AIRE RECOMENDADAS

Hablando de soldaduras en escuelas y principalmente en laboratorios y talleres, los requerimientos de ventilación recomendadas en dm³/s y por persona son mínimo cinco y máximo siete. Especialmente para talleres en donde se opere soldadura, las renovaciones necesarias recomendadas por hora son de 15 a 25.

7.3 ILUMINACION

Este factor juega un papel muy importante, ya que en el recae el buen desempeño y desarrollo de la persona en su actividad, además de que una adecuada y buena iluminación facilita cualquier actividad.

Siempre que se requiere iluminar una zona ya sea interior o exterior, el problema radica en obtener una buena iluminación con el menor consumo de energía eléctrica encontrándose siempre los factores de eficiencia luminosa, estética y por supuesto economía: es decir, cantidad de luz, calidad de la luz y costo de ésta.

La iluminación es definida como flujo luminoso (medido en lúmenes) por unidad de superficie y su unidad de medida es el lux. Ver figura 7.3.1. Para tener una visión más clara de la cantidad de iluminación que nos daría un lux se exponen los siguientes ejemplos:

En una noche oscura tendremos	0.01 lux
Cuando hay luna llena tendremos	0.20 lux
Alumbrado público en las calles	hasta 20 lux
Una oficina bien iluminada	500 lux
Un aparador con buena iluminación	hasta 3000 lux
Un día claro en donde el cielo este nebuloso	hasta 20 000 lux
Iluminación general en soldadura (Ver figura 7.3.2)	540 lux
Soldadura de arco de precisión (obtenida a partir de la combinación de iluminación general con iluminación especializada complementaria).	10 800 lux

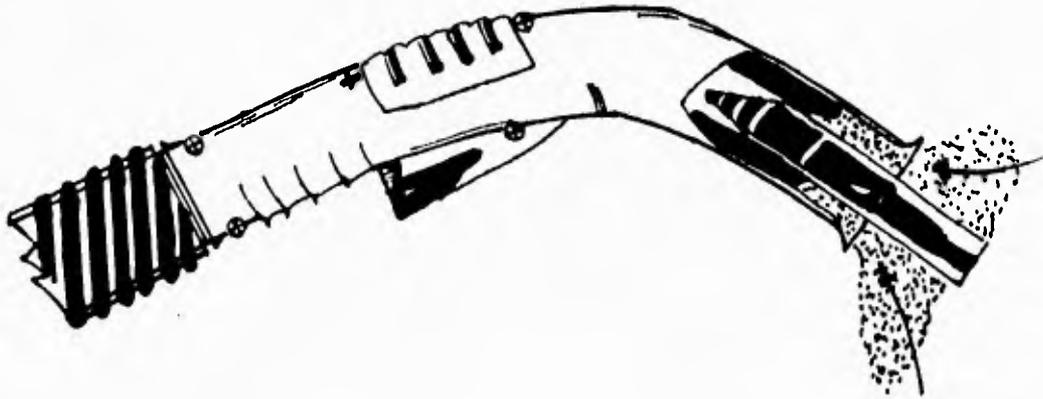


Fig. 7.2.3I. Soplete para GMAW con extracción incluida

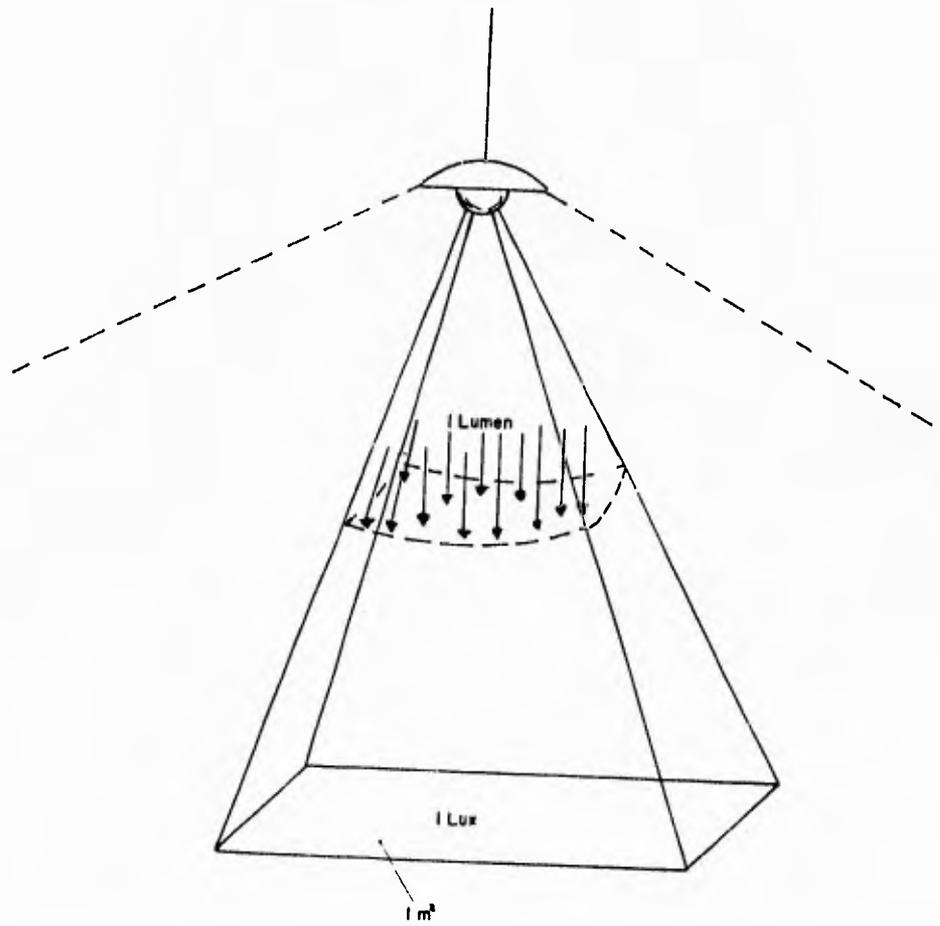


Fig. 7.3.i. Conceptos de lumen y lux



Fig. 7.3.2. Iluminación en soldadura

Existen dos grandes grupos de fuentes de iluminación: lámparas de incandescencia y lámparas fluorescentes.

Las lámparas incandescentes están compuestas por un delgado filamento de tungsteno. Este filamento es llevado al punto de incandescencia por el paso de una corriente eléctrica.

Su campo de aplicación es llevado a iluminación general y localizada. Cuando se este usando lamparas normales de 100 a 300 watts no es conveniente sobrepasar los 3 o 4 metros de altura, en dado caso, se utilizará otras fuentes luminosas.

Las lámparas fluorescentes están compuestas por un tubo de vidrio en cuyos extremos se tiene colocados 2 electrodos. Cuando se le aplica una diferencia de potencial el gas sufre una excitación y produce el fenómeno de luminancia. En este tipo de lámparas tenemos las llamadas fluorescentes con encendido rápido y encendido retardado (slimline). Este tipo de lamparas es utilizado para iluminación general, civil e industrial. Su montaje no debe sobrepasar de 4 a 6 m., pues resultaría inconveniente.

7.4 PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE SOLDADURA EN LOS TALLERES DE SOLDADURA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNAM

Como se pudo observar en las investigaciones y visitas realizadas a diferentes instituciones educativas en donde se imparte la práctica de la soldadura, notamos ciertas deficiencias en la mayoría de las instalaciones, ya que se tienen limitaciones en cuanto a la superficie, equipo, ventilación, iluminación y métodos de enseñanza que traen consigo problemas para poder llevar a cabo buenas prácticas y adquirir el conocimiento necesario en lo referente a la soldadura.

Si se comparan las instalaciones de soldadura de la Facultad de Ingeniería con las otras instituciones se puede considerar que están en una situación privilegiada. A pesar de todo esto las instalaciones con las que se cuentan actualmente no son las adecuadas para la realización de las prácticas, ya que se cuenta con una mala distribución de las casetas de trabajo, tienen diferentes dimensiones, equipos de soldadura en mal estado, mala iluminación, ventilación casi nula y la falta de exigencia por parte del instructor trae consigo que el aprovechamiento de los conocimientos teóricos y prácticos sean escasos para los alumnos.

Analizando esta situación, es necesario realizar cambios en el taller de soldadura para obtener un mayor aprovechamiento de las instalaciones y favorecer un mejor aprendizaje, seguro y efectivo en la práctica de la soldadura.

Para llevar a cabo esta tarea es necesario tratar por separado cada problema existente dentro de las instalaciones de soldadura, generar alternativas de solución, escoger la solución(es) adecuada(s) e implantarla(s) y posteriormente enlazar todas las partes que generan el sistema para lograr con ello el mejor aprovechamiento de los recursos con que se cuente.

7.4.1 PRIMERA PROPUESTA PARA EL TALLER DE SOLDADURA

1. DISTRIBUCION

El objetivo que se persigue en esta primera propuesta es realizar los cambios que se consideren necesarios y favorables, sin que estos representen altos costos monetarios. Tomando como referencia la situación actual de las instalaciones del taller (Ver figura 7.4.) se considera lo siguiente:

- La zona destinada para soldadura autógena u oxiacetilénica no tendrá cambio alguno.
- Para soldadura eléctrica se realizará un reordenamiento de casetas que estará determinado por el tipo de proceso, con el fin de dejar el mayor espacio para aquellos procesos en donde existe un número mayor de alumnos por falta de equipo.

Las casetas estarán ordenadas de manera ascendente y de acuerdo al proceso que será del 1 al 10 de izquierda a derecha. Las primeras 3 casetas serán para el proceso GMAW, la cuarta para GTAW, la quinta caseta para SMAW, la sexta para PAW y las últimas cuatro corresponderán al proceso SMAW. Ver figura 7.4.1

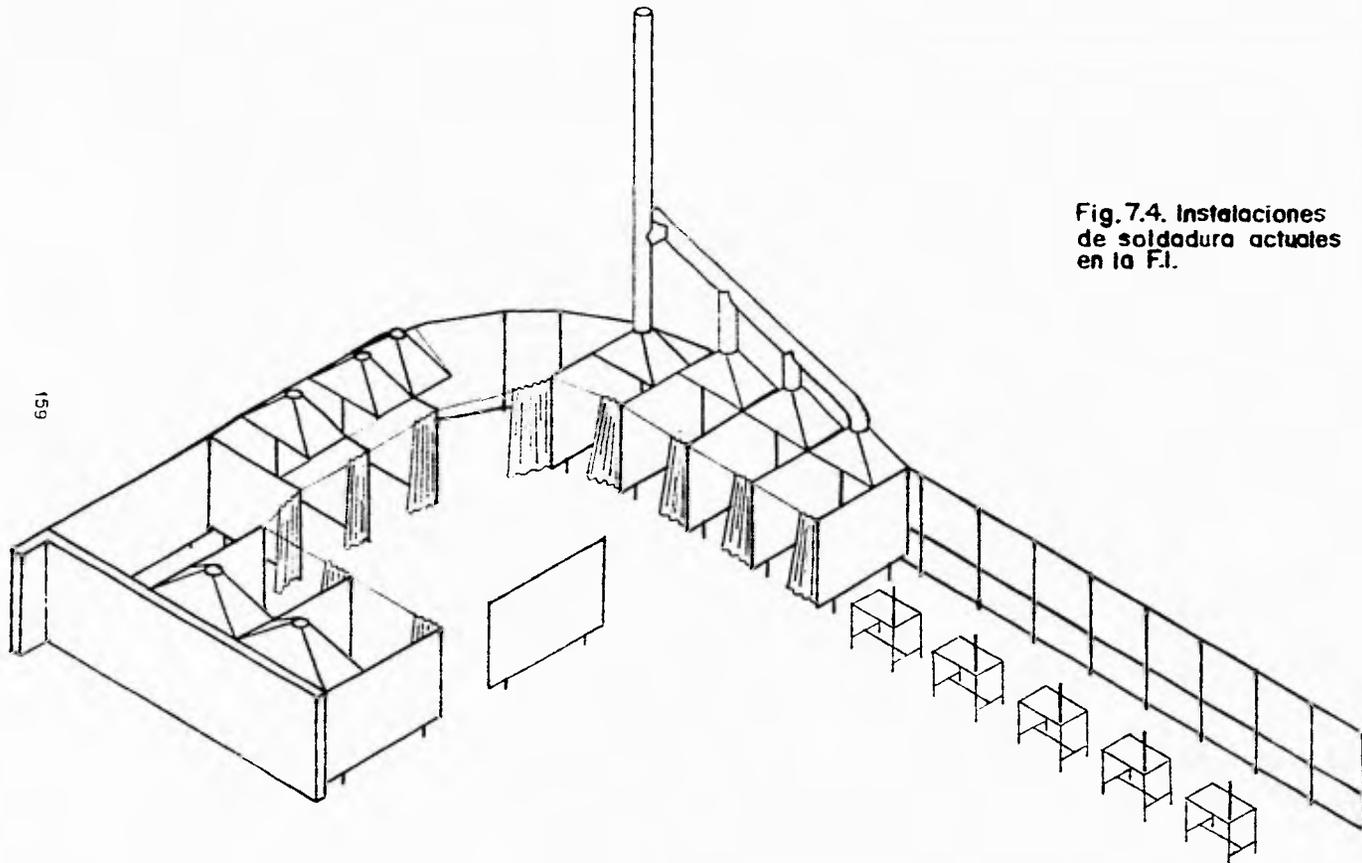
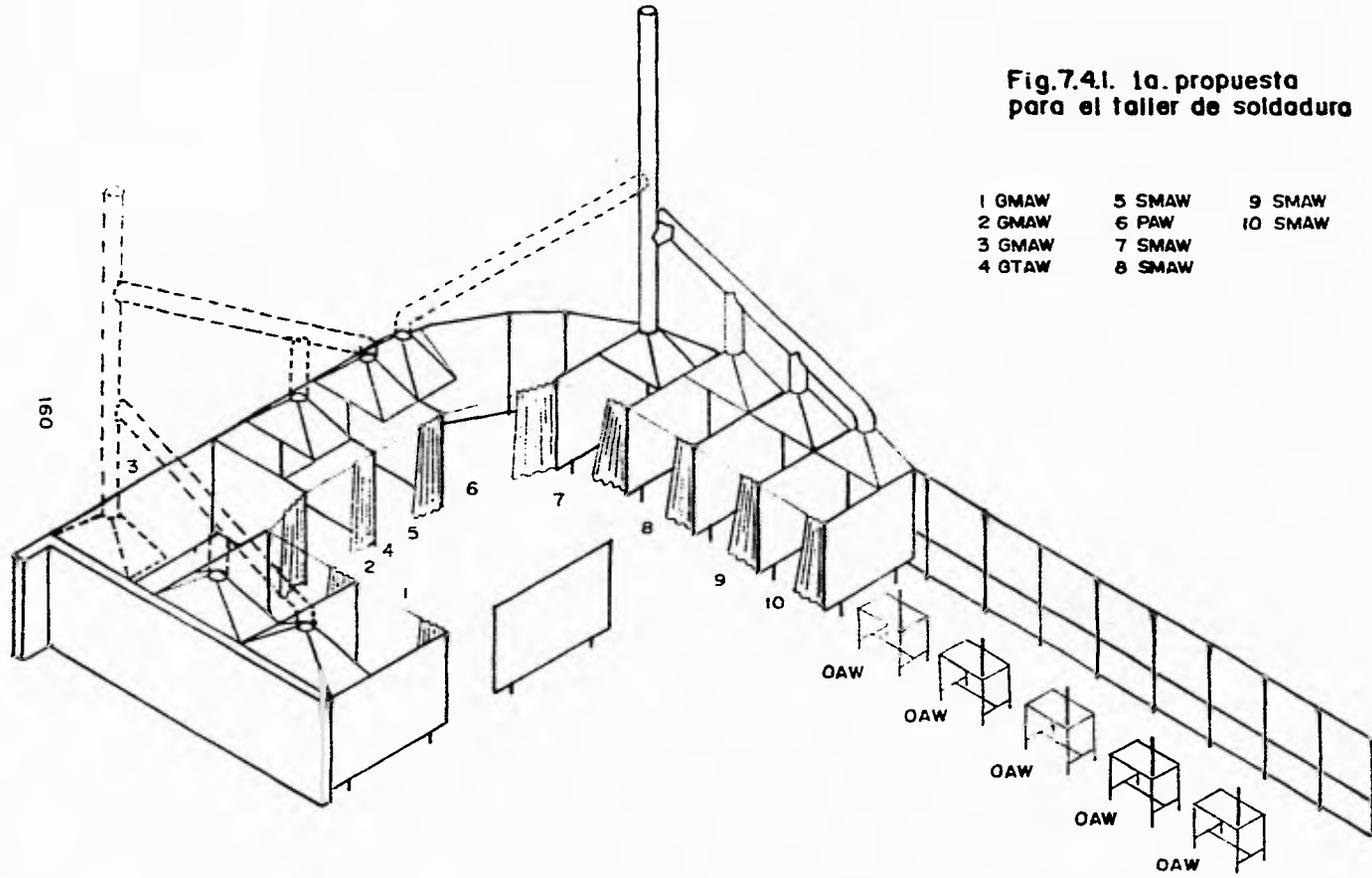


Fig.7.4. Instalaciones de soldadura actuales en la F.I.

159

Fig.7.4.i. 1a.propuesta
para el taller de soldadura



2. INSTALACIONES

Como no se realizan cambios considerables en las instalaciones, se hace notar lo siguiente.

En soldadura eléctrica:

- Evitar conexiones simultáneas de AC con DC en una misma línea trifásica.
- Colocar interruptores individuales en cada caseta que controlen el equipo eléctrico, la iluminación y la ventilación a la vez.

En soldadura autógena:

- Instalaciones lo menos riesgosas y más apropiadas para los tanques de oxígeno y acetileno para evitar caídas y el contacto con la flama del soplete.

3. VENTILACION

Terminar de diseñar los ductos de ventilación en soldadura eléctrica.

En soldadura eléctrica proponemos que cada caseta cuente con una campana que este conectada a una red de ductos que favorezcan la extracción por medio de ventiladores centrífugos.

En soldadura autógena se considera seguir trabajando como hasta ahora se ha hecho ya que el implementar un sistema de extracción no resultaría costeable debido a la ubicación en que se encuentran las mesas de trabajo, lo cual dificultaría el establecimiento de dicho sistema. Además, la altura del taller favorece una dispersión y salida de los pocos gases generados en el proceso.

4. ILUMINACION

- Colocar lámparas individuales en cada campana de extracción para cada caseta de soldadura eléctrica con el fin de proporcionar la iluminación adecuada. Proponiendo lámparas incandescentes para este caso.
- La existente para soldadura autógena no requiere de una iluminación especial dado que resulta suficiente, o en su caso, colocar lámparas fluorescentes para cada mesa de trabajo.

5. EQUIPO

En soldadura eléctrica se propone no adquirir equipo nuevo, ya que con el que se cuenta es suficiente para no elevar el costo de las instalaciones; solo se requiere distribuirlo de manera eficiente y ubicar cada proceso en casetas específicas dependiendo del uso. Se requiere llevar un programa de mantenimiento preventivo con el fin de garantizar una mayor eficiencia en la operación del equipo y evitar posibles fallas en las máquinas. El equipo debe contar con todas las normas vigentes.

En soldadura autógena se debe de adquirir un par de equipos con el fin de obtener un máximo aprovechamiento del tiempo para la práctica por el alumno y elevar su nivel y tiempo de adiestramiento.

Así como contar con el equipo apropiado de protección para soldadura eléctrica y autógena.

6. SEGURIDAD

En soldadura eléctrica se requiere tomar las siguientes medidas necesarias para protección de los trabajadores y alumnos como son:

- Protección contra corto realizando conexiones correctas.
- Definir las áreas de trabajo.
- Contar con equipo de protección completo.
- Contar con carteles alusivos a la seguridad.
- Contar con indicaciones y etiquetas de prevención.

En soldadura autógena se requiere tomar en cuenta como principales puntos los siguientes:

- Implantar dispositivos de sujeción para los tanques.
- Verificar que estén en perfecto estado las válvulas y mangueras.
- Colocar extintores en zonas estratégicas.
- Carteles alusivos para la protección de los trabajadores y alumnos.
- Etiquetas de prevención.
- Definir las áreas de trabajo.
- Contar con equipo de protección completo.

VENTAJAS

- La implementación de esta propuesta implica tener costos y tiempo mínimo para realizar las modificaciones.
- Se tendrá un orden e identificación de procesos por casetas para soldadura eléctrica.
- Se contará con un sistema de extracción de humos evitando su acumulación dentro del taller.
- Se tendrá un sistema de iluminación independiente para cada caseta para facilitar la realización de las prácticas de soldadura por arco y se evitará mover los equipos de trabajo dentro de la caseta.
- Se tendrá el equipo en mejores condiciones mediante un programa de mantenimiento.
- El alumno contará con más tiempo para practicar el proceso OAW e incrementará sus conocimientos y habilidades.

DESVENTAJAS

- El área para soldadura es muy reducida y existen áreas sin aprovechamiento.
- La distribución de casetas para eléctrica; es inadecuada, de dimensiones variables y configuraciones raras.
- Se cuenta con un número escaso de equipos de soldadura por arco para la gran demanda que existe.
- Existe menor tiempo de práctica por alumno para los procesos de soldadura por arco.
- El sistema de extracción en soldadura por arco es inadecuado, debido a que los humos generados en las operación entran en contacto con la zona de respiración del soldador.

7.4.2 SEGUNDA PROPUESTA PARA EL TALLER DE SOLDADURA

Tomando en cuenta ciertas oportunidades de contar con los recursos suficientes para realizar las modificaciones se lleva a cabo la siguiente propuesta.

1. DISTRIBUCION

Se propone cambiar totalmente la disposición y arreglo de las casetas de soldadura eléctrica y autógena, para ello se sugiere utilizar la parte adyacente de lo que antes era el paso para camiones y que actualmente no es utilizado para algún fin práctico ni didáctico. Si el área de soldadura se extendiera hasta esta zona se contaría con un espacio mayor para una nuevo ordenamiento de las casetas y de las mesas de trabajo para soldadura autógena. Con esta nueva distribución del área de soldadura, se hace necesario el proveer un nuevo pasillo de entrada a los talleres y cubículos de manufactura y conformado; este pasillo podría acondicionarse entre la nueva área de soldadura y el área de fundición, la cual no sufriría cambio alguno.

Ciertas ventajas podríamos concebir si esto se logra. En primer lugar se tendría unas instalaciones funcionales para la actividad, una mejor enseñanza y un mayor aprendizaje; para soldadura SMAW se tendrían 6 casetas, para los procesos GMAW, GTAW y PAW se tendrían 8 casetas iguales y para OAW se contaría con 4 casetas.

La ventilación de las casetas podría realizarse de manera más práctica y económica. Finalmente se podrían acondicionar casetas de soldadura especiales para procesos de soldadura GMAW, GTAW y PAW, es decir, contar con casetas aisladas especialmente para procesos de soldadura en los que se emite gran cantidad de ruido.

Para soldadura autógena se propone la implantación de casetas para soldadura OAW, en conjunto de dos y contarán con una sección en la cual se colocarán los tanques de los gases.

La nueva distribución dará la factibilidad de acondicionar una zona didáctica en las que se colocarían alrededor de 8 a 10 bancas divididas en dos secciones cada una con su pizarrón para que se explique rápidamente una introducción a las prácticas de soldadura. Ver fig. 7.4.2

2. INSTALACIONES

Con la ampliación de la zona de soldadura se podría contar con 14 casetas, de dimensiones 1.6m x 2.0m x 2.10m para SMAW, 2.5m x 3.0m x 2.10m para GTAW, GMAW y PAW. Ver figuras 7.4.2.2.1 y 7.4.2.2.2

Las casetas serían hechas del mismo material con las que se hicieron las que se tienen actualmente, el material faltante tendría que adquirirse para complementar la instalación. Una vez terminada las casetas se propone el uso de pintura gris mate para recubrir el interior de las casetas en su totalidad. Por otro lado, las cortinas que protejan al exterior se sugiere que sean de lona color oscuro debido a su aceptable resistencia al calor, durabilidad y su mejor resistencia al paso de la luz ultravioleta generada en el arco eléctrico.

Las mesas de trabajo serán las mismas si es posible, en caso contrario se podrían hacer en el mismo taller y sólo será cuestión de abastecer el material necesario en su fabricación y el herramental requerido que intervenga en su producción. En caso de que se fabricaran en el taller recomendamos que estas sean hechas con una altura aproximada de 0.9 m ya que a esta altura reduce considerablemente los malestares en la espalda provocados por trabajar en mesas más bajas y se facilita aún más el trabajo que en mesas con alturas mayores. La caseta contará con un interruptor individual colocado en la pared derecha con respecto a la entrada de la caseta que controle el encendido y el apagado de los sistemas de ventilación, equipo e iluminación; el interruptor se localizará a una altura de 1.7 m sobre el piso.

Para soldadura autógena se proponen unas instalaciones que sean en total 4 casetas construidas de ladrillo refractario con una altura aproximada de 1.9 m metros con lo cual se evitaran los posibles riesgos de quemaduras con gente que trabaje en estas casetas. Estas casetas también proporcionarán protección a los equipos para que se reduzca el riesgo de explosión si la flama del soplete entra en contacto directo con los tanques, además contarían con un sistema de sujeción que evitara la caída de dichos tanques. Ver figura 7.4.2.2.3.

Las mesas se colocaran en el interior de dichas casetas, se usarán las existentes y en su caso se fabricarán en el taller pues es un trabajo en el que interviene soldadura principalmente. La altura deseable de la mesa será de 1.10 m pues facilita la visualización óptima de las piezas de trabajo y la maniobrabilidad del soplete de soldadura y corte.

3. VENTILACION

No cabe duda de que unas buenas instalaciones de soldadura requieren de una excelente ventilación. Se ha recomendado a través de asesorías que la ventilación para operaciones de soldadura debe realizarse de una manera localizada. Para esta propuesta la ventilación se efectuara por medio de un sistema de extracción, compuesto por un extractor de tipo centrifugo y una red de ductos que conducirán y evacuarán los humos y gases al exterior.

Se propone el uso de ventiladores de tipo centrifugo debido a que el humo generado en las casetas es en pequeñas cantidades lo cual facilita su captación gracias a las diferencias de presiones relativamente altas que logran desarrollar estos ventiladores. Ver figura 7.4.2.3.1.

Como se expuso en el tercer capítulo, muchas instalaciones hacen uso de campanas colocadas en la parte superior de la caseta; esto trae consigo una desventaja principal: la posibilidad de que los humos (en el trayecto a la campana) entren en contacto con la zona de respiración del soldador perjudicando directamente su salud. Con fin de evitar esto se propone la colocación de boquillas de extracción en la parte posterior de la caseta, esta medida evitara que los humos generados no lleguen ni siquiera a invadir la zona de respiración del soldador.

164

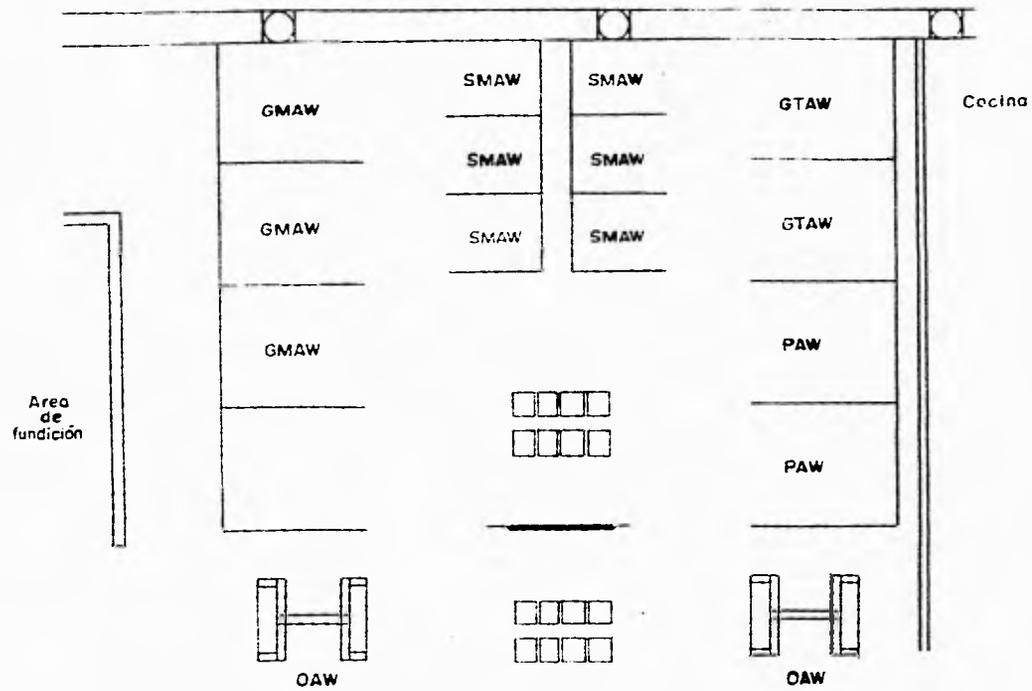


Fig. 7.42. 2a. propuesta para las instalaciones de soldadura en la Fac. de Ingeniería

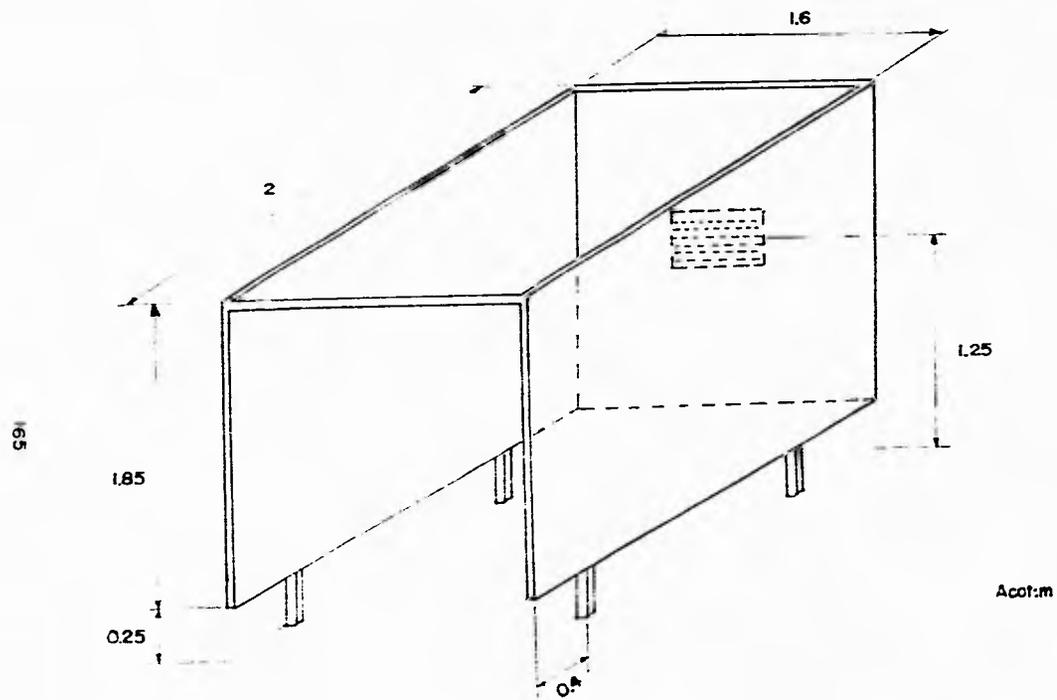


Fig. 7.4.2.2j. 2a. propuesta. Caseta para SMAW

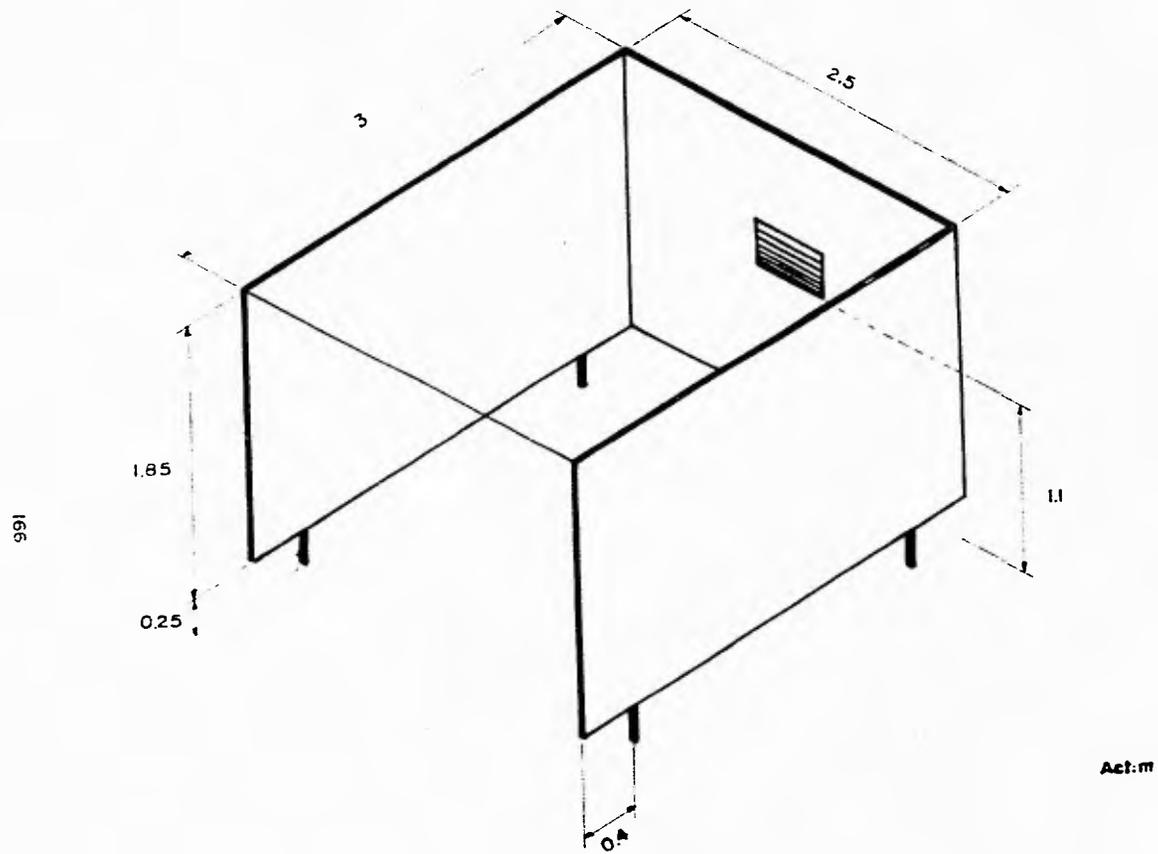
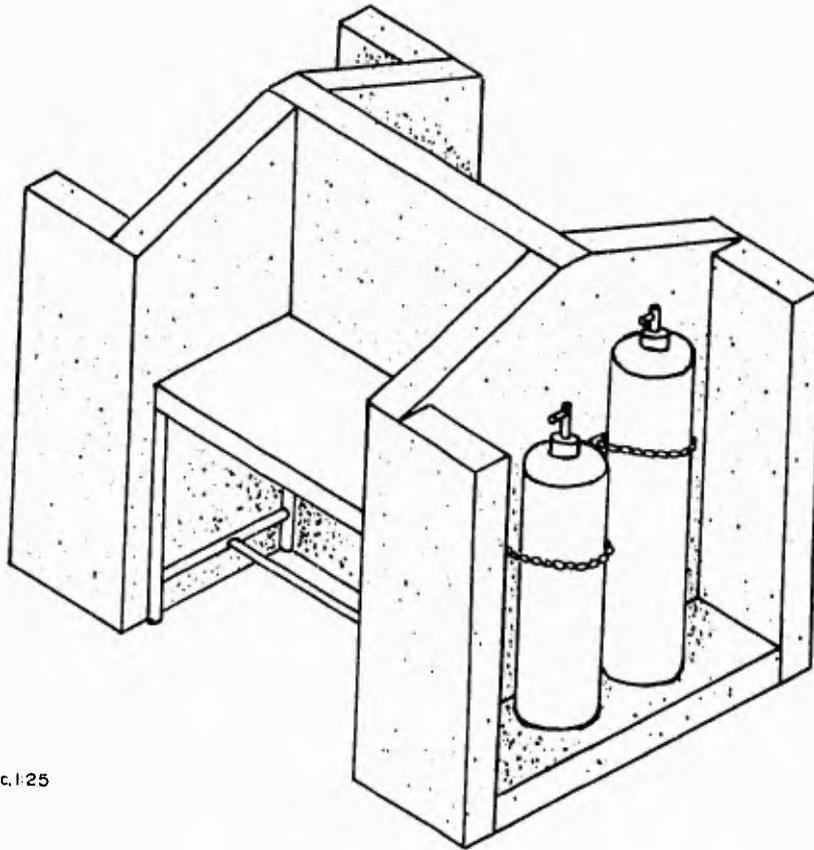


Fig. 7.4.2.2.2. 2a. propuesta. Caseta para los procesos GMAW, GTAW y PAW



Esc. 1:25

Fig. 7.4.2.2.3. 2a. propuesta. Casetas duplex para OAW

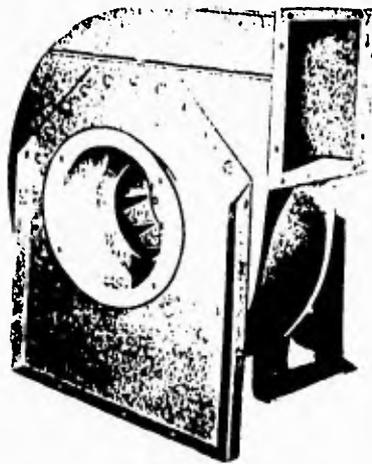


Fig. 7.4.2.3.i. Ventilador centrífugo

El sistema de extracción estará colocado en la parte posterior de las casetas a una altura aproximadamente 1.10 m. y correrá a lo largo de ellas. Tanto el ducto principal como las derivaciones serán hechas con tubo de lámina y con sección redonda. Para observar las dimensiones ver figura 7.4.2.3.2

Para soldadura autógena, dado que los humos generados durante el proceso son de baja toxicidad y por la gran altura con la que se cuenta no resultaría viable la implantación de un sistema en especial.

4. ILUMINACION

- Utilizar el sistema general de alumbrado del taller para toda el área de soldadura, ya que al evitar las campanas en la parte superior de las casetas no requerirá de un sistema especial de iluminación ya que con el que se cuenta resulta suficiente para estas actividades.
- Se requiere contar con un eficiente programa de mantenimiento que proporcione las mejores condiciones de limpieza para las lamparas y al sistema en general para aprovechar al máximo la capacidad luminosa de dichas instalaciones.

5. EQUIPO

Para soldadura eléctrica, contando con cierto presupuesto nos permitirá ampliar el número de equipos con la finalidad de que el alumno tenga a su alcance un mejor desarrollo y capacitación en cada proceso, debido esto al tiempo de contacto con cada uno de ellos.

PROCESO	EQUIPOS EXISTENTES	EQUIPO SUGERIDO	EQUIPOS A ADQUIRIR
SMAW	5	6	1
GMAW	3	3	0
GTAW	1	2	1
PAW	1	2	1
OAW	2	4	2
TOTAL DE EQUIPOS A COMPRAR			5

6. SEGURIDAD

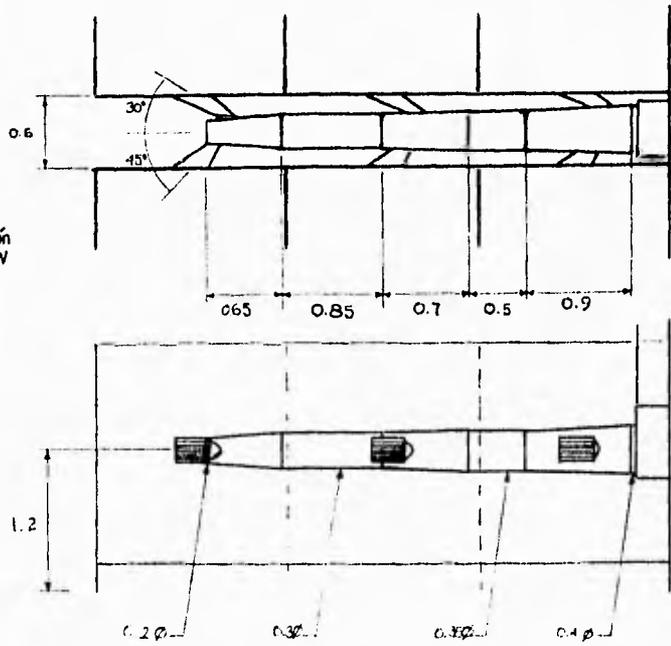
En soldadura eléctrica al igual que en la propuesta 1 se requiere tomar las siguientes medidas necesarias para protección de los trabajadores y alumnos en el taller de soldadura:

- Protección contra corto realizando conexiones correctas.
- Definir las áreas de trabajo.
- Contar con equipo de protección completo.
- Contar con carteles alusivos a la seguridad.
- Contar con indicaciones y etiquetas de prevención.

En soldadura autógena se requiere tomar en cuenta como principales puntos los siguientes:

- Verificar que estén en perfecto estado las válvulas y mangueras.
- Colocar extintores colocados en zonas estratégicas.
- Carteles alusivos para la protección de los trabajadores y alumnos.
- Etiquetas de prevención.
- Definir las áreas de trabajo.
- Contar con equipo de protección completo.

Sistema de extracción en casetas de SMAW



Sistema de extracción en casetas para GMAW GTAW y PAW.

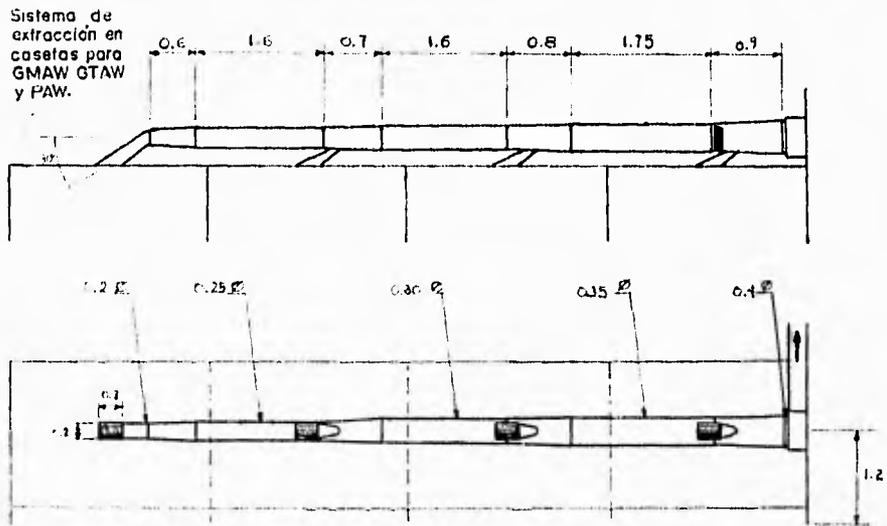


Fig. 7.4.23.2. 2a. propuesta. Sistemas de extracción para AW

VENTAJAS

- Al modificar las instalaciones se tendrá mayor área de aprovechamiento habiendo la posibilidad de instalar una sección con bancas y pizarrones en donde se exponga la parte teórica previa a la práctica.
- Las instalaciones serán funcionales y favorables para el desempeño del estudiante y del supervisor.
- Las áreas para soldadura eléctrica y soldadura autógena estarán perfectamente definidas para evitar riesgos.
- Se manejará un orden e identificación de procesos por casetas para soldadura eléctrica.
- Las casetas de trabajo serán de dimensiones similares para aprovechar el área disponible.
- Se tendrá mayor control en la supervisión de las prácticas.
- Se contará con un sistema de extracción de humos confiable que evite su acumulación dentro del taller.
- El sistema de iluminación será el existente en el área de soldadura para la realización de las prácticas; evitando la implantación de uno nuevo.
- Se contará con mayor número de equipos para diferentes procesos de soldadura; el cual satisficiera parte de la demanda.
- Se tendrá el equipo en mejores condiciones mediante un programa de mantenimiento.
- Se presentan prácticas que ampliarán los conocimientos y habilidades en cada alumno; el tiempo de práctica para los procesos GMAW, GTAW, PAW y OAW se incrementa.

DESVENTAJAS

- Se incrementa el costo que representa realizar estas modificaciones.
- Dado que no se piensa adquirir más equipo de SMAW el alumno tendrá que seguir trabajando en parejas, por lo que existe menor tiempo de práctica.
- El implantar el sistema de extracción, representa tener perforaciones en la pared del taller para la salida del ducto que desaloja los humos.

7.4.3 TERCER PROPUESTA PARA EL LABORATORIO DE SOLDADURA

1. DISTRIBUCION

En esta propuesta también se sugiere utilizar, como en la segunda propuesta la parte adyacente la cual antes se utilizaba para el paso de los camiones.

Se propone distribuir las instalaciones de modo que se cuente con un mayor número de casetas que logren satisfacer la demanda de equipos para la realización de las prácticas, con el objetivo de que el alumno cuente con mayor tiempo de práctica para su mejor aprendizaje y práctica en el proceso de soldadura.

Esta distribución se ordena de acuerdo al proceso de soldadura que se aplica; de esta forma se tendrá un número de casetas específicas para cada proceso de soldadura considerado (SMAW,GMAW,GTAW,PAW y OAW).

Se han considerado también dos áreas específicas para la impartición de la parte teórica previa a cada práctica dentro del área considerada de soldadura, con el objetivo de analizar los conocimientos de acuerdo a los dos grandes grupos de soldadura: soldadura por arco eléctrico y soldadura por gas.

La sección correspondiente al proceso OAW se pretende que se ubique a un costado de las ventanas del laboratorio, con el objetivo de que se suministre hasta cierto modo, iluminación y ventilación en forma natural dado que dicho proceso no requiere de condiciones muy especiales en estos dos aspectos. Ver figura 7.4.3

2. INSTALACIONES

Para el proceso de soldadura por arco, se sugiere que las dimensiones de todas las casetas de trabajo sean iguales (2m x 1.6m x 2.10m); estas estarán construidas de lámina y pintadas de color gris mate; el número total de casetas de soldadura por arco eléctrico son 18, de los cuales 10 de ellas se destinan para el proceso SMAW, que es el de mayor demanda, 3 para GMAW, 3 para GMAW y 2 para PAW. Ver figura 7.4.3.2.1

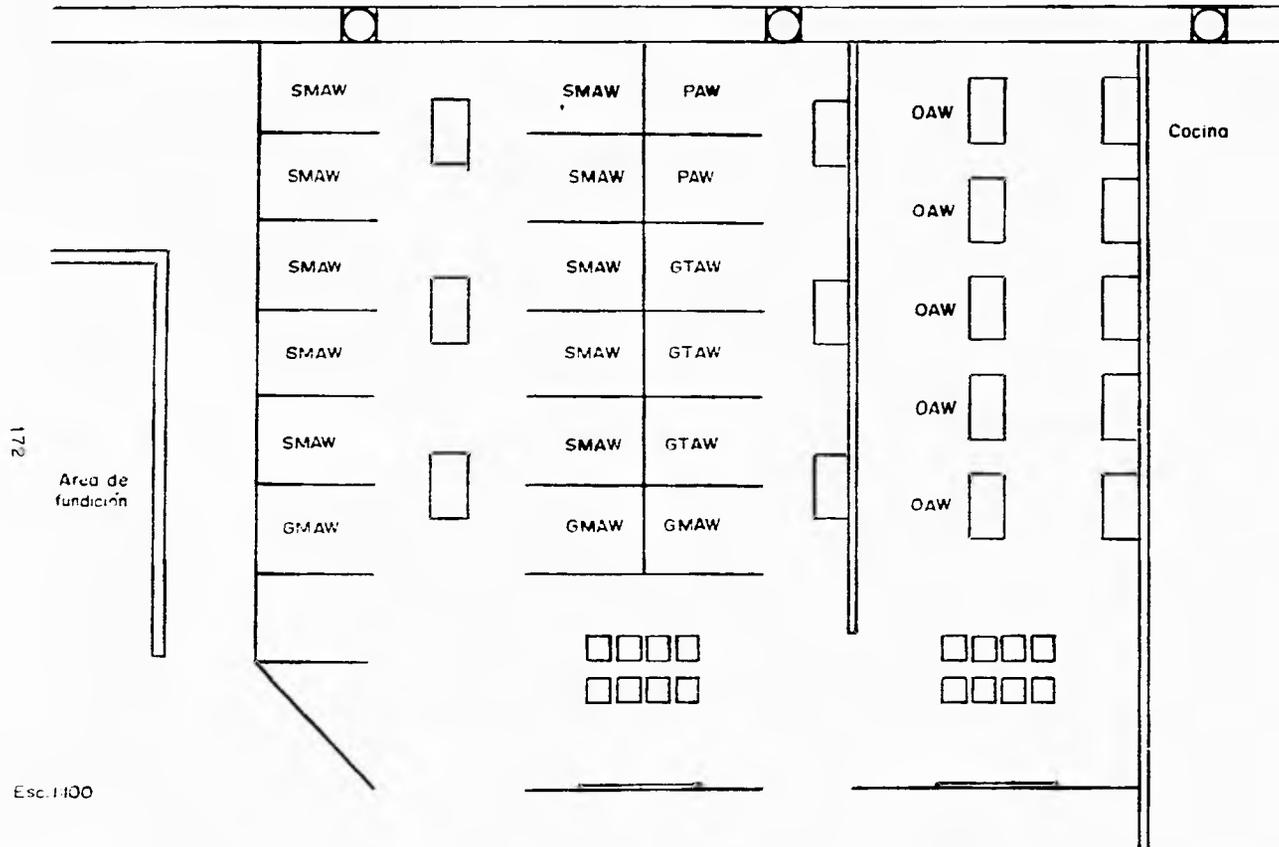
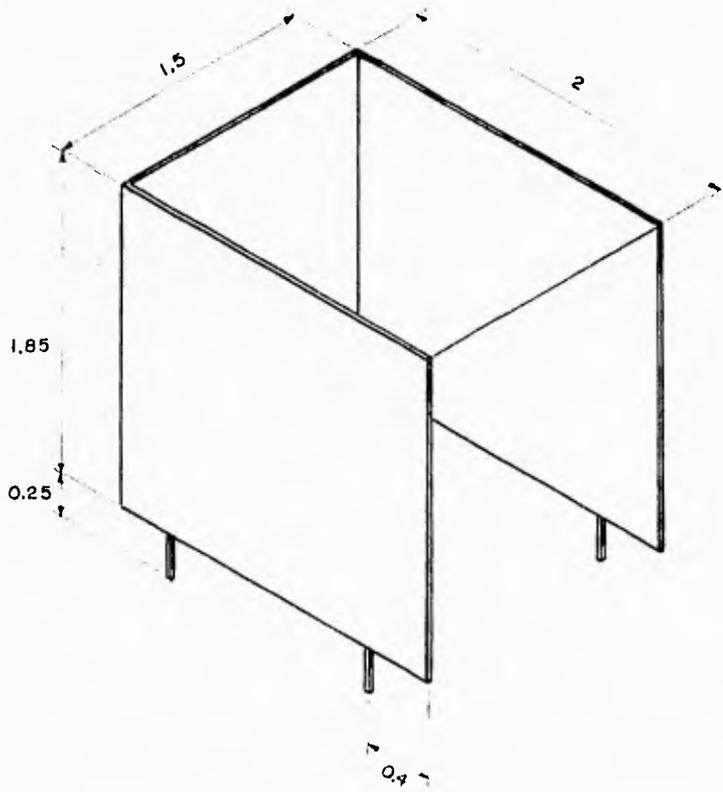


Fig. 7.4.3. 3a. propuesta para el taller de soldadura



Acol:m

Fig. 7.4.3.2.l. 3a. propuesta. Caseta para soldadura por arco

Cada caseta de trabajo para soldadura por arco tendrá un interruptor individual que controle el suministro de energía eléctrica a el equipo de soldar y la capacidad del sistema de extracción; cada uno es independiente de los demás interruptores de las otras casetas.

En áreas adyacentes a las casetas, se colocaran mesas de trabajo y yunques con el fin de verificar y analizar el trabajo hecho durante la práctica.

En lo referente al proceso de soldadura por gas acetileno, este se encontrara a un costado del área considerada para soldadura por arco, habiendo una separación que los divide por razones de seguridad.

Son cinco las mesas de trabajo que se consideran, cada mesa contara con un equipo para soldar y tendrán las mismas dimensiones como las que se cuentan actualmente (0.65m x 1.10m x 0.90 m); la base sobre la que se va a trabajar será de tabique refractario.

Estas mesas de trabajo son de hecho las actuales con las que cuenta el taller, solo únicamente se reubicarán dentro de la nueva área de soldadura.

3. VENTILACION

En la propuesta dos se sugirió un sistema de extracción fijo el cual, aunque cumple para satisfacer una necesidad tiene la desventaja de no ser un sistema con flexibilidad; tomando en cuenta esta desventaja, para esta propuesta se sugiere la implantación de un sistema de extracción más flexible, el cual permitira que las actividades dentro de cada caseta puedan realizarse en cualquier posición u orientación, además de captar la mayor cantidad de humos cerca del punto donde se generan.

Existen empresas dedicadas a fabricar ductos o mangueras especiales las cuales ofrecen la posibilidad de moverse y colocarse de diversas maneras según el soldador lo crea mas conveniente y necesario con el fin de facilitar las prácticas y su mejor desempeño en las mismas. Ver figura 7.4.3.3.1

Estas mangueras pueden ser utilizadas para diferentes usos pero principalmente son utilizadas en la remoción de humos y gases. De acuerdo a los materiales con las que fueron fabricadas, cada tipo ofrecerá diferentes propiedades y características como son: resistencia química, a la abrasión, al ozono, a los rayos ultravioletas, a la intemperie, al fuego, al manejo de diferentes presiones, a diferentes rangos de temperatura, a los grados de flexibilidad, a la durabilidad, a la compresibilidad, a la disponibilidad y obviamente a su costo.

Las características mas importantes de la manguera ideal que se busca proponer para esta caso son:

- Excelente flexibilidad y compresibilidad.
- Resistencia al calor.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia al ozono.
- Resistencia a los rayos ultravioletas (Soldadura por arco).
- Baja caída de presión por fricción.
- Disponibilidad de adquirirse en diversos diámetros.

El sistema de extracción de humos para esta propuesta esta compuesto por tres partes principales: a) un extractor, b) un ducto general hecho de lámina y c) una serie de mangueras, una para cada caseta de soldadura que cumplan con las características que se mencionarán, las cuales se conectarán al ducto general de lámina y que a su vez este se conectara al extractor que evacua los humos al exterior.

Existe en el mercado dos tipos de mangueras de la marca Flexaust que se consideró las más apropiadas a ser utilizadas, cada una de ellas con diferentes características pero que satisfacen en mayor grado las necesidades que representan la extracción de humos en soldadura.



Fig. 7.4.3.3.l. 3a.propuesta. Manguera flexible

FLEXAUST HT

Rango de temperaturas: -40 a 135°C
Rango de diámetros: 4 a 40 cm
Longitud estandar: 0.64m y 1.25 m
(1 1/2" y 16")

Características generales:

Color negro, fabricadas con hule termoplástico pesado característico de la pared de la manguera, rango amplio de temperaturas, alta resistencia a la abrasión, al ozono, a los rayos ultravioletas y a la intemperie. Además incluye características propias de un hule como su calidad, excelentes propiedades eléctricas y resistencia química. Idóneo para el manejo de gases y polvos finos y aplicado en el manejo de presiones positivas y negativas.

FLEXAUST LT

Rango de temperaturas: -40 a 135°C
Rango de diámetros: 4 a 40 cm
Longitud estandar: 64 cm (25")

Características generales:

Color negro, esta manguera ofrece excelente flexibilidad y compresibilidad. Es idónea para la extracción de humos químicos, colección de polvos finos y gases. Es aplicable en donde se presenta humedad. Esta construida de una pared media de hule y con un cuerpo helicoidal de alambre de acero reforzado.

Es de notarse que el primer tipo de manguera se apega mas a nuestras necesidades. sin embargo el segundo tipo presenta características que también la hacen aplicable para la extracción de humos en soldadura. El sistema de extracción propuesto se presenta en la figura 7.4.3.3.2

4. ILUMINACION

- Utilizar el sistema general de alumbrado del taller para toda el área de soldadura, ya que al evitar las campanas en la parte superior de las casetas no requerirá de un sistema especial de iluminación dado que con el que se cuenta resulta suficiente para estas actividades.
- Se requiere contar con un eficiente programa de mantenimiento que proporcione las mejores condiciones de limpieza para las lamparas y al sistema en general para aprovechar al máximo la capacidad luminosa de dichas instalaciones.

5. EQUIPO

Se considera en esta propuesta integrar mayor número de casetas así como la adquisición de equipos para realizar las prácticas. A continuación se presenta una tabla que muestra los equipos existentes y los equipos para la sugerencia, de acuerdo al proceso considerado.

PROCESO	EQUIPOS EXISTENTES	EQUIPO SUGERIDO	EQUIPOS A ADQUIRIR
SMAW	5	10	5
GMAW	3	3	0
GTAW	1	3	2
PAW	1	2	1
OAW	2	5	3
		TOTAL DE EQUIPOS A COMPRAR.....	11

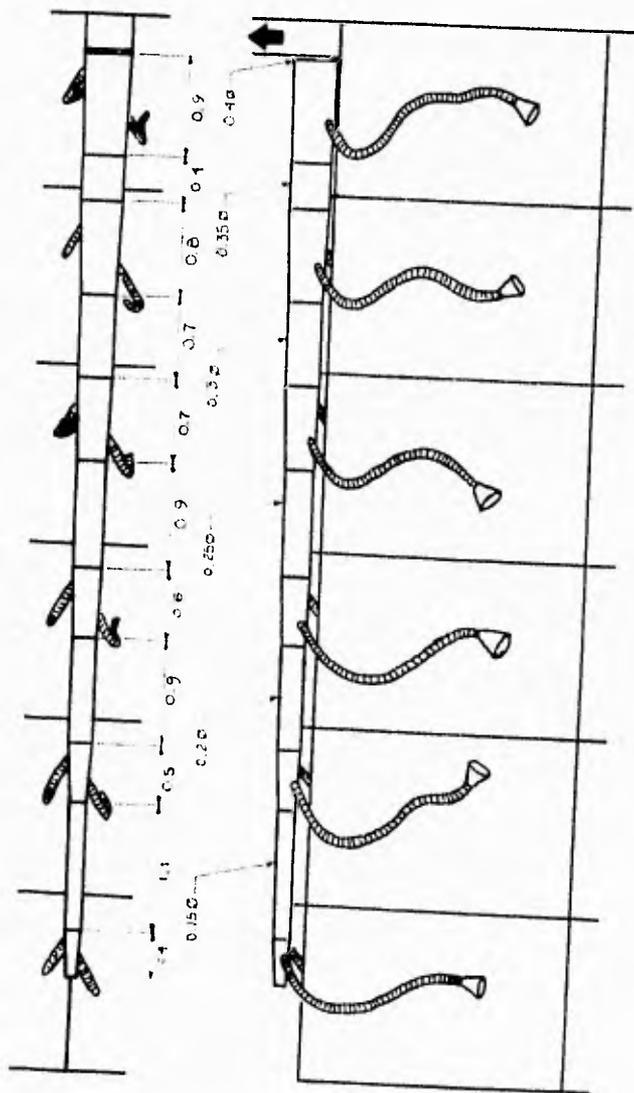


Fig. 7.4.3.3.2. 3o propuesta. Sistema de extracción para soldadura por arco

6. SEGURIDAD

En lo referente a las instalaciones de esta propuesta se hizo mención del uso de interruptores eléctricos individuales en cada caseta, colocados en la parte superior lateral derecha con el fin de evitar choques eléctricos de gran riesgo para el operador y tener mayor rapidez de reacción para la interrupción de la corriente eléctrica en caso de siniestro eléctrico, con la posibilidad de no interrumpir este suministro en el resto de las casetas. Se contará además con un interruptor general que controla el suministro de corriente eléctrica para todas las casetas.

En soldadura eléctrica al igual que en la propuesta 1 se requiere tomar las siguientes medidas necesarias para protección de los trabajadores y alumnos en el taller de soldadura:

- Protección contra corto.
- Definir las áreas de trabajo.
- Contar con equipo de protección completo.
- Contar con carteles alusivos a la seguridad.
- Contar con indicaciones y etiquetas de prevención.

En soldadura autógena se requiere tomar en cuenta como principales puntos los siguientes:

- Verificar que estén en perfecto estado las válvulas y mangueras.
- Colocar extintores en zonas estratégicas.
- Carteles alusivos para la protección de los trabajadores y alumnos.
- Etiquetas de prevención.
- Definir las áreas de trabajo.
- Contar con equipo de protección completo.

VENTAJAS

- Al modificar las instalaciones se tendrá mayor área de aprovechamiento habiendo la posibilidad de instalar una sección con bancas y pizarrones en donde se exponga la parte teórica previa a la práctica.
- Las instalaciones serán funcionales y favorables para el desempeño del estudiante y del supervisor.
- Las áreas para soldadura eléctrica y soldadura autógena estarán perfectamente definidas para evitar riesgos.
- Se manejará un orden e identificación de procesos por casetas para soldadura eléctrica.
- Las casetas de trabajo serán de una sola dimensión para todos los procesos de soldadura por arco.
- Se tendrá mayor control en la supervisión de las prácticas.
- Se contará con un sistema de extracción de humos evitando su acumulación dentro del taller, el cual será flexible dentro de la caseta para que sea colocado en la posición que más le favorezca al soldador.
- El sistema de iluminación será el existente, en el área de soldadura para la realización de las prácticas; evitando la implantación de uno nuevo.
- Se contará con mayor número de equipos para diferentes procesos de soldadura; el cual satisficiera la demanda.
- Se tendrá el equipo en mejores condiciones mediante un programa de mantenimiento.
- Se presentan prácticas que ampliarán los conocimientos y habilidades en cada alumno; el tiempo de práctica para todos los procesos se incrementa.

DESVENTAJAS

- Se incrementa el costo que representa realizar estas modificaciones.
- El implantar el sistema de extracción, representa tener perforaciones en la pared del taller para la salida del ducto que desaloja los humos.

CONCLUSIONES

La soldadura es una tecnología que se ha ido desarrollando extremadamente rápido a través de los años y que ha permitido grandes avances tecnológicos en diversas ramas industriales. La adaptación o el mejoramiento de dichas tecnologías a nuestras propias necesidades pueden lograrse utilizando la tecnología de la soldadura en gran medida.

Los productos manufacturados con tecnología de soldadura, son ahora hechos con mejor calidad, en tiempos de producción y costos menores; permitiendo ofrecer mejores satisfactores al consumidor.

La importancia de la soldadura es tal, que es un proceso básico dentro del campo de la ingeniería y que a su vez representa un punto estratégico en la manufactura de productos que al ser fabricados se genera riqueza. En nuestro país no se le ha dado la importancia como tal para poder alcanzar el desarrollo industrial mediante esta herramienta.

México no es un país innovador de tecnología, sin embargo, no se debe estar ajeno a los cambios y avances tecnológicos que se presentan. Ante estas circunstancias, se despertó el interés de establecer mediante este trabajo, la inquietud de concientizar el estudio y la enseñanza de la soldadura en las diferentes ramas de la ingeniería en la que es imprescindible; dado que el aumento en la aplicación de soldaduras automáticas y semiautomáticas se irán incrementando considerablemente.

El país requiere a corto plazo de un sistema educacional eficaz que brinde capacitación técnica y profesional a estudiantes, técnicos y a personal docente para que apliquen dichos conocimientos a las pequeñas y medianas empresas.

No se puede incluir dentro de un programa de estudio de licenciatura temas en donde se profundice y especialice en soldadura, pues generaría efectos negativos al descuidar materias indispensables en su formación integral. Una planeación y estructuración adecuada de los programas de estudio contribuirá a resolver en gran medida este problema.

En las principales instituciones, en donde se imparten carreras de ingeniería y se tiene contemplado el estudio de la soldadura existen diversos métodos de enseñanza, de seguridad, instalaciones y equipos, que de acuerdo al enfoque educativo, van de las adecuadas hasta las deficientes.

Las instituciones que imparten la enseñanza de la soldadura a nivel técnico (CETMA y CECyT) cuentan con grandes instalaciones y numerosos equipos. La mayoría de nivel superior cuentan con instalaciones escasas y número restringido de equipos.

A nivel superior y como efecto de la conclusión anterior las instalaciones de soldadura ocupan áreas muy reducidas en las que se incrementan los riesgos.

En cuanto a instalaciones, las innovaciones que se notaron fueron en las instalaciones que imparten soldadura a nivel técnico.

El sistema de extracción observado en el CETMA fue el mejor diseñado y más viable para la extracción de humos.

En la mayoría de las instituciones que contaban con sistemas de extracción, éste no era el más adecuado.

A nivel superior, las instalaciones para soldadura mejor organizadas y en buen estado fueron las de la Universidad La Salle.

La UNAM y la UANL fueron las instituciones que contaban con mayor número de equipos y casetas aunque no eran suficientes.

El mejor equipo encontrado en una institución de nivel superior fue el de ITESM.

Las peores instalaciones para soldadura fueron observadas en la Universidad Anahuac, UIA, UAM y el ITESM.

En general, las instituciones a nivel superior que se preocupan más por la enseñanza de la soldadura fueron la UNAM, UIA, La Salle y la UANL.

Las que muestran bajo interés en la enseñanza de la soldadura fueron el ITESM y la Universidad Anahuac.

La Facultad de Ingeniería requiere realizar los cambios necesarios en las instalaciones de soldadura que le permitan desarrollar las habilidades de los estudiantes para ofrecer al mercado industrial ingenieros capaces de resolver las necesidades que estas les exigen, desde la toma de decisiones técnicas hasta la aplicación de los diversos procesos de soldadura que domine. Cuenta además con el espacio suficiente para ampliar las instalaciones.

La soldadura es una actividad riesgosa y no existe unas instalaciones que eliminen totalmente los riesgos inherentes a cada proceso, sin embargo, las propuestas expuestas se diseñaron de acuerdo a toda la información recopilada para este trabajo y sin descuidar las necesidades actuales de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Se requiere modificar también la concepción que se tiene del profesor como un simple transmisor de conocimientos al de un profesor de acción que logre unir estrechamente la práctica y la teoría. Dicho profesor debe actualizarse constantemente en el campo de su especialización, ya que un excelente docente arrojará como resultados excelentes alumnos.

Cuando el sistema de enseñanza implique que se tenga un profesor de teoría y uno de práctica se requiere que ambos profesores estén estrechamente vinculados y en constante comunicación para dar un seguimiento real de las actividades de los alumnos. El problema de la gran demanda de alumnos se podría aminorar si existe separación de responsabilidades entre ambos profesores y que cada uno tenga la libertad de calificar de acuerdo a su punto de vista.

De llevarse a cabo estas modificaciones la Facultad de Ingeniería de la UNAM se colocaría a la vanguardia a nivel nacional en la enseñanza de soldadura dentro de la formación profesional.

BIBLIOGRAFIA

1. HOWARD B. CARY (1989), *Modern Welding Technology. Second Edition*; Ed. Prentice-Hall.
2. MASSIMO VLADIMIRO PIREDDA C. (1991), *Soldadura Eléctrica Manual. 2a. ed*; Ed. Limusa.
3. GIACHINO, J. W. Y WEEKS, WILLIAM (1981), *Técnica y Práctica de la Soldadura*; Ed. Reverte.
4. RIVAS ARIAS JOSE MARIA (1976), *Soldadura Eléctrica y Sistemas TIG y MAG. 1a. ed*; Ed. Paraninfo.
5. MAZZILLI, L., *Soldadura al Arco. Ed. Científico-Médica*
6. PENDER, J.A. (1981), *Soldadura. 3a. ed*; Ed. Mc. Graw-Hill
7. MUTHER, RICHARD (1970), *Distribución en Planta. 2a. ed*; Ed. Hispano Europea.
8. SALVENDY G. (1991), *Manual de Ingeniería Industrial, Volumen I,II. Ed. Limusa.*
9. MASSIMO VLADIMIRO PIREDDA (1988), *Soldadura con Arco Sumergido. Ed. Limusa.*
10. LEONARD P. CONNOR (1987), *Welding Handbook. Ed. American Welding Society.*
11. HORWITZ, HENRY (1990), *Soldadura: Aplicaciones y Prácticas. Ed. Alfaomega.*
12. PSCHIMPKE, H.A. HORN, *Tratado General de Soldadura, Tomo I: Soldadura y Corte con Soplete. Ed. Gustavo Gili*
13. STINCHCOM CRAIG (1989), *Welding Technology Today, Principles and Practices. Ed. Prentice-Hall.*
14. RUIZ MIJAREZ, A. *Soldadura por Gas, Serie: Procesos de Manufactura. Ed. Alfaomega.*
15. D. SEFERIAN. *Las soldaduras. Ed. Urmo.*
16. GUADILLA LOPEZ ANTONIO (1975). *Tecnología Elemental de la Soldadura por Arco Eléctrico. 4a edición; Ed. Dossat.*
17. HAMMOND. ROLT (1972). *Soldadura Automática. Ed. Urmo.*
18. WOODS, PETER (1972). *Técnicas Modernas de Soldadura. Ed. Hispano Europea.*
19. LHEUREUX, G.E. (1968). *Soldadura por Resistencia. Ed. Hispano Europea.*
20. GONZALEZ BLANCO, FLORENTINO (1971). *Manual Práctico del Soldador Eléctrico. Ed. Gustavo Gili.*
21. PATTON, W. J. (1975). *Ciencia y Técnica de la Soldadura. Ed. Urmo.*
22. VITTORIO RE. *Iluminación Interna. Ed. Boixareu Editores.*
23. WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION (1989), *Manual del Alumbrado. 4a ed; Ed. Dossat.*

24. CARNICER ROYO, ENRIQUE (1991). Ventilación Industrial. Cálculo y Aplicaciones. Ed.. Paraninfo.
25. PITA, EDUARD G. (1989). Acondicionamiento de Aire. Principios y Sistemas. 1a. edición Compañía Editorial continental.
26. CLIFFORD, GEORGE (1990). Modern Heating, Ventilating and Air Conditioning. Prentice Hall